

11º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ANÁLISE DO DESEMPENHO E EMISSÕES DE MOTOR OPERANDO COM COMBUSTÍVEL HVO

AUTORES:

Bianca Moreira Areias Cariello

INSTITUIÇÃO:

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ)

ANÁLISE DO DESEMPENHO E EMISSÕES DE MOTOR OPERANDO COM COMBUSTÍVEL HVO

Resumo

O uso de combustíveis renováveis vem aumentando devido a necessidade de redução de poluentes ao ambiente. O HVO é um Diesel Verde que tem vantagens de infraestrutura para seu uso no lugar ou em conjunto com o Diesel. A pesquisa, simulações e comparações deste combustível pode ser benéfico para a sociedade. O principal objetivo deste trabalho é estudar e analisar o desempenho e emissões do HVO e suas misturas. Será comparado através de uma simulação computacional, com o software Mathematica, o uso do HVO100 e o Diesel convencional brasileiro B10. O motor que será utilizado como base é um motor monocilíndrico fabricado pela AGRALE, modelo M95W.

Palavras-chave: HVO; Diesel Verde; Emissões; Desempenho

Abstract

The use of renewable fuels has been increasing due to the need to reduce pollutants to the environment. HVO is a Green Diesel that has infrastructure advantages for its use in place of or in conjunction with Diesel. Research, simulations and comparisons of this fuel can be beneficial to society. The main objective of this work is to study and analyze the performance and emissions of HVO and its mixtures. It will be compared through a computer simulation, with the Mathematica software, the use of HVO100 and the conventional Brazilian Diesel B10. The engine that will be used as a base is a single-cylinder engine manufactured by AGRALE, model M95W.

Keywords: HVO; Renewable Fuel; Emissions; Performance

Introdução

Análise do desempenho e emissões de motor monocilíndrico fabricado pela AGRALE, modelo M95W, de quatro tempos, operando com combustível HVO100 e comparando com B10.

Comparações teóricas (físico-químicas) e de desempenho serão realizados entre o Diesel Mineral, Biodiesel e HVO, obtendo pontos positivos e negativos entre eles.

A análise do desempenho do HVO será feita utilizando modelagem termodinâmica durante o ciclo de operação do motor. A modelagem utilizará o software Mathematica.

O principal objetivo deste trabalho é estudar e analisar o desempenho e emissões do HVO e suas misturas. Será comparado através de uma simulação computacional, com o software *Mathematica*, o uso do HVO100 e o Diesel convencional brasileiro B10. O motor que será utilizado como base é um monocilíndrico fabricado pela AGRALE, modelo M95W.

Os objetivos específicos são: Comparar os combustíveis e seus desempenhos e emissões em motores de combustão interna; comparar os combustíveis e suas características físico-química; Analisar termodinamicamente o combustível HVO100 utilizando o software *Mathematica* e comparar com o B10.

Metodologia

A primeira parte da metodologia será a análise bibliográfica dos registros existentes quanto ao aspecto físico-químico dos combustíveis estudados, seus desenvolvimentos e emissões em um ciclo de operação. Utilizaremos o software *Mathematica* para simular o motor M95W em base na formulação termodinâmica (zero-dimensional). Simularemos as fases de compressão, combustão e expansão do motor diesel no modelo injeção direta.

Na fase de combustão utilizaremos a função Dupla de Wiebe para descrever a taxa de liberação

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

UFRN – CT - NTI - NUPEG – Bloco 17 – CEP: 59072-970 – Natal/RN – Brasil - Caixa Postal, 1673

CNPJ: 07.286.758/0001-87 – Site: www.portalabpg.org.br – E-mail: abpg@portalabpg.org.br

de energia cedida pelo combustível nas duas etapas da combustão (pré-misturada e difusiva). Além de obtermos as perdas de calor na parede do cilindro por meio de radiação e convecção, os calores específicos dos reagentes e dos produtos com a variação de temperatura.

O resultado que teremos nessa simulação será gráfico apresentando as curvas de pressão e temperatura no interior do cilindro durante a operação e o desempenho do motor.

A formulação termodinâmica (modelo de combustão zero-dimensional), também conhecida como fenomenológica, possui apenas uma variável dependente no processo a cada ciclo, o ângulo do eixo de manivelas, ou seja, o tempo. Por este motivo, a complexidade do modelo é menor e sendo amplamente utilizado nas universidades.

Resultados e Discussão

Área

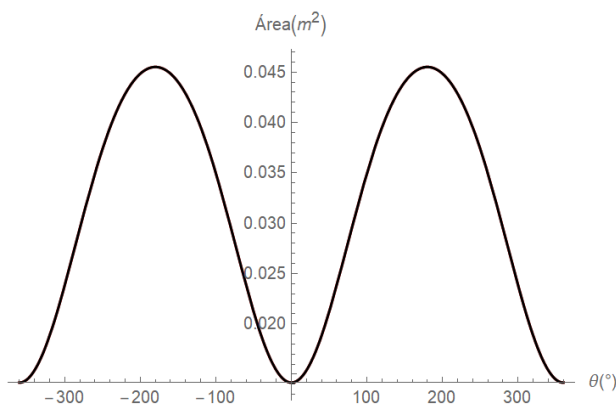


Figura1: Gráfico da Área Instantânea – HVO e B10

— Área Instantânea HVO

— Área Instantânea B10

Figura 2: Legenda do Gráfico da Área Instantânea

Volume

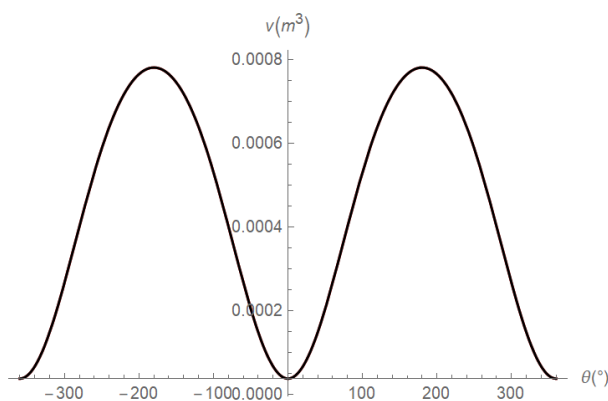


Figura 3 : Gráfico da Volume Instantâneo – HVO e B10

— Volume Instantâneo HVO
— Volume Instantâneo B10

Figura 4: Legenda do Gráfico da Volume Instantâneo

Fração de combustível queimado - Wiebe

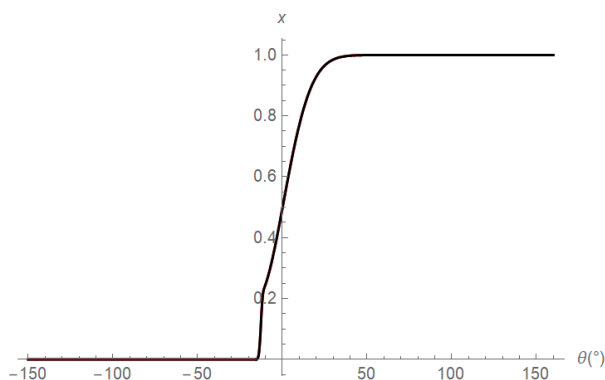


Figura 5: Gráfico da Fração de combustível queimado WIEBE, x – HVO e B10

— Fração de combustível queimado HVO
— Fração de combustível queimado B10

Figura 6: Legenda do Gráfico Fração de combustível queimado Wiebe, x

Taxa de Queima de Combustível

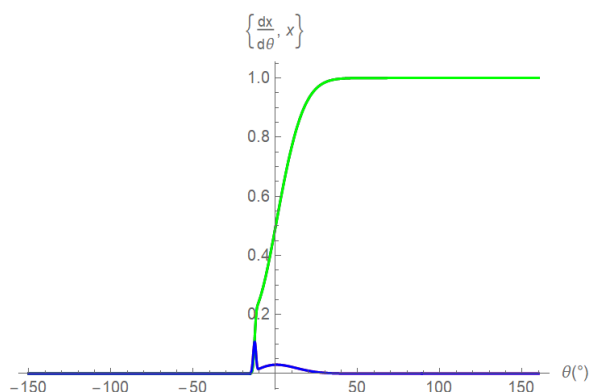


Figura 7: Gráfico da Área Instantânea – HVO e B10

Legenda:

— $\frac{dx}{d\theta}$ HVO(Taxa de Queima de Combustível)
— x HVO (Fração de Combustível Queimado)
— $\frac{dx}{d\theta}$ B10(Taxa de Queima de Combustível)
— x B10 (Fração de Combustível Queimado)

Figura 8: Legenda do Gráfico de Taxa de queima de Combustível

Taxa de calor Liberado

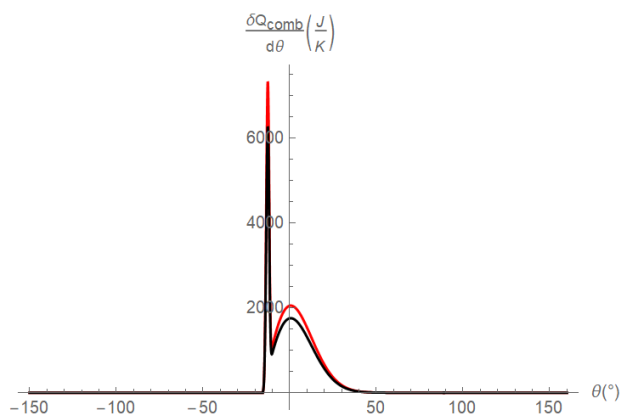


Figura 9: Gráfico da Taxa de calor liberado – HVO e B10

- Taxa de calor liberado pelo combustível em função do ângulo θ HVO
- Taxa de calor liberado pelo combustível em função do ângulo θ B10

Figura 10: Legenda do Gráfico da Taxa de calor liberado

Pressão Instantânea

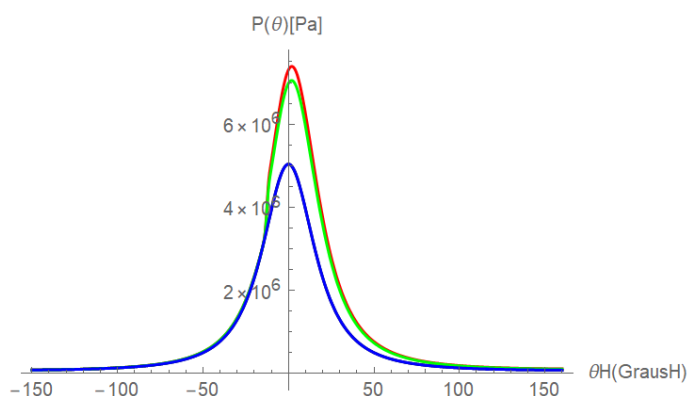


Figura 11: Gráfico da Pressão Instantânea – HVO e B10

- P HVO – Pressão Com Combustão
- P0 HVO – Pressão Sem Combustão
- P B10 – Pressão Com Combustão
- P0 B10 – Pressão Sem Combustão

Figura 12: Legenda do Gráfico da Pressão Instantânea

Razão de Calor Especifico Equivalente

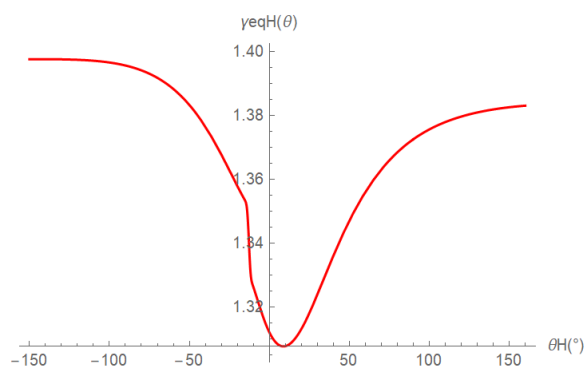


Figura 13: Gráfico da Razão de Calor Especifico Equivalente – HVO e B10

- Razão entre calores específicos equivalentes HVO
- Razão entre calores específicos equivalentes B10

Figura 14: Legenda do Gráfico da Razão de Calor Especifico Equivalente

Temperatura Instantânea

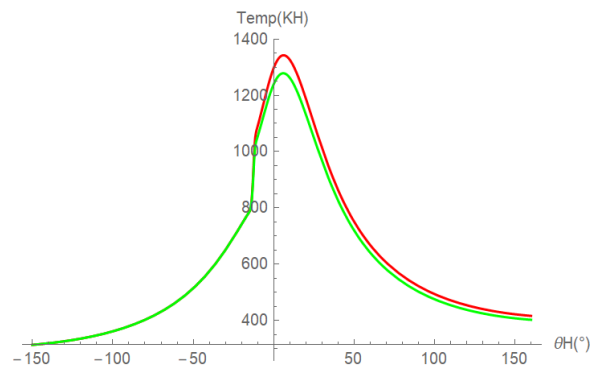


Figura 15: Gráfico da Temperatura Instantânea – HVO e B10

Legenda:

- T HVO – Temperatura na câmara com Combustão
- T B10 – Temperatura na câmara com Combustão

Figura 16: Legenda do Gráfico da Temperatura Instantânea

Trabalho Realizado

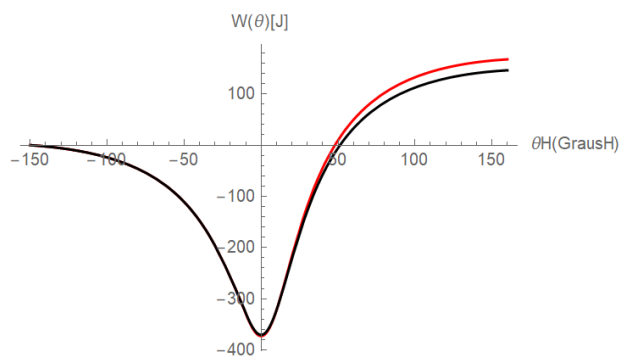


Figura 17: Gráfico do Trabalho Realizado – HVO e B10

- W HVO – Trabalho Realizado
- W B10 – Trabalho Realizado

Figura 18: Legenda do Gráfico do Trabalho Realizado

Calor na Parede

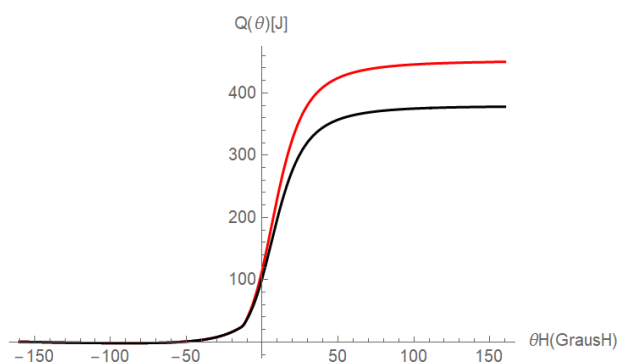


Figura 19: Gráfico do Calor na Parede – HVO e B10

— QPared HVO – Quantidade de Calor na Parede
 — QPared B10 – Quantidade de Calor na Parede

Figura 20: Legenda do Gráfico do Calor na Parede

Calor total x Calor parede

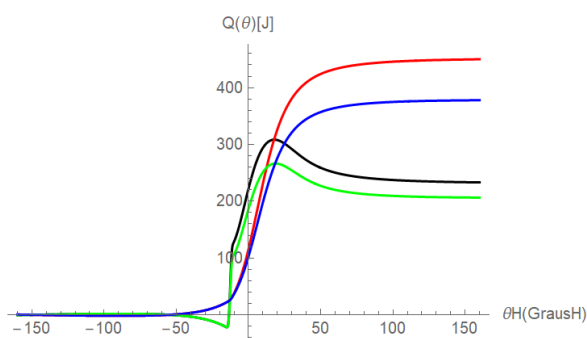


Figura 21: Gráfico do Calor total x Calor parede – HVO e B10

Legenda:

— Qtot HVO – Quantidade de Calor Total
 — Qpared HVO – Quantidade de calor na parede
 — Qtot B10 – Quantidade de Calor Total
 — Qpared B10 – Quantidade de calor na parede

Figura 22: Legenda do Gráfico do Calor total x Calor parede

Conclusões

Foi encontrado segundo as Referências que o HVO possui menores emissões de gases poluentes que o diesel, num geral. Para configurações de baixa temperatura ambiente o HVO possui uma menor diferença nas emissões em relação ao diesel, contudo continua inferior. Quando o motor é configurado para o HVO as emissões são ainda menores e o desempenho ainda melhor, em relação ao diesel. E tais conclusões também podem ser ampliadas para testes em laboratórios e testes externos, num modo geral.

Com o software *Mathematica* e a função de Wiebe conseguimos obter os gráficos acima. Tais gráficos mostram que devido a semelhança dos dados da combustão, alguns dados operacionais e a geometria do motor encontramos semelhanças significativas nos gráficos de área, volume, fração de combustível queimado e taxa de queima de combustível. Contudo, devido as diferenças moleculares encontramos diferenças nos outros gráficos. Essas diferenças moleculares acarretam na diferença do número de cetano, poder calorífico inferior, calor específico para cada temperatura, consumo específico de combustível e entre outros fatores. Os gráficos foram: Taxa de calor liberado, Pressão e Temperatura Instantânea, Trabalho realizado, Calor na parede, Calor total x Calor na parede. Todavia, não

encontramos muitas diferenças no gráfico Razão de Calor Específico Equivalente.

Comparando os gráficos entre B10 e HVO100 podemos perceber que na Taxa de Calor liberado houve uma diferença. O maior pico foi encontrado com o combustível HVO100, isso ocorre devido ao poder calorífico inferior do HVO ser maior que o B10. Para o gráfico Pressão e Temperatura Instantânea o maior pico foi encontrado com o HVO. Com essa informação gráfica poderíamos obter a informação que o HVO emitiria mais NOx que o B10. Contudo, conforme visto nas referências deste trabalho o HVO possui menos oxigênio disponível que o Biodiesel. A explicação teórica deste fato é que para que ocorra uma maior emissão de NOx é necessário um ambiente com excesso de oxigênio, alta temperatura e alta pressão (pois proporciona melhor condição para formação do nitrogênio com o oxigênio). Sendo assim, com as informações são opostas entre o gráfico gerado e as referências não conseguimos confirmar através da nossa simulação se o HVO100 emite menos NOx que o B10.

Já no gráfico Trabalho Realizado, Calor na parede e Calor total x Calor na parede, encontramos um valor maior no HVO após o ângulo de manivela ser positivo, devido a maior Temperatura Instantânea e ao número de cetano alto do HVO, obtendo assim uma qualidade de ignição maior que o B10 e uma melhor Combustão. Ou seja, obtendo uma melhor qualidade de ignição podemos encontrar uma melhor combustão, gerando assim mais Calor total. Sendo que maior Calor total podemos obter maior Trabalho Realizado e maior Calor de Parede, como foi o caso mostrado nos gráficos. Com esta análise podemos concluir que o HVO com os parâmetros da simulação produz mais Trabalho Realizado para o Motor e uma melhor Combustão que o B10.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me iluminar com sua infinita misericórdia. A Nossa Senhora pelas interseções e sempre me auxiliando em orações. A minha família, namorado, amigos e professores.

Agradeço também o apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH-ANP.

Referências Bibliográficas

JUNIOR, Gelson C.S., Simulação termodinâmica de motores diesel utilizando óleo diesel e biodiesel para verificação dos parâmetros de desempenho e emissões, Dissertação de Mestrado, Depto. de Engenharia Mecânica, UFRJ, 2009, 139p

MILLO, Federico. Et al. Experimental Investigation on the Effects on Performance and Emissions of an Automotive Euro 5 Diesel Engine Fuelled with B30 from RME and HVO. SAEInternational, ago. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4271/2013-01-1679>. Acesso em: 30 mai. 2021.

SUAREZ-BERTOIA, Ricardo et al. Impact of HVO blends on modern diesel passenger cars emissions during real world operation. Elsevier Science. jan. 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.08.031>. Acesso em: 12 abr. 2021

YALE, School. Analysis Suggests We Have Already Hit Peak Internal Combustion Engine Yale Environment 'New. Yale School of the Environment. E360 DIGEST, jun. 2021. Disponível em: Link. Acesso em: 15 mar. 2022.

AATOLA, Hannu et al. Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel FUEL: Trade-off between Nox, Particulate Emission, and Fuel Consumption of a Heavy Duty Engine. SAEInternational. jan. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.4271/2008-01-2500>. Acesso em: 30 jul. 2021.

OMARI, Ahmad et al. Improving Engine efficiency and Emission Reduction Potential of HVO by Fuel-Specific Calibration in Modern Passenger Car Diesel Applications. SAEInternational, ago. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4271/2017-01-2295>. Acesso em: 20 jun. 2021.