

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE DOIS VEÍCULOS UTILITÁRIOS OPERANDO COM DIESEL E BIODIESEL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Felipe Andrade Torres, felipe.ba@gmail.com¹
Ednildo Andrade Torres, ednildo@ufba.br¹

¹Laboratório de Energia e Gás - Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Rua Prof. Aristides Novis, nº 2, Federação, CEP: 40210-630, Salvador-BA, Brasil,

Resumo: *Este trabalho é uma análise de um motor ciclo diesel montado em um automóvel e testado em um dinamômetro de chassi, abastecido com diferentes concentrações de mistura binária diesel-biodiesel. A preocupação com os danos ambientais causados pelos combustíveis fósseis, assim como busca por alternativas aos derivados do petróleo tem impulsionado os cientistas a pesquisar fontes renováveis de energia para o abastecimento de automóveis. Muito se estudou sobre a possibilidade de uso do biodiesel em motores de ignição por compressão. Hoje, a tendência é analisar as conseqüências do seu uso em motores comerciais. Dois veículos operando com motores do ciclo diesel foram testados, usando diferentes misturas de óleo diesel e biodiesel para comparação do seu desempenho e níveis de emissões de acordo com a concentração do óleo de origem vegetal. Os resultados são apresentados em gráficos e tabelas e mostram pequenas diferenças de respostas dos carros entre a mistura previamente vendida comercialmente nos postos de abastecimento do Brasil, o B3 (3% de biodiesel e 97% de diesel), B4, B50 e um combustível composto somente pelo óleo vegetal, o B100.*

Palavras-chave: *motor diesel, biodiesel, dinamômetro de chassi.*

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas é evidente a atenção nacional acerca de novas formas de suprir a demanda energética mundial. Variações nos preços do barril de petróleo e as discussões sobre o futuro dos combustíveis fósseis fazem com que a haja uma atenção global para os biocombustíveis. Oliveira et al (2008) questões relacionadas ao uso de biocombustíveis envolvem impactos ambientais, econômicos e sociais, uma vez que trata-se de destinar o plantio de oleaginosas para a extração do óleo vegetal ou como uma questão ambiental, quando é produzido a partir de óleo de fritura, conhecido como OGR (óleo de gordura residual).

O objetivo desse trabalho é comparar testes realizados em veículos do ciclo diesel, utilizando misturas binárias diesel-biodiesel em proporções de B3 (3% biodiesel e 97% diesel) e B4, provenientes de um postos de combustíveis localizados em Salvador, e B100, produzido através de OGR na unidade de produção do Laboratório de Energia e Gás da Escola Politécnica, UFBA. Na fase de testes, foram levantadas as curvas de potência, acelerações de retomada em 3ª e 4ª marcha. A avaliação de desempenho foi realizada através da medição do tempo de resposta do motor em acelerações de retomada (40-80 e 40-100 km/h). Foram analisadas também, as emissões gasosas de CO, NO_x e SO_x. Por fim, os resultados foram comparados e expostos neste trabalho. Foram realizados diversos testes, porém os resultados são apresentados em uma média dos 5 melhores testes.

2. MATERIAS E MÉTODOS

A metodologia de testes de veículos com motores do ciclo diesel utilizando uma mistura binária diesel-biodiesel em dinamômetro de chassi foi desenvolvida a partir da elaboração e execução de testes de desempenho, tais como a medição de torque, potência, aceleração e testes de emissões de CO, NO_x e SO_x, etc. Os testes foram realizados com diferentes concentrações de diesel e biodiesel, para fins comparativos. Foram necessários equipamentos específicos para as avaliações operacionais e ambientais, tais como: veículos automotivos com motor de ignição por compressão do tipo diesel, dinamômetro de chassi, analisadores de gases, etc. Os testes foram realizados no Laboratório de Energia e Gás da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

Os veículos testados foram submetidos a condições simuladas de operação utilizando B3 (3% biodiesel 97% diesel fóssil), B4 e B100 para fins comparativos, e os testes forma divididos em 3 (três) grupos:

Teste de desempenho do motor - O veículo é acelerado até atingir a potência máxima do motor, utilizando um ciclo de condução próprio exigido pelo equipamento. O teste é realizado da primeira à quarta marcha e são avaliadas as perdas do motor, a potência da roda, a potência e o torque do motor.

O software do dinamômetro traça uma curva de velocidade e potência do motor do veículo testado. A partir da análise do gráfico e da tabela gerada podem-se encontrar os pontos de máxima potência, rotação, velocidade, torque do motor e as perdas de potência existentes no veículo e conseqüentemente a eficiência do mesmo.

O veículo testado é submetido a diferentes regimes de trabalho, onde são coletadas informações sobre a potência, torque e aceleração de retomada do motor. A partir destes dados pode-se avaliar o desempenho do motor operando com diferentes misturas de diesel-biodiesel.

Teste de aceleração de retomada – Serão realizados dois tipos de testes de aceleração: aceleração de condução urbana (de 40 a 80 km/h em terceira marcha) e aceleração de condução rodoviária (de 40 a 100 km/h em quarta marcha).

Através destes testes podemos comparar o tempo de resposta e o comportamento do veículo submetido aos modos de condução urbana e ao de condução rodoviária, uma vez que estes se diferem bastante. Em um ciclo de condução urbana, o veículo normalmente precisa de uma aceleração mais rápida em intervalos de tempo e espaço menores, por isso o uso da terceira marcha, enquanto que nas conduções rodoviárias, normalmente há intervalos de tempo e espaço maiores, possibilitando acelerações menos agressivas, que explica o uso da quarta marcha.

O software do dinamômetro cronometra o tempo entre as velocidades mínimas e máximas definidas previamente antes do teste.

Teste de aceleração de retomada – Para a realização dos testes de emissões, cada combustível foi analisado a 4 velocidades diferentes, 20 km/h na primeira marcha, 40 km/h na segunda marcha, 60 km/h na terceira marcha e 80 km/h na quarta marcha. O veículo foi mantido por 6 (seis) minutos em cada uma das velocidades, para retirada de 5 amostras de um minuto cada, e mais uma amostra descartada para eliminar os erros na transição de uma velocidade para outra.

A cada um minuto é requisitado do equipamento de medição dos gases que ele imprima um relatório que informa a quantidade emitida de cada gás no último minuto. Com os valores obtidos pode-se comparar o efeito do acréscimo do biodiesel no nível de emissões de CO, NOx e SOx, em condições de funcionamento típicas de ambiente urbano.

Antes da realização dos testes para análise de resultados, o operador passou por um período de adaptação ao veículo e aos testes, sem caráter normativo. Os testes em dinamômetros de chassi possuem caráter próximo ao comportamento real, já que veículo equipado com motor de ignição por compressão é submetido a condições próximas das condições reais de operação quando operado em um dinamômetro de chassi.

Equipamentos utilizados:

Dinamômetro de chassi Bosch FLA-203 – Equipamento tem o mesmo princípio de funcionamento do dinamômetro hidráulico de bancada, porém, a resistência mecânica é gerada eletricamente, possuindo a vantagem testar o motor diretamente no veículo. O dinamômetro de chassi Bosch, modelo FLA 203, com velocidade máxima de teste de 270 km/h e potência máxima suportada de 400 kW. Este equipamento é capaz de fazer testes em condições simuladas e ideais de condução.



Figura 1. Dinamômetro de Chassi Bosch modelo FLA-203.

Analizador de gases TELEGAN TEMPEST-100 – O analisador de gases utilizados nos testes foi o analisador de gás TELEGAN TEMPEST-100, que coleta e analisa as emissões gasosas de CO, NO_x, SO_x, entre outros. O analisador funciona através de sensores eletroquímicos Citycell Gold Class e possui um filtro de condensado que permite a análise dos gases de emissões em base seca.



Figura 2. Analizador de Gases TELEGAN TEMPEST-100

Especificações dos veículos:



Figura 3. Mitsubishi Modelo L200



Figura 4. Ford Ranger XLT 4x4.

Tabela 1. Dados dos veículos

Marca	Mitsubishi	Ford
Modelo	L200	Ranger
Ano	2002/2002	2002/2002
Motor	2,5 Turbodiesel	2,8 XLT Turbodiesel
Torque	201 N.m @ 2000 RPM	375 N.m @ 1400 RPM

* Especificações do fabricante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores observados nos testes apresentaram coerência e ficaram dentro das expectativas previstas de acordo com as análises físico-químicas realizadas nos combustíveis. As variações foram consideradas pequenas e muitas vezes sem significado estatístico (diferenças abaixo de 10%).



Figura 1. Foto ilustrativa da curva de potência.

Os gráficos de potência, torque e emissões que foram traçados para o estudo de um motor ciclo diesel do veículo Mitsubishi operando com B3:

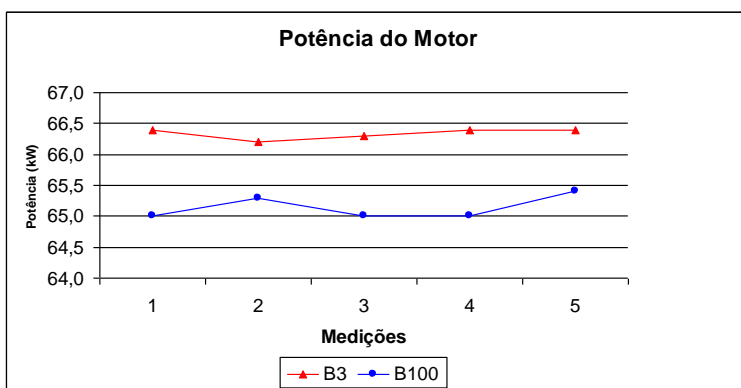


Figura 6. Potência máxima do motor para as diferentes misturas.

Na Fig. (6) é apresentado o gráfico de potência do motor para o veículo Mitsubishi L200, operando com B3 e B100, observa-se que a potência desenvolvida pelo motor operando com B3 é maior, com um percentual de 2,3% acima do B100. Esta diferença pode ser explicada pelo poder calorífico inferior do B100 ser inferior ao do B3.

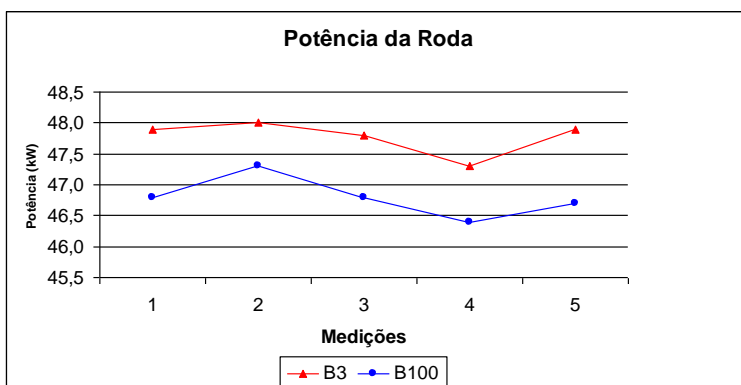


Figura 7. Potência máxima de roda para as diferentes misturas.

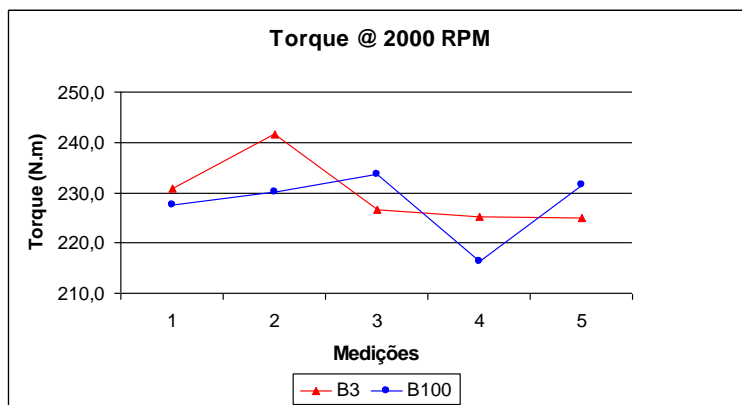


Figura 8. Torque máximo para as diferentes misturas.

Os valores de torque e potência observados nos testes com B3 e B100, apresentaram valores muito próximos. Através da análise dos resultados, levando em consideração a média dos valores dos testes de potência, indica que houve uma diminuição da potência do motor de 1,81% para o B100 em relação ao B3.

Os resultados para a potência de roda apresentaram uma diferença um pouco maior, 2,01%. Já para o torque apresentado pelo motor a uma rotação de 2000 RPM, foi observada uma diferença de apenas 0,87%. A diferença entre os valores médios analisados entre B3 e B100 apresentaram insignificância estatística para a condução em veículos com motores do ciclo diesel.

Tabela 2. Resumo dos resultados de desempenho do veículo Mitsubishi L200.

Combustível	Potência do Motor (kW / CV)	Potência da Roda (kW / CV)	Torque do Motor (N.m)
B3	66,3 / 90,2	47,8 / 65,0	229,8
B100	65,1 / 88,5	46,8 / 63,6	227,8

*Valores médios observados.

Já com o segundo veículo, agora com o veículo da montadora Ford, a Ford Ranger apresentou os seguintes valores mostrados abaixo e comentados:

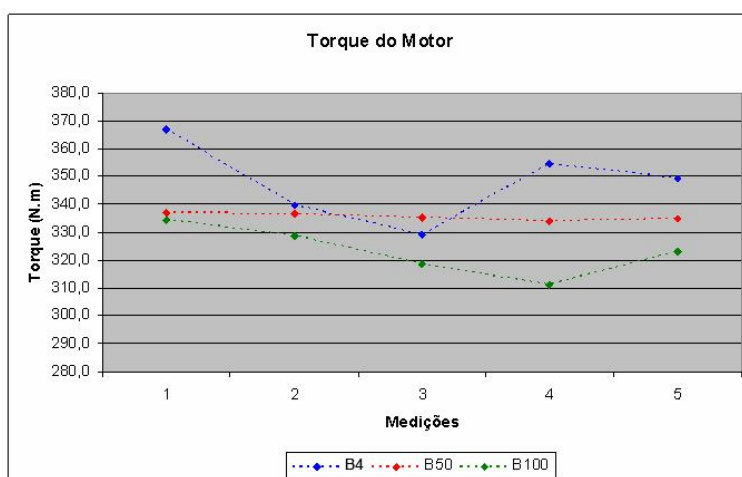


Figura 9. Potência máxima do motor para as diferentes misturas.

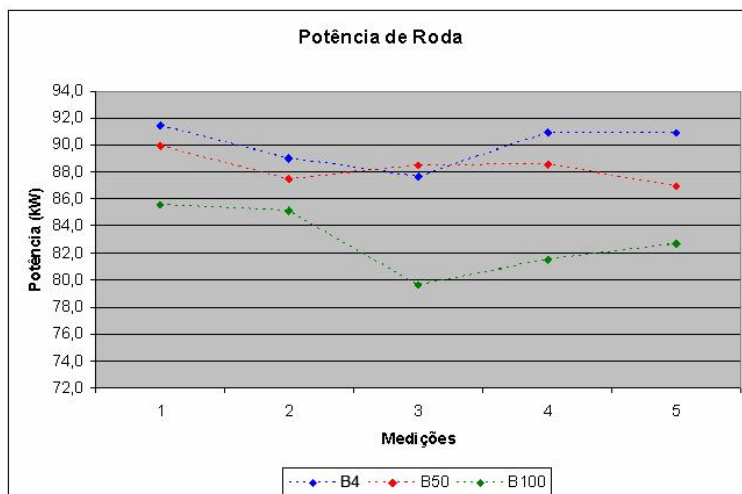


Figura 10. Potência máxima de roda para as diferentes misturas.

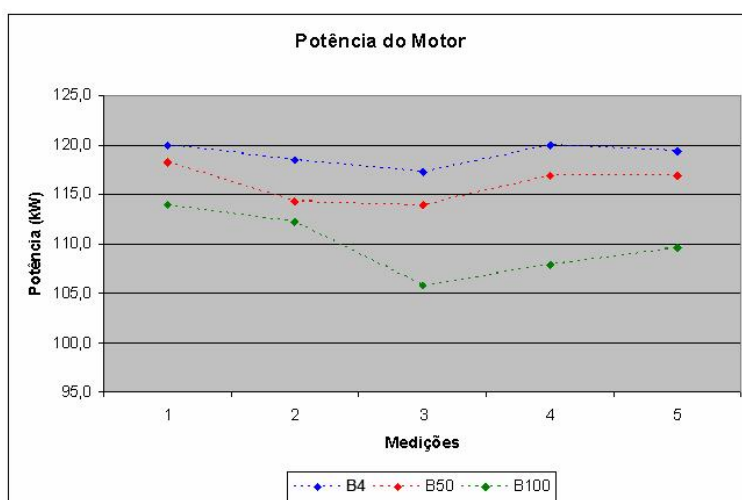


Figura 11. Torque máximo para as diferentes misturas.

Os valores de torque e potência observados nos testes com B4, B50 e B100, apresentaram valores muito próximos. Através da análise dos resultados, levando em consideração o valor a partir de uma média de 5 testes de desempenho, pode-se inferir que houve uma diminuição da potência do motor de 2,4% para o B50 em relação ao B3 e de 7,6% para o B100 em relação ao B4.

Os resultados para a potência de roda apresentaram uma diferença um pouco maior, de 1,9% para o B50 em relação ao B4 e de 7,9% para o B100 em relação ao B3. Já para o torque apresentado pelo motor a uma rotação de 3000 RPM, foi observada uma diferença de 3,7% para o B50 e 4,8% para o B100. A diferença em percentual em relação ao encontrado para o B4 (valor assumido como padrão).

Tabela 3. Resumo dos resultados de desempenho do veículo Ford Ranger.

Combustível	Potência do Motor (kW / CV)	Potência da Roda (kW / CV)	Torque do Motor (N.m)
B4	118,9 / 161,8	90 / 122,4	335,6
B50	116 / 157,8	88,3 / 120,1	323,2
B100	109,9 / 149,5	82,9 / 122,8	319,4

*Valores médios observados.

Os dados coletados pelos veículos durante os testes de aceleração foram para o B3:

Tabela 4. Quadro de aceleração de retomada do veículo Mitsubishi L200..

Combustível	Tempo de Retomada 40 - 80 km/h	Tempo de retomada 40 - 100 km/h
B3	2,6 s	5,3 s
B100	2,7 s	5,5 s

***Valores médios observados para acelerações em 3ª e 4ª marchas.**

Nos testes de aceleração de retomada o B100 apresenta valores muito próximos, superiores apenas em casas decimais em relação do B3. O B3 apresenta valores melhores de 3,70% e 3,63% respectivamente, para as acelerações de retomada em 3ª e 4ª marchas, em relação ao B100. Pode-se explicar este fato uma vez que o poder calorífico do biodiesel é menor que o diesel, logo para uma mistura binária de 3% biodiesel e 97% diesel, é esperado que a potência do motor seja maior, consequentemente o tempo de aceleração de retomada é menor para o B3. Um outro fator que também pode influenciar nos tempos de retomada é a eficiência e a velocidade de combustão.

Em contra partida, os resultados da aceleração de retomada para o B4 estão relacionados abaixo na tabela:

Tabela 5. Quadro de aceleração de retomada do veículo Ford Ranger.

Combustível	Tempo de Retomada 40 - 80 km/h	Tempo de retomada 40 - 100 km/h
B4	1,6	3,0
B50	1,7	3,1
B100	1,8	3,3

***Valores médios observados para acelerações em 3ª e 4ª marchas.**

Nos testes de aceleração de retomada, o tempo (medido em segundos) para o B50 e B100 apresentam valores muito próximos em relação do B4. O B4 apresenta valores melhores de 5,88% e 11,11% respectivamente, para a aceleração de retomada em 3ª marcha e valores de 6,7% e 10% respectivamente, para 4ª marcha. Pode-se explicar este fato através da diferença no PCI dos combustíveis. Uma vez que o poder calorífico do biodiesel é menor que o do diesel, foi encontrada através dos testes que para a mistura B4 a potência do motor foi maior, consequentemente o tempo de aceleração de retomada foi menor.

A queima do combustível dentro dos cilindros do motor resulta na produção de diversos gases de exaustão. Alguns desses gases são extremamente prejudiciais ao meio ambiente, intensificando o efeito estufa e aumentando o índice de problemas respiratórios. O CO₂ é um resultado natural da combustão. O aumento extremo da sua concentração na atmosfera é tomado como uma das principais causas do aquecimento sistemático do planeta. A geração de outros gases como o CO, e o NO_x, dependem das condições da combustão no motor.

As análises de emissões no veículo Mitsubishi foram feitas apenas para o B100, logo não foi possível comparar os resultados entre B3 e B100, e são apresentados nos gráficos abaixo:

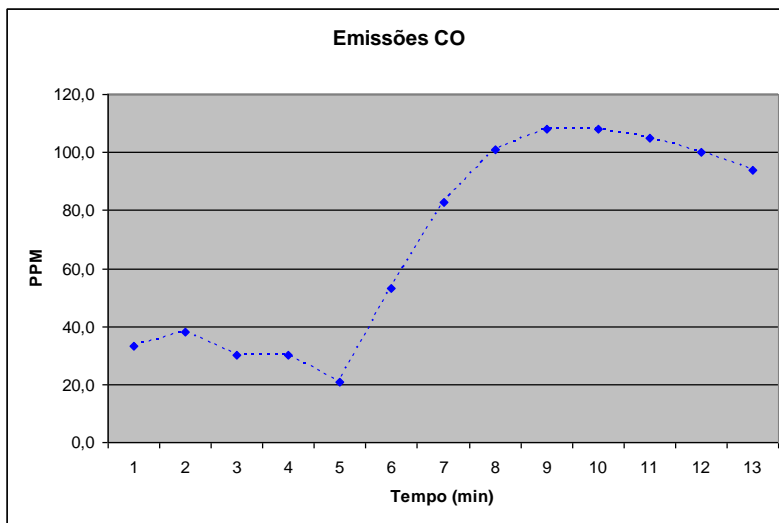


Figura 12. Emissões de CO.

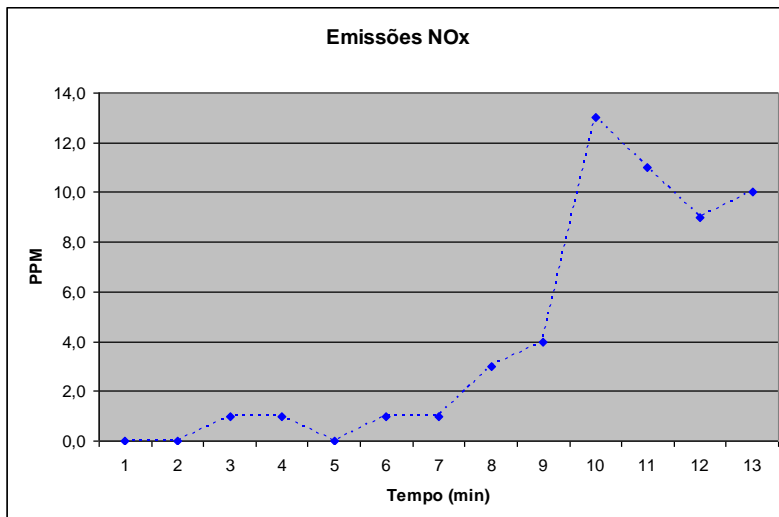


Figura 13. Emissões de NO_x.

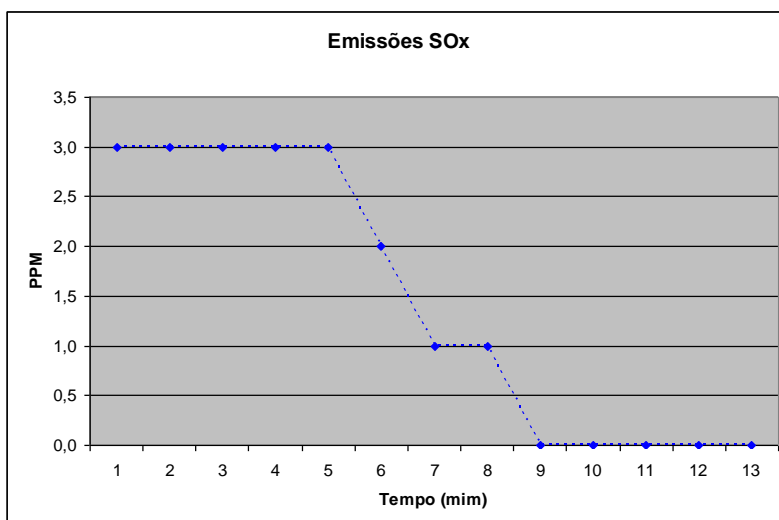


Figura 14. Emissões de SO_x.

Já com o segundo veículo, agora utilizando a Ford Ranger, as emissões emitidas e coletadas nos testes estão apresentadas nos gráficos abaixo.

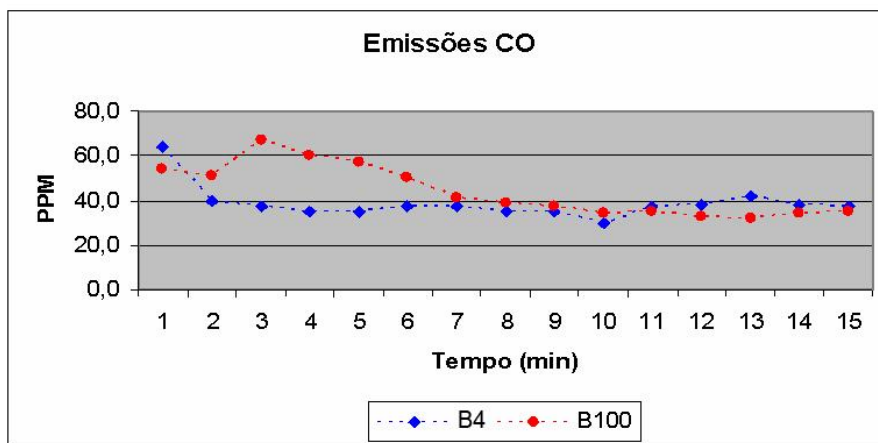


Figura 15. Emissões de CO.

Observa-se que o combustível vegetal tem uma tendência a emitir uma quantidade maior de CO que o combustível misturado. O aumento do consumo específico e a dificuldade de pulverização do biodiesel são possíveis causas para esse comportamento. Quanto maior o consumo de combustível, maior o nível de emissões.

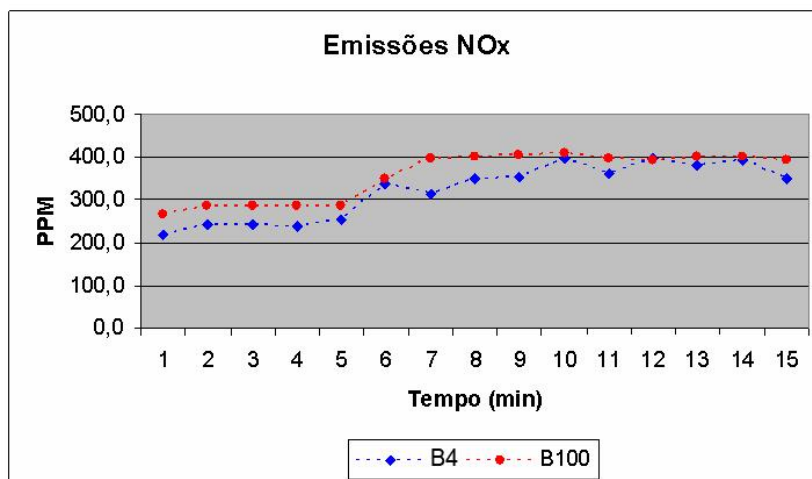


Figura 16. Emissões de NO_x.

O nível de emissões de NO_x do biodiesel comparado à mistura rica em diesel mineral, B3, se mostrou levemente maior. Porém os comportamentos das curvas seguiram o mesmo padrão, aumentando à medida que aumentava a velocidade do veículo.

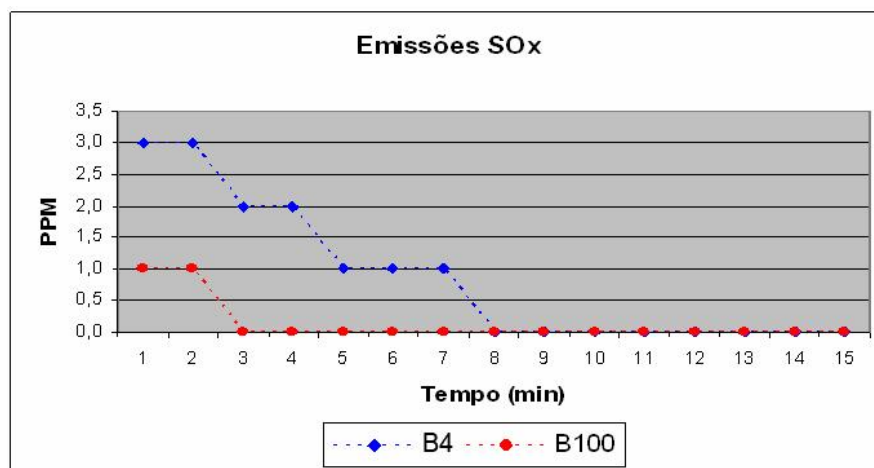


Figura 17. Emissões de SO_x.

As emissões de SO_x ficaram comprometidas, uma vez que pela análise dos resultados constatou-se que ainda havia algum diesel no motor que pode ser facilmente percebido até os 8 minutos iniciais do teste com o B3, que foi o primeiro teste realizado. No teste com o B100 possivelmente houve uma pequena contaminação, pois também foi percebido algum teor de enxofre.

Embora os testes sejam de caráter preliminar, é possível identificar a tendência dos resultados de para ambos os veículos. Esse trabalho pode ser continuado e com a continuação dos testes e mantendo os padrões de repetibilidade dos mesmos, sempre acompanhado da metodologia para a execução dos testes.

4. AGRADECIMENTOS

Ao professor orientador, a toda a equipe do LEN que colaborou direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- Oliveira, F. C. et al. Biodiesel: Possibilidades e Desafios. Química Nova na Escola, n. 28, 2008.
- Ferrari, R. A.; SOUZA, Waleska L. Evaluation of oxidation stability of sunflower oil biodiesel with antioxidants. Quím. Nova, São Paulo, v. 32, n. 1, 2009.
- Kalp, B. G., Soyhan, H. S. Biodiesel Addition to Standard Diesel Fuels and Marine Fuels Used in a Diesel Engine: Effects on Emission Characteristics and First- and Second-Law Efficiencies. Energy Fuels, 2009, 23 (4), pp 1849–1857
- Resolução ANP nº 7, Diário Oficial da União.
- B Standard - Brasil, 2008
- Souza, C. D. R. de et al. Physical chemical characterization of binary mixtures of biodiesel and diesel commercialized in Amazonas. Acta Amaz., Manaus, v. 39, n. 2, 2009.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

PERFORMANCE ANALYSIS OF TWO UTILITY VEHICLES OPERATING WITH DIESEL AND BIODIESEL IN DIFFERENT CONCENTRATIONS

Felipe Andrade Torres, felipe.ba@gmail.com¹
Ednildo Andrade Torres, ednildo@ufba.br¹

¹Laboratory of Energy and Gas - Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Rua Prof. Aristides Novis, nº 2, Federação, CEP: 40210-630, Salvador-BA, Brazil,

Abstract. *This paper is an analysis of a diesel engine mounted on a vehicle and tested on a chassis dynamometer, supplied with different concentrations of binary mixture diesel-biodiesel. Concern about the environmental damage caused by fossil fuels, as well as search for alternatives to petroleum has driven scientists to investigate renewable energy sources for the supply of cars. Much has been learned about the possibility of using biodiesel on engine ignition. Today, the trend is to analyze the consequences of its use in commercial engines. Two vehicles operating on diesel cycle engines were tested, using different blends of diesel and biodiesel to compare their performance and emission levels in accordance with the concentration of vegetable oil. The results are presented in graphs and tables and show small differences in responses between the mixture cars previously sold commercially at service stations in Brazil, B3 (3% biodiesel and 97% diesel), B4, B50 and a fuel composed only by vegetable oil, B100.*

Keywords: *diesel engines, biodiesel, chassis dynamometer.*