

## Adaptação de motor de combustão interna para operar misturas de diesel e biodiesel

## Adaptation of internal combustion engine to operate diesel and biodiesel blends

### RESUMO

O presente trabalho relata a construção de um conjunto de controle adaptável a um motor estacionário monocilíndrico diesel. O conjunto é capaz de controlar certos parâmetros de operação do motor. Um dos sistemas controla a quantidade de ar injetado na câmara de combustão no tempo de admissão através de uma válvula borboleta eletrônica. O outro sistema regula a mistura entre diesel e biodiesel antes de ser injetado para dentro da câmara de combustão do motor. A ideia é que o nível de mistura entre os combustíveis seja alterável durante o funcionamento do motor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diesel. Biodiesel. Motores a diesel.

### ABSTRACT

This work describes the setup of an adaptive control arrangement applied to a stationary single-cylinder diesel engine. The arrangement controls certain operating parameters of the engine. One of systems controls the amount of air during the intake time with help of an electronic butterfly valve. The other systems regulates the mixture between diesel and biodiesel before the injection into the combustion chamber. The idea of the systems is to allow the variable fuel blend mixture during the engine operation.

**KEYWORDS:** Diesel. Biodiesel. Diesel engines.

**Vinicius Ferreira Giroto**

[Viniciusg97@gmail.com](mailto:Viniciusg97@gmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

**Rodrigo Corrêa da Silva**

[rodrigossilva@utfpr.edu.br](mailto:rodrigossilva@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

Uma das estratégias utilizadas para redução da dependência de fontes não-renováveis de energia é a adoção cada vez maior de biocombustíveis. Apesar do uso individualizado de biocombustíveis ser privilegiado em diversos sistemas, a sua mistura com combustíveis fósseis é uma alternativa adotada em diversos países. Esse é o caso do Brasil, onde a gasolina e o diesel comercializados contém uma fração regulamentada de etanol e biodiesel na mistura. Em particular, o uso de biodiesel na mistura com o diesel é ainda recente no Brasil e tecnologias que busquem otimizar a operação de motores de combustão interna para esse fim são necessárias. De acordo com a ANP (Agência Nacional de Petróleo), a adição mínima de biodiesel em óleo diesel deve ser de 12% em volume em 2020, aumentando-se gradativamente até alcançar o valor de 15% no ano de 2023.

Estudos publicados previamente, como o conduzido por Hoseini et al (2017), apontam que entre tantas estratégias que poderiam ser utilizadas para resolver os problemas de poluição causados pela queima do diesel, o uso de biocombustíveis se mostrou a mais eficiente. Além disso, Tamilselvan et al (2017) mostra que o biodiesel é o combustível alternativo mais promissor para motores diesel por conta de suas características. Entre elas pode-se caracterizar o biodiesel como sendo biodegradável, oxigenado, livre de enxofre, renovável, além de apresentar em alguns casos diminuição do desgaste do motor, diminuição no consumo de óleo e uma eficiência térmica comparável com a operação convencional com diesel.

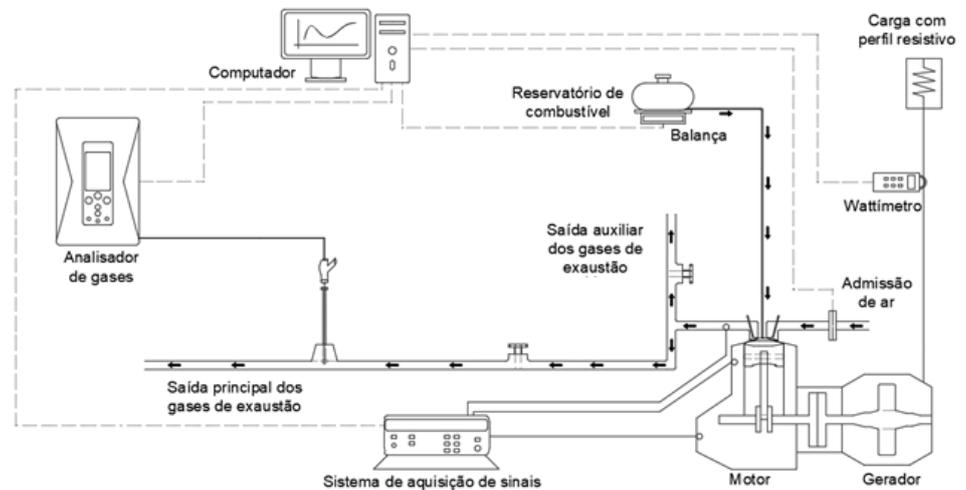
O trabalho de iniciação científica é um esforço inicial em utilizar uma mistura diesel e biodiesel variável, acima daquela regulamentada atualmente no País, com o objetivo de encontrar níveis de mistura que garantem os menores níveis de poluição e consumo. Um conjunto composto por um sistema de controle de admissão de ar e outro para controle da mistura de diesel e biodiesel são apresentados.

## MATERIAL E MÉTODOS

O Laboratório de Sistemas Térmicos conta com uma bancada de testes composta por moto-gerador a diesel composto por um motor estacionário de pequeno porte de 211 cc e 5 hp de potência, acoplado a um dínamo de freio magnético para a geração de eletricidade, podendo produzir até 2,0 kW de potência elétrica (Figura 1). O moto-gerador utilizado foi disponibilizado pelo Programa de Pós-Graduação em Bioenergia da Universidade Estadual de Londrina como parte de um programa de cooperação entre as instituições.

Na saída do escapamento, encontra-se instalado um alongamento para direcionar os gases de exaustão para o ambiente externo do laboratório, no qual existe uma adaptação para fixar a tomada dos dados de emissão de poluentes. Um analisador de gases TESTO modelo 350, permite mensurar o resultado da combustão sendo possível de se obter valores de temperatura além dos principais poluentes como CO, NOx, SOx e CO<sub>2</sub>.

Figura 1 – Esquema da bancada de testes disponibilizada.



Fonte: Autoria própria (2020).

A bancada de testes é equipada também como uma unidade de aquisição de dados de temperatura a partir do datalogger Agilent e com termopares do tipo K instalados em pontos estratégicos, como no reservatório de óleo do motor, na parede interna do cilindro, no canal de admissão de ar e no escapamento, permitindo assim o monitoramento contínuo das temperaturas apresentadas pelo motor sob diferentes condições operacionais.

A potência elétrica gerada é dissipada em uma resistência elétrica, a qual permite a variação do valor da resistência, e conseqüentemente, na potência liberada. O monitoramento da potência consumida é realizado através de um alicate wattímetro, a qual é capaz de mensurar a corrente elétrica no fio através de seu campo magnético. De acordo com a variação da resistência elétrica, o motor varia também sua carga no dínamo, e dessa forma, torna-se possível verificar o desempenho do moto-gerador em diferentes condições de potência.

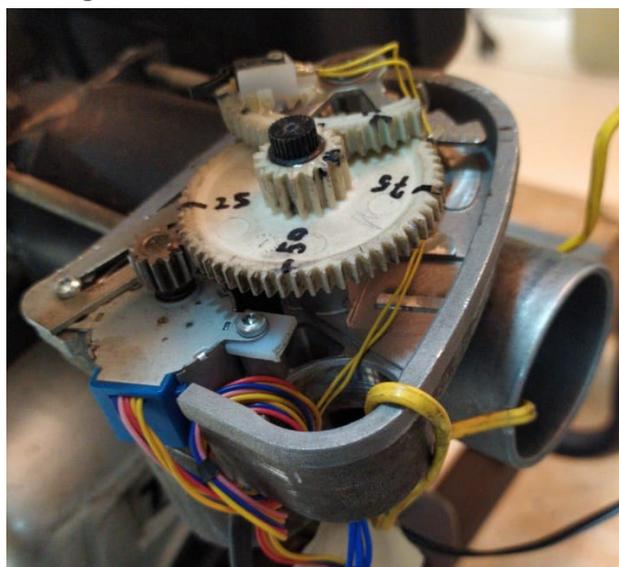
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equipe de pesquisa entendeu a necessidade inicial do desenvolvimento de um conjunto capaz de ampliar as condições operacionais do motor. O controle da quantidade de ar misturada junto com o combustível torna-se uma das principais variáveis. Sem o controle, a admissão de ar é praticamente constante, independentemente da quantidade de combustível injetada no interior da câmara de combustão. Conseqüentemente, em baixas potências, a temperatura de combustão é reduzida, tornando a conversão menos eficiente. Utilizou-se de uma adaptação em um instrumento já existente para realizar tal controle. A partir de um TBI (corpo de borboleta) foi realizada a instalação de um motor de passo junto a engrenagem da borboleta, permitindo assim que com comandos elétricos fosse possível alterar a posição da borboleta em níveis de abertura. A interface entre o motor de passo e o computador foi realizado com o auxílio do micro-controlador arduino, de forma simples e confiável, bastando inserir o grau de abertura que se deseja. Foi necessária também a instalação de um sensor de fim de curso para

garantir a precisão do posicionamento da borboleta. A instalação final pode ser conferida na Figura 2.

Testes mostraram o perfeito funcionamento do motor de passo no controle da posição da borboleta, implicando diretamente no funcionamento do motor. Com o fechamento da borboleta, verificou-se por exemplo a alteração da concentração dos níveis de oxigênio nos gases de exaustão conforme o posicionamento da válvula, além das variações nos níveis de temperatura do motor. Concluiu-se que o sistema é capaz de operar com êxito, permitindo assim o direcionamento para a segunda etapa de desenvolvimento.

Figura 2 – Válvula de borboleta eletrônica.



Fonte: Autoria própria (2020).

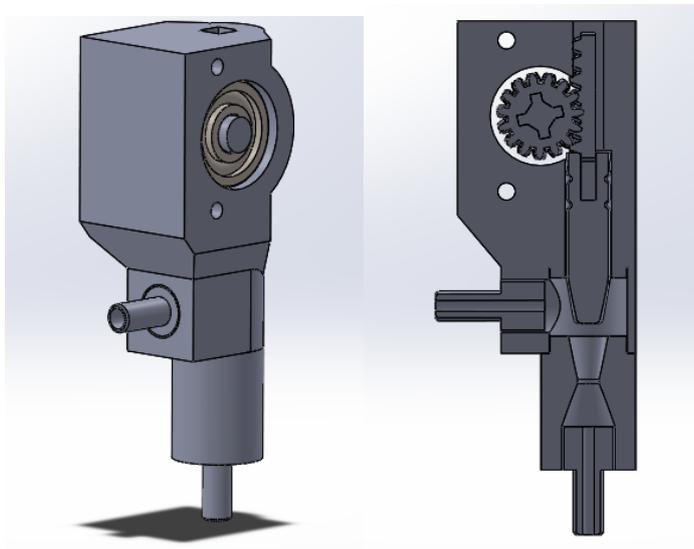
Como uma segunda abordagem para ampliar a operação do maior, entendeu-se a necessidade de um maior controle da injeção da mistura de diesel e biodiesel. Dessa forma, priorizou-se o desenvolvimento de um sistema de alimentação controlada específico. Inicialmente criou-se diferentes projetos em ambiente CAD através do pacote computacional Solidworks com a finalidade de avaliar diferentes possibilidades. Após definição do projeto conceitual, foi elaborada uma lista de materiais para construção do protótipo. Equipamentos como células de carga, filtros de combustível, válvulas de retorno, mangueiras, conexões e alguns eletrônicos para o controle e automação foram listados como necessários para o desenvolvimento do sistema. Verificou-se também que a parte do projeto responsável pela mistura, mais precisamente a válvula de dosagem de combustível, não era possível de ser encontrada comercialmente por conta das especificações de tamanho e precisão, portanto, seria necessário a fabricação em laboratório.

A elaboração do projeto da válvula de admissão de combustível não estava planejada inicialmente. Essa atividade demandou esforços adicionais e impôs alguns desafios à continuidade do projeto. O método escolhido para a construção foi através da impressão tridimensional em plástico PLA, sendo necessário o desenvolvimento do projeto específico. Utilizando o pacote Solidworks foi elaborado um projeto detalhado da válvula respeitando as limitações da

impressora 3D bem como outras especificações do projeto. É importante ressaltar que o Laboratório de Sistemas Térmicos não dispõe de uma impressora 3D; assim foi utilizada uma impressora tridimensional construída pelo aluno, sendo parcialmente finalizada ao longo das atividades de IC.

A forma de acionamento da válvula foi projetada para que um motor de passo acoplado a uma engrenagem helicoidal dupla transmita o movimento de rotação para uma cremalheira vertical, então essa desloca um êmbolo em um bocal, variando assim a área pela qual o combustível passará, dessa forma, será possível controlar a vazão do combustível com maior precisão. A figura 3 a seguir ilustra o projeto.

Figura 3 – Válvula de dosagem eletrônica.



Fonte: Autoria própria (2020).

Durante o processo de construção, problemas no funcionamento surgiram e precisaram ser contornados para se obter a precisão desejada. Para garantir a vedação, utilizou-se anéis de borracha entre o êmbolo e a parede interna da válvula, e por conta da rugosidade existente na parede decorrente da impressão tridimensional, o deslizamento não ocorria de forma eficiente, apresentando muita resistência e ocasionando na perda de passos do motor de acionamento. Para resolver tal problema foi necessária a instalação de um tubo de acrílico no curso percorrido pelo êmbolo. Dessa forma, a resistência de deslizamento apresentada foi reduzida por conta da polidez do acrílico e, conseqüentemente, os anéis de borracha cumpriram seu papel de vedação evitando assim que houvesse vazamentos sem prejudicar no funcionamento da válvula. A realização de testes de controle do sistema de alimentação foi conduzida apenas com água, apresentando o sistema resultados dentro das expectativas.

## CONCLUSÃO

O protótipo de controle da admissão de ar foi finalizado e testado com êxito, estando pronto para ser encaixado com o restante do projeto. O protótipo do

controle de mistura de combustível ainda está em curso. Em geral, obteve-se êxito na construção e nos testes de uma das válvulas de controle de vazão, restando ainda a construção de sua réplica e, também, a construção do conjunto de medição de vazão. Resta ainda a junção de todas as partes prontas para tornar possível a realização de testes laboratoriais junto ao motor diesel e, conseqüentemente, a extração dos resultados e suas análises, sendo possível também a elaboração da proposta de patente faltante.

Para o prosseguimento das atividades a realização de testes laboratoriais são de suma importância paralelamente a análise e interpretação de seus resultados. Entretanto, de acordo com a atual situação que o mundo se encontra, o isolamento social foi estabelecido como necessário, prejudicando a etapa final do trabalho composta pela finalização da construção do protótipo da bancada de combustível e realização dos testes experimentais.

### AGRADECIMENTOS

Dedico esta sessão para agradecer à UTFPR, em especial ao Laboratório de Sistemas Térmicos e seus professores, juntamente com a Fundação Araucária, por fornecerem todo o apoio necessário para a elaboração desse trabalho.

### REFERÊNCIAS

Óleo diesel brasileiro passa a conter mínimo de 12% de biodiesel. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/noticias/5633-oleo-diesel-brasileiro-passa-conter-minimo-12-biodiesel>. Acesso em: 15 ago. 2020.

HOSEINI, S. S. et al. The effect of combustion management on diesel engine emissions fueled with biodiesel-diesel blends. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**. v. 73, p. 307 – 331, jun. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117300941>. Acesso em: 15 ago. 2020.

TAMILSELVAN, P.; NALLUSAMY, N.; RAJKUMAR, S. A comprehensive review on performance, combustion and emission characteristics of biodiesel fuelled diesel engines. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**. v. 79, p. 1134 – 1159, nov. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117308092>. Acesso em: 15 ago. 2020.