

DESEMPENHO DE MOTOR DIESEL QUANDO ALIMENTADO COM ÓLEO DE CRAMBE

HEVANDRO COLONHESE DELALIBERA¹, BRUNA MARTINS BOMFATI²,
AUGUSTO PAGNONCELLI GOUVÊA³, LEANDRO RIYUTI HIGASHIBARA⁴,
PEDRO H. WEIRICH NETO⁵

¹ Doutor em Agronomia, Pesquisador, Engenharia Agrícola, Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, Londrina – PR, (0XX43) 3376.2252, hevandro@iapar.br.

² Engenheira Mecânica, Mestranda em Bioenergia, Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, Ponta Grossa – PR.

³ Graduando em Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia Pitágoras, Londrina – PR.

⁴ Doutorando em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina – PR.

⁵ Doutor em Engenharia Agrícola, Professor, Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, Ponta Grossa – PR.

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

RESUMO: No Brasil, impulsionado pela facilidade de aquisição e pelo menor custo em relação ao biodiesel, tem-se observado o uso de óleos vegetais como combustível para motores Diesel. Neste trabalho foram realizados ensaios para avaliar o desempenho de um motor Diesel, quando alimentado com óleo de crambe puro, pré-aquecido a 100°C (CR). O ensaio teve duração de 30 horas, sendo realizada uma avaliação no tempo zero e mais duas avaliações espaçadas de 15 horas. Utilizou-se como parâmetro de desempenho três variáveis: consumo em três regimes de trabalho (lenta, livre de carga a 1.800 rpm e carga de 3,9 kW a 1.800 rpm); perda de potência relativa com demanda de potência de 3,9 kW (66% da nominal do motor) a 1.800 rpm e emissão de material particulado pela NBR 13.037. Todas comparadas no tempo e com o petrodiesel (PD). Na média geral, o CR apresentou consumo de combustível 7,4% maior que o PD. O CR apresentou redução da perda de potência relativa durante o tempo, sendo que, no tempo 30, este se apresentou significativamente menor em relação ao PD. Para emissão de material particulado, não foi possível discorrer análise, pois, aparentemente, as emissões ultrapassaram a escala de leitura do equipamento.

PALAVRAS-CHAVE: potência, óleo vegetal, petrodiesel.

PERFORMANCE OF DIESEL ENGINE FUELED WITH CRAMBE OIL

ABSTRACT: In Brazil, boosted by the facility of acquisition and by minor cost in relation to biodiesel, it has been observed the use of vegetable oils as a fuel for Diesel engines. In this work were performed trials to evaluate the performance of a Diesel engine when fueled with pure crambe seed oil pre-heated to 100 °C (CR). The trial had duration of 30 hours, which had been evaluated on time zero and more two times evaluated on intervals of 15 hours. Three variables were used as performance parameters: fuel consumption on three work regimes (slow acceleration, free load on 1,800 rpm and with load of 3.9 kW on 1,800 rpm); relative power loss with power demand of 3.9 kW (66% of rated engine power) on 1,800 rpm and the emission of particulate matter by NBR 13.037. Whole compared on time and with Petrodiesel (PD). On the general average the CR presented 7,4% higher fuel consumption than PD. The CR presented reduction of relative power loss by time, on time of 30 hours CR presented itself significantly lower than PD. For the emission of particulate matter was not possible to descant analysis because, apparently, the emissions exceed the scale range of the equipment.

KEYWORDS: power, vegetable oil, petrodiesel.

INTRODUÇÃO: As políticas atuais tem favorecido a procura por alternativas ambientalmente corretas e sustentáveis. Os óleos vegetais vêm sendo estudados em substituição ao uso do petrodiesel por possuir características semelhantes a este, como número de cetano e poder calorífico, e vantagens ambientais, além de seu custo ser menor que do biodiesel. Entretanto, sua composição e características físico-químicas como a elevada viscosidade causam danos ao motor (DELALIBERA, 2015). Uma das formas de mitigação do problema é o pré-aquecimento dos óleos vegetais para a redução da viscosidade, melhorando as características de injeção e combustão (BERNAT et al., 2012). O crambe é uma oleaginosa com ciclo de produção curto (cerca de 90 dias), boa produção de grãos e teor de óleo em torno de 38% (PITOL, 2008). O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho, dado em termos de consumo, perda de potência relativa e opacidade, de um motor Diesel operando durante 30 horas com óleo de crambe pré-aquecido a 100 °C em comparação com petrodiesel.

MATERIAL E MÉTODOS: Utilizou-se como bancada de ensaio um motor Diesel (Tabela 1), acoplado a um gerador de energia de 4 kVA e um banco de carga resistivo capaz de gerar uma demanda de potência de até 3,9 kW (66% da potência nominal do motor).

Tabela 1. Especificações do motor segundo fabricante

Fabricante/Modelo	YANMAR/B9C	Potência	5,88 kW@1.800 rpm
Número de cilindros	1	Aspiração	Natural
Pressão de compressão	1,47 a 1,86 MPa	Injeção	Mecânica
Taxa de compressão	19,2:1	Combustão	Indireta
Diâmetro x curso	90 x 100 mm	Pressão de injeção	13,7 ± 0,49 MPa
Cilindrada	636 cm ³	Lubrificação	Forçada por bomba
Ciclo	Diesel – 4 tempos	Arrefecimento	Condensação de água

Os procedimentos do ensaio foram executados conforme descrito por Delalibera et al. (2017). O combustível utilizado foi o óleo de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) puro (CR), obtido através de prensagem mecânica dos grãos com posterior filtragem e, pré-aquecido a 100 °C antes da entrada no sistema de injeção. Utilizou-se como testemunha o petrodiesel S500/B5 (PD). O ensaio teve duração de 30 horas, com três avaliações de desempenho: tempo zero, 15 e 30 horas de funcionamento. Entre os intervalos de avaliação o motor operou sob regime de demanda de 51% de sua potência nominal (3kW@1.800 rpm). Os parâmetros de desempenho analisados foram consumo, índice de perda de potência relativa (IPPR) e opacidade. O teste de consumo foi realizado sob três regimes de trabalho: rotação livre de carga em lenta, rotação livre de carga a 1.800 rpm e com carga de 3,9 kW a 1.800 rpm. Para mensuração dos valores foi confeccionado um sistema de avaliação automatizado com célula de carga capaz de medir a massa de combustível no reservatório. Para o IPPR foi utilizado o método descrito por Delalibera et al. (2017), com demanda de 66% da potência nominal do motor e utilizando um intervalo de 5 s após a entrada da carga para cálculo. Para mensurar a rotação do motor utilizou-se um encoder incremental de 1.024 pulsos por volta, acoplado a árvore de manivelas. Para a leitura e gravação dos dados utilizou-se um *datalogger* CR5.000® (Campbell Scientific). A manipulação e tratamento dos dados foi feita utilizando o *software* Catman Easy-AP 3.3.5® (HBM). Para a mensuração da emissão de material particulado nos gases de exaustão utilizou-se um opacímetro de fluxo parcial modelo TM-133®, com tacômetro TM-529® e *software* IGOR 2.1® (TECNOMOTOR) conforme a NBR 13.037.

Para avaliar o consumo de combustível realizou-se ANAVA em esquema fatorial 2x3x3 (combustível, regime de trabalho e tempo) e fatorial 2x3 para IPPR (combustível e tempo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A análise de variância para o consumo de combustível apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre o consumo de CR e PD sendo que o CR apresentou consumo médio geral 7,4% maior que o PD, ou seja, $878,72 \text{ g h}^{-1}$ e $818,25 \text{ g h}^{-1}$, respectivamente. Resultados que corroboram com Delalibera et al. (2009) e Martini et al. (2012) os quais foram devidos ao menor poder calorífico dos óleos vegetais quando comparado ao PD (BALAKRISHNA, 2012). O consumo menor de CR em lenta corrobora com o encontrado por Delalibera et al. (2017) em que os óleos vegetais apresentaram consumo menor que o PD (Tabela 2) nos regimes de rotação livre de carga.

Tabela 2. Média de consumo de combustível para cada regime dentro das 30 horas de trabalho

Regime de trabalho	Combustível	Consumo médio nas 30 horas de trabalho (g h^{-1})
Rotação de lenta sem carga (1.100 rpm)	PD	377,41
	CR	359,83
Rotação livre de carga a 1.800 rpm	PD	583,00
	CR	618,00
Carga de 3,9 kW a 1.800 rpm	PD	1.511,91
	CR	1.640,75

Para o IPPR (Tabela 3), no qual, quanto menor o valor menor a perda de potência, a ANAVA apresentou interação significativa ($p < 0,05$) entre combustível e tempo de operação. Sendo que o IPPR no tempo 30 horas apresentou diferença significativa entre os combustíveis, no qual, a perda de potencia para o CR foi menor que para o PD. Este pode ser efeito da melhora na vedação da câmara de combustão e possível melhor ajuste das partes móveis como cilindro e sistema de injeção. Este resultado também foi melhor que os apresentados por Delalibera et al. (2017), os quais encontraram maior perda de potência para os óleos vegetais pré-aquecidos em comparação ao PD. O desdobramento do IPPR no tempo (Figura 1), indica ajuste linear negativo para o CR, confirmando o decréscimo da perda de potência com o decorrer do tempo de operação. O PD, até o tempo de 30 horas, não apresentou tendência clara de comportamento, porém, este trabalho ainda esta em andamento e, esperam-se resultados mais conclusivos com a inserção dos dados das avaliações futuras no conjunto das análises.

Tabela 3. Índice de Perda de Potência Relativa

Combustível	Tempo de trabalho do motor (horas)		
	0	15	30
PD	400,19 a	346,48 a	395,92 a
CR	373,96 a	353,84 a	329,03 b

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

A tabela 4 apresenta os dados de opacidade no qual não foi possível discorrer análise estatística, pois as leituras, exceto a efetuada no tempo zero para o CR, ultrapassaram a escala de leitura do opacímetro, isto é, foram todas na iguais fixas no valor de $16,05 \text{ m}^{-1}$.

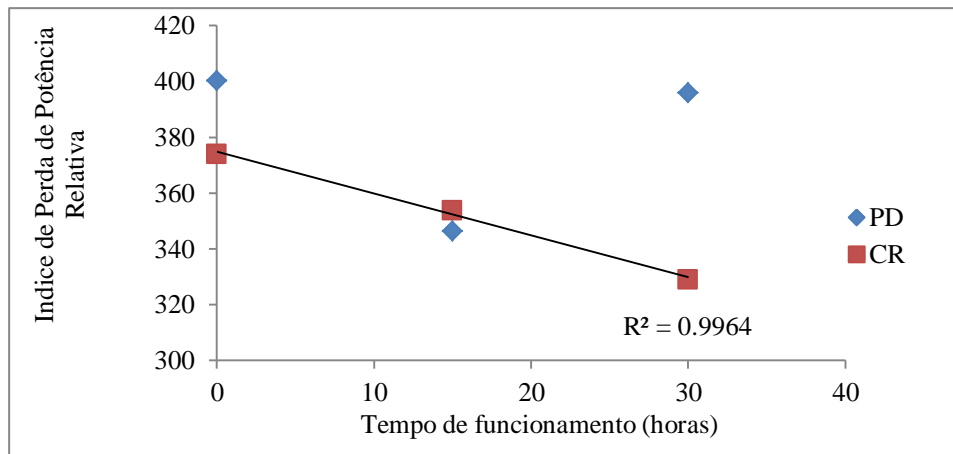


Figura 1. Perda de Potência relativa em função do tempo de ensaio para o PD e CR

Tabela 4. Opacidade dos gases de exaustão entre os combustíveis no tempo 0, 15 e 30 horas

Combustível	Opacidade dos gases de escapamento ($k=m^{-1}$)		
	0h	15h	30h
PD	16,05	16,05	16,05
CR	7,48	16,05	16,05

CONCLUSÕES: O CR apresentou consumo em massa maior que o PD, fato que pode ser explicado pelo menor poder calorífico do óleo vegetal. O IPPR do CR apresentou-se menor que o PD para o tempo 30 horas, indicando bom funcionamento e desempenho do motor.

AGRADECIMENTOS: A Fundação Araucária pelo apoio financeiro e ao IAPAR pelo apoio econômico ao estudo.

REFERÊNCIAS

- BALAKRISHNA, B. Vegetable oil as fuel in C.I. engine: problems and possible solutions. **International Journal Of Engineering Science And Technology (ijest)**, [s.l.], v. 4, n. 11, p.4687-4690, nov. 2012.
- BERNAT, E. et al. Temperature dependence of density and viscosity of vegetable oils. **Biomass And Bioenergy**, [s.l.], v. 42, p.164-171, jul. 2012.
- DELALIBERA, H.C.; WEIRICH NETO, P.H.; MATINI, J. Utilização de óleo de girassol como combustível em unidade de potência monocilindro ciclo diesel. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p.36-49, dez. 2009.
- DELALIBERA, H.C. Aplicação dos óleos vegetais como fonte renovável de energia em motores Diesel. In: Melo G. & Ribeiro M.F.S. (Org.). **Processamento de oleaginosas como alternativa de agregação de valor na agricultura familiar**. 1ed. Irati-PR, 2015, v.1, p.19-32.
- DELALIBERA, H.C.; JOHANN, A.L ; FIGUEIREDO, P.R.A.; TOLEDO, A; WEIRICH NETO, P.H.; RALISCH, R. Performance of diesel engine fuelled with four vegetable oils, preheated and at engine working temperature. **Engenharia Agrícola**, v. 37, p. 302-314, 2017.
- MARTINI, J.; DELALIBERA, H.C.; WEIRICH NETO, P.H. Consumo de óleo de soja pré-aquecido por motor Diesel. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 18, p. 213-220, 2012.
- PITOL, C. Cultura do crambe. In: **Tecnologia e Produção: milho safrinha e culturas de inverno**. Maracaju: Fundação MS, 2008. p.85-88.