

PROJETO, CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA BANCADA BASEADA EM UM GRUPO GERADOR PARA AVALIAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS DIESEL**RAYLLANE CAVALCANTE FONSECA¹, ELIZABETH HARUNA KAZAMA², BRENDA AÑAZCO BENITES³, RENAN FELIPE ALMEIDA DE ARAÚJO⁴, DIEGO AUGUSTO FIORESE⁵**

¹ Engenheira Agrícola, Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, (66) 9911-6367, rayllane.cf@gmail.com.br

² Estudante de Pós Graduação, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista-UNESP, Jaboticabal-SP.

³ Engenheira Agrícola, Curso de Eng. Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, Sinop-MT.

⁴ Estudante de graduação, Curso de Eng. Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, Sinop-MT.

⁵ Professor Adjunto, Curso de Eng. Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, Sinop-MT.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Os geradores acionados por motores de combustão interna convertem a energia química do combustível, em energia mecânica e em energia elétrica, e a eficiência operacional do conjunto, está relacionada com a qualidade do combustível. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi projetar, construir e validar uma bancada de ensaios de baixo custo, com um grupo gerador de 5 kW, em que fosse possível simular a utilização de diferentes tipos de óleo diesel e biodiesel. Foi projetado e construído um sistema para mensuração do consumo de combustível e um sistema que permitisse o controle de carga aplicado ao motor, utilizando-se do princípio da eletrólise, com eletrodos imersos em uma solução aquosa salina, que tem a propriedade de conduzir corrente elétrica. Para validação do projeto, foram realizados ensaios variando-se três tipos de combustíveis (óleo diesel S500, óleo diesel S10 e biodiesel de óleo de soja) e cinco cargas no motor (1, 2, 3, 4 e 5 kW). Os resultados mostraram que com a carga de 4 kW e com diesel mineral, o motor foi mais eficiente. Conclui-se que os resultados foram suficientes para validar a bancada, a qual pode ser utilizada para ensaiar outros tipos de combustíveis diesel.

PALAVRAS-CHAVE: dinamômetro, ensaio, desempenho.

DESIGN, CONSTRUCTION AND VALIDATION OF A BENCH BASED ON A GENERATOR SET FOR EVALUATION DIESEL FUEL

ABSTRACT: The generators powered by internal combustion engines convert the chemical energy of fuel into mechanical energy and electricity, and the operational efficiency of the whole, is related to the fuel quality. In this sense, the objective was to design, build and validate a low-cost test bench with a 5 kW generator set, it was possible to simulate the use of different types of diesel and biodiesel. Was designed and built a system for measuring the fuel consumption and a system that enables the load applied to the engine control, using the principle of electrolysis, with electrodes immersed in an aqueous salt solution, which has the property of conducting electrical current. To design validation tests were performed by varying three types of fuel (diesel S500, diesel S10 and soybean biodiesel) and five loads on the engine (1, 2, 3, 4 and 5 kW). The results showed that with load of 4 kW and diesel oil, the engine is more efficient. The conclusion is that the results are sufficient to validate the workbench, which can be used to test other types of diesel fuel.

KEYWORDS: dynamometer, test, performance.

INTRODUÇÃO: De acordo com Valente (2007), um grupo motor-gerador é aplicado genericamente ao conjunto formado por um motor de combustão interna (MCI) e um gerador de energia elétrica. O MCI converte a energia química produzida a partir da queima do combustível em energia mecânica, sendo esta convertida em energia elétrica. Em complemento ao autor, com um grupo gerador é possível avaliar distintos tipos de combustível, considerando a energia de entrada (poder calorífico do combustível) e a energia de saída (elétrica). De acordo com Torres (2006), um dos parâmetros mais

importantes para avaliação do desempenho de um motor é o consumo específico, sendo este definido como a relação entre potência e o fluxo mássico de combustível. O poder calorífico de um combustível define seu conteúdo energético, ou seja, é a quantidade de energia interna que o combustível possui e pode ser transferido em forma de calor durante o processo de combustão (FERRAZ, 2014). Para Costa Neto et al. (2000), o poder calorífico do biodiesel é menor do que o poder calorífico do óleo diesel, fazendo com que haja um maior consumo para atender a demanda de potência exigida. Segundo Barbosa et al. (2008), o consumo energético aumenta de acordo com a demanda de potência exigida pelo motor, onde a energia específica tem como tendência o inverso do consumo energético. No que diz respeito a avaliação de motores e combustíveis, DAL POZZO (2013) relata que a utilização de uma carga eletrolítica, pode ser utilizada para fins de ensaios com equipamentos de geração de energia elétrica de diferentes potências.

MATERIAL E MÉTODOS: O projeto foi conduzido no laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), *campus* universitário de Sinop – MT. Baseou-se na utilização de um motor-gerador a diesel 4 tempos, monocilíndrico, modelo MDG5000CLE, de 7,46 kW de potência máxima no motor diesel, 5 kW de potência máxima de geração de energia elétrica, e 4,3 kW de geração nominal. O motor era refrigerado a ar e operava em rotação constante de 3600 rpm. O desenvolvimento do projeto foi iniciado pela elaboração do protótipo da bancada instrumentada, o qual foi dividido em quatro fases, seguindo algumas orientações de Romano (2003). As quatro fases de projeto utilizadas no trabalho foram: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Para aplicação das cargas, utilizou-se um sistema alternativo, baseado em um circuito elétrico interligado com hastes metálicas por cabo de aço, aonde as hastes que conduzem a carga gerada pelo motor-gerador, são imersas em uma solução eletrolítica de cloreto de sódio ($H_2O + NaCl$). Neste sistema utilizou-se um reservatório de polietileno com capacidade de 200 litros. Para os ensaios foi colocado 100 litros de água e 200 gramas de cloreto de sódio (sal de cozinha), pré-diluídos em cerca de 1,7 litros de água fervente. A solução tem a função de uma resistência elétrica e que permite variações de acordo com a carga desejada. Para controle das hastes metálicas, desenvolveu-se um sistema elétrico para variação da exposição destas dentro da solução. O mecanismo de controle das hastes consistiu em um cabo de aço interligado com um motor elétrico de 12 V, acionado por uma fonte variável, que permite a variação de velocidade de imersão das hastes, e assim facilita o ajuste das cargas pré-definidas. O consumo de combustível foi obtido com um tanque auxiliar de 3 litros, o qual foi colocado sobre uma balança digital de precisão, onde se obteve os valores ponderais de consumo. Para obtenção da potência de saída no gerador, foi utilizado um alicate amperímetro e um multímetro. Por fim, para validação da bancada, realizou-se ensaios para obtenção de dados que permitiram a comparação com a bibliografia. Os ensaios foram realizados em esquema fatorial 3x5, onde avaliaram-se três combustíveis e cinco cargas no motor: O fator combustível constituiu-se de: óleo diesel comercial comum (S500) com 500 ppm de enxofre; óleo diesel comercial S10 com 10 ppm de enxofre, ambos adquiridos em um posto de combustível da rede Petrobrás; E biodiesel de óleo de soja produzido no laboratório de química da UFMT *campus* de Sinop-MT. O fator carga no motor constituiu-se de: 20% de carga no motor (1 kW); 40% de carga no motor (2 kW); 60% de carga no motor (3 kW); 80% de carga (4 kW) e 100% ou máxima carga (5 kW). Os ensaios foram conduzidos variando os combustíveis, e em seguida, foram alteradas as cargas no motor, com três repetições, totalizando 45 unidades experimentais (Tabela 1).

TABELA 1. Descrição dos tratamentos realizados para validação da bancada.

Tratamento	Fator 1 - combustível	Fator 2 - Cargas no motor (%)
T1 a T5	S500	20, 40, 60, 80 e 100%
T6 a 10	S10	20, 40, 60, 80 e 100%
T11 a T15	Biodiesel de soja (B100)	20, 40, 60, 80 e 100%

As variáveis respostas do ensaio realizado foram: consumo horário volumétrico (Chv); consumo específico (Ce); e energia específica (ENe). O cálculo da potência elétrica de saída foi realizada pela Equação 1.

$$P = (U \cdot i) / 1000 \quad (1)$$

em que,

P = potência efetiva gerada (kW);
U = tensão de saída (V);
i = intensidade da corrente elétrica (A);
1000 = Constante de conversão para kW.

O consumo horário volumétrico foi calculado pela equação 2.

$$\text{Chv} = \text{Chp}/\rho \quad (2)$$

Em que:

Chv = Consumo horário volumétrico (L h⁻¹);
ρ = massa específica do combustível (kg L⁻¹);
Chp = Consumo horário ponderal (kg h⁻¹) medido pela balança.

O consumo específico é um parâmetro bastante usual em ensaios de motores de combustão interna, e permite a comparação de diferentes motores e também de diferentes combustíveis (Equação 3).

$$\text{Ce} = \text{Chp}/P \quad (3)$$

em que:

Ce – Consumo específico (g kWh⁻¹);
Chp = Consumo horário ponderal (g h⁻¹) medido pela balança;
P = Potência gerada pelo gerador (kW).

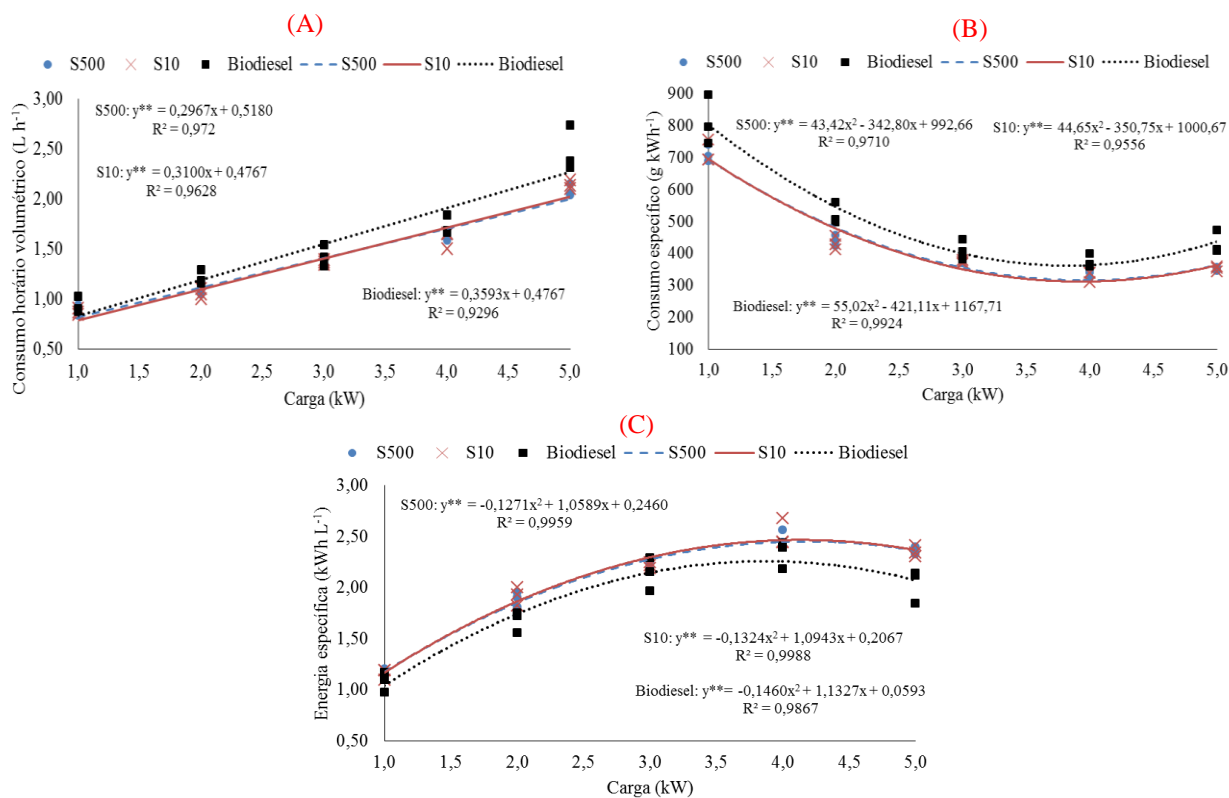
O cálculo da energia específica foi realizado pela Equação 4. Este parâmetro representa a quantidade de energia produzida durante uma hora de operação, para cada litro de combustível consumido.

$$\text{ENe} = P/\text{Chv} \quad (4)$$

em que:

ENe - energia específica (kWh L⁻¹);
P - potência gerada (kW);
Chv - consumo horário volumétrico (L h⁻¹).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A bancada projetada e construída mostrou-se funcional e atendeu aos objetivos propostos, sendo possível a avaliação de distintos combustíveis. O uso de hastes metálicas como eletrodos, ligadas ao gerador e imersas em uma solução eletrolítica, apresentaram-se funcionais e permitiram a variação de carga, tendo comportamento similar ao projeto desenvolvido por Dal Pozzo (2013). Na Figura 1 tem-se os gráficos e as respectivas equações da análise de regressão. Para as três variáveis avaliadas, observa-se baixa variação entre os valores obtidos para o óleo diesel S500 e óleo diesel S10. Já quando se avalia o biodiesel de óleo de soja, verifica-se que as curvas demonstram desempenho inferior em relação aos dois óleos diesel minerais. Para os três combustíveis, observou-se ajuste linear crescente do consumo horário, conforme aumento da carga e não linear para consumo específico e energia específica. Os resultados corroboram com Costa Neto et al. (2000), que relata maiores consumos do biodiesel em função deste possuir menor poder calorífico, necessitando de um maior consumo para atender a demanda de potência exigida. Observou-se que quanto maior a carga exigida do motor-gerador, menor é o consumo específico até a carga de 4 kW, sendo que o valor começa a subir para a carga de 5 kW. Isso acontece devido a eficiência do motor-gerador atingir um melhor desempenho com a carga de 4 kW, onde gera mais potência com menor consumo de combustível. De acordo com o gráfico, o pico de eficiência em geração de energia está entre 3,5 e 4,5 kW (aproximadamente), com o consumo específico mínimo próximo a 300 g kWh⁻¹. O biodiesel de óleo de soja apresentou uma curva com menores resultados de energia específica. Os melhores valores foram obtidos entre as cargas de 3,5 e 4,5 kW, semelhante ao comportamento do consumo específico. A energia específica do óleo diesel S10, apresentou o maior valor (2,52 kWh L⁻¹), demonstrando um maior rendimento energético por litro de combustível consumido.



Teste “F” ** significativo ao nível de 0,01 de probabilidade.

Figura 1. Consumo horário (A), consumo específico (B), e energia específica (C) em função da carga aplicada ao motor para os combustíveis: óleo diesel comum (S500); óleo diesel S10; e biodiesel de óleo de soja.

CONCLUSÕES: O projeto e a construção da bancada de ensaios, baseada em um sistema de aplicação de cargas controladas, aquisição de potência elétrica e aquisição de consumo de combustível, juntamente com os resultados dos ensaios, permitiu a avaliação de combustíveis diesel distintos, portanto, foi possível validar o projeto e o protótipo construído, sendo este aplicável para futuros ensaios de combustíveis. Verificou-se que o biodiesel de óleo de soja apresentou desempenho inferior quando comparado ao de óleo diesel S500 e óleo diesel S10, com maiores valores de consumo horário e específico e menores valores de energia específica. Os melhores resultados de consumo específico e energia específica foram observados na carga de 4 kW, equivalente a 80% da potência máxima do gerador, para os três combustíveis.

REFERÊNCIAS

- COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F. RAMOS, L. P. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras.** Revista Química Nova, V. 23, Nº 4, p. 531-537, Curitiba – PR, 2000.
- DAL POZZO, D. M. **Projeto e execução de uma carga trifásica eletrolítica para ensaios de potência em geradores.** Monografia (Trab. de conclusão de curso - tecnologia em manutenção industrial – Universidade Tecnológica Federal do Paraná) Medianeira – PR, 2013.
- FERRAZ, F. B.; **Análise de desempenho de um motor diesel turbo alimentado otolizado para gás natural, 2014.** Tese (doutorado em engenharia mecânica – Universidade Federal da Paraíba), João Pessoa – PB, 2014.
- TORRES, E. A.; SANTOS, D. C.; SOUZA, D. V. D. **Ensaio de motores estacionários do ciclo Diesel utilizando óleo Diesel e biodiesel (B100).** Encontro de Energia no Meio Rural, Campinas – SP, 2006.
- VALENTE, O. S. **Desempenho e emissões de um motor-gerador de energia elétrica operando com biodiesel, 2007.** Tese (mestrado em engenharia mecânica – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais), Belo Horizonte – MG, 2007.