

# INVESTIGAÇÃO DA COMBUSTÃO DE BIODIESEL E SUAS EMISSÕES: UMA ABORDAGEM EM CFD.

Bruna Evangelista da Costa<sup>1</sup>, Alex Álisson Bandeira Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Química; Iniciação Científica- CNPq; bruecostaa@gmail.com

<sup>2</sup> Doutorado em Energia e Ambiente; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; alex.santos@fieb.org.br

## RESUMO

A emissão de gases poluentes oriundos da queima de combustíveis em motores veiculares tem tomado maiores proporções com o crescimento dos centros urbanos. A combustão do diesel por estes motores é um dos responsáveis pela liberação de gases poluentes como o CO, CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>. Desta maneira, visando amenizar a emissão destes gases poluentes foi desenvolvido o biodiesel, que apresenta eficiência energética inferior ao diesel, e em seguida foi feito, como exemplo, o B10 e B50 (uma mistura entre Biodiesel e Diesel). Apesar da espera por resultados positivos na redução da emissão dos gases poluentes (CO e CO<sub>2</sub>) com esta mistura, quanto maior for a concentração de biodiesel, mais propícia a reação estará de ocorrer o “efeito NO<sub>x</sub>”, ou seja, um aumento na liberação de NO<sub>x</sub>. O estudo fluidodinâmico através da técnica CFD revelará esse comportamento termodinâmico e quantitativo de emissão dos gases.

**PALAVRAS-CHAVE:** biodiesel, CFD, combustão, emissões.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, segundo dados do IBGE no ano de 2019 cerca de 76% da população brasileira encontra-se em centros urbanos, como consequência disto, o uso de automóveis como forma de transporte tem crescido expressivamente nos últimos anos. A queima de combustíveis como o diesel no motor destes veículos é em parte responsável pela emissão de gases poluentes como CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dentre outros que contribuem para o aumento da poluição atmosférica. A busca por alternativas na diminuição da emissão destes gases, resultou no desenvolvimento de diversas linhas de pesquisa e na criação de combustíveis renováveis, tais como o Biodiesel, que diferentemente do Diesel (um combustível derivado do petróleo, classificado como recurso não renovável), é obtido a partir da transesterificação de óleos de origem vegetal e animal, sendo também compatível com OS motores diesel já utilizados, possui alto ponto de fulgor, logo seu armazenamento é mais seguro, quando comparado ao diesel, dentre outras características positivas referentes ao mesmo. <sup>1</sup>

De acordo com a Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil (APROBIO), no Brasil cerca de 82% de todo biodiesel utilizado é originário do óleo de soja, constituído por ésteres etílicos de ácidos graxos. A origem deste biocombustível é fator chave para um maior entendimento da composição final do produto puro e as variações reacionais que podem ocorrer durante o processo de combustão do B10, B20, B50 dentre outras variações. A nível molecular, diferentemente do diesel, o biodiesel está isento de enxofre e compostos aromáticos (sem formação de SO<sub>2</sub> durante sua queima) e possui um teor médio de 11% de oxigênio, o que proporciona uma combustão mais completa deste biocombustível, resultando na diminuição da formação de material particulado, monóxido de carbono dentre outros compostos indesejados. No entanto, esta reação mais completa, em altas temperaturas torna mais propícia a formação de NO<sub>x</sub>. <sup>2</sup>

Este efeito ocorre durante o processo de autoignição do combustível, variando de acordo com concentração e origem do biodiesel, a geometria da câmara de combustão, as condições de funcionamento do motor dentre outros diversos fatores. O aumento no teor de oxigênio do combustível está proporcionalmente ligado ao maior percentual de biodiesel, refletindo em zonas com temperaturas mais elevadas na câmara de combustão (com isto aumentando as áreas de oxidação de hidrocarbonetos), durante este processo. A principal resposta, é o aumento da taxa de formação de NO<sub>x</sub>, propiciada pela reação mais completa de combustão em altas temperaturas. Este efeito pode ser explicado pelo mecanismo de Zeldovich. <sup>3</sup>

O objetivo deste presente trabalho é investigação da combustão do biodiesel e diesel puro e em suas variações B10 e B50, avaliando os fenômenos físico-químicos por meio da simulação computacional, utilizando da técnica de fluidodinâmica computacional (CFD), para a avaliação do comportamento termodinâmico e de suas emissões com foco em CO, CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> com ênfase na condição de mistura B50.

## 2. METODOLOGIA

A seguir serão apresentados todos dados e métodos referentes a este presente trabalho

### 2.1 Especificações e geometria do motor

O modelo do motor definido como objeto de estudo foi o 2KD-FTV, ciclo diesel, com injeção eletrônica direta do tipo common Rail, em linha com quatro válvulas por cilindro. Com o auxílio do software Solidworks a geometria inicial será construída ao que se refere a parte interna da câmara de combustão, sem a presença das válvulas de admissão e escape e com volume máximo do cilindro, a altura do cilindro adotada será o percurso do pistão. As dimensões utilizadas estão presentes na tabela 1.

Tabela 1. Especificações da geometria da câmara de combustão do motor

Dimensão (mm)	
Diâmetro interno do cilindro	92
Curso do pistão	93,8
Diâmetro do encaixe da válvula de admissão	30,5
Diâmetro do encaixe da válvula de escape	26,5

Fonte: Manual de manutenção motor 2KD-FTV

### 2.2 Especificações do combustível

O diesel utilizado segue as especificações já presentes na biblioteca do software que será utilizado e o Biodiesel em estado puro, é de origem do óleo vegetal de soja. As especificações utilizadas para o biodiesel devem estar de acordo com a norma ANP nº 45/ 2014.

### 2.3 Simulação fluidodinâmica computacional

Com o auxílio do software ANSYS juntamente com a extensão CHEMKIN-pro, todos os dados referentes aos combustíveis e especificações para simulação deveram ser imputados. Será realizado o mesmo procedimento com condições semelhantes, para o diesel puro, B10 (90% diesel, 10% biodiesel), B50(50% biodiesel, 50% diesel) e o biodiesel puro, todas as misturas serão feitas a partir dos dados anteriormente adicionados dos dois combustíveis puros. As especificações da simulação devem ser previamente feitas de forma que sejam o mais próximo possível do funcionamento real do motor, como pressão, vazão de entrada do combustível injetado e quantidade de ar para cada ciclo do motor.

### 2.4 Tratamento de dados

Após a realização dos testes e tratamento dos dados (todos os valores obtidos deverão ser quadruplicados, visto que as simulações são realizadas em um cilindro individualmente), os mesmos serão comparados com medições de testes de bancada, em relação a temperatura e emissão de CO<sub>2</sub>, CO e NO<sub>x</sub>. Posteriormente cálculos de desvio padrão e variância serão realizados.

## 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O aumento das emissões de NO<sub>x</sub>, pode ser visto como resultado do “atraso químico” que facilita a liberação de calor durante a combustão, fazendo com que a câmara de combustão atinja elevadas temperaturas propiciando sua formação, ressaltando que, o oxigênio presente no biodiesel é extremamente relevante para o aumento da emissão de NO<sub>x</sub>. Através do mecanismo de Zeldovich, o processo de formação do NO<sub>x</sub> térmico, em condições de elevadas temperaturas pode ser observado nas reações (1), (2) e (3), entre N<sub>2</sub> presente na atmosfera e O<sub>2</sub> oriundo do combustível, tornando-se a forma mais significativa de obtenção deste composto. Além desta formação existem mais dois tipos de formação, a “Prompt NO<sub>x</sub>” envolvendo hidrocarbonetos intermediários

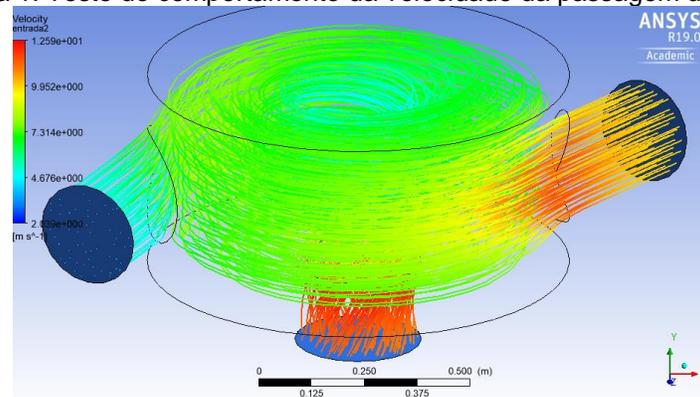
da reação, principalmente CH e CH<sub>2</sub> que reagem com o N<sub>2</sub>, e o “NOx combustível” que ocorre através da oxidação de moléculas contendo nitrogênio em NO em baixas temperaturas.<sup>4</sup>



Com o aumento da concentração do biodiesel, ocorre a redução de alguns gases como o monóxido de carbono. Este comportamento pode ser explicado pela presença de oxigênio na molécula deste biocombustível, o que acaba levando ao deslocamento desta reação para formação de dióxido de carbono. Mesmo com esta tendência de formação de CO<sub>2</sub> em detrimento do CO, a utilização de maiores quantidades de biodiesel na mistura pode revelar resultados positivos em relação a sua redução, quando comparado a combustão do diesel puro. Diante disto, é considerável a presença de algumas variações nas propriedades físicas e químicas, como a densidade e reacionais, a depender da quantidade e origem do biodiesel. Estas mudanças refletem diretamente em diversos fatores como em sua eficiência térmica, emissões, dentre outras características.<sup>5</sup>

Para visualização destes efeitos, a utilização do CFD, ainda em fase inicial de teste mostra-se uma forma eficaz na quantificação e visualização do comportamento do fluido, como pode ser visto na figura 1, um dos primeiros testes realizados para passagem de água em uma geometria simplificada.

Figura 1. Teste do comportamento da velocidade da passagem do fluido



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a efetiva realização das simulações, espera-se encontrar resultados que revelem as zonas de formação dos gases foco de estudo e sua temperatura durante o processo de combustão, mostrando também seu comportamento fluidodinâmico, onde apresente uma diminuição progressiva dos gases poluentes CO e CO<sub>2</sub> com a diminuição da concentração de diesel, neste caso diesel puro, B10, B50 e biodiesel puro, em ordem decrescente da quantidade de liberação destes gases, oposto a este resultado, espera-se encontrar uma maior formação de NOx e zonas com temperatura mais elevadas na combustão dos biocombustíveis com maior concentração de biodiesel, que em ordem, seriam o biodiesel puro, B50, B10 e diesel, com pequenas variações das medições reais.

#### 5. REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> LANDMANN, M. C. Estimativa das emissões de poluentes dos automóveis na RMSP considerando as rotas de tráfego. Programa de Ciência Ambiental-PROCAM/USP.
- <sup>2</sup> SILVA, C. L. M; Obtenção de éteres etílicos a parte de transesterificação do óleo de andiroba com etanol. Dissertação de mestrado da Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP.out.2005.
- <sup>3</sup> COSTA, J. O. Análises dos gases da exaustão em motor diesel com injeção Common Rail alimentado com diesel, biodiesel e suas misturas. Dissertação de mestrado da Universidade Católica do Rio Grande do SUL. Porto Alegre-RS.out.2017.
- <sup>4</sup> RIBAS, W. F; BILOTTA, P; JANISSEK, P. R; FILHO, M. A. S. C; NETO, R. A. P. Influence of fuel (diesel and biodiesel) fearutes and fleet vehicles trasport group of NO<sub>x</sub> emissions in Curitiba, Paraná, Brazil.SciELO. v. 21, p 437-445, 2016.
- <sup>5</sup> REIS, E. F.; CUNHA, J. P. B.; MATEUS, D. L. S.; DELMOND, J. G.; COUTO R. F. Desempenho emissões de um motor-gerador ciclo diesel sob diferentes concentrações de biodiesel de soja. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, p. 565-571, 2013.