

TESTE DE DESEMPENHO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM GRUPO MOTOR GERADOR ABASTECIDO COM BIODIESEL

Anderson Antunes de Paulo – anderson.antunes@acad.pucrs.br

Ronaldo Silvestre da Costa – ronaldo@solcialtec.com.br

Sergio Barbosa Rahde, – sergio@pucrs.br

Felipe Dalla Vecchia, – felipe.vecchia@pucrs.br

Marcus Seferin, – seferin@pucrs.br

Aline Cristiane Pan, – aline.pan@pucrs.br

Carlos Alexandre dos Santos – carlos.santos@pucrs.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Engenharia, Faculdade de Química e Faculdade de Física

Resumo. *O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho elétrico e as emissões de gases poluentes de um grupo motor-gerador abastecido com diesel-biodiesel. Foram utilizados o diesel comercial (B5) e misturas diesel-biodiesel (B20, B30, B50, B75, B100), com biodiesel produzido a partir de óleo de fritura usado pelo processo de transesterificação em duas etapas. O biodiesel puro foi caracterizado em relação ao seu teor de éster metílico, densidade e ponto de fulgor. As diferentes misturas foram analisadas por espectrometria de infravermelho para quantificar a proporção de biodiesel adicionado ao diesel fóssil. O desempenho elétrico do grupo motor-gerador (13 kVA), foi determinado utilizando um banco de cargas resistivas, sendo este monitorado para determinar a potência total e a potência de cada fase. Durante os ensaios, o grupo motor-gerador também foi instrumentado com um analisador de gases (O_2 , CO , CO_2 , NO_2 , NO_x , SO_2 , HC) por sensores instalados no sistema de exaustão. O consumo de combustível foi determinado pela variação de peso, monitorado em uma balança de precisão. Em relação a potência, o melhor desempenho foi obtido pelo B5, diminuindo do B30 para o B100. Para a eficiência térmica, o melhor comportamento foi observado para o B20, seguido do B30, B50, B75, B100 e B5. Para o consumo de combustível, observou-se o maior consumo para B5 e o menor consumo para o B20. Comparando os resultados sobre as emissões de poluentes, obteve-se um aumento de 4,5% para NO_x , 9,6% para NO e 4,5% para CO_2 entre B5 e B100, e um decréscimo de 590%, 190%, 2000% e 100% para CO , NO_2 e SO_2 , C_xH_y , respectivamente. Observou-se uma mudança de comportamento, com o aumento de biodiesel entre B20 e B30, principalmente em relação ao CO e ao desempenho elétrico global.*

Palavras-chave: Biodiesel, Motor, Gerador

1. INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica vem aumentando nas últimas décadas devido ao crescimento da população e a mudança no estilo de vida, assim como aumenta-se a preocupação ambiental relacionada com as alterações climáticas. A necessidade de substituir os combustíveis fósseis por combustíveis renováveis, como biomassa, hídrica, geotérmica, solar e eólica é o objetivo das várias pesquisas na área (Demirbas, 2008, 2009; Varatharajan, 2012).

O Biodiesel oferece uma série de benefícios técnicos e ambientais quando comparado aos combustíveis fósseis convencionais, tornando-o atraente como combustível alternativo para o setor de transporte e geração de energia. Entre os principais benefícios econômicos, pode-se citar: diminuição da dependência da importação de diesel fóssil, diversidade de matriz energética, aumento de empregos, desenvolvimento de novas tecnologias e a competitividade internacional. Para os impactos ambientais, destacam-se como benefícios a redução de gases de efeito estufa, a biodegradabilidade, a redução de enxofre a zero, emissões aromáticas e a menor toxicidade. Finalmente, benefícios em relação aos aspectos energéticos são a confiabilidade de abastecimento, o maior ponto de fulgor, e a capacidade de renovação. Atualmente, o termo energia verde vem sendo usado como um termo alternativo para energia renovável gerada a partir de fontes, que são consideradas ambientalmente amigáveis (Demirbas, 2009).

No setor dos transportes, várias trabalhos foram relatados na literatura, tanto com veículos leves como carros de passageiro típicos (Lapuerta, 2005; Marcor, 2011), quanto em veículos pesados como ônibus e caminhões (Serrano 2012). Em todos os casos, as pesquisas concluem que motores diesel abastecidos com misturas de biodiesel geralmente produzem menores emissões de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2) e material particulado (PM), e maiores emissões de óxido nítrico (NO), dióxido nítrico (NO_2) e, conseqüentemente, NO_x .

No setor da energia, a literatura apresenta resultados tanto em geradores quanto em caldeiras. Como exemplo de estudo relacionado ao comportamento da combustão do biodiesel em caldeira, Ghorbani e colaboradores (Ghorbani, 2011) compararam a combustão de B5, B10, B20, B50, B80 e B100 com o diesel fóssil para diferentes fluxos de ar de entrada em dois níveis de energia em uma caldeira experimental, em termos de eficiência de combustão e das emissões

de gases de combustão. Com os resultados, os autores concluíram que a eficiência do diesel foi maior que a de biodiesel para altas taxas de energia, e que misturas de biodiesel foram mais eficientes do que o diesel em baixas taxas de energia. Em relação às emissões de gases, misturas de biodiesel emitem menos poluentes do que o diesel, com exceção de NOx.

No que diz respeito aos geradores, pesquisas são apresentadas na literatura usando diferentes matérias primas na produção de biodiesel, diferentes motores, bem como diferentes grupos motor-gerador. Alguns trabalhos têm analisado o aquecimento da mistura diesel-biodiesel para diminuir a viscosidade dos combustíveis a fim de eliminar várias dificuldades operacionais (Agarwal, 2007; Valente, 2012). Outros trabalhos têm investigado o uso de EGR (recirculação dos gases de escape) para reduzir as emissões de NOx, bem como o material particulado, devido à baixa temperatura da câmara de combustão (Antônio, 2006). Em todos os estudos, os resultados mostraram que o biodiesel pode ser usado como combustível alternativo para abastecer os motores diesel sem modificações.

O objetivo do presente trabalho é avaliar o desempenho elétrico e as emissões de gases poluente de um grupo motor-gerador operando com misturas de diferentes diesel-biodiesel (B5, B20, B30, B50, B75 e B100), onde as emissões de escape foram analisadas por um analisador de gás e o desempenho elétrico por um banco de cargas resistivas.

2. METODOLOGIA

2.1 Grupo Motor-Gerador

Foi utilizado um grupo motor-gerador, modelo Ruggerini 191, potência nominal de 13 kVA, que foi adaptado para o monitoramento das emissões do escapamento (gases poluentes e temperaturas), e o desempenho elétrico (potência efetiva) usando um banco de cargas resistivas, como mostrado na Fig. 1. O consumo de combustível foi determinado pela variação de peso, monitorado por uma balança de precisão gravimétrica. Foi utilizado um tanque de combustível de 4 litros, acoplado a um suporte metálico, posicionado sobre uma balança com precisão de 1 g. As especificações técnicas do motor são dadas na Tab. 1, sendo este grupo comumente usado para geração de energia elétrica em pequena escala.

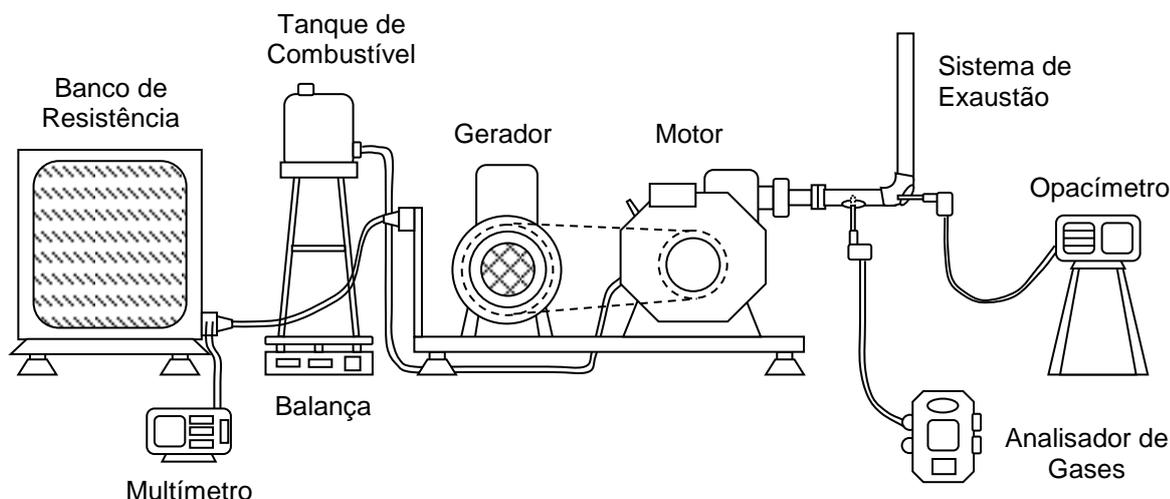


Figura 1 - Diagrama esquemático do aparato experimental.

Tabela 1 - Especificações de motor (Ruggerini, 2003).

RUGGERINI 191 – LOMBARDINI SRL	
Tipo do motor	2 cilindros, refrigerado a ar
Sistema de injeção de combustível	Injeção indireta
Máxima potência (rpm kW @3600))	13
Máximo torque (N.m@2400)	40,5
Diâmetro/curso (mm)	85/75
Volume de deslocamento (cm ³)	851
Taxa de compressão	19:1

O motor é operado em uma rotação constante de 3600 rpm. O desempenho elétrico do gerador foi obtido usando um banco resistivo trifásico como carga elétrica. A carga elétrica aplicada foi de aproximadamente 85% da potência

máxima do gerador (220V-16 A - 11000 W). A corrente elétrica e tensão foram monitoradas para determinar a potência total e a potência em cada fase. Para tanto, foi instalado um dispositivo digital na entrada do banco de carga resistiva. Este dispositivo digital tem uma frequência de 1 Hz e funções como transformadores de corrente (TC) e transformadores de potenciais (TP), que analisam os parâmetros globais e os parâmetros separados por fases. O fator de potência nos cálculos foi considerado igual a 1, o que significa que cada 1 kVA corresponde a 1 kW. As condições ambientais foram monitoradas por um termômetro e um barômetro. Antes de cada ensaio, o motor foi operado durante 20 minutos para estabilização, e os resultados foram coletados depois disso. Após cada ensaio, o motor foi operado por 15 minutos para limpar qualquer resíduo de combustível restante no sistema de alimentação. Para determinar o consumo de combustível do grupo, os valores de volume foram calculados pela conversão dos valores de massa obtidos nos testes usando a massa específica para cada combustível de mistura. Durante os ensaios, o grupo motor-gerador foi instrumentado com um analisador de gases (Testo-350 M/XL, 2014) com o objetivo de analisar os seguintes gases: O₂, CO, CO₂, NO₂, NO_x, SO₂, C_xH_y.

2.2 Caracterização de Biodiesel

Os combustíveis utilizados foram o diesel comercial Shell (B5), as misturas B20, B30, B50, B75 e o biodiesel puro B100. O biodiesel foi produzido a partir de óleo de fritura usado por transesterificação com metanol e hidróxido de sódio, purificação com água, utilizando uma planta-piloto com capacidade de 380 litros. Após a produção, o biodiesel foi caracterizado em relação ao seu conteúdo de éster metílico (EN 14103), densidade e ponto de fulgor (ASTM D 93) antes e depois de ser adicionado ao B5. Antes dos ensaios, as misturas foram analisadas por espectrometria de infravermelho para quantificar a proporção de biodiesel adicionado ao diesel fóssil, segundo a norma ASTM D 7371:

- Teor de éster metílico por espectrometria de infravermelho: as análises foram realizadas em um espectrômetro VFA-IR InfraSpecTM, modelo EB, Wilks Enterprise Inc (InfraSpecTM VFA-IR);
- Densidade: as análises foram realizadas com um Picnômetro calibrado com água à 17,1°C utilizando uma balança analítica, temperatura de 16,8°C e umidade relativa de 54%;
- Ponto de fulgor: as análises foram realizadas com um analisador HFP 339 – Pensky-Martens, temperatura de 16,8°C e umidade relativa de 54% (HPF 339 Pensky Martens).

As análises foram feitas utilizando 75 ml para cada combustível, e o ponto de fulgor de referência foi de 120°C, com um ponto de ignição de 120°C±20°C (parâmetro fixo do equipamento).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do conteúdo de éster metílico determinado por espectroscopia de infravermelho são apresentados na Tab. 2.

Tabela 2 - Conteúdo de biodiesel nas diferentes misturas.

Amostra	Repetição			Média % (v/v)
	1	2	3	
B5	4,6	4,5	4,4	4,50
B20	17,8	17,8	17,8	17,80
B30	28,8	28,9	28,8	28,83
B50	48,6	48,6	48,7	48,63
B75	73,3	73,4	73,2	73,30
B100	96,8	96,5	96,5	96,60

Como pode ser observado, há uma pequena divergência entre o conteúdo planejado e os valores obtidos, com uma diferença máxima de cerca de 10%. Para o B5 foi determinada uma densidade (D) de 843,3 kg/m³ e para o B100 um valor máximo de 885,8 kg/m³. Com os valores das densidades em relação às misturas de biodiesel, foi possível construir uma curva de tendência, de acordo com a Eq. (1):

$$D = 0,4429. (Bx) + 840,97 \quad (1)$$

Em relação ao ponto de fulgor (PF), foi observado o menor valor (38°C) para o B5 e para o B100 o maior valor (144°C). Usando a mesma metodologia aplicada a densidade, foi possível obter linhas de tendência, dada pelas Eq. (2) e (3):

$$PF_{5-75} = 0,4137. (Bx) + 36,487 \quad (2)$$

$$PF_{75-100} = 3,04. (Bx) - 160 \quad (3)$$

Ambos os resultados são mostrados na Fig. 2 (a). Com esses dados, é possível estimar o poder calorífico superior (PCS) usando a Eq. (4) em função da densidade (D) e ponto de fulgor (PF):

$$\text{PCS} = -0,0259 \cdot D + 63.776 \quad (4)$$

Resultando nos valores calculados conforme mostrado na Fig. 2 (b).

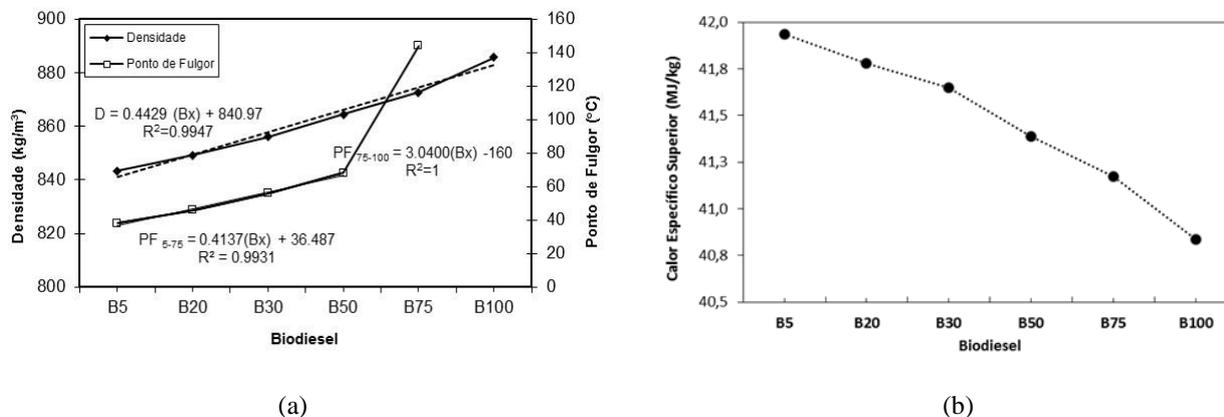


Figura 2 - (a) Densidade e ponto de fulgor; (b) Poder calorífico superior.

3.1. Desempenho Elétrico e Consumo de Combustível

As análises de desempenho elétrico realizaram-se em duas condições (Fig. 3). A primeira foi feita considerando a potência global em função das diferentes misturas de biodiesel, onde é possível observar que a potência diminui com o aumento do conteúdo de biodiesel, de B5 a B100 (Fig. 3 (a)). Este resultado concorda com aqueles encontrados por Habibullah *et al.* (2014) que investigaram o efeito de misturas de biodiesel produzido a partir de óleos de palma e de coco (biodiesel de palma 30% + diesel, biodiesel de coco 30% + diesel, biodiesel de palma 15% + biodiesel de coco 15% + diesel) em um motor diesel mono cilindro. Os autores concluíram que a potência reduzida para misturas de biodiesel pode ser atribuída ao menor poder calorífico do biodiesel do que do diesel fóssil, bem como as condições de combustão.

Para a eficiência térmica, foi observado aumento de B5 para B20, e decréscimo do B20 para B100, com um valor máximo obtido para B20 (Fig. 3 (a)). Alguns trabalhos têm relatado que a eficiência térmica do biodiesel é ligeiramente maior do que o diesel para altas cargas, enquanto outros relatam que a eficiência térmica sempre reduz com o aumento de biodiesel (Habibullah, 2014) (Agarwal, 2006). O possível motivo para a redução da eficiência térmica é atribuído à maior viscosidade do biodiesel, resultando em uma pobre atomização na câmara de combustão. No entanto, alterações nas configurações do motor e o tipo de biodiesel também desempenham um papel importante, e podem levar a resultados divergentes.

Quando se analisa as fases individuais (Fig. 3 (b)), observa-se uma pequena diferença entre a fase 1 e as fases 2 e 3. A fase 1 mostra valores maiores e as fases 2 e 3 mostram valores inferiores e similares. Todos os resultados apresentados foram obtidos como a média de três medições em cada ensaio.

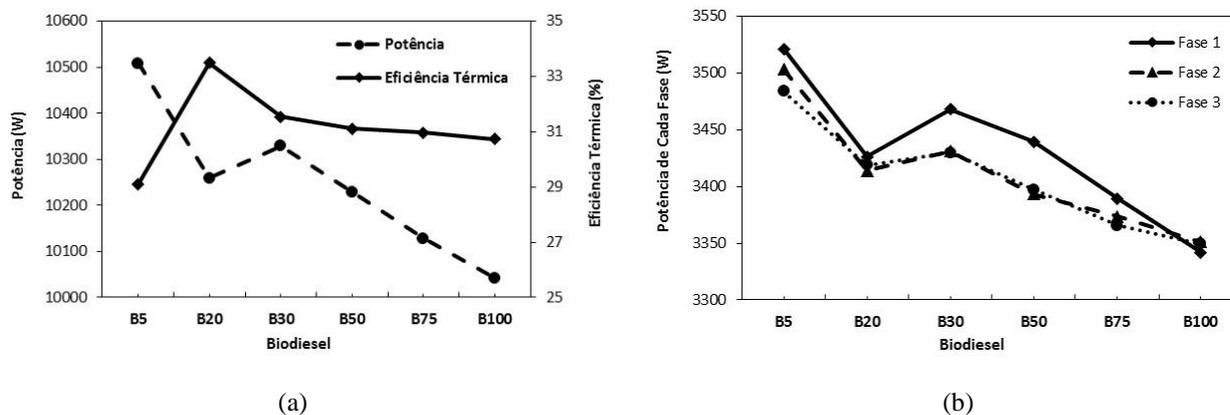


Figura 3 - (a) Potência global e eficiência térmica; (b) Potência individual por fase.

Analisando o consumo médio de combustível durante todos os testes (Fig. 4 (a)), observou-se que o maior consumo de combustível se deu com B5, diminuindo com o B20 (14,83%), B30 (8,70%) B50 (7,74%) e B100 (7,09%). Ao comparar o B20 com B30 e B50, observou-se um aumento do consumo de combustível de 6,71% e 7,69%, respectivamente. Além disso, em relação ao B75 e B100, o aumento foi de 0,69%.

Para o consumo de combustível específico, os maiores valores foram para o B5, seguido do B100, B50, B30 e B20, que mostrou o menor valor (Fig. 4 (b)). Estes resultados estão de acordo com o trabalho relatado por Mujahid (2013), que observou que menos combustível é necessário para a mesma potência quando biodiesel é usado no lugar do diesel. No entanto, os resultados discordam dos resultados encontrados por Argawal (2006 e 2007) e Habibullah (2014), onde o consumo específico aumentou com o aumento da concentração de biodiesel devido ao menor poder calorífico e maior viscosidade do biodiesel comparado ao diesel, acarretando maior consumo de combustível.

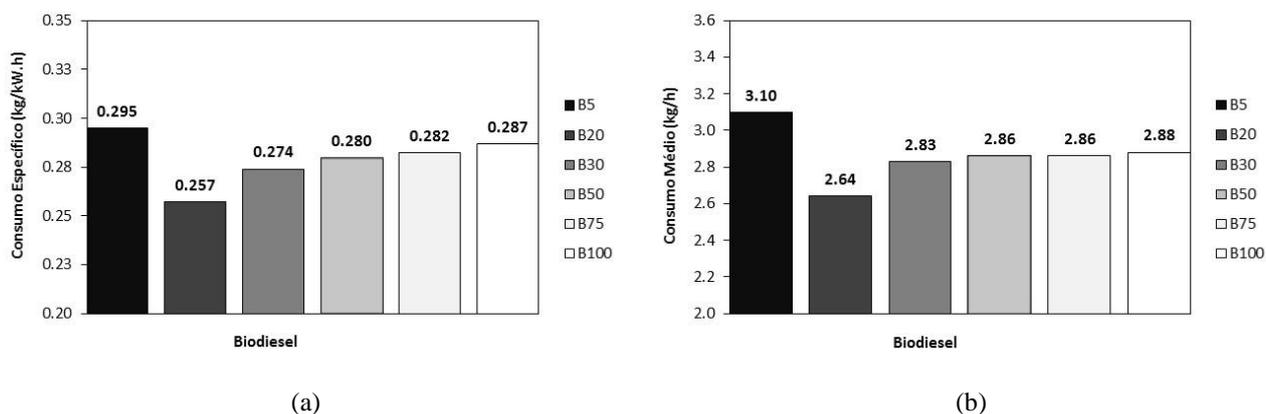


Figura 4 - (a) Consumo específico médio; (b) Consumo médio.

3.3. Emissões de Gases de Exaustão

A Fig. 5 mostra exemplos dos resultados globais obtidos durante 3200 segundos, em testes realizados para B5 e B100 para as emissões de gases de exaustão. Devido à limitação do trabalho, são apresentados apenas dois gráficos para esses resultados. Como pode ser observado para B5, os níveis de O_2 e CO_2 foram mantidos quase constantes em 12% e 6%, enquanto CO apresentou uma variação entre 1300 ppm e 2450 ppm, C_xH_y entre 750 ppm e 1200 ppm. Para NO_x , NO e NO_2 foram observados valores de 350 ppm, 320 ppm e 30 ppm, respectivamente, e SO_2 cerca de 8 ppm. Para B100, o comportamento foi semelhante para O_2 , com valores maiores para CO_2 , NO_x e NO, e menores para CO, NO_2 , SO_2 e C_xH_y do que B5. Provavelmente esta diferença, principalmente em NO_x e NO, pode ser atribuída ao aquecimento do motor durante os testes (Agarwal, 2006) (Valente, 2012) que aumenta de 440°C até 480°C com o aumento das misturas de biodiesel, como pode ser observado na Fig. 6.

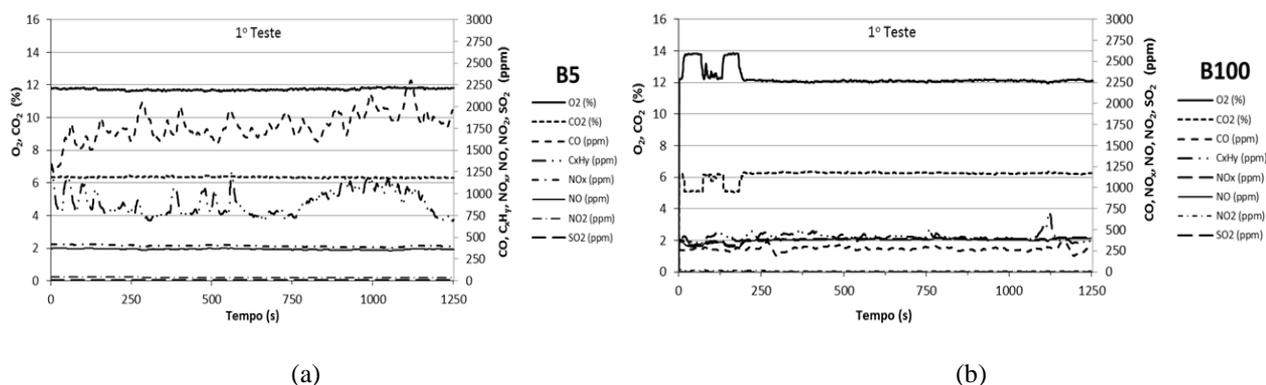


Figura 5 - Emissões de gases de exaustão para: (a) B5 e (b) B100.

Estes resultados concordam com os encontrados por (Agarwal, 2007) (Valente, 2012) que relataram que a concentração de CO_2 aumenta com o aumento do teor de biodiesel, principalmente em altas cargas, independente da matéria-prima usada para produzir o biodiesel. No caso do CO, menores emissões foram observadas para todas as misturas. A concordância dos resultados apresentados neste trabalho com aqueles relatados por (Agarwal, 2006) (Habibullah, 2014), onde uma significativa diminuição das emissões de CO foi observada pode ser devido ao fato de que emissões de CO são uma função de baixo teor de carbono do biodiesel quando comparado ao diesel, e uma

combustão mais completa é alcançada. Outra influência pode ser atribuída à pobre atomização de combustível, devido à alta viscosidade de biodiesel (Valente, 2012). Para NO_x e NO , observou-se uma diminuição entre B5 e B50 e um aumento para maiores teores de biodiesel. Como mencionado, maiores emissões de NO_x pode ocorrer devido ao aumento da temperatura na câmara de combustão e a presença de oxigênio na estrutura molecular de biodiesel. No entanto, foi observada uma diminuição para SO_2 com o aumento das misturas de biodiesel, bem como de C_xH_y . Em relação ao C_xH_y , alguns trabalhos relatam que a adição de biodiesel ao diesel fóssil diminui o oxigênio necessário para a combustão (Agarwal, 2007) (Valente, 2012), ou devido ao alto número de cetano do biodiesel (Habibullah, 2014). No entanto, pesquisas mostram também que as emissões de C_xH_y são mais baixas para motores diesel em relação ao biodiesel em cargas inferiores, mas tendem a aumentar em maiores cargas (Agarwal, 2007). Uma análise considerando todos os valores foi construída na Fig. 7 (com uma análise global) e Fig. 8 (com os valores médios, mínimos e máximos).

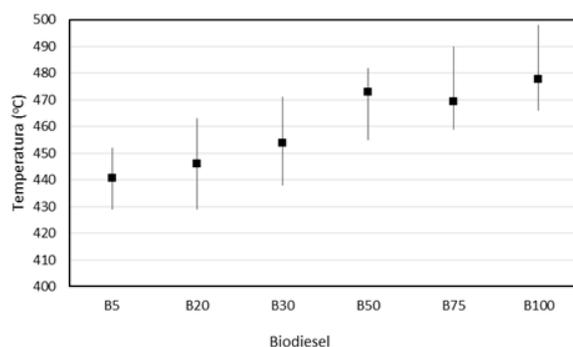
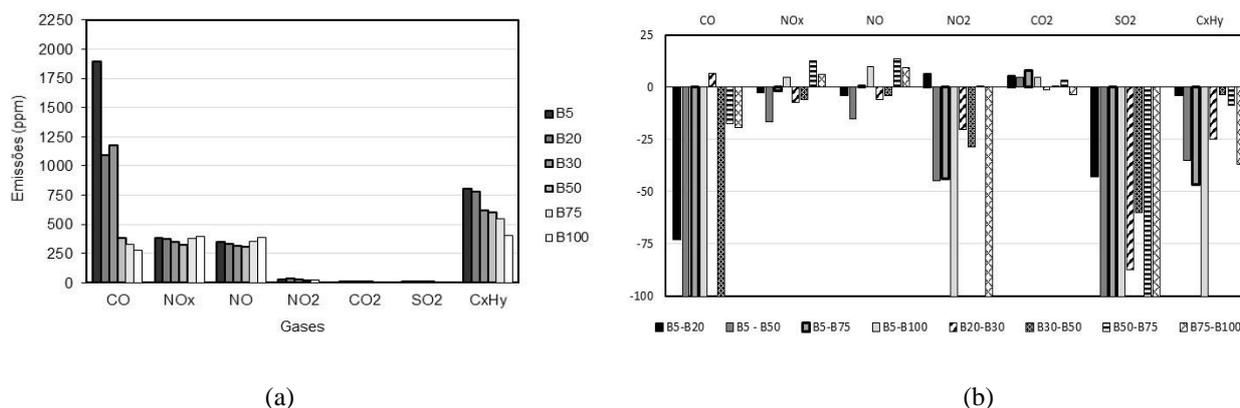


Figura 6 - Temperaturas dos gases de exaustão para misturas de biodiesel.



(a)

(b)

Figura 7 - Emissões de gases de exaustão: (a) média, (b) diferenças.

Foi observado um decréscimo de 73% para CO , 2,5% para NO_x , 4,1% para NO , 43% para SO_2 e 4,1% para C_xH_y , e um acréscimo de 6,3% para NO_2 e 5,2% para CO_2 quando comparados B5 e B20. Comparando B5 com B50 foi constatado um aumento de 4,8% para CO_2 , e uma diminuição de 392%, 16,5%, 15,1%, 44,8%, 329% e 35% para CO , NO_x , NO , NO_2 , SO_2 e C_xH_y , respectivamente. Quando comparados B5 com B75, foi observado um decréscimo de 477% para CO , 1,6% para NO_x , 44% para NO_2 , 980% para SO_2 e 46% para C_xH_y , um acréscimo de 0,5% e 7,9% para NO e CO_2 , respectivamente. E finalmente, quando comparado B5 e B100 foi observado um aumento de 4,5%, 9,6% e 4,5% para NO_x , NO e CO_2 , respectivamente, e uma diminuição de 590% para CO , 191% para NO_2 , 2000% para SO_2 e 101% para C_xH_y .

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, as seguintes conclusões foram estabelecidas:

- Para a potência, o melhor desempenho foi obtido para o B5 (10,51 kW), e o pior comportamento para o B100 (10,04 kW), com uma diferença menor que 5%;
- Para a eficiência térmica, foi observado um aumento entre B5 e B20, com o maior valor para o B20 (33,48%) e o menor para o B5 (29,10%). Entre B30 e B100 a eficiência térmica diminuiu;
- Para o consumo de combustível, o maior consumo foi observado para o B5 (3,10 kg/h) e o menor para o B20 (2,64 kg/h), com uma diminuição de 14%. Contudo, aumento o teor de biodiesel, aumenta-se o consumo;

- Para o consumo específico de combustível, o melhor desempenho foi obtido para o B20;
- Para a temperatura dos gases de exaustão, foi observado acréscimo com o acréscimo de biodiesel ao diesel;
- Para os gases de exaustão, CO_2 , NO_x e NO aumentaram com o aumento do teor de biodiesel, enquanto CO , NO_2 , SO_2 e C_xH_y diminuiram;
- Para este estudo, o melhor desempenho elétrico e ambiental foi obtido para o B20.

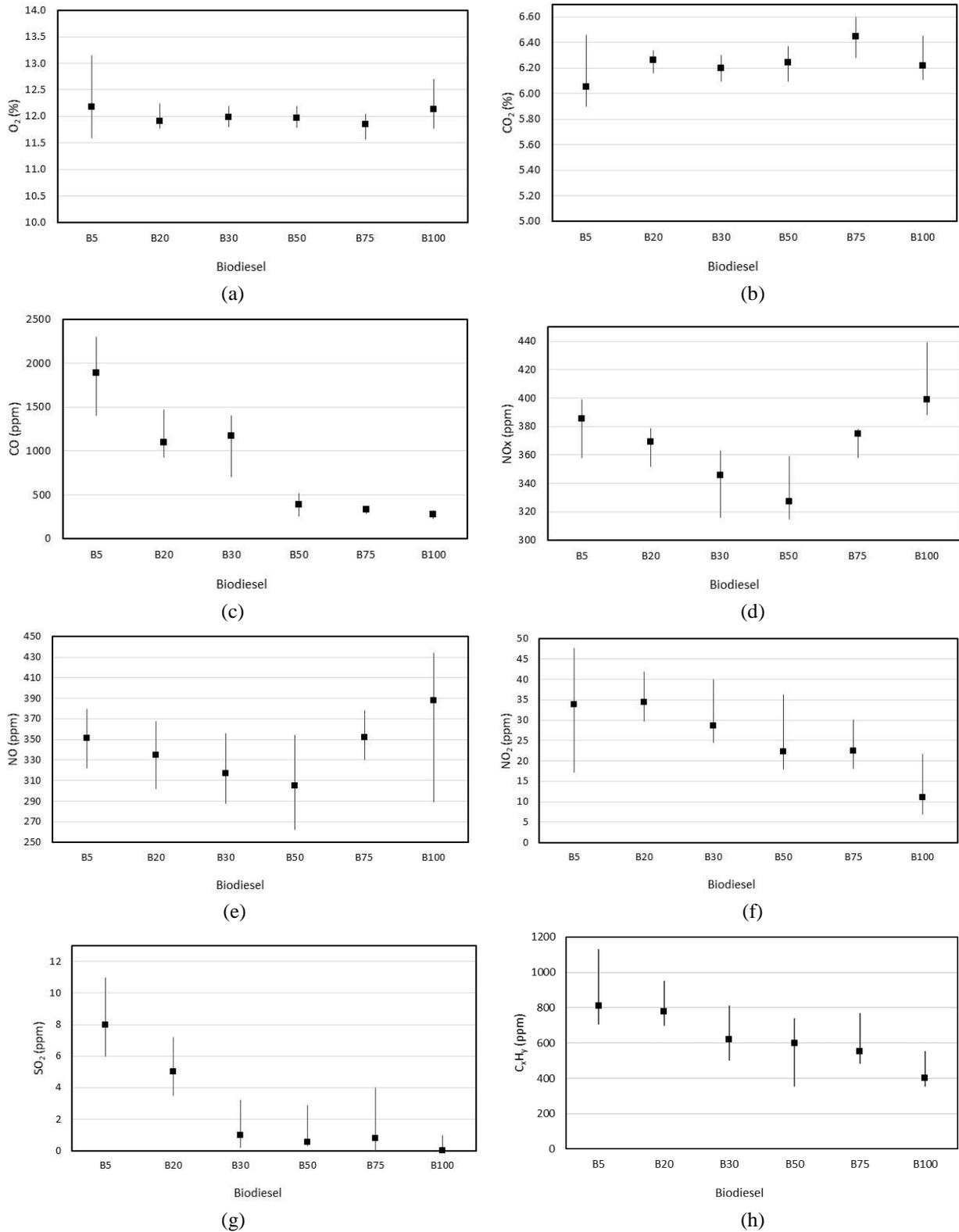


Figura 8. Emissões de gases de exaustão: (a) O_2 , (b) CO_2 , (c) CO , (d) NO_x , (e) NO , (f) NO_2 , (g) SO_2 , (h) C_xH_y .

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – projeto RHAÉ – pesquisador na empresa), FINEP (projeto MCT/FINEP/CT-PETRO/PROMOPETRO-PROMOBIO-02/2009) e FAPERGS (Fundação Estadual de Pesquisa do Rio Grande do Sul) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Agarwal, D., Agarwal, A. K., 2007. Performance and Emissions Characteristics of Jatropa Oil (Preheated and Blends) in a Direct Injection Compression Ignition Engine, *Applied Thermal Engineering*, vol. 27, pp. 2314–2323.
- Agarwal, D., Sinha, S., Agarwal, A. K., 2006. Experimental Investigation of Control of NO_x Emissions in Biodiesel-Fuelled Compression Ignition Engine, *Renewable Energy*, vol. 31, pp. 2356-2369.
- ASTM D 93-13, 2013. Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester, ASTM International, PA, USA.
- ASTM D 7371-12, 2012. Standard Test Method for Determination of Biodiesel (Fatty Acid Methyl Esters) Content in Diesel Fuel Oil Using Mid Infrared Spectroscopy (FTIRATR- PLS Method), ASTM International, PA, USA.
- Demirbas, A., 2009. Biofuels Securing the Planet's Future Energy Needs, *Energy Conversion and Management*, vol. 50, pp. 2239-2249.
- Demirbas, A., 2008. Biofuels Sources, Biofuel Policy, Biofuel Economy and Global Biofuel Projections, *Energy Conversion and Management*, vol. 49, pp. 2106-2116.
- EN 14103, 2003. Fats and Oil Derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME), Determination of Ester and Linolenic Acid Methyl Esters Contents, European Standard.
- Ghorbani, A. *et al.*, 2011. Comparative Study of Combustion Performance and Emission of Biodiesel Blends and Diesel in an Experimental Boiler, *Applied Energy*, vol. 88-12, pp. 4725–4732.
- Habibullah, M. *et al.*, 2014. Biodiesel Production and Performance Evaluation of Coconut, Palm and Their Comined Blend with Diesel in a Singer-Cylinder Engine, *Energy Conversion and Management*, vol. 87, pp. 250-257.
- HPF 339, 2006. Pensky Martens Automatic Flash Point Analyzer, Walter Herzog GmbH, Copyright, PAC L.P.
- InfraSpec™ VFA-IR Spectrometer, 2010. Biodiesel in Diesel: Application Instructions, Wilks Enterprise Inc. Rev.3.6.
- Lapuerta, M., Armas, O., Ballesteros, R., Fernández, J., 2005. Diesel Emissions from Biofuels Derived from Spanish Potential Vegetable Oils. *Fuel* 84, pp. 773-780.
- Marcor, A., Avella, F., Faedo, D., 2011. Effects of 30% v/v Biodiesel/Diesel Fuel Blend on Regulated and Unregulated Pollutant Emissions from Diesel Engines, *Applied Energy*, vol. 88-12, pp. 4989–5001.
- Mujahid, M., Mohyuddin, A., Bhatti, A. A., Nasir, M., 2013. Energy Sustainability: Study on Fuel Efficiency and Engine Properties by Using Biodiesel and Fossil Diesel, *Proceedings of International Conference on Energy and Sustainability*, Karachi, Paskitan, pp. 145-149.
- Ruggerini Diesel MD 191, 2003. Work Shop Manual MD/2 series engines, vol. 1-5302-602, 1st edição.
- Serrano, L. M. V., Câmara, R. M. O., Carreira, V. J. R., Ganeiro, M. C. S., 2012. Performance Study about Biodiesel Impact on Buses Engines Using Dynamometer Tests and Fleet Consumption Data, *Energy Conversion and Management*, vol. 60, pp. 2-9.
- TESTO-350 M/XL, 2014. Instruction Manual. Testo AG.
- Valente, O. S., Pasa, V. M. D., Belcior, C. R. P., Sodr , J. R., 2012. Exhaust Emissions from a Diesel Power Generator Fuelled by Wated Cooking Oil Biodiesel. *Science of the Total Environment*, vol. 431, pp. 57-61.
- Varatharajan, K., Cheralathan, M., 2012. Influence of Fuel Properties and Composition on NO_x Emissions from Biodiesel Powered Diesel Engines, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, pp. 3702-3710.

ELECTRICAL PERFORMANCE AND POLLUTANT EMISSIONS OF AN ENGINE-GENERATOR GROUP FUELLED WITH DIFFERENT BIODIESEL BLENDS

Abstract. Performance and emission evaluations in a diesel power generator fuelled with Brazilian commercial diesel (petroleum diesel with 5% biodiesel), pure biodiesel (B100), and addition of waste frying oil biodiesel in order to obtain 20%, 30%, 50%, 75% biodiesel blends were performed. Biodiesel was produced by two-step transesterification process. The pure biodiesel was characterized in respect to methyl ester content, density and flash point. Blends were analyzed to quantify biodiesel added in petroleum diesel. Electrical performance of the engine-generator group (two-cylinder, 13 kVA) was determined using a resistive load bank, monitoring total power and individual phase power. During tests, the engine was instrumented using a gas analyzer in the exhaust system. The fuel consumption was monitored by a precision gravimetric balance. In the power, the best performances were achieved by B5 and B30, and in thermal efficiency, the best was B20. In the fuel consumption, the lowest consumption was observed to B20. An increase of CO₂, NO_x and NO and a decrease of CO, NO₂, SO₂ and C_xH_y were observed for emissions between B5 and B100.

Key words: Biodiesel, Generator, Wasted frying oil.