

ANÁLISE DO USO DE MISTURAS DE ETANOL ANIDRO COM DIESEL EM GRUPOS GERADORES A DIESEL

Gabriel Assunção dos Santos, eng.assuncaogabriel@gmail.com¹

Hendrick Maxil Zárate Rocha, hendrick@ufpa.br¹

Sérgio Aruana Elarrat Canto, aruana@ufpa.br¹

Amanda Lucena de Medeiros, almedeiros@hotmail.com.br¹

Andrey Maciel Araujo da Silva, andreymaciel468@gmail.com¹

Amanda Ferreira Cristina Carvalho, carvalhosacf@gmail.com¹

Leonardo Costa Tavares, tavaresleonardo15@gmail.com¹

João Antônio Monteiro da Silva, eng.joaoantonio8@gmail.com¹

¹Universidade Federal do Pará

Resumo: O maior consumo de energia no mundo é de origem fóssil, no entanto, o uso de biocombustíveis procura diminuir essa dependência. No Brasil, o consumo de óleo diesel pode ser dividido em três grandes setores: transporte, que representa mais de 75% do total consumido, agricultura com 16% e geração de energia elétrica, correspondendo a 5% do total de diesel consumido no país. Com a crescente demanda, um grande esforço tem sido realizado nas últimas décadas para reduzir as emissões poluentes, principalmente dos motores de combustão interna por meio da modernização de seus componentes e utilização de biocombustíveis como etanol e biodiesel. Como o percentual da mistura do biodiesel no diesel não tem um aumento considerável a cada ano, uma alternativa para reduzir ainda mais o consumo do óleo diesel é sua mistura com outro biocombustível, como é o caso do etanol. O país já possui uma avançada tecnologia para obtenção do etanol da cana-de-açúcar, sendo este combustível amplamente utilizado no mercado nacional, não só em motores movidos exclusivamente a álcool, mas também em motores a gasolina e flex por suas comprovadas características antidetonantes. O uso do etanol em motores diesel pode beneficiar todos os setores que utilizam o óleo diesel como combustível, como os veículos automotivos, máquinas agrícolas e grupos geradores de energia elétrica. Entretanto, devido a existência de lacunas com relação aos problemas que possam surgir pelo uso de misturas de etanol em motores diesel, o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de um motor diesel monocilíndrico, utilizando misturas de etanol anidro com diesel. Para isso, serão analisadas a potência, consumo de combustível, temperatura do gás e eficiência térmica do motor. Espera-se que o uso de etanol anidro misturado com diesel aumente gradativamente o atraso da ignição refletindo no aumento do consumo de combustível quando comparado aos valores do motor usando diesel.

Palavras-chave: biocombustíveis, etanol anidro, grupos geradores a diesel

1. INTRODUÇÃO

As questões relacionadas a produção de energia de modo sustentável são fundamentais no mundo atual, tendo em vista os impactos ambientais e climáticos causados pelas formas de geração de energia a partir de fontes não renováveis, com destaque àquelas oriundas de combustíveis fósseis (HÁO; VAN BROWN, 2019). A importância destas questões é constatada pelo investimento considerável em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias relacionadas a geração de energias renováveis (CLARK, 2018). O uso de fontes renováveis de energia, além de compactuar com a tendência mundial de adoção de medidas que reduzam a emissão de poluentes, possui ainda o potencial de atenuar custos a longo prazo (NASSAR; HOSSAM; ABDELLA, 2019).

Pesquisas têm sido constantemente desenvolvidas em diversos países com o objetivo de desenvolver combustíveis e misturas de combustíveis que substituam de forma sustentável àqueles a base de hidrocarbonetos, como a gasolina e o óleo diesel (KUMAR; SINGH; PRASAD, 2010). Dentro deste contexto de substituição dos combustíveis convencionais, tem-se os biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol.

O biodiesel é produzido principalmente a partir de óleos de soja, colza e palma, possuindo como principais vantagens sua biodegradabilidade, redução substancial de emissões poluentes, origem majoritariamente doméstica – que ajuda a reduzir a dependência de combustíveis importados – e baixas concentrações de enxofre e de compostos aromáticos em sua composição. Em contrapartida, a alta viscosidade do biodiesel, associado à sua alta emissão de óxidos de nitrogênio (NO_x), baixo poder calorífico e desgaste dos motores de combustão interna constituem quatro de suas principais

desvantagens quando comparado com o óleo diesel. As misturas de óleo diesel com biodiesel apresentam degradação quando armazenadas por longos períodos, além de problemas de desempenho em climas frios (KRALOVA; SJÖBLOM, 2010).

Em diversos países, incluindo o Brasil, é normatizada a mistura de óleo diesel com biodiesel com a finalidade de reduzir os impactos causados pela utilização do óleo diesel. No Brasil, o óleo diesel possui atualmente em sua composição 11% de biodiesel (B11). Desta forma, o óleo diesel usado no presente artigo já possui em sua composição 11% de biodiesel.

O consumo de óleo diesel no Brasil, segundo o Atlas de Eficiência Energética 2021, se divide em três grandes setores: rodoviário, com 75% do total consumido, agropecuário com 14,4%, e outras finalidades – como produção de energia elétrica – com 3,5%. O restante (cerca de 1,7%) é utilizado em aplicações industriais. Mesmo com o óleo diesel possuindo em sua composição uma parcela de biodiesel, essa concentração não aumenta anualmente, de modo que uma forma de reduzir ainda mais o consumo de óleo diesel é fazendo sua mistura com outro biocombustível, como o etanol.

O etanol é produzido a partir de diversos tipos de substratos, de forma que o substrato usado para a produção de etanol depende da disponibilidade regional e da respectiva viabilidade econômica. O chamado bioetanol, produzido a partir da fermentação, corresponde a aproximadamente 95% da produção mundial de etanol. O Brasil produz etanol principalmente a partir da cana-de-açúcar, sendo o segundo maior produtor de etanol do mundo (ONUKI *et al.*, 2008).

Em vários países, a mistura de etanol com gasolina aparece em diversas proporções. Nas aplicações motoras, dois tipos de etanol são comumente usados: etanol anidro, que possui cerca de 0,4% de água em volume; e etanol hidratado, que possui uma quantidade máxima de 4,9% de água em volume. Os dois tipos de etanol podem ser usados em motores *flex*, e o etanol anidro é misturado com a gasolina, atingindo um percentual de 27% em volume na mistura com a gasolina (E27) em território nacional (MARTINS *et al.*, 2016).

As misturas de combustíveis devem atender diversos critérios, sendo um deles a solubilidade em diversas condições de serviço. Segundo Kwanchareon *et al.* (2007), o etanol anidro é completamente solúvel em óleo diesel em qualquer proporção em condições de temperatura ambiente, enquanto que o etanol hidratado se separa em uma fase quando misturado com óleo diesel para qualquer concentração de etanol. Isto significa que a estabilidade do combustível etanol-diesel depende, dentre outros fatores – como a temperatura –, da concentração de água da mistura. Isto favorece a possibilidade de misturar etanol anidro com diesel para a obtenção de um combustível que esteja dentro dos limites operacionais do óleo diesel convencional. A solubilidade dos componentes do sistema diesel-biodiesel-etanol reduz com a diminuição da temperatura, entretanto, em temperaturas acima de 20 °C, não há problemas de solubilidade.

Por outro lado, de acordo com Barabás e Todorut (2009), em virtude do etanol ser altamente higroscópico, aditivos devem ser usados para garantir a solubilidade da mistura etanol anidro-diesel em diversas condições de serviço, sendo a solubilidade limitada em baixas temperaturas. Além disso, o etanol possui o potencial de reduzir a emissão de particulados e gases de efeito estufa. Entretanto, o álcool etílico apresenta um índice de cetano menor que o do óleo diesel, além de possuir uma temperatura de autoignição maior que a do diesel.

As propriedades do etanol anidro e do óleo diesel são bem distintas, de modo que a mistura destes combustíveis, em algumas proporções, produz combustíveis com propriedades físico-químicas bem diferentes daquelas do óleo diesel convencional. Propriedades como densidade, viscosidade e índice de cetano reduzem com o aumento da concentração de etanol na mistura. A redução do índice de cetano do combustível devido ao etanol pode ser compensada pelo aumento da concentração de biodiesel na mistura. O poder calorífico do combustível também reduz com o aumento da concentração de etanol e biodiesel, entretanto, para misturas de óleo diesel com menos de 10% de etanol anidro, o poder calorífico da mistura apresenta valores semelhantes ao do óleo diesel convencional (KWANCHAREON *et al.*, 2007).

Em geral, os motores de ignição por compressão não necessitam de modificações para utilização dos combustíveis etanol-diesel. Não obstante, o ponto de fulgor da mistura é reduzido de maneira drástica com o aumento da concentração de etanol quando comparado com o óleo diesel convencional (cerca de 65% menor que o do óleo diesel), o que demanda maiores cuidados com o manuseio, transporte e armazenamento do combustível. Além disso, verifica-se uma redução na massa específica e viscosidade da mistura com o aumento da concentração de etanol (AJAV; AKINGBEHIN, 2002).

O conteúdo energético de um combustível possui influência direta na potência de saída do motor. De acordo com Hansen, Zhang e Lyne (2005), o conteúdo energético das misturas de etanol-diesel decresce aproximadamente 2% para cada 5% de etanol adicionado por volume. Devido a isto, utilizando em um motor de ignição por compressão (Cummins 5.9 L) um combustível composto de 15% de etanol anidro, 2,35% de aditivo e 82,65% de óleo diesel, foi observada uma redução de 7 a 10% na potência do motor operando em velocidade nominal. Hansen concluiu que o consumo específico de combustível em kg/kWh aumenta com o acréscimo das concentrações de etanol na mistura devido à redução do conteúdo energético do etanol. Além disso, é estimado que o índice de cetano do etanol esteja entre 5 e 15, de modo que valores de índice de cetano mais baixos indicam maiores atrasos na ignição, permitindo um tempo maior para o combustível vaporizar antes do início da combustão.

Nas misturas de etanol anidro com diesel observa-se uma redução apreciável nas emissões de material particulado do motor e compostos de enxofre, sobretudo dióxido de enxofre. Entretanto, a redução na potência máxima do motor é um efeito adverso significativo do uso de misturas de etanol anidro com óleo diesel devido ao baixo conteúdo energético do álcool etílico em comparação com o óleo diesel (YAHUZA; DANDAKOUTA, 2015).

Segundo De-gang Li *et al* (2005), o índice de cetano do etanol é extremamente baixo em comparação com o do óleo diesel, de modo que o índice de cetano das misturas etanol-diesel reduzem significativamente com o aumento da concentração do álcool etílico na mistura. Além disso, a eficiência térmica efetiva tende a aumentar com a adição de

etanol anidro na mistura etanol-diesel devido ao ponto de vaporização do etanol ser menor que o do diesel e pelo fato do etanol ser um combustível oxigenado, o que favorece a eficiência da combustão.

De-gang Li *et al.* (2005) ensaiaram o desempenho de um motor de ignição por compressão com injeção direta de potência nominal máxima de 12,1 kW a 2200 RPM e torque máximo de 58,9 N m a 1760 RPM utilizando diesel misturado com etanol nas concentrações de 5%, 10%, 15% e 20%. Foi observado que o acréscimo da concentração de etanol na mistura provocou aumento do consumo específico do motor. Por outro lado, observou-se um aumento na eficiência térmica do motor em todas as condições de serviço para todas as proporções de etanol (exceto para E15-D em 25% de carga a 2200 RPM).

O objetivo deste artigo é analisar o desempenho energético de um motor de ignição por compressão monocilíndrico por meio de um grupo gerador utilizando a mistura de etanol anidro com 99% de pureza com óleo diesel S10, variando o percentual volumétrico da mistura em 5 e 10% de etanol anidro, com a linha base da análise sendo o óleo diesel S10.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Equipamentos Utilizados

Para este trabalho, foi utilizada uma bancada experimental constituída por um grupo gerador a diesel e diferentes instrumentos de medição, permitindo a medição da vazão mássica de combustível, vazão mássica de ar admitido pelo motor, potência elétrica gerada e temperaturas dos gases de exaustão, do ambiente e do combustível. A representação esquemática da bancada experimental é mostrada na Fig. 1.

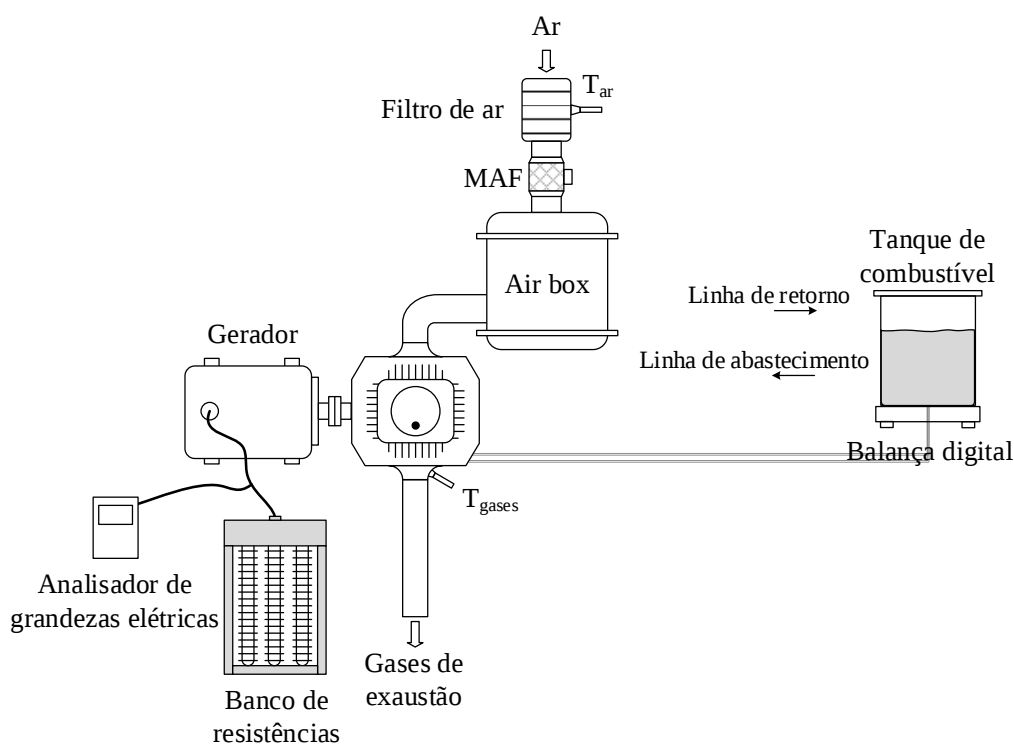


Figura 1: Representação esquemática da bancada experimental

O grupo gerador utilizado foi o BRANCO BD-6500 CFE que é dotado de um motor de ignição por compressão monocilíndrico de quatro tempos com resfriamento a ar e injeção direta de combustível. O motor foi utilizado sem qualquer modificação. As principais especificações do grupo gerador se encontram na Tab. 1. O gerador foi ligado a um banco de resistências de 4,5 kW que foi utilizado para variar a carga elétrica em 60, 80 e 100% da potência nominal máxima.

Tabela 1. **Características do grupo gerador BRANCO BD-6500 CF/E**

Motor	
Aspiração	Natural
Injeção de combustível	Direta
Ângulo de injeção de combustível	16° APMS
Número de cilindros	1
Cilindrada (cm ³)	406
Rotação (RPM)	3600
Gerador	
Frequência elétrica (Hz)	60
Tensão (V)	220
Número de fases	2
Eficiência (%)	85,0
Potência nominal máx. – uso contínuo (kW)	4,5

A potência elétrica gerada foi medida utilizando o medidor de grandezas elétricas KRON MULT-K GRAFIC. Além da potência elétrica, foram registrados também o fator de potência, frequência, tensão e corrente elétrica de cada uma das fases. A Tab. 2 exibe os valores relativos a precisão do medidor de grandezas elétricas.

Tabela 2. **Precisão das grandezas elétricas medidas pelo KRON MULT-K GRAFIC**

Tensão, corrente e potência	0,2%
Fator de potência	0,5%
Energia	0,5%

Para a determinação da vazão mássica do ar admitido pelo motor foi usado um sensor de fluxo de ar – *MAF*, *mass air flow* –, instalado em conjunto com uma câmara de expansão (um *air-box*) projetada para evitar a variação da medição da vazão mássica de ar devido a abertura e fechamento das válvulas do motor.

Para calcular a vazão mássica de combustível consumida pelo motor foi utilizada uma balança digital de precisão DIGIMED DG-15W (especificações na Tab. 2). De posse de valores de massa dados pela balança em intervalos de tempo relativamente espaçados para evitar propagação de erro e para que os valores de massa tenham uma variação considerável, a vazão mássica de consumo de combustível foi determinada dividindo a variação de massa medida pela balança digital em dois pontos pelo intervalo de tempo transcorrido entre estes dois pontos, consoante a Eq. (1).

$$\dot{m} = \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (1)$$

onde: $\dot{m}$ é a vazão mássica de combustível, Δm a variação de massa e Δt a variação de tempo.

Tabela 3. **Principais características da balança digital de precisão DIGIMED DG - 15WT**

Capacidade	15 kg
Resolução	0,1 g
Reprodutibilidade	± 0,2 g
Linearidade	± 0,2 g

Para medição das temperaturas dos gases de exaustão, do ambiente e do combustível, foram utilizados termopares OMEGA TJ-CASS-14U (especificações na Tab. 4) em distintos locais do motor. A temperatura do ar de admissão (T_{ad}) foi determinada por meio de um termopar instalado na entrada do coletor de admissão de ar após a câmara de expansão. A temperatura dos gases de exaustão foi medida no duto de exaustão dos gases. A temperatura do combustível foi medida com o auxílio de um termopar instalado na linha de combustível.

Tabela 4. **Principais características do termopar OMEGA TJ-CASS-14U**

Tipo de termopar	K
Material da bainha	Aço inox 304
Reprodutibilidade	± 0,2 g
Linearidade	± 0,2 g

Para a aquisição e registro de todos os dados medidos pelos sensores usados nos ensaios foi utilizado o coletor de dados CONTEMP A202.

Para o monitoramento dos dados foi criada uma ferramenta SCADA de supervisão e controle, que foi desenvolvida usando o programa DAQFactory-Pro v16.2. Por meio desta ferramenta foi possível supervisionar e registrar em tempo

real a potência elétrica, vazão mássica de ar admitida pelo motor, consumo de combustível e as temperaturas do ar de admissão, do combustível injetado e dos gases de exaustão.

2.2. Combustíveis utilizados

Os combustíveis usados para efetuar as misturas nos ensaios foram o óleo diesel S10 e etanol anidro com 99% de pureza. O óleo diesel S10 foi adquirido em um posto de combustível e o etanol anidro foi adquirido da empresa PARQUÍMICA INDÚSTRIAS LTDA. A caracterização destes combustíveis consta na Tab. 5.

Tabela 5. Caracterização dos combustíveis utilizados nos ensaios

PARÂMETRO	Diesel S10	Etanol anidro
C (%)	84,3	52,1
H (%)	15,7	13,1
O (%)	0,0	34,8
N (%)	0,0	0,0
S (%)	0,0	0,0
PCS (kJ/kg)	43.133,0	31.1120,0
PCI (kJ/kg)	39.705,7	28.260,3
Massa específica à 25 °C (kg/m³)	816,4	805
Pureza (%)	-	99

A massa específica e o PCI das misturas foram calculados com o auxílio das Eqs. (2) e (3), respectivamente.

$$\rho_{mistura} = X_{etanol}\rho_{etanol} + X_{diesel}\rho_{diesel} \quad (2)$$

$$PCI_{mist} = \frac{X_{etanol}\rho_{etanol}PCI_{etanol} + X_{diesel}\rho_{diesel}PCI_{diesel}}{\rho_{mistura}} \quad (3)$$

Onde X_{etanol} e X_{diesel} são a fração volumétrica de etanol e óleo diesel na mistura, respectivamente. Desta forma, os valores de PCI e massa específica das misturas com 5 e 10% de etanol anidro em volume constam na Tab. 6.

Tabela 6. Poder calorífico inferior e massa específica das misturas

Parâmetro	5% etanol anidro	10% etanol anidro
PCI (kJ/kg)	39.141,03	38.575,56
Massa específica (kg/m³)	815,83	815,26

2.3. Metodologia dos ensaios

Os ensaios foram conduzidos em intervalos de tempo que garantissem a estabilidade do motor nas cargas testadas. Os parâmetros utilizados para definir a estabilização operacional do motor foram a temperatura dos gases de exaustão, vazão mássica de combustível consumido, vazão mássica de ar admitido pelo motor e potência elétrica gerada. No ensaio conduzido com o óleo diesel S10 (linha referência), demoravam em média trinta minutos para que o motor alcançasse a estabilidade nas cargas testadas (60, 80 e 100% da carga nominal do grupo). No tratamento dos dados, foi feita uma média dos valores obtidos em um intervalo de tempo de 10 minutos após o motor estabilizar. Esta mesma metodologia foi aplicada para os ensaios com as misturas de 5 e 10% de etanol anidro em volume.

As misturas de etanol anidro com óleo diesel foram feitas com o auxílio de béquer e proveta.

O consumo específico foi calculado por meio da razão entre a potência elétrica média gerada pela vazão mássica média de combustível, consoante a Eq. (4).

$$C_{esp} = P_{el}/\dot{m}_{comb} \quad (4)$$

A eficiência térmica efetiva foi calculada de acordo com a Eq. (5).

$$\eta_{T,e} = \frac{1}{C_{esp}PCI} \quad (5)$$

3. RESULTADOS

O tratamento e análise dos dados obtidos nos ensaios foram feitos com o auxílio do software Microsoft Excel.

3.1. Consumo específico

A Fig. (2) exhibe os resultados para o consumo específico obtido nos ensaios para todas as cargas e misturas ensaiadas.

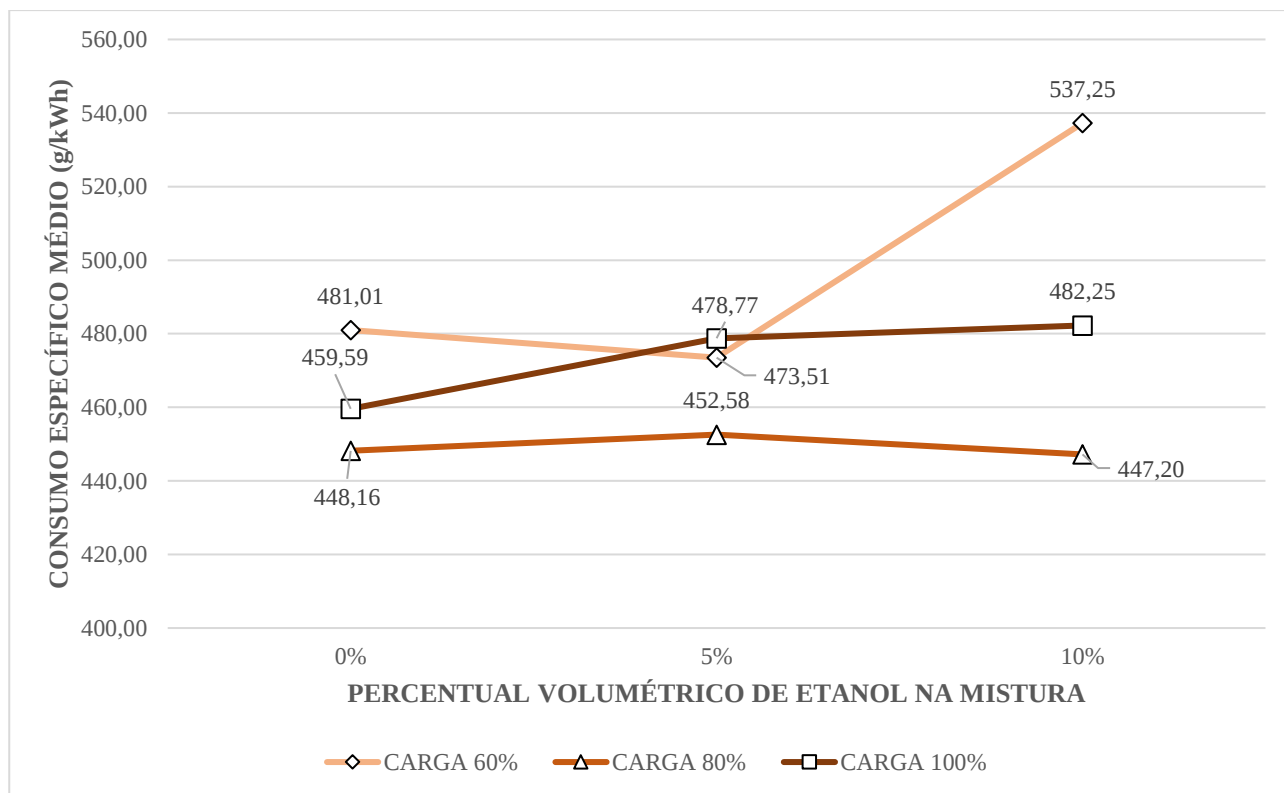


Figura 2: Consumo específico versus percentual volumétrico de etanol anidro na mistura em todas as cargas testadas.

O menor valor de consumo específico foi registrado para o óleo diesel S10 (linha referência) em 80% da carga. Já o maior valor de consumo específico é verificado nas condições de 60% da carga e 10% de etanol anidro na mistura. Isto implica que, dentro das misturas testadas, a mistura com 10% de etanol anidro operando em 60% da carga apresenta pior desempenho. Por outro lado, na carga de 80% do grupo, não houve grandes alterações nos valores de consumo específico, com variações máximas de 1,2% em relação ao diesel para o caso da mistura de 10% de etanol anidro. Deste modo, é esperado que a eficiência térmica do motor operando em 80% da carga em todas as misturas testadas sejam semelhantes. Além disso, para a mistura com 5% de etanol anidro, os valores de consumo específico para 60 e 100% da carga são relativamente próximos, com uma diferença de 5,8%.

O maior valor de consumo específico se deu para 10% da mistura operando em 60% da carga, isto está de acordo com o fato de que o conteúdo energético da mistura tende a reduzir com o aumento da concentração do etanol na mistura (Hansen *et al.*, 2005). Além disso, da Tab. (6), é possível notar a tendência de redução do PCI da mistura com o aumento da concentração de etanol na mistura.

3.2. Eficiência térmica

A Fig. (3) mostra os resultados obtidos nos ensaios para a eficiência térmica para todas as cargas e misturas ensaiadas.

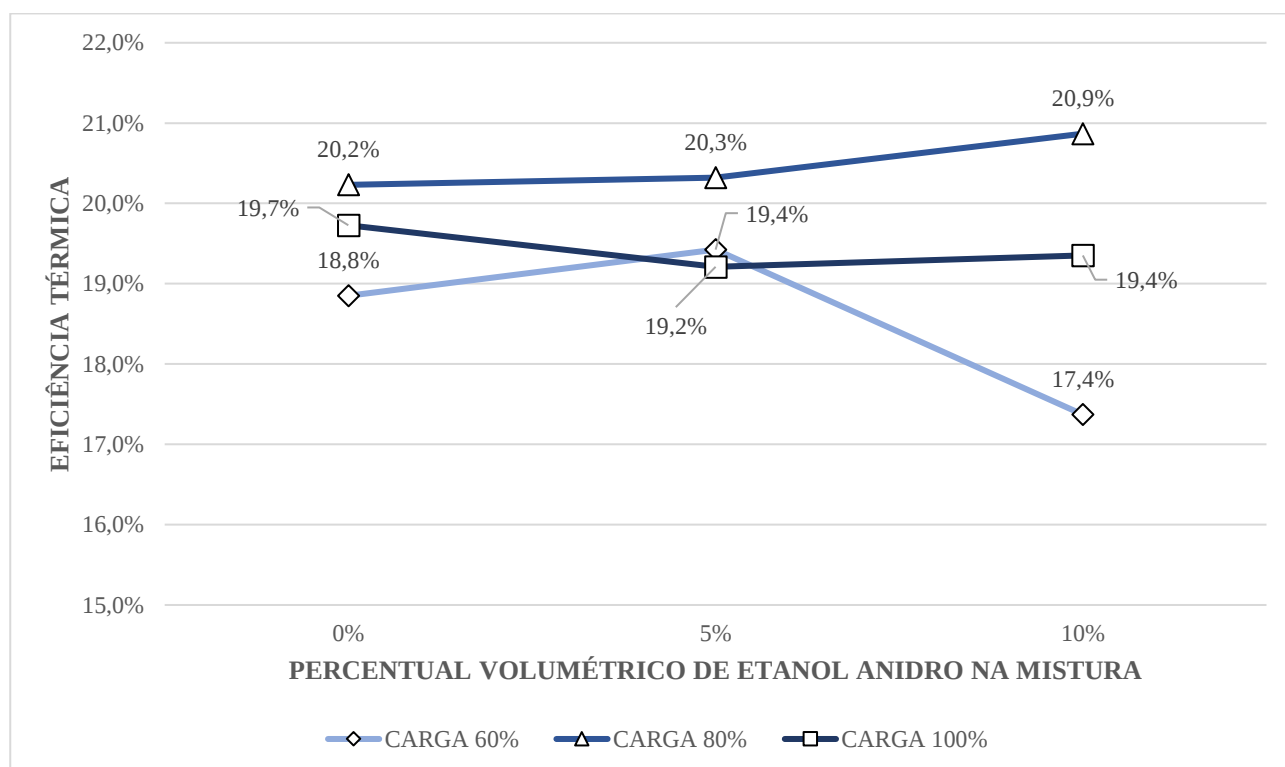


Figura 3: Eficiência térmica versus percentual volumétrico de etanol anidro na mistura em todas as cargas testadas.

As maiores eficiências térmicas foram obtidas para 80% da carga em todas as misturas. O menor valor de eficiência térmica obtido para a carga de 100% na mistura com 10% de etanol anidro corrobora com o fato do PCI da mistura ser reduzido à medida que a concentração de etanol é aumentada na mistura. Para a mistura de 5% de etanol anidro, as eficiências térmicas apresentam valores próximos para as cargas de 80 e 100%, em concordância com os dados de consumo específico.

4. CONCLUSÃO

Dentro das cargas testadas, observa-se que a carga com 80% da potência nominal do grupo gerador foi a de maior eficiência, além de não apresentar variações relativas apreciáveis nos valores de consumo específico – e, consequentemente, de eficiência térmica – entre as misturas ensaiadas. Isto está de acordo com as características operacionais de grupos geradores, haja vista que estes geralmente apresentam maior eficiência em torno de 70 a 80% da carga nominal do grupo.

Por meio da análise dos dados obtidos, é observada uma tendência de acréscimo no consumo específico do motor com o aumento de etanol anidro na mistura com óleo diesel. Porém, de modo geral, em relação à linha base (óleo diesel), não há grandes reduções em termos de eficiência térmica, estando os parâmetros operacionais das misturas ensaiadas (5 e 10% de etanol anidro) próximas dos parâmetros operacionais de motores monocilíndricos operando com o óleo diesel.

O aumento de consumo específico do motor à medida que o volume de etanol anidro na mistura com óleo diesel é justificado pelo fato de que o conteúdo energético do combustível diesel-etanol – quantificado pelo PCI – tende a diminuir com o acréscimo de etanol anidro na mistura.

A comparação dos parâmetros operacionais das misturas com 5 e 10% de etanol anidro no óleo diesel para as cargas ensaiadas indica que não há diferenças relativas significativas nos parâmetros de desempenho do motor operando com estas misturas, sobretudo nas cargas de 80 e 100%. Isto permite concluir que os parâmetros operacionais das misturas com 5 e 10% de etanol anidro em volume não variam apreciavelmente, apresentando desempenho semelhante nas cargas de 80 e 100%.

5. REFERÊNCIAS

- Ajav, E.A.; Akingbehin, O.A. "A Study of some Fuel Properties of Local Ethanol Blended with Diesel Fuel". International Commission of Agricultural Engineering E-Journal, v. 4, p. 1-7, 2002.
- Barabás, I.; Todorut, A. I. "Key Fuel Properties of Biodiesel-diesel Fuel-ethanol Blends". SAE Technical Paper 2009-01-1810, 2009. DOI: 10.4271/2009-01-1810

- Clark, C. "Renewable Energy R&D Funding History: A Comparison with Funding for Nuclear Energy, Fossil Energy, Energy Efficiency, and Electric Systems R&D". CRS Report, RS22858, 2018.
- Epe - Empresa de Pesquisa Energética. Atlas da Eficiência Energética Brasil 2021.
- Hansen, A. C.; Zhang, Q.; Lyne, P. W. L. "Ethanol–diesel fuel blends—a review". *Bioresource Technology*, v. 96, n. 3, p. 277-285, 2005. DOI: 10.4172/2157-7048.1000256
- Hao, F.; Van Brown, B.L. "An Analysis of Environmental and Economic Impacts of Fossil Fuel Production in the U.S. from 2001 to 2015". *Society & Natural Resources*, v. 32, n. 6, p. 693-708, 2019. DOI: 10.1080/08941920.2019.1574044.
- Kralova, I.; Sjöblom J. "Biofuels - Renewable Energy Sources: A Review". *Journal of Dispersion Science and Technology*, v. 31, n. 3, p. 409-223, 2010. DOI: 10.1080/01932690903119674
- Kumar, Santosh; SINGH, Neetu; PRASAD, Ram. "Anhydrous ethanol: A renewable source of energy". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 7, p. 1830-1843, 2010. DOI: 10.1016/j.rser.2010.03.015.
- Kwanchareon, P.; Luengnaruemitchai A.; JAI-IN, S. "Solubility of a diesel–biodiesel–ethanol blend, its fuel properties, and its emission characteristics from diesel engine". *Fuel*, v. 86, n. 7-8, p. 1053-1061, 2007. DOI: 10.1016/j.fuel.2006.09.034.
- Li, D. et al. "Physico-chemical properties of ethanol–diesel blend fuel and its effect on performance and emissions of diesel engines". *Renewable Energy*, v. 30, n. 6, p. 967-976, 2005. DOI: 10.1016/j.renene.2004.07.010.
- Martins. Fernanda P. et al. "Alternative Fuels: A Review About Anhydrous and Hydrous Ethanol Properties". *SAE Technical Paper 2016-36-0409*, 2016. DOI: 10.4271/2016-36-0409.
- Nassar, Ibrahim A.; Hossam, Kholoud; Abdella, Mahmoud M. "Economic and environmental benefits of increasing the renewable energy sources in the power system". *Energy reports*, v. 5, p. 1082-1088, 2019. DOI: 10.1016/j.egyr.2019.08.006
- Onuki, Shinnosuke et al. "Ethanol production, purification, and analysis techniques: a review". *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2008*, paper n. 085136, p. 2-9, 2008. DOI:10.13031/2013.25186.
- Yahuza, I.; Dandakouta, H. "A Performance Review of Ethanol-Diesel Blended Fuel Samples in Compression-Ignition Engine". *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*, v. 6, n. 5, p. 1-5, 2015. DOI: 10.4172/2157-7048.1000256.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

ANALYSIS OF THE USE OF DIESEL AND ANHYDRO ETHANOL MIXTURES IN DIESEL GENERATORS

Gabriel Assunção dos Santos, eng.assuncaogabriel@gmail.com¹

Hendrick Maxil Zárate Rocha, hendrick@ufpa.br¹

Sérgio Aruana Elarrat Canto, aruana@ufpa.br¹

Amanda Lucena de Medeiros, almedeiros@hotmail.com.br¹

Andrey Maciel Araujo da Silva, andreymaciel468@gmail.com¹

Amanda Ferreira Cristina Carvalho, carvalhosacf@gmail.com¹

Leonardo Costa Tavares, tavaresleonardo15@gmail.com¹

João Antônio Monteiro da Silva, eng.joaoantonio8@gmail.com¹

¹Federal University of Pará

Abstract. *The largest consumption of energy in the world is of fossil origin, however, the use of biofuels seeks to reduce this dependence. In Brazil, diesel energy consumption can be divided into three major sectors: country, which represents more than 7% of total electricity consumption, with 16% of total electricity consumption, corresponding to 5% of total diesel consumption at the. With a great demand has been realized, in the last decades will reduce the evolutions, mainly of the selected projects engines through the modernization of its internal components and use of ethanol biofuels and use of biofuels. As the percentage of blending biodiesel in diesel does not increase every year, an alternative to further reduce the consumption of diesel oil is with another biofuel, such as ethanol. It already has an advanced technology – the national gasoline from sugarcane ethanol, which is the only fuel widely used in the market exclusively for alcohol, but also in proven gasoline engines and their characteristics. The use of automotive diesel engines can benefit all ethanol sectors that use diesel oil as fuel, such as vehicles, agricultural machinery and electric power generators. Due to the existence of gaps regarding the problems that may arise from the use of ethanol blends in diesel engines, the objective of this work is to evaluate the performance of a single-cylinder diesel engine, using blends of ethanol and diesel with diesel. For this, it will be a power, fuel consumption, gas temperature and thermal efficiency of the engine. The use of ethanol blended with diesel is expected to gradually increase the reflection delay using the increase in fuel consumption when compared to the diesel engine values.*

Keywords: *biofuels, anhydrous ethanol, diesel generator set.*