

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ESTUDO DA CORROSÃO EM PISTÃO DE MOTOR DIESEL POR BIODIESEL DE SOJA E SUAS MISTURAS

Fernanda Beatriz Aires de Freitas, beatrizfernanda@outlook.com¹

Daniel Freitas Freire Martins, dffm@ufersa.edu.br¹

Wendell Albano, wendell.albano@ufersa.edu.br¹

Universidade Federal Rural do Semi Árido, RN-233, km 01, Sítio Esperança II, Zona Rural de Caraúbas/RN.

Resumo: Os combustíveis fósseis apresentam grande importância na matriz energética brasileira. Pode-se comprovar esse fato pela alta produção de derivados de petróleo em 2014. Porém, alguns fatores (energéticos, ambientais, etc.) têm levado a se buscar fontes renováveis de combustíveis, menos poluentes e com a eficiência dos derivados de petróleo. Nesse contexto, o Brasil iniciou pesquisas sobre o tema, desde a década de 20, para a produção do biodiesel (VALENTE, 2007) onde, atualmente, já está sendo vendido nos postos comerciais o diesel com porcentagens do mesmo. Do ponto de vista econômico, a viabilidade do biodiesel está relacionada com o estabelecimento de um equilíbrio favorável na balança comercial brasileira, visto que o diesel é o derivado de petróleo mais consumido no Brasil, e que uma fração crescente desse produto vem sendo importada anualmente (Nogueira e Pikman, 2002 apud KUCEK, 2004). Levando em consideração as questões ambientais, a utilização do biodiesel, mesmo que de forma gradual, resultará em uma redução significativa no padrão de emissões de materiais particulados, óxidos de enxofre e gases que contribuem para o efeito estufa (Mittelbach et al., 1985, apud KUCEK, 2004). Assim, com a expectativa de que o petróleo se torne uma fonte esgotável de energia e ainda que o biodiesel se torne uma das principais fontes de energia renovável no Brasil, faz-se necessário estudar o comportamento do biodiesel nos componentes dos motores de ciclo diesel. Um dos problemas no emprego do biodiesel como combustível de automóveis é a corrosão que ele pode provocar nos motores. Esta corrosão se dá pela presença de água, ácidos graxos livres, etc. A corrosão ou desgastes dos componentes do motor, no caso o pistão, pode ocasionar primeiramente o seu mau funcionamento (falhas e perda de potência) e, se não houver a reparação ou troca do pistão e de outros componentes, ocasionar o travamento e queda do motor, tendo assim, finalmente, um prejuízo maior com a perda total do motor (COUTINHO, 2007). Dessa forma, o presente trabalho avaliou a corrosão do pistão, constituído de liga de alumínio, quando em contato com diesel, biodiesel e suas misturas em diferentes proporções, em duas faixas de temperatura: a temperatura ambiente e a temperatura controlada (aproximadamente 100°C), por um período de seis meses. Para a verificação da corrosão do material, determinou-se a taxa de corrosão para cada corpo de prova utilizado. As condições de síntese do biodiesel utilizado neste trabalho foram otimizadas utilizando um planejamento fatorial 2^3 com repetição, onde pôde-se obter as condições ideais de síntese com maior rendimento e características físico-químicas de acordo com as normas em vigor. Desta forma, observou-se que a corrosão no material que compõe o pistão do motor no período estudado foi baixa para todas as misturas utilizadas, comprovando assim a viabilidade de se usar biodiesel em motores de ciclo diesel, bem como o método de síntese empregado.

Palavras-chave: combustíveis fósseis, biodiesel, corrosão, motor de ciclo diesel, pistão.

1. INTRODUÇÃO

Os combustíveis fósseis apresentam grande importância na matriz energética brasileira, já que os mesmos são utilizados em todos os segmentos da sociedade. Fato comprovado pela produção de derivados de petróleo no ano de 2014, que chegou a 140.855 milhões de m³ desses produtos, segundo a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Porém, alguns fatores (questões energéticas, ambientais, etc.) têm levado a se buscar fontes renováveis de combustíveis, menos poluentes e com a eficiência dos derivados de petróleo. Nesse contexto, o Brasil iniciou pesquisas sobre o tema, desde a década de 20, para a produção do biodiesel (VALENTE, 2007).

O biodiesel foi definido pela “National Biodiesel Board” dos Estados Unidos como o derivado monoalquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de fontes renováveis como óleos vegetais ou gordura animal, cuja utilização

está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão (motores do ciclo Diesel) (EMBRAPA, 2008).

O uso de óleo vegetal no motor diesel não é uma novidade. As primeiras experiências com motores de combustão por compressão foram conduzidas com óleo de amendoim. Em 1900, o inventor do motor diesel, Rudolf Diesel, conduziu um protótipo de motor na Exposição Universal de Paris com uso do óleo de amendoim. Mas, o desenvolvimento dos derivados de petróleo e a ampla oferta de combustíveis de origem fóssil tornaram essa alternativa desinteressante do ponto de vista econômico. Em 1937, o cientista belga G. Chavenne descobriu e patenteou o processo de transesterificação, o qual diminuía a viscosidade do óleo vegetal e melhorava seu processo de combustão no interior do motor (KNOTHE, 2001). Assim, o nome “biodiesel” foi dado ao óleo vegetal transesterificado para descrever seu uso como combustível em motores do ciclo diesel (CERBIO, 2006).

Do ponto de vista econômico, a viabilidade do biodiesel está relacionada com o estabelecimento de um equilíbrio favorável na balança comercial brasileira, visto que o diesel é o derivado de petróleo mais consumido no Brasil, e que uma fração crescente desse produto vem sendo importada anualmente (Nogueira e Pikman, 2002 apud KUCEK, 2004).

Levando em consideração as ambientais, a utilização do biodiesel, mesmo que de forma gradual (Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002), resultará em uma redução significativa no padrão de emissões de materiais particulados, óxidos de enxofre e gases que contribuem para o efeito estufa (Mittelbach et al., 1985, apud KUCEK, 2004).

Apesar do desenvolvimento de novos combustíveis e da sua utilização ser melhor no ponto de vista ambiental, o seu contato com alguns materiais metálicos, constituintes de máquinas e equipamentos, pode provocar a corrosão dos mesmos, causando prejuízos ao consumidor. Brummett et al. (2004) apud Sandres (2004), por exemplo, citam que a utilização de combustíveis com alto conteúdo de enxofre pode causar a corrosão do bronze utilizado em bombas de combustíveis, trazendo enormes prejuízos econômicos. Estima-se que US\$ 30 bilhões poderiam ser economizados, caso medidas economicamente viáveis de prevenção de corrosão fossem adotadas (SANDRES, 2004).

A corrosão metálica é a transformação de um material metálico ou liga metálica pela sua interação química ou eletroquímica num determinado meio de exposição, resultando na formação de produtos de corrosão e na liberação de energia (GENTIL, 2007). Assim, se faz necessário o estudo dos processos corrosivos, principalmente quando a mesma está relacionada ao uso de combustíveis, o que gera perdas econômicas significativas.

Em motores de ciclo diesel, por exemplo, tem-se a corrosão do pistão do motor, que possui grande importância para o funcionamento, já que tem por função a transmissão de força por meio de um movimento alternativo, devido a pressão interna dos gases em expansão para o virabrequim, através do pino e da biela, dando movimento ao motor (ROLIM et al., 2007).

Porém, algumas falhas prematuras em pistões são percebidas quando o mesmo não resiste ao funcionamento durante sua vida útil. Dentre essas falhas, têm-se as falhas por erros de montagem e as falhas por erros de funcionamento, podendo-se destacar: Folga insuficiente entre o pino e bucha, danificação por detonação e por pré-ignição, danificação do topo por erosão, trincas na borda da câmara e na saia do pistão, deformação na parte superior da camisa, dentre outras (ROLIM et al., 2007).

Dessa forma, para se evitar algum tipo de corrosão, alcançando-se uma maior durabilidade, quanto à vida útil do pistão, deve-se manter o motor com o nível de lubrificação adequada e recomendada pelo fabricante.

A corrosão ou desgastes dos componentes do motor, no caso o pistão, pode ocasionar primeiramente o seu mau funcionamento (falhas e perda de potência) e, se não houver a reparação ou troca do pistão e de outros componentes, ocasionar o travamento e queda do motor, tendo assim, finalmente, um prejuízo maior com a perda total do motor (COUTINHO, 2007).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo determinar, através de testes em laboratório, a taxa de corrosão presente no pistão do motor quando em contato com diesel, biodiesel e suas misturas em diferentes proporções.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho utilizou-se 44 amostras, retiradas do pistão de um motor a diesel, e submetidas às misturas B0, B10, B20, B30, B40, B50, B60, B70, B80, B90 e B100. Todas as misturas de biodiesel/diesel, diesel e biodiesel puro, foram colocados em béquer de 50mL no qual o corpo de prova foi inserido. O pistão foi cortado em pequenos corpos de prova, os quais foram lavados, lixados, medidos, pesados e identificados, para assim serem imersos em contato com as misturas citadas anteriormente.

As amostras foram divididas em dois grupos, onde um deles foi submetido a temperatura ambiente (aproximadamente 30°C) e o outro com aquecimento (aproximadamente 100°C). Na Fig. 1 é mostrado o corpo de prova cortado, lixado, pesado, medido e identificado.



Figura 1. Corpo de prova

Para a realização do corte dos corpos de prova usou-se o torno e serra. Onde o torno foi usado para lixar a parte a ser cortada e para cortar o pistão, obtendo assim um anel da parte inferior do mesmo. Depois disso realizou-se os cálculos para determinar a melhor maneira de cortar os pistões, se tendo um melhor aproveitamento da peça e marcou-se o local que deveria ser cortado. A serra foi usada para serrar o pistão no local indicado, obtendo-se os corpos de prova necessários para a análise.

Posteriormente os corpos de prova foram emersos em suas respectivas misturas em temperatura controlada e temperatura ambiente. A cada 30 dias foi feita a troca das misturas de biodiesel e diesel, a lavagem, pesagem e medição dos corpos de prova, nos ensaios de temperatura controlada e temperatura ambiente.

A lavagem do corpo de prova foi feita com detergente, para poder eliminar as impurezas contidas e o óleo que fica na superfície. Posteriormente, os corpos de prova foram colocados na estufa com temperatura de 100 °C por quatro horas, para poder eliminar a água.

Em seguida, os corpos de prova foram colocados no dessecador até atingir a temperatura ambiente e assim realizar a pesagem e medição dos mesmos. Com isso foi determinado a diferença de massa entre o início e o final do ensaio, sendo usado para a determinação da taxa de corrosão. A perda de massa é influenciada pela área exposta e tempo de exposição, que quando combinadas expressam a taxa de corrosão. Assim, usa-se a Eq. (1), para poder determinar a taxa de corrosão presentes nos corpos de prova em mpy (milésimo de polegada por ano) e na Eq. (2) em mm/ano (milímetro por ano) (GENTIL, 2007).

$$mpy = \frac{\text{massa perdida} \times 534}{\text{área} \times \text{tempo} \times \text{densidade do metal}} \quad (1)$$

Onde a massa perdida é expressa em miligramas, a área exposta da superfície em polegadas quadradas e tempo em horas.

$$T = \frac{\text{massa perdida} \times 365 \times 1000}{\text{área} \times \text{tempo} \times \text{densidade do metal}} \quad (2)$$

Onde a massa perdida é expressa em gramas, a área exposta da superfície em milímetros quadrados, tempo em dias e a densidade em g/cm³.

2.1. Determinação da densidade do material

No calculo usado para calcular a taxa de corrosão é necessário o uso da densidade do material que está sendo exposto a corrosão. A determinação da densidade volumétrica foi realizada usando os parâmetros da norma ASTM D 792-08, onde foi usado três amostras, previamente lavadas, medidas e pesadas em uma balança digital com capacidade de 210g. O cálculo foi feito utilizando a Eq. (3).

$$\rho = \frac{a \times \eta}{(a + w - b)} \quad (3)$$

Onde: ρ é a densidade volumétrica (g/cm³), a é o peso da amostra seca (g), η é a densidade da água na temperatura de ensaio a 28°C (0,992g/cm³), w o peso do afundador parcialmente imerso em água (g) e b o peso da amostra imersa com o afundador em água (g).

2.2. Síntese do Biodiesel

Para a síntese do biodiesel utilizou-se óleo de soja refinado comercial, Hidróxido de Potássio (KOH) como catalisador e como álcool o metanol.

A razão molar usada entre óleo e álcool foi de 1:6 óleo/álcool metílico e a concentração do catalisador (Hidróxido de Potássio) de 2%. Com as quantidades de 500 g de óleo de soja, 344,55 g de metanol e 10 g de Hidróxido de Potássio para cada síntese.

Inicialmente, pesou-se 500 g de óleo de soja em um béquer de 1000 mL, em seguida colocou-se o mesmo na estufa por uma hora, em temperatura de 70 °C. Passado esse período, foi colocado no dessecador até que sua temperatura estivesse baixa, depois foi pesado 10g de Hidróxido de Potássio (KOH) e 344,55 g de metanol, para serem adicionados no béquer contendo o óleo de soja, mantendo esse sistema em agitação, a 450 rpm, durante três horas.

Posteriormente, a mistura foi transferida para um funil de decantação, deixando-a em repouso por 24 horas, para que se tenha a formação das duas fases (biodiesel + glicerina) (Fig. 2). Com as fases formadas, fez-se a separação da mesma, onde retirou-se a glicerina que ficara na parte inferior do funil de decantação.

Em seguida, lavou-se o biodiesel com água a 70° C até o pH ficar neutro, removendo, assim, algum excesso de KOH presente na mistura; depois disso, foi posto para secar durante uma hora em estufa a 70 °C para se eliminar a umidade e, por fim, armazenou-se em um recipiente plástico para posterior análise.

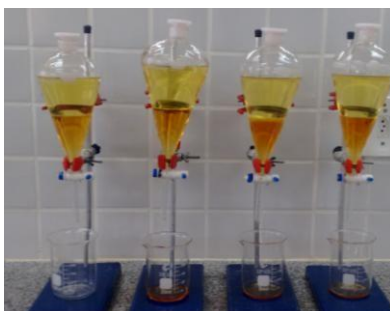


Figura 2. Biodiesel e glicerina

2.3. Caracterização do Biodiesel

- **Água e sedimentos:** Na determinação de água e sedimentos foi utilizada a norma da ASTM D2709, que consiste na utilização de 10 mL da amostra em tubo de escala legível até 0,1 mL, que é centrifugada a 800 RCF, durante 10min, verificando-se o volume de água e sedimentos que precipitou.
- **Índice de saponificação:** Para determinação do índice de saponificação usou-se a norma AOCS Cd 3c – 91, pesando 2 g da amostra em um erlenmeyer e adicionando 20 mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio a 4% m/m. Em seguida, o erlenmeyer foi adaptado a um condensador de refluxo e aquecido até ebulição branda, durante um período de 30 minutos. Posteriormente, adicionou-se 2 gotas de indicador fenolftaleína e titulou-se a quente com ácido clorídrico 0,5 N até o desaparecimento da cor rosa. A determinação do índice de saponificação foi realizada através da Eq. (4).

$$IS = \frac{(V_a - V_b) \times Ct \times 28}{M} \quad (4)$$

Onde: IS é o índice de saponificação de koettstorfer; V_a é o volume (mL) do HCL 0,5 N gastos na titulação; V_b é o volume (mL) do HCL 0,5 N gastos na titulação do branco; Ct é a concentração da solução de HCL; M é a massa (mg) da amostra (DANTAS, 2006).

- **Índice de acidez:** Para se determinar o índice de acidez presente, pesou-se 2 g da amostra em um erlenmeyer, posteriormente adicionou-se 25 mL de solução de éter-alcool (2:1) previamente neutralizada em uma solução de hidróxido de sódio 0,1 N. Em seguida adicionou-se 2 gotas do indicador fenolftaleína e titulou-se com solução de NaOH 0,1 N até ficar com a coloração rósea. Usando a Eq. (5) para sua determinação:

$$IA = \frac{(V_a - V_b) \times FC \times 5,61}{M} \quad (5)$$

Onde: IA é o índice de acidez; V_a é o volume (mL) da solução de NaOH 0,1 gastos na solução; V_b é o volume (mL) da solução de NaOH 0,1 N gastos na solução branco; FC é o fator de correlação da solução de NaOH; M é a massa (g) da amostra (SANTOS, 2010).

Massa específica (Kg/m^3): Na verificação da massa específica utilizou-se a técnica de picnometria, que consiste na medida do peso de um recipiente, com volume conhecido, em que se calibra esse volume de acordo com o peso da água pura no mesmo recipiente; recipientes estes chamados de picnômetros, que possuem baixo coeficiente de expansão, geralmente, 25 mL ou 50 mL de volume e com boa precisão (CECCHI, 2003 apud COSTA 2006).

Dessa forma, na obtenção da densidade do biodiesel, encheu-se o picnômetro calibrado com amostra e pesou-se. Em seguida, pode-se obter a massa do biodiesel através da diferença entre o picnômetro vazio e cheio de cada amostra. Portanto, conhecendo a massa do biodiesel e o volume obteve-se a densidade do biodiesel através da Eq. (6).

$$d = \frac{m}{v} \quad (6)$$

- **Ponto de fulgor e combustão:** A determinação do ponto de fulgor foi realizado, seguindo a norma ASTM D93, que consiste em colocar aproximadamente 75 mL da amostra do óleo, ou seja, até a marca registrada da parte interna da cuba teste. Em seguida, o termômetro foi colocado no local determinado pelo equipamento e a chama teste acesa. A fonte de ignição foi aplicada. O ponto de fulgor é notado quando a fonte de ignição aplicada provoca um lampejo distinto no interior da cuba teste. Já o ponto de combustão foi verificado com a mesma metodologia do ponto de fulgor, a única diferença é a temperatura deste só e marcada, quando a amostra permanece em combustão.
- **Sódio e potássio:** Para análise de sódio e potássio utilizou-se um fotômetro de chama, calibrando o mesmo com uma solução de Na^+ e K^+ padrão. Preparou-se então uma solução de ácido clorídrico 0,5 mol/L, sendo a concentração máxima permitida no aparelho. Esta solução foi preparada para solubilizar as amostras e fazer a lavagem do equipamento.
- **Teor de umidade:** Para determinação do teor de umidade utilizou-se o método descrito pela AOCS Bc 2-49, que consiste em pesar 5 g da amostra em cápsula de porcelana (50 mL), onde a mesma deve ser aquecida por 1 hora em estufa a 105 °C, resfriada no dessecador e pesada novamente, para se obter o valor perdido e assim a umidade presente, usando para isto a Eq. (7).

$$\% TU = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (7)$$

Onde: M_1 é o peso (g) da amostra pesada; M_2 é o peso (g) da amostra pesada após o aquecimento.

- **Viscosidade cinemática:** Para a determinação da viscosidade cinemática a norma ASTM D455 estabelece que o capilar indicado para medição da viscosidade deve ser preenchido com 70 mL do óleo, deixando aquecer até a temperatura de 40 °C, controlada através de um termômetro de mercúrio, sendo a temperatura do óleo de aquecimento controlada pelo sistema do aparelho. Após atingir a temperatura, deixou-se o biodiesel escoar, cronometrando o tempo que toda a amostra leva para deixar o aparelho através do furo universal. Em seguida realizou-se o cálculo usando a Eq. (8).

$$VCC = 0,224 \times (SSU) - \frac{185}{(SSU)} ; \text{para } 34 \leq SSU < 115 \quad (8)$$

Onde: SSU é o tempo de escoamento em segundos.

3. RESULTADOS

As condições de síntese do biodiesel utilizado neste trabalho foram otimizadas utilizando um planejamento fatorial 2^3 com repetição, usando-se 3 fatores (Razão óleo:álcool; concentração de catalisador; tempo de síntese), onde pôde-se obter as condições ideais de síntese com maior rendimento e características físico-químicas de acordo com as normas em vigor. Assim obteve-se o maior rendimento na síntese de razão molar 1:6, concentração do catalisador de 2% (Hidróxido de Potássio - KOH), com tempo de síntese de 3 horas, obtendo-se um rendimento de 98,92% (MARQUES et al., 2015).

As caracterizações físico-químicas das matérias-primas são necessárias em qualquer estudo que se iniciar, já que por meio desta avaliação, é possível ser apontada alterações ocorridas durante a síntese ou no produto resultante (CANDEIA, 2008). Diante deste princípio, foram investigadas algumas propriedades do óleo de soja, tido como a base da síntese do biodiesel, além do biodiesel puro. Na Tab. 1 é possível visualizar os resultados obtidos na análise físico-química realizada no biodiesel, bem como as especificações estabelecidas Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para cada um dos parâmetros em estudo.

É de extrema importância avaliar a qualidade do biodiesel produzido, pois condiciona bom funcionamento e tempo de vida útil de um motor (CANDEIA, 2008). Sendo assim, a aceitação do biodiesel no mercado precisa ser assegurada e, para isso, é preciso que esse produto esteja dentro das especificações internacionalmente aceitas para o seu uso. No Brasil, estes parâmetros de qualidade foram fixados pela ANP, daí a importância dos valores contidos na Tab. 1, está de acordo com a norma. Neste sentido, as análises físicas e químicas do biodiesel derivado do óleo de soja, bem como do próprio óleo de soja, neste trabalho, foram comparadas com o Regulamento Técnico da ANP, onde se percebe que os valores do biodiesel estão de acordo com a mesma, satisfazendo as exigências dessa resolução.

Tabela 1 . Resultado médio da caracterização físico-química do biodiesel, e especificações.

Parâmetro	Óleo	Biodiesel	Especificações da ANP
Água e Sedimentos	0	0	(2) mg/kg
Índice de Acidez	-	0,26	< 0,5 mg KOH/g
Índice de Saponificação	95,94	91,77	NC*
Massa Específica	918,8	881,30	850-900 kg/m ³
Ponto de Fulgor (°C)	299	175	> 100 °C
Ponto de Combustão (°C)	> 310	194	NC*
Sódio + Potássio	0	0	< 5 mg/km
Teor de Umidade	0,8	0,41	NC*
Viscosidade	35,96	6,71	3,0 - 6,0 mm ² /s

*NC = Não citado;

Entretanto, a viscosidade no biodiesel apresentou valor um pouco superior com o permitido, isso pode ter ocorrido devido a traços remanescentes de glicerina ou óleo. Se a viscosidade evoluir para valores maiores irá formar goma ou graxa, o que leva ao mau funcionamento do motor (CANDEIA, 2008). A alta viscosidade do combustível pode afetar também no funcionamento das bombas injetoras dos veículos, sendo a alta viscosidade o grande obstáculo ao uso de óleos vegetais como combustível. Contudo, o biodiesel tem uma viscosidade menor que a dos óleos vegetais (MIYASHIRO et al., 2011), o que pode ser comprovado na Tab. 1, que nos mostra que a viscosidade do óleo foi de 35,96, valor muito superior ao permitido (entre 3,0 – 6,0) e muito superior ao do biodiesel (6,71).

Posteriormente a caracterização físico-química do biodiesel, os corpos de prova foram imersos em suas respectivas misturas, onde foi analisado mensalmente (por seis meses) a massa perdida e área superficial de cada corpo de prova, para que por meio das Eq. (1) e Eq. (2) pudesse se calcular a taxa de corrosão em mpy (milésimo de polegada por ano) e em mm/ano (milímetro por ano). Nas Tab. 1, Tab. 2, Tab. 3, Tab. 4, Tab. 5 e Tab. 6 é possível visualizar os resultados encontrados no ensaio de corrosão por imersão no período de seis meses, nas duas condições de temperaturas estudadas (temperatura ambiente e temperatura controlada).

Tabela 1 . Resultados experimentais para a taxa de corrosão no primeiro mês

Mistura	Temperatura ambiente		Temperatura controlada	
	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)
B0	0,000	0,000	0,000	0,000
B10	0,000	0,000	0,000	0,000
B20	0,111	0,003	0,000	0,000
B30	0,106	0,003	0,000	0,000
B40	0,000	0,000	0,000	0,000
B50	0,000	0,000	0,000	0,000
B60	0,102	0,003	0,000	0,000
B70	0,000	0,000	0,000	0,000
B80	0,285	0,007	0,000	0,000
B90	0,000	0,000	0,000	0,000
B100	0,110	0,003	0,000	0,000

Tabela 2 . Resultados experimentais para a taxa de corrosão no segundo mês

Mistura	Temperatura ambiente		Temperatura controlada	
	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)
B0	0,052	0,001	0,000	0,000
B10	0,000	0,000	0,000	0,000
B20	0,000	0,000	0,000	0,000
B30	0,000	0,000	0,000	0,000
B40	0,000	0,000	0,000	0,000
B50	0,000	0,000	0,000	0,000
B60	0,051	0,001	0,000	0,000
B70	0,000	0,000	0,000	0,000
B80	0,143	0,004	0,000	0,000
B90	0,000	0,000	0,000	0,000
B100	0,055	0,001	0,000	0,000

Tabela 3 . Resultados experimentais para a taxa de corrosão no terceiro mês

Mistura	Temperatura ambiente		Temperatura controlada	
	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)
B0	0,035	0,001	0,000	0,000
B10	0,000	0,000	0,000	0,000
B20	0,000	0,000	0,000	0,000
B30	0,000	0,000	0,000	0,000
B40	0,000	0,000	0,000	0,000
B50	0,000	0,000	0,000	0,000
B60	0,034	0,001	0,038	0,001
B70	0,000	0,000	0,031	0,001
B80	0,000	0,000	0,072	0,002
B90	0,000	0,000	0,076	0,002
B100	0,037	0,001	0,037	0,001

Tabela 4 . Resultados experimentais para a taxa de corrosão no quarto mês

Mistura	Temperatura ambiente		Temperatura controlada	
	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)
B0	0,026	0,001	0,028	0,001
B10	0,027	0,001	0,000	0,000
B20	0,000	0,000	0,000	0,000
B30	0,053	0,001	0,000	0,000
B40	0,000	0,000	0,000	0,000
B50	0,000	0,000	0,000	0,000
B60	0,000	0,000	0,057	0,001
B70	0,000	0,000	0,050	0,001
B80	0,072	0,002	0,054	0,001
B90	0,000	0,000	0,030	0,001
B100	0,028	0,001	0,000	0,000

Tabela 5 . Resultados experimentais para a taxa de corrosão no quinto mês

Mistura	Temperatura ambiente		Temperatura controlada	
	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)
B0	0,042	0,001	0,047	0,001
B10	0,022	0,001	0,000	0,000
B20	0,000	0,000	0,034	0,001
B30	0,043	0,001	0,031	0,001
B40	0,025	0,001	0,019	0,000
B50	0,019	0,000	0,036	0,001
B60	0,021	0,001	0,043	0,001
B70	0,021	0,001	0,040	0,001
B80	0,058	0,001	0,057	0,001
B90	0,000	0,000	0,039	0,001
B100	0,044	0,001	0,031	0,001

Tabela 6 . Resultados experimentais para a taxa de corrosão no primeiro mês

Mistura	Temperatura ambiente		Temperatura controlada	
	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)	Taxa de corrosão (mpy)	Taxa de corrosão (mm/ano)
B0	0,036	0,001	0,048	0,001
B10	0,019	0,000	0,116	0,003
B20	0,019	0,000	0,023	0,001
B30	0,036	0,001	0,027	0,001
B40	0,021	0,001	0,015	0,000
B50	0,000	0,000	0,029	0,001
B60	0,017	0,000	0,028	0,001
B70	0,018	0,000	0,049	0,001
B80	0,064	0,002	0,044	0,001
B90	0,000	0,000	0,032	0,001
B100	0,037	0,001	0,023	0,001

Com os resultados obtidos é possível analisar a taxa de corrosão presente em todas as misturas mensalmente. Para isto utilizou-se duas classificações. Uma delas para quando este valor é dado em mpy e a outra para mm/ano. Segundo Gentil (2007), quando o ataque é uniforme e em meio químico, os metais podem ser divididos em três grupos, de acordo com a taxa de corrosão e aplicação, onde a taxa de corrosão menor que 5 mpy são de materiais com boa resistência à corrosão e são apropriados para uso em partes críticas de equipamentos; valores entre 5 e 50 mpy é em metais usados nos caso em que uma alta taxa de corrosão é tolerada como em tanques, tubulações, corpos de válvulas. Quando é maior que 50 mpy os metais são poucos resistentes a corrosão, não sendo recomendado o seu uso. Comparando os valores encontrados nos meses em estudo, percebe-se que em todos os meses, temperaturas e misturas a taxa de corrosão foi inferior a 5 mpy, portanto o material possui boa resistência a corrosão.

Já quando a taxa de corrosão é dada em milímetros por ano, segundo Gentil (2007) a classificação é dada de acordo com a norma NACE – RP – 07 – 75, mostrada na Tab. 7.

Tabela 7 . Classificação da corrosividade segundo a norma NACE – RP – 07 – 75

Taxa de corrosão uniforme (mm/ano)	Corrosividade
< 0,025	Baixa
0,025 a 0,12	Moderada
0,13 a 0,25	Alta
> 0,25	Severa

Dessa forma é possível perceber que a corrosão apresentada nos corpos de prova em análise, foi baixa, já que sua taxa de corrosão foi inferior a 0,025 mm/ano, sendo que em temperatura controlada (aproximadamente a temperatura de funcionamento do motor) é ainda menor. Resultado coerente com o encontrado na literatura, em trabalho realizado por Rolim et al. (2007), que usa para a síntese do biodiesel o óleo de soja etílico. Neste é possível ver que a taxa de corrosão é bem pequena sendo o material de baixa corrosividade e o biodiesel apropriado para o uso em motores desse tipo.

Esse valor nos mostra que a síntese usada na produção do biodiesel é adequada, tendo em vista que o biodiesel obtido está de acordo com as normas estabelecidas pela ANP.

Foi observado também que na temperatura controlada a taxa de corrosão foi menor que a temperatura ambiente. Isso se deve provavelmente, ao fato dos combustíveis possuírem certa porcentagem de água, a qual, com o aumento da temperatura, sofreu evaporação, tendo um efeito ainda menos corrosivo do que a temperatura ambiente (REVISTA ELO, 2007 apud ROLIM, 2007).

O biodiesel pode ser sintetizado com diferentes tipos de óleo, por exemplo, óleo *Jatropha curcas*, *Pongamia glabra*, *Madruca indica* e *Salvadora*. Esses quatro tipos de óleos foram postos em contato com o pistão do motor e a camisa do pistão, para se analisar a corrosão que causava. Neste trabalho foi possível perceber que a corrosão na camisa do pistão sofre influência para todos os tipos de biodiesel avaliados, sendo maior no da *Salvadora*, por apresentar uma maior perda de massa. Ainda se obteve um valor considerável no biodiesel obtido por meio do óleo *Jatropha curcas*, que se deve ao fato de possuir ácidos propícios a oxidação. No pistão a taxa de corrosão de maior valor foi no biodiesel de óleo *Salvadora*, devido a grande quantidade de enxofre presente no mesmo (KAUL, 2007 apud ROLIM et al., 2007).

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que com a crescente utilização das fontes renováveis de combustíveis há uma busca por métodos que a tornem cada vez mais eficiente. O biodiesel é uma fonte renovável, já que é um combustível alternativo, porém é necessária a realização de análises para a obtenção das condições ideais para o seu uso, com os padrões de qualidade dentro das normas específicas, adquirindo-se assim segurança e qualificação para que o mesmo possa ir para o mercado e garanta a funcionalidade do motor.

Neste âmbito, percebeu-se que o biodiesel sintetizado estava com as propriedades dentro dos limites estabelecidos pela ANP. Ainda foi possível observar que a corrosão no material que compõe o pistão do motor no período estudado foi baixa para todas as misturas utilizadas, sendo esse valor ainda menor nos casos em que o corpo de prova foi exposto a temperatura próxima a do funcionamento do motor, de aproximadamente 100°C. Sendo assim, sugere-se que o biodiesel obtido e suas respectivas misturas são viáveis como fontes alternativas renováveis para serem aplicados como combustíveis em motores do ciclo a diesel.

5. AGRADECIMENTOS

PIVIC, UFERSA e UERN.

6. REFERÊNCIAS

- CANDEIA, R. A. Biodiesel de soja: síntese, degradação e misturas binárias. 2008. 150f. Tese (Doutorado em Química). Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.
- CENTRO BRASILEIRO DE REFERÊNCIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS – CERBIO, O biodiesel, Publicação da Divisão de Biocombustíveis – DBIO, Ano II, Ed. 12, Maio, 2006.
- COSTA, T.L. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICOQUÍMICAS DO ÓLEO DE DUAS CULTIVARES DE MAMONA. 2006. 113 f. Dissertação (Mestre em Engenharia agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, CAMPINA GRANDE – PARAÍBA, 2006.
- COUTINHO, Carlos Bottrel. Materiais Metálicos para Engenharia. Belo Horizonte. Fundação Christiano Ottono, 1992
- DANTAS, Manoel Barbosa. OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO TERMOANALÍTICO DO BIODIESEL DE MILHO. 2006. 133f. Dissertação (Mestre em Química analítica). Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. Oleaginosas e seus Óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA-2009-09/22146/1/DOC201.pdf>>. Acesso em: 10/06/2015
- GENTIL, V.; Corrosão, 5a ed., LTC: Rio de Janeiro, 2007.
- KNOTHE, G. Perspectivas históricas de los combustibles diesel basados em aceites vegetales. Revista A&G, 47, Tomo XII, No. 2., 2001.
- KUCEK, K.T. Otimização da transesterificação etílica do óleo de soja em meio alcalino. 2004. 123 f. Dissertação (Mestre em Química Orgânica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- MARQUES, H.; FREITAS, D.; SOUZA, L.; SILVA, A.. UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS QUIMIOMÉTRICAS NO PROCESSO DE SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE BIODIESEL DE SOJA. In: 55º Congresso Brasileiro de química, 2 a 6 de novembro de 2015, Goiania/Goias. *Anais ... Goiânia/Goias*, 2015.
- MIYASHIRO, C. S., OLIVEIRA, C., CAMPOS, E., TELEKEN, J. G. PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DA TRANSESTERIFICAÇÃO DE ÓLEOS RESIDUAIS. REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS REANOVÁVEIS, V. 1, P. 63-76, OUTUBRO DE 2011.
- ROLIM, A.L; ROLIM, M.J; BARROSO, R.F. A INFLUÊNCIA DO BIODIESEL NA CORROSÃO DO PISTÃO DO MOTOR. Centro Universitário Positivo. Curitiba, 2007.

- SANDRES, G. C.. Contaminação dos solos e águas subterrâneas provocada por vazamento de gasolina nos postos de combustíveis devido à corrosão em tanques enterrados. 2004. 147 f. Dissertação (Mestre em Segurança do Trabalho), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.
- SANTOS, A. G. D. Avaliação da estabilidade térmica e oxidativa do biodiesel de algodão, girassol, dendê e sebo bovino. 2010. 185 f. Dissertação (Mestre em química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal- RN, 2010.
- VALENTE, O.S. Desempenhos e emissões de um motor-gerador de energia elétrica usando biodiesel. 2007. 161 f. Dissertação (Mestre em Engenharia mecânica). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

CORROSION STUDY IN MOTOR DIESEL PISTON FOR SOYBEAN AND BIODIESEL BLENDS

Fernanda Beatriz Aires de Freitas, beatrizfernanda@outlook.com¹

Daniel Freitas Freire Martins, dffm@ufersa.edu.br¹

Wendell Albano, wendell.albano@ufersa.edu.br¹

Universidade Federal Rural do Semi Árido, RN-233, km 01, Sítio Esperança II, Zona Rural de Caraúbas/RN.

Abstract. Fossil fuels have great importance in the Brazilian energy matrix. We can prove this fact by high production of oil products in 2014. However, some factors (energy, environmental, etc.) have led to seek renewable sources of fuel, less pollutants and with the efficiency of petroleum products. In this context, Brazil began its research about this theme since the 20th decade to the production of biodiesel (VALENTE, 2007) which, currently, it is already being sold in commercial sites, diesel with biodiesel percentages. From an economic perspective, the viability of biodiesel is related to the establishment of a favorable balance in the Brazilian trade balance, since the diesel is the derived of oil most consumed in Brazil, and an increasing fraction of the product has been imported annually (Nogueira and Pikman 2002 apud KUCEK, 2004). Taking into consideration environmental issues, the use of biodiesel, even though gradually, is resulting in a significant reduction in the standard of emissions of particulates, sulfur oxides and gases that contribute to the greenhouse effect (Mittelbach et al., 1985, apud KUCEK, 2004). Thus, with the expectation that oil becomes an inexhaustible source of energy and that biodiesel become a major source of renewable energy in Brazil, it is necessary to study biodiesel behavior in the engines components in the diesel cycle.. One of the problems in the biodiesel use as automobile fuel is the corrosion it can cause the engines. This corrosion occurs due to the presence of water, free fatty acids, etc. The corrosion or wear of engine components, in this case the piston may cause at first, the malfunction (fault, and power loss) and, if it is not occurs the repair or replacement of the piston and the others components. It will cause the locking and the fall of the engine, thus ultimately, higher damage and the total loss of engine. (Coutinho, 2007). Thus, the present study evaluated the corrosion of the piston, made of aluminum alloy, when in contact with diesel, biodiesel and mixtures thereof in different proportions, in two temperature ranges: ambient temperature and at a controlled temperature (approximately 100 ° C), for a period of six months. To check the corrosion of the material, we determined the corrosion rate for each specimen used. The biodiesel synthesis conditions used in this work were optimized using a factorial design 23 with repetition, where it was possible to achieve the optimum conditions of synthesis with higher yield and physicochemical characteristics in accordance with the regulations. Thus, it was noted that the corrosion of the material that composes the engine piston during the study period was low for all blends used, thus proving the feasibility of using biodiesel in diesel engines, as well as the employee synthesis method.

Keywords: Fossil fuels, biodiesel, corrosion, diesel cycle engine, piston.

1. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are solely responsible for the content of this work.