



XXIV CREAM
Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica



Universidade Federal
do Rio Grande



INSTITUTO FEDERAL
RIO GRANDE DO SUL
Campus Rio Grande

XXIV Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica – 11 a 15/09/2017 – Rio Grande – RS

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM MOTOR DIESEL COM DIFERENTES PROPORÇÕES DA MISTURA DIESEL-BIODIESEL

Alexandre Bortolini Centenaro, Filipe Mateus Severgnini, Lucas Santin Bianchin, Denílson José Seidel

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Campus Passo Fundo/RS

Estrada Perimetral Leste, 150, Passo Fundo/RS, CEP: 99064-440

alexandre_cen_tenaro@hotmail.com, f_severgnini@hotmail.com, lucas.sbianchin@hotmail.com,

denilson.seidel@passofundo.ifsul.edu.br

RESUMO: O uso de combustíveis de fontes renováveis como o biodiesel vem se tornando cada vez maior devido os benefícios econômicos, sociais e ambientais proporcionados. Esse trabalho tem como objetivo analisar o comportamento de um motor diesel quanto aos parâmetros de torque, potência e consumo específico para cinco diferentes proporções da mistura diesel-biodiesel (B0, B5, B20, B50 e B100) e verificar qual mistura possui melhor desempenho em cada um desses parâmetros. Para isso, foi implementado o Método dos Mínimos Quadrados no *software* Scilab para ajustar curvas de torque, potência e consumo específico em função da rotação para as cinco concentrações em análise com dados obtidos em Castellanelli *et al.* (2008). Desse modo, utilizando uma função quadrática, observou-se que para rotações menores que 1400 r.p.m. e maiores que 2800 r.p.m. o combustível que proporciona maiores valores de potência e de torque e menores valores de consumo específico para o motor é o B5, enquanto o B20, em geral, é o que apresenta destaque para as rotações intermediárias. Assim, para rotações de trabalho entre 1400 e 2800 r.p.m. concentrações maiores de biodiesel podem proporcionar melhor desempenho do motor, possibilitando ao mercado nacional a utilização ainda maior de biodiesel, favorecendo cada vez mais o mercado interno e a agricultura familiar brasileira.

Palavras-Chave: Método dos Mínimos Quadrados, Mistura Diesel-Biodiesel, Parâmetros do Motor

ABSTRACT: The use of renewable fuels such as biodiesel is becoming ever larger because of the economic, social and environmental benefits provided. This work aims to analyze the behavior of a diesel engine in terms of torque, power and specific consumption parameters for five different proportions of diesel-biodiesel blend (B0, B5, B20, B50 e B100) and verify which mixture has the best performance in each of these parameters. For this, the Minimum Squares Method was implemented in the Scilab software to adjust torque, power and specific consumption curves as a function of rotation for the five concentrations under analysis with data obtained in Castellanelli *et al.* (2008). Thereby, using a quadratic function, it was observed that for rotations smaller than 1400 r.p.m. and higher than 2800 r.p.m., the fuel that gives higher values of power and torque and lower values of specific consumption for the engine is the B5, while the B20, generally, is what stands out for the intermediate rotations. Therefore, for rotations of work between 1400 and 2800 r.p.m. higher concentrations of biodiesel can provide better engine performance, making it possible for the national market to use even more biodiesel, favoring more and more the intern market and the Brazilian family farming.

Keywords: Minimum Squares Method, Diesel-Biodiesel Blend, Motor Parameters

INTRODUÇÃO

O aumento constante no consumo de combustíveis fósseis, a grande propagação de automóveis nas ruas e os impactos ambientais, fizeram surgir estudos e pesquisas na busca de combustíveis renováveis, tendo em vista um inevitável esgotamento dos combustíveis fósseis em um futuro não muito distante. Nessa busca incessante de uma energia limpa e renovável surge o biodiesel, que pode ser obtido por meio de variadas espécies de grãos e conta com uma vasta gama de combinações de misturas com o diesel comum (diesel obtido através da destilação fracionada do petróleo).

A substituição dos combustíveis de origem fóssil, considerados fontes não renováveis, por combustíveis de fontes renováveis, tornou-se um objetivo global destacando-se em três áreas primordiais: a econômica, a social e a ambiental. Na área social e econômica a produção é um grande destaque. O cultivo de plantas que originam o biodiesel gera empregos e renda, além de contribuir para a diminuição do êxodo rural. No Brasil há muitas terras cultiváveis que



XXIV CREEM
Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica



Universidade Federal
do Rio Grande



INSTITUTO FEDERAL
RIO GRANDE DO SUL
Campus Rio Grande

podem produzir uma enorme variedade de oleaginosas com baixo custo de produção, até nos solos menos produtivos. Na área ambiental, o biodiesel em comparação aos combustíveis derivados do petróleo apresenta grandes vantagens, uma delas é em relação a poluição, a qual é muito discutida atualmente. O biodiesel em sua composição é livre de enxofre e de compostos aromáticos, reduzindo em grande proporção o número de partículas lançadas na atmosfera e dessa forma contribui para diminuição do efeito estufa. Esse combustível além de se apresentar não tóxico é oriundo de fontes renováveis de curto prazo tais como soja, girassol, amendoim, algodão, mamona, dendê, dentre outros. Já o diesel derivado do petróleo é um combustível de origem fóssil de fontes não renováveis que levam milhões de anos para se formar e que está próximo do seu fim (Oliveira & Costa, 2002).

De acordo com Costa & Hoeschl (2006), o biodiesel é produzido a partir de óleos vegetais extraídos de espécies oleaginosas e também de gordura animal. Para obtê-lo, o óleo é submetido a uma reação química chamada de transesterificação junto com álcool e um catalisador, dando origem a um produto éster de ácido graxo (biodiesel), e como subproduto a glicerina.

Segundo Castellani *et al.* (2008) a nomenclatura de biodiesel na mistura com o diesel comum é conhecida internacionalmente como BXX, em que XX representa o percentual em volume de biodiesel contido na combinação. Isso significa, por exemplo, que as misturas de diesel/biodiesel denominadas B20 e B100 são combustíveis com proporção de 20% e 100% de biodiesel, respectivamente.

Segundo o Portal Brasil (2017) a adição de biodiesel no diesel proveniente do petróleo passou, em 2017, para 8% (B8). O governo objetiva aumentar ainda mais esse percentual, chegando a 10% em 2019. Com essa medida, favorece-se o mercado econômico interno, incentivando a agricultura familiar e o agronegócio brasileiro, além de diminuir as importações de óleo diesel.

Segundo Teixeira (2010), para que o biodiesel seja cada vez mais utilizado no mercado nacional é preciso de estudos mais detalhados, uma vez que os motores de ciclo diesel hoje comercializados só estão aptos para o trabalho com percentuais de até 20% de biodiesel. Para percentuais acima de 20% são necessários estudos mais elaborados em relação ao desempenho, consumo específico e às emissões de poluentes gerados pelo motor. Ainda, com o avanço nas pesquisas de misturas de biodiesel, possivelmente surgirão novos resultados e dados experimentais que poderão servir de base para tomada de decisões, propostas de otimizações ou modificações no sistema de funcionamento dos motores.

Baseado nisso, esse estudo busca responder a seguinte questão: quais as misturas diesel/biodiesel mais eficientes aplicadas em um motor diesel em relação a valores de torque, potência e consumo específico quando é variada a rotação?

Com o intuito de solucionar essa questão pretende-se utilizar os dados de torque, potência e consumo específico obtidos por Castellani *et al.* (2008) referentes a testes com um motor ciclo diesel e por meio do Método dos Mínimos Quadrados obter equações que descrevam o comportamento dessas variáveis em função de diferentes rotações para diversas composições da mistura diesel-biodiesel. Esse método consiste em obter uma curva que melhor relacione um conjunto de dados através da minimização da soma dos quadrados dos erros entre os dados reais e os valores determinados pela curva encontrada. Uma das maneiras de avaliar quão bom é o ajuste é através de análise gráfica entre os dados reais e a curva ajustada no mesmo plano cartesiano (Chapra & Canale, 2016).

METODOLOGIA

Os valores de torque, potência e consumo específico obtidos por Castellani *et al.* (2008) em testes com um motor ciclo diesel em uma bancada com dinamômetro utilizando diferentes concentrações da mistura diesel/biodiesel para diversos valores de rotações por minuto (r.p.m.) do motor estão representados, respectivamente, pelas Tab. 1, Tab. 2 e Tab. 3.

Tabela 1. Valores de torque *versus* r.p.m. para 5 concentrações da mistura diesel/biodiesel

	Torque (N.m)				
r.p.m.	B0	B5	B20	B50	B100
1400	192,7	192,1	192,1	180,1	159,5
1533	200,0	197,7	199,1	191,2	172,2
1667	204,6	200,9	203,5	199,1	181,6
1800	206,4	201,9	205,1	203,8	187,7
1933	205,6	200,5	204,1	205,3	190,5
2067	202,2	196,8	200,4	203,6	190,1
2200	195,7	190,8	194,0	198,7	186,4
2333	186,7	182,5	184,9	190,6	179,4
2467	174,9	171,9	173,2	179,3	169,1
2600	160,4	158,9	158,7	164,8	155,6

Tabela 2. Valores de potência *versus* r.p.m. para 5 concentrações da mistura diesel/biodiesel

	Potência (kW)				
r.p.m.	B0	B5	B20	B50	B100
1400	27,3	28,5	29,1	25,4	22,1
1533	32,1	32,8	33,8	30,6	27,5
1667	36,1	36,6	37,7	35,1	32,1
1800	39,5	39,7	41,0	38,8	36,0
1933	42,1	42,2	43,6	41,8	39,1
2067	44,1	44,1	45,5	44,2	41,5
2200	45,3	45,5	46,8	45,7	43,1
2333	45,8	46,2	47,3	46,6	44,0
2467	45,7	46,3	47,2	46,7	44,1
2600	44,8	45,9	46,3	46,1	43,6

Tabela 3. Valores de consumo específico *versus* r.p.m. para 5 concentrações da mistura diesel/biodiesel

	Consumo Específico (g.kW/h)				
r.p.m.	B0	B5	B20	B50	B100
1400	289,7	276,8	284,6	311,5	368,7
1533	282,7	273,3	278,2	299,2	348,0
1667	280,0	273,3	275,7	291,6	333,1
1800	281,5	276,6	277,2	288,7	324,2
1933	287,3	283,3	282,7	290,4	321,3
2067	297,3	293,4	292,2	296,9	324,2
2200	311,6	306,9	305,6	307,9	333,1
2333	330,1	323,7	323,1	323,7	347,9
2467	352,8	343,9	344,5	344,1	368,6
2600	379,7	367,5	369,9	369,2	395,3

De posse dos dados das Tab. 1, Tab. 2 e Tab. 3 foi desenvolvido um arquivo de *script* no *software* Scilab¹ 5.5.2 utilizando o Método dos Mínimos Quadrados e a função quadrática representada pela Eq. (1), com o objetivo de obter curvas que relacionem os valores de torque, potência e consumo específico com os valores de r.p.m. A função quadrática foi a escolhida uma vez que apresentou um erro relativamente baixo ao fazer os ajustes das curvas desejadas. Na Eq. (1), a , b e c são constantes a serem determinadas pelo Método dos Mínimos Quadrados, n é a rotação em r.p.m., $F_i(n)$ é uma função da rotação, que pode ser o torque ($T_i(n)$), potência ($P_i(n)$) ou consumo específico ($C_i(n)$) e o índice i representa o combustível, por exemplo, $T_{B5}(n)$ representa o torque em função da rotação para a mistura diesel/biodiesel com 5% de biodiesel (B5)

$$F_i(n) = a \cdot n^2 + b \cdot n + c \quad (1)$$

A partir das curvas determinadas, foi possível analisar graficamente os intervalos em que uma mistura se destaca em relação a outra, no que diz respeito aos valores de torque, potência e consumo específico e responder a seguinte questão: quais as misturas diesel-biodiesel mais eficientes aplicadas em um motor diesel quando é variada a rotação?

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados das Tab. 1, Tab. 2 e Tab. 3 foi possível ajustar, utilizando o *software* Scilab e o Método dos Mínimos Quadrados, as curvas de torque (Eq. (2) a Eq. (6)), de potência (Eq. (7) a Eq. (11)) e de consumo específico (Eq. (12) a Eq. (16)).

$$T_{B0}(n) = -7,66 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 279,5 \cdot 10^{-3} \cdot n - 48,48 \quad (2)$$

$$T_{B5}(n) = -6,51 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 232,64 \cdot 10^{-3} \cdot n - 6,04 \quad (3)$$

$$T_{B20}(n) = -7,55 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 274,06 \cdot 10^{-3} \cdot n - 43,67 \quad (4)$$

$$T_{B50}(n) = -8,99 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 347,15 \cdot 10^{-3} \cdot n - 129,55 \quad (5)$$

$$T_{B100}(n) = -9,21 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 365,23 \cdot 10^{-3} \cdot n - 171,22 \quad (6)$$

$$P_{B0}(n) = -1,98 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 93,72 \cdot 10^{-3} \cdot n - 65,11 \quad (7)$$

$$P_{B5}(n) = -1,68 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 81,78 \cdot 10^{-3} \cdot n - 53 \quad (8)$$

$$P_{B20}(n) = -1,92 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 91,38 \cdot 10^{-3} \cdot n - 61,08 \quad (9)$$

$$P_{B50}(n) = -2,04 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 98,7 \cdot 10^{-3} \cdot n - 72,87 \quad (10)$$

$$P_{B100}(n) = -2,09 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 101,69 \cdot 10^{-3} \cdot n - 79,17 \quad (11)$$

$$C_{B0}(n) = 11,91 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 401,73 \cdot 10^{-3} \cdot n + 618,46 \quad (12)$$

$$C_{B5}(n) = 9,5 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 304,31 \cdot 10^{-3} \cdot n + 516,64 \quad (13)$$

$$C_{B20}(n) = 11,2 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 376,46 \cdot 10^{-3} \cdot n + 592,65 \quad (14)$$

$$C_{B50}(n) = 13,13 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 477,18 \cdot 10^{-3} \cdot n + 722,14 \quad (15)$$

$$C_{B100}(n) = 16,66 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 644,4 \cdot 10^{-3} \cdot n + 944,24 \quad (16)$$

¹ O scilab é um pacote de aplicativos científicos para computação numérica que oferece um ambiente aberto para solução de problemas de engenharia e científicos (Scilab Enterprises, 2017).

As curvas das Eq. (2) a (16), além de descrever o comportamento dos dados das Tab. 1, Tab. 2 e Tab. 3 permitem fazer inferências sobre determinadas condições que o motor será submetido em determinada rotação, por exemplo, pode-se estimar quanto combustível será consumido em rotações diferentes das contidas nas tabelas, possibilitando, desse modo, fazer a projeção de valores quando se aumenta ou quando se diminui muito a velocidade.

As curvas das Eq. (2) a (6) descrevem a variação do torque com a rotação do motor para as 5 diferentes concentrações de biodiesel na mistura. A Fig. (1) representa graficamente as Eq. (2) a (6), bem como dos dados contidos na Tab. 1.

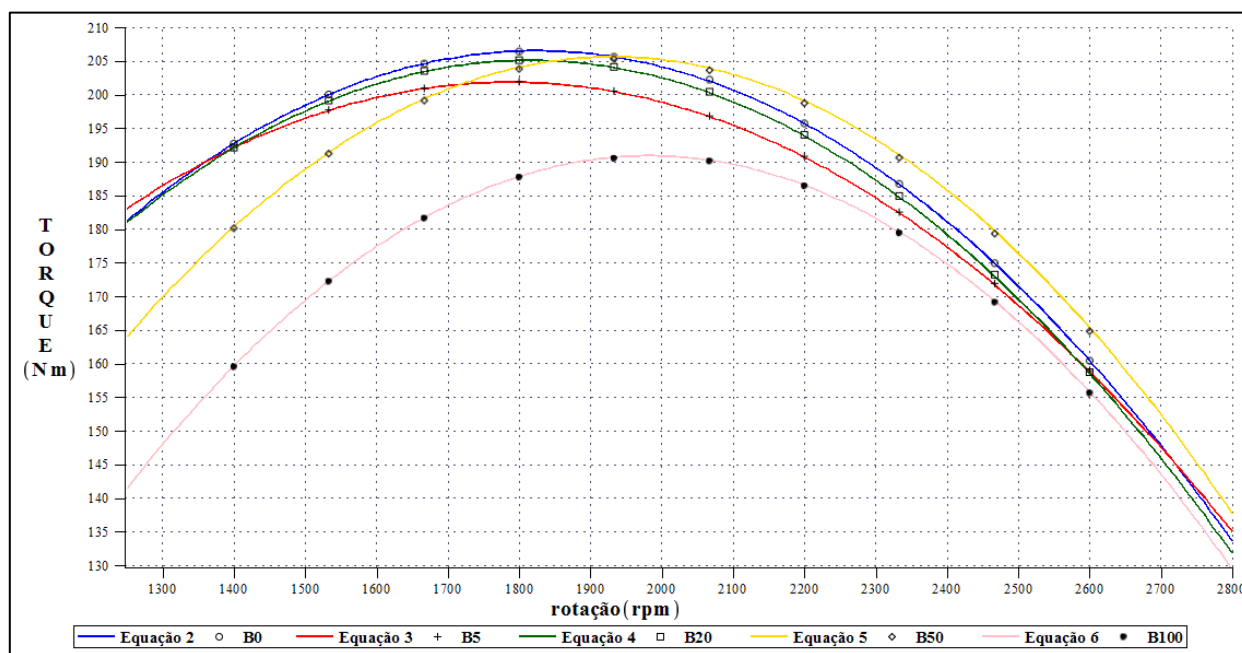


Figura 1. Curvas de torque *versus* r.p.m. para as 5 concentrações da mistura diesel/biodiesel

Da Fig. (1) verifica-se que o elevado aumento na concentração de biodiesel na mistura (B100) ocasiona uma grande perda de torque. No entanto, para as demais concentrações, dependendo da rotação, é possível inferir que ao se adicionar o combustível de fonte renovável no diesel puro consegue-se obter valores até maiores de torque do que quando se utiliza o combustível fóssil (B0). Todavia, não se consegue afirmar qual a melhor mistura em relação ao torque, uma vez que esse valor varia consideravelmente com o valor da rotação. A Tab. 4 traz os intervalos de rotação que uma concentração se destaca em relação as demais. Vale ressaltar que para o desenvolvimento da Tab. 4 não foi considerado os valores de B0, pois o interesse do mercado econômico atual é a inserção de uma quantidade cada vez maior de biodiesel na mistura com o diesel do petróleo devido aos diversos fatores citados anteriormente.

Tabela 4. Combustíveis que fornecem maior torque conforme valor da rotação do motor

Intervalo de rotação (r.p.m.)	$n < 1402,11$	$1402,11 < n < 1847,35$	$1847,35 < n < 2900,03$	$n > 2900,03$
Combustível que fornece maior torque	B5	B20	B50	B5

As curvas das Eq. (7) a (11) descrevem a variação da potência com a rotação do motor para as 5 diferentes concentrações de biodiesel na mistura. A Fig. (2) representa graficamente as Eq. (7) a (11), bem como dos dados contidos na Tab. 2.

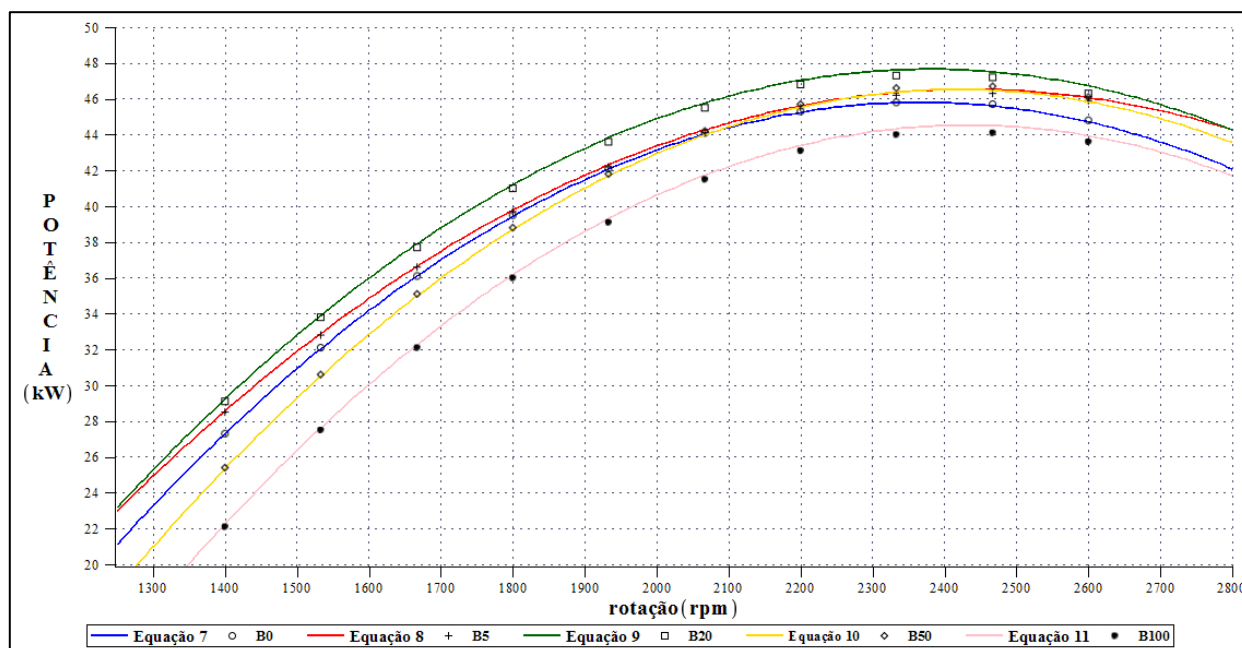


Figura 2. Curvas de potência *versus* r.p.m. para as 5 concentrações da mistura diesel/biodiesel

A partir da Fig. (2) observa-se que, em geral, o combustível que proporciona maior potência é o B20. No entanto, temos algumas variações quando são projetados os valores de potência para rotações mais baixas ou mais altas do intervalo apresentado no gráfico. Com as mesmas considerações feitas na Tab. 4, a Tab. 5 apresenta os intervalos de rotação em que uma determinada concentração da mistura diesel/biodiesel possui maior potência que as demais.

Tabela 5. Combustíveis que fornecem maior potência conforme valor da rotação do motor

Intervalo de rotação (r.p.m.)	$n < 1204,18$	$1204,18 < n < 2795,82$	$n > 2795,82$
Combustível que fornece maior potência	B5	B20	B5

As curvas das Eq. (12) a (16) descrevem a variação do consumo específico com a rotação do motor para as 5 diferentes concentrações de biodiesel na mistura. A Fig. (3) representa graficamente as Eq. (12) a (16), bem como dos dados contidos na Tab. 3.

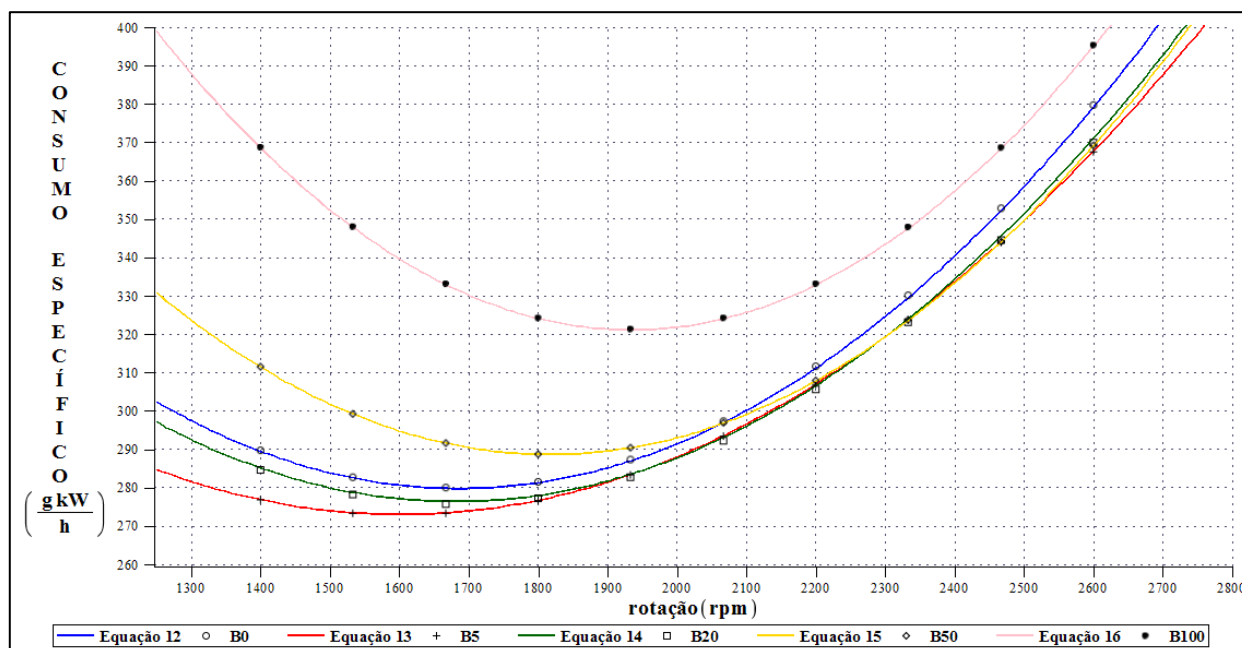


Figura 3. Curvas de consumo específico *versus* r.p.m. para as 5 concentrações da mistura diesel/biodiesel

Pela Fig. (3) observa-se que quando tende-se a utilizar um combustível puro de fonte renovável (B100), tende-se a elevar muito o consumo do motor. Assim como para o torque e para a potência, dependendo da rotação, uma mistura se destaca em relação às outras. A Tab. 6 apresenta os intervalos de rotação em que uma determinada concentração da mistura diesel/biodiesel possui menor consumo específico que as demais.

Tabela 6. Combustíveis que apresentam menor consumo específico conforme valor da rotação do motor

Intervalo de rotação (r.p.m.)	$n < 1943,29$	$1943,29 < n < 2294,27$	$2294,27 < n < 2473,98$	$n > 2473,98$
Combustível que apresenta menor consumo específico	B5	B20	B50	B5

Da análise das Tab. 4, Tab. 5 e Tab. 6 e das Fig. (1), (2) e (3) nota-se que os valores de torque, potência e consumo específico dependem muito da velocidade em que o motor está trabalhando. A Tab. 7 é uma união das Tab. 4, Tab. 5 e Tab. 6, com o objetivo de facilitar a análise de melhor combustível *versus* rotação.

Tabela 7. Combustíveis que se destacam em cada intervalo de rotação

Intervalo de rotação (r.p.m.)	Menor que 1204,18	De 1204,18 até 1402,11	De 1402,11 até 1847,35	De 1847,35 até 1943,29	De 1943,29 até 2294,27	De 2294,27 até 2473,98	De 2473,98 até 2795,82	De 2795,82 até 2900,03	Maior que 2900,03
Maximiza o Torque	B5	B5	B20	B50	B50	B50	B50	B50	B5
Maximiza a Potência	B5	B20	B20	B20	B20	B20	B20	B5	B5
Minimiza o Consumo Específico	B5	B5	B5	B5	B20	B50	B5	B5	B5
Combustível Destacado	B5	B5	B20	-	B20	B50	-	B5	B5

Da Tab. 7, observa-se que, em geral, quando utiliza-se rotações muito elevadas ou muito baixas, o melhor combustível a ser utilizado é o B5. No entanto, o mercado brasileiro já utiliza uma mistura comercializada com maior percentual de biodiesel (atualmente vende-se o B8). Para rotações intermediárias, o combustível B20 é o que melhor atua, em resumo um breve intervalo de velocidades em que se dá destaque para o B50. Além disso, a adição de biodiesel no diesel do petróleo geralmente trouxe benefícios, uma vez que raramente o combustível B0 mostrou-se melhor que os demais. Também, quando se aumenta muito a concentração de biodiesel, como no caso do B100, perde-se muito em qualidade de operação, ou seja, há uma perda de potência e de torque elevada, e um consumo exagerado de combustível.

Em suma, a melhor concentração de biodiesel no diesel do petróleo depende muito da rotação de trabalho, além do parâmetro que deseja-se potencializar, seja ele o torque, a potência ou o consumo específico do motor.

CONCLUSÃO

As curvas obtidas com o *software* Scilab e o Método dos Mínimos Quadrados permitiram a análise dos valores de potência, torque e consumo específico em um motor diesel alimentado por misturas diesel-biodiesel de diferentes concentrações (B0, B5, B20, B50 e B100). Da análise das curvas pode-se notar que a eficiência de um combustível depende muito da rotação do motor. Assim, não foi possível dizer qual a única concentração que melhora o desempenho do motor. Para rotações mais baixas (menores que 1400 r.p.m.) ou mais altas (maiores que 2800 r.p.m.), aconselha-se a utilização de combustíveis o mais próximo da concentração do B5, enquanto que para rotação intermediárias (entre 1400 e 2800 r.p.m.) aconselha-se, em geral, a concentração do B20, podendo, em uma estrita faixa de rotações (de 2294,27 até 2473,98 r.p.m.), melhorar ainda mais o desempenho com o uso do B50.

Com esse trabalho pode-se verificar os benefícios do uso de biodiesel junto com o diesel do petróleo. Também, com as configurações dos motores atuais, o uso do biodiesel puro torna-se um desafio, devido as grandes perdas de qualidade de trabalho do motor ao se utilizar o B100. As rotações que dão potência máxima para alguns caminhões são de 2200 r.p.m. (como, por exemplo, o Atego 1419 4x2 Plataforma B09916669 da Mercedes-Benz). Nessa rotação, o combustível que melhorou a qualidade do motor foi o B20. Assim, esse estudo indica que o atual diesel comercial (B8) pode ter seu percentual de biodiesel aumentado, favorecendo ainda mais o mercado interno e a agricultura familiar brasileira.

REFERÊNCIAS

- Castellanelli, M.; Souza, S. N. M.; Silva, S. L.; Kailer, E. K.; 2008. “Desempenho de motor ciclo diesel em bancada dinâmométrica utilizando misturas diesel/biodiesel”. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.1, p.145-153.
- Chapra, S. C., Canale, R. P., 2016. “Métodos numéricos para engenharia”. 7 ed., Ed. AMGH, Porto Alegre.
- Costa, F. C.; Hoeschl, H. C.; 2006. “Gestão do conhecimento na cadeia produtiva de Biodiesel”. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biocombustível, 1., Brasília. Anais... Brasília: MCT/ABIPTI, 2006. p.30-34.



XXIV CREEM
Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica



**Universidade Federal
do Rio Grande**



INSTITUTO FEDERAL
RIO GRANDE DO SUL
Campus Rio Grande

Mercedes-Benz, 2017. “Dados técnicos Atego 1419 4x2 Plataforma B09916669”. 9 Ago 2017 <
https://www.mercedes-benz.com.br/resources/files/documentos/caminhoes/atego/dados-tecnicos/v5_Atego-1419-4x2-Plataforma-B09916669.pdf>.

Oliveira, L. B.; Da Costa, A. O.; 2002 Biodiesel: uma experiência de desenvolvimento sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 9. 2002. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: COPPE, vol. IV, p. 1772-1779.

Portal Brasil, 2017. “Percentual obrigatório de biodiesel no óleo diesel passa para 8%”. 9 Ago 2017 <
<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/03/percentual-obrigatorio-de-biodiesel-no-oleo-diesel-passa-para-8>>.

Teixeira, Cláudio Vidal, 2010. “Análise de emissões e desempenho de motores diesel utilizando óleo diesel comercial, biodiesel de palma (B100) e misturas (BX)”. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.