

DISPOSITIVO PARA GANHO DE POTÊNCIA EM MOTOR COM TURBOCOMPRESSOR

FÁBIO CALAÇA RIBEIRO BORGES¹, FELIPE MAIA ALMEIDA DE ASSIS²

¹ Acadêmico do Curso de Graduação de Controle e Automação – Mecatrônica, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás – ano 2020.

² Acadêmico do Curso de Graduação de Controle e Automação – Mecatrônica, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás – ano 2020.

RESUMO - Os sistemas de injeção de combustível eletrônica foi algo revolucionário para os sistemas de alimentação dos motores de ciclo OTTO. Atualmente, todas as montadoras de carros a combustão utilizam este tipo de injeção, partindo das mais rústicas até as mais tecnológicas. Após o desenvolvimento desse novo sistema, foi possível aprimorar este sistema de diferentes formas, como injeção direta, reprogramação de ECU, (*Engine Control Unit*), dos veículos, chips de potência, e vários outros métodos, todos com o objetivo de alterar o sistema, sendo através de um aumento na autonomia, ganho de potência, ou redução de gases poluentes. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um dispositivo eletrônico que varie o sinal de trabalho do sensor TMAP (*Temperatura Manifold Absolute Pressures*), que trabalha numa margem de 0 a 5 volts, que tem a função de informar à central de comando a pressão absoluta presente na parte de admissão de ar. A pressão do coletor é uma medida da carga do motor. Esta informação é utilizada no cálculo da quantidade de ar admitida e no cálculo do avanço do ponto de ignição, sendo assim uma possível alteração no funcionamento de correção do sistema, com o aumento da pressão no turbocompressor. O dispositivo faz alterações também no sensor TMAP para uma maior injeção de combustível na câmara de combustão do veículo, que tem como consequência um aumento significativo na potência e no torque do motor. Foi desenvolvido e realizado todo um projeto do sistema, com imagens reais da execução do projeto, e o orçamento dos componentes. Após a instalação deste dispositivo, foi possível variar comandos para o sensor MAP, (*Manifold Absolute Pressure*), e sensor de temperatura, alterando o rendimento do motor, e monitorando as informações de sensores e atuadores envolvidos em questão, com uma maior segurança.

Palavras-chave: Injeção Eletrônica. Sensores. Atuadores. Motor. Carburador.

ABSTRACT - The electronic fuel injection systems were something revolutionary for the power systems of OTTO cycle engines. Currently, all combustion car manufacturers use this type of injection, whether it is the most sophisticated or not. Yet, it was still possible to improve this system in different ways, such as direct injection, reprogramming the ECU of the vehicle, power chips, and among other methods with all with the same final objective, which is the optimization of the system, being it in autonomy, power gain, or the reduction of polluting gases. The present study is addressing the development of an electronic device that will vary the work signal of the TMAP sensor that runs in a range of 0 to 5 volts, and it has the function of informing the control center of the absolute pressure present in the air intake part. The manifold pressure is a measure of the engine load. This information is used in the calculation of the amount of air admitted, and in the calculation of the advance of the ignition point. Thus, this being a possible change in the operation of the correction system with the increase in the pressure in the turbine. It will also make changes to the TMAP sensor for greater fuel injection in the vehicle's combustion chamber, which as a consequence will have a significant increase in engine power and torque, after the creation and installation of the device, and obtaining information and perform analysis of the operation of the engine device. A whole project of the system mentioned above was developed and carried out, illustrated with real images of the execution of the project. The budget of the components was presented; After installing this device, it is possible to vary commands for the MAP sensor (*Manifold Absolute Pressure*), and temperature sensor, then optimizing the engine performance, monitoring the information of sensors and actuators involved in the question, with greater security.

Keywords: Electronic Injection. Sensors. Actuators. Engine. Carburetor.

1 Introdução

Há mais de 300 anos é conhecido o funcionamento das máquinas que utilizam combustão interna para gerar movimento, (Silva, 2007). Após anos de evolução, o motor de combustão interna ciclo Otto, é comercializado por todas as partes do mundo, desde carros de pequeno porte, até grandes máquinas. Esse tipo de motor é alimentado, na maioria das vezes, por álcool, gasolina, ou gás natural, através de um sistema de injeção eletrônica. Após o desenvolvimento do sistema de injeção eletrônica,

foi possível aprimorar este sistema de diversas maneiras, para um melhor rendimento do mesmo. Desta forma, este trabalho tem como objetivo desenvolver um dispositivo eletrônico para ser acoplado no chicote do carro, entre o sensor TMAP, (*Temperature Manifold Absolute Pressure*), e a ECU, (*Engine Control Unit*), para realizar alterações através de um potenciômetro dos sinais enviados para a central do carro em volts para que a mesma possa analisar o valor enviado e efetuar diversas correções como

aumento de pressão do turbocompressor, ponto de ignição e injeção de combustível sendo assim tendo um aumento considerável de potência e torque.

O tema abordado, dispositivo para ganho de potência em carros com turbocompressor, se justifica pela busca da otimização de rendimento do motor a combustão do ciclo OTTO, por uma maior economia, e por um aumento considerável de potência e torque. Esse tipo de sistema está cada vez mais presente nos dias de hoje, principalmente em carros com motores turbocompressores, pois a produção deste tipo de projeto está em crescimento contínuo no mercado, com o propósito de reduzir tamanho e custo da mecânica veicular (Montoia, 2019).

O interesse por este desenvolvimento partiu do pressuposto que existem várias formas de realizar esta alteração. Uma dessas formas é alterar a parte estrutural e mecânica do motor, como cabeçote, bicos injetores, parte de admissão e exaustão. Contudo, essa alternativa acaba tornando o investimento alto em grande parte dos casos, levando em consideração também a diminuição da vida útil do motor, podendo acarretar problemas prematuros. A outra maneira é alterando a parte eletrônica do sistema, que trabalha em conjunto com toda a parte mecânica.

Este artigo está organizado em três capítulos. Além da Introdução, o capítulo II, foi apresentado um breve contexto histórico, descrevendo sobre o referencial teórico e a história de onde foram desenvolvidos os primeiros motores a combustão interna, evoluídos diretamente dos motores a vapor. No capítulo III, foi descrito um estudo de caso e seus materiais e métodos, além dos equipamentos utilizados. De início, foram expostos os materiais utilizados para gerar o ganho de potência na ECU (*Engine Control Unit*), com mapa de injeção original. Por fim, no capítulo IV, foram apresentados os resultados obtidos, que foram bastante satisfatórios, tendo em vista o tempo de horas trabalhadas no projeto, e valor investido para a alterar a potência do motor. Destaca-se ainda, que foram realizados testes em um veículo para verificar os resultados do que foi estudado.

2 Revisão bibliográfica

2.1 História

Tudo se inicia por meados de 1800, onde foram desenvolvidos os primeiros motores a combustão interna, evoluídos diretamente dos motores a vapor. A combustão interna se tratava de uma evolução muito grande, onde a mistura e a queima de ar/combustível começava a ser feita dentro de uma

câmara de combustão, chamada de cilindro. Os combustíveis utilizados naquela época era querosene, álcool, gasolina, entre outros. Desde então os princípios são os mesmos até os dias de hoje (Figura 1).

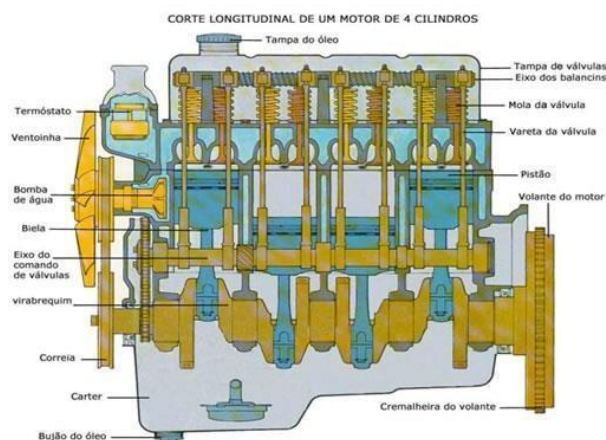


Figura 1 – Esquema longitudinal motor quatro tempos.

Fonte: SILVA, Marcos Noé Pedro da. Em 28/05/2020.

Os quatro tempos do motor, são: tempo de admissão, tempo de compressão, tempo de expansão e tempo de escape (Brunetti, 2012).

2.2 Os quatro tempos do motor

1º tempo: Admissão — No começo do processo o pistão está no PMS, (ponto morto superior), este é o momento que a válvula de admissão se abre e o pistão desce, com sua base fixada no eixo virabrequim, neste momento a gasolina é injetada e entra pela válvula, misturando-se ao ar dentro do cilindro para a combustão, que a princípio está em baixa pressão. Quando o pistão chega ao PMI, (ponto morto inferior), a válvula de admissão fecha novamente finalizando o primeiro tempo do motor.

2º tempo: Compressão - Este é o momento que o pistão sobe comprimindo a mistura ar/combustível até seu PMS finalizando seu segundo tempo.

3º tempo: Combustão - Assim que finaliza o segundo tempo, para realizar a explosão, a vela de ignição solta uma descarga elétrica formando a centelha que logo detona a mistura, empurrando o pistão novamente para baixo até o PMI novamente. Para dar início à combustão da mistura combustível que está comprimida, solta-se uma descarga elétrica entre dois pontos da vela de ignição. Essa faísca da vela detona a mistura e empurra o pistão para baixo, fazendo com que ele atinja o ponto morto inferior. (Pulkrabek, 1997).

4º tempo: Escape - Após a mistura ser queimada, os gases são eliminados por uma válvula de escape que se abre assim que o pistão atinge novamente seu PMS que logo vão para um sistema de exaustão do veículo, finalizando o quarto tempo do motor (Figura 2).

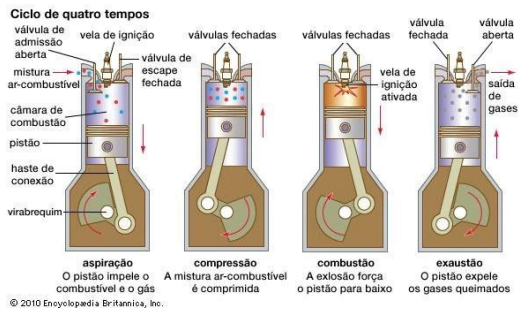


Figura 2 – Os quatro tempos do motor.

Fonte: Claudiu Varan. Em: 23/05/2020.

O motor ciclo Otto (motor de ignição por centelha) é um motor com pistão, com formação interna ou externa de mistura ar/combustível. A formação da mistura externa geralmente produz misturas homogêneas, enquanto a mistura interna é altamente heterogênea no momento da ignição. Tanto o prazo estabelecido de formação da mistura quanto a distribuição do combustível na câmara de combustão são fatores importantes que influenciam o grau de homogeneização que pode ser atingido pela formação interna da mistura (Bosch, 2005).

2.3 Carburadores

Com a evolução dos motores, por meados do século 19, foram desenvolvidos os primeiros carburadores, nome que tem como origem a palavra “Carbure” ou “Carbeto”, um dispositivo que a princípio era completamente mecânico que teve seu fim no mundo dos carros no final dos anos de 1990, porém, presente até hoje em alguns tipos de motos e motores 2 tempos.

O carburador já foi uma das principais peças do sistema de alimentação, no qual era responsável por administrar a mistura ar/combustível nas proporções necessárias para o funcionamento do motor e, embora tenha sofrido muitas modernizações, não conseguiu reduzir a níveis toleráveis a emissão de poluentes de acordo com as exigências que surgiam, portanto, acabou substituído pela injeção de combustível (Souza, 2008).

Dotados de uma válvula que regula a mistura ar/combustível que entra no motor, e um tubo de Venturi, que combina o ar ao combustível através da pressão do sistema, sendo possível realizar diferentes regulagens de quantidade de combustível injetado e quantidade de ar admitido, fazendo com que a mistura fique mais “Rica” ou mais “Pobre”.

Para que o motor funcione corretamente, é preciso haver ar suficiente misturado ao combustível para que ele queime totalmente durante a combustão.

Uma mistura ideal, na qual todo o combustível é queimado, é conhecida mistura estequiométrica. Manter a razão estequiométrica permite que o motor extraia o máximo proveito da densidade de energia do combustível. (Contesini, 2014) Se houver menos ar que o necessário, a mistura estará “rica/gorda”, e causará consumo excessivo de combustível e fumaça em demasia expelida pelo escape, e o motor irá afogar (Figura 3).

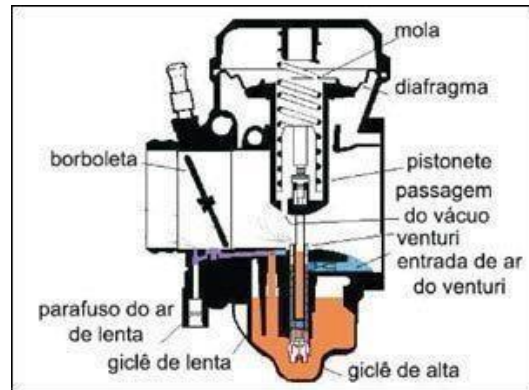


Figura 3 – Esquema de um carburador. Fonte:

Motoline. Em: 23/05/2020.

Se houver ar demais misturado ao combustível, a mistura será pobre, e sua queima produzirá menos potência e mais calor. Por isso os engenheiros devem otimizar esta relação para obter o máximo de trabalho mecânico da combustão. A relação ideal de ar/gasolina é 14:1, e de etanol é de 9:1 — ou seja: para cada parte de etanol são necessárias nove partes iguais de ar. A necessidade de garantir esta relação exata e precisa esteve na lista de prioridades da engenharia automotiva por décadas (Contesini, 2014).

Este sistema funciona de forma bem simples, totalmente baseado em princípios básicos de Bernoulli, que na equação a seguir demonstra que com o aumento da energia cinética (velocidade) de um fluido, necessita de uma redução na energia potencial (pressão). (Figura 3 - Equação 1).

(01)

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho_1 v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho_2 v_2^2$$

Figura 4 - Equação 1 – Equação de Bernoulli.

Fonte: Thalisson. Em: 23/05/2020.

P = Pressão Estática
 ρ = Densidade
 V = Velocidade

Sendo assim, todos os dados em diferentes pontos do fluxo, permanecendo equivalentes, deste modo, com o aumento da velocidade gera como consequência a queda de pressão e vice-versa.

2.4 – Injeção eletrônica

O sistema de injeção eletrônica sucedeu o carburador, e foi criado em meados dos anos de 1960, ganhando espaço no mercado a partir dos anos de 1980, devido ao menor custo das peças eletrônicas de fácil acesso. Desde então, a injeção eletrônica só aumentou sua popularidade, e hoje é um sistema prático que está presente em todas as montadoras do mundo, devido as inúmeras vantagens que gera para o conjunto, como a redução do gasto excessivo de combustível, e a redução dos gases poluentes. (Guimarães, 2007).

Este sistema revolucionário veio para o gerenciamento do ar/combustível, de maneira controlada para o motor do veículo. Tudo ocorre devido ao um Chip na central eletrônica que monitora e analisa o funcionamento do motor, ajustando constantemente a alimentação dele.

Como o chip controla a entrada de combustível e de ar no motor, de acordo com as faixas de rotação, a combustão é mais eficaz. Assim, o veículo ganha também uma maior eficiência energética. Além do aspecto ambiental, a injeção eletrônica também controla o tempo de ignição, a marcha lenta e, em alguns modelos de veículos, as válvulas.

Com este tipo de sistema, é possível realizar várias programações para diferentes tipos de condições como, por exemplo, adaptação e reajuste automático, para diferentes condições climáticas.

Para o veículo em análise, contamos com um sistema de injeção direta (FSI – *Fuel Stratified Injection*), que parte do mesmo princípio, mas é um sistema “otimizado” da injeção eletrônica, tendo como pontos positivos a economia e melhor queima do combustível pulverizado na câmara de combustão. Contudo, este sistema tem um valor relativamente alto de manutenção, devido à alta tecnologia envolvida. Enquanto a pressão em um sistema de injeção eletrônica convencional varia entre 3 e 5 bar, nos injetores do sistema FSI, essa pressão ultrapassa os 100 bar (Navaro, 2019).

Para que seja possível um funcionamento preciso e rápido, é necessária uma grande quantidade de componentes trabalhando juntos, como sensores, atuadores e centrais eletrônicas. Na figura 5 é possível analisar um diagrama de funcionamento de um sistema de injeção.

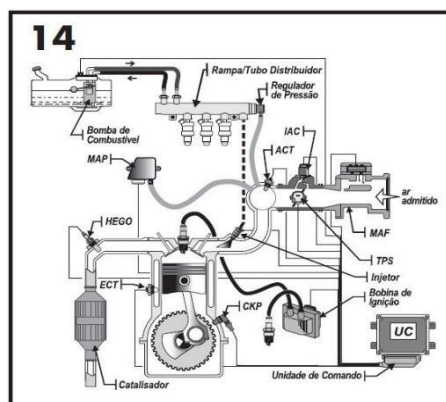


Figura 5 – Esquema injeção eletrônica.

Fonte: Manavella, Humberto. Em: 03/11/2017.

2.5 – Atuadores

Válvulas Injetoras (Figura 6) trabalham como um pulverizador de combustível, e a válvula solenoide é um atuador que também é controlado pela central do veículo, que dosa a mistura de combustível a ser injetado na câmara de combustão. Sempre que a válvula abre, ela injeta combustível, e este momento é conhecido como tempo de injeção, que é monitorado, e equilibra a quantidade de ar/combustível que está sendo admitida pelo motor. Esta parte trabalha constantemente com todos sensores e atuadores, para um bom funcionamento do motor (Figura 6). (Thomson, 2020).



Figura 6 – Válvulas Injetoras

Fonte: Gama Peças. Em: 30/05/2020

A Bomba de Combustível, (Figura 7), tem como função fundamental alimentar todo o sistema de injeção e motor, retirando o combustível do reservatório e levando para o injetor. A mesma é controlada através da central eletrônica do veículo, acionada por um relé, ela só deve ser acionada com a chave do carro ligada por motivos maiores de segurança.



Figura 7 – Bomba de Combustível

Fonte: Magalu. “Kit Bomba de Combustível Gol”. Em: 30/05/2020.

A Bobina de Ignição (Figura 8) é responsável por gerar a centelha da vela de ignição, transformando o enrolamento primário em alta tensão e o secundário que produz a centelhas que saem pelas velas. Esta bobina ela sempre é ativada por um sistema eletrônico, mesmo nos motores carburados.



Figura 8 – Bobina de Ignição

Fonte: Magalu. “Bobina de Ignição - Super Alta Potência”. Em: 30/05/2020.

A vela de ignição (Figura 8.1) é o componente responsável por promover a centelha dentro da câmara de combustão, ou seja, ela inicia o processo de queima juntamente com a mistura dosada de ar e combustível, empurrando o pistão para baixo promovendo assim uma energia que é transferida de forma mecânica as demais partes moveis do motor e do veículo resultando no deslocamento do mesmo.



Figura 8.1 - Vela de Ignição

Fonte: Canal da peça “Vela de Ignição - Guia do consumidor”. Em 03/11/2020.

2.6– Sensores

2.6.1 - Sensor de Temperatura do Motor (do líquido arrefecedor) – ECT (*Engine Coolant Temperature*)

O Sensor de Temperatura é instalado no bloco do motor com o líquido de arrefecimento. Possui uma resistência interna que em contato com o fluido de arrefecimento reage às alterações de temperatura do fluido variando sua resistência, variando assim o valor da tensão que envia para a central eletrônica. (Figura 9).



Figura 9 – Sensor ECT. Fonte:

FuelTech. Em: 30/05/2020.

Sensor de rotações por minuto, um gerador de pulsos instalado na base do distribuidor ou montado, junto com uma roda dentada, no eixo do virabrequim, (Figura 10). Esta informação é utilizada para o controle do avanço da ignição, a parte que depende da velocidade de rotação do motor e determinar o momento da injeção de combustível.



Figura 10 – Sensor de RPM

Fonte: Ivanenko, Fernando. Em: 12/036/2019.

Sensor TPS (*Throttle Position Sensor*), responsável por verificar a posição da válvula de aceleração, (Figura 11), que é utilizada para ajustar o avanço da ignição e ajustar o enriquecimento nas acelerações conforme acionado o acelerador, e empobrecendo nas desacelerações. Como mostrado na figura 11.



Figura 11 – Sensor TPS

Fonte: Molina, Autopeças.02/03/2020.

Sensor de pressão absoluta – MAP (*Manifold Absolute Pressure*) e de temperatura de ar admitido – ACT (*Air Charge Temperature*), estes sensores enviam, à unidade de comando, um sinal elétrico cuja tensão ou frequência, (Figura 12 e 13), varia com a pressão absoluta do coletor de admissão realizando alterações na mistura avanço de ignição.



Figura 12 – Sensor MAP

Fonte: Molina. "Sensor MAP Pressão Coletor". Autopeças. 25/03/2020.



Figura 13 – Sensor ACT

Fonte: Fultech. Em: 20/05/2020.

Sensor do velocímetro, o mesmo normalmente fica localizado dentro da caixa de marchas do veículo que capta a informação e envia para a ECU, (Figura 14).



Figura 14 – Sensor VSS

Fonte: Mercado Livre. Peças carros e caminhonetes. Em: 30/05/2020.

Sensor de Oxigênio – HEGO (*Exhaust gas oxygen*), (Figura 15), instalado no escape, informa a presença ou não de oxigênio, se existir o mesmo a mistura está pobre, se não, estequiométrica ou rica.



Figura 15 – Sensor HEGO Fonte:

Caterham. Em: 25/05/2020.

2.7– Hardware/Software

Hardware e software, são duas partes fundamentais para o funcionamento de qualquer sistema eletrônico, onde um é responsável pela parte física, sendo elas microprocessadores, componentes, entre outros, e a parte lógica, onde é realizada toda programação do sistema, (Figura 16). (Velloso, 2017).



Figura 16 – Central Eletrônica (ECU)

Fonte: Reiko. Em: 01/02/2020.

Devido evolução da tecnologia, os automóveis começaram ser gerenciados por uma central eletrônica, chamada de ECU (*Engine Control Unit*), sendo que a mesma faz todo o trabalho de correção e monitoramento do funcionamento do motor através de sensores e atuadores, que coletam dados que são analisados pela central para que em seguida a mesma retorne de forma precisa as informações de ação para os atuadores, garantindo um funcionamento estável do motor.

Aprofundando um pouco mais no funcionamento da ECU, basicamente trata-se de um microprocessador que possui duas memórias importantes para o sistema, a RAM (Random

Access Memory) e a EPROM (Erasable

programmable read-only memory.

A memória RAM (Memória de Acesso Aleatório) é uma memória volátil, ou seja, todas as informações dos sensores e os códigos de avaria não são armazenados. (Barea, 2017). Na memória EPROM (Memória Apagável e Programável só para Leitura), o sistema de funcionamento é diferente, e se trata de uma memória não volátil, onde os mapas de injeção do veículo ficam, com todos os parâmetros pré- estabelecidos, curvas pré-moldadas e algoritmos de ação da central. Todos esses elementos como mapa de injeção, parâmetros e curvas podem ser modificados resultando em melhoras no desempenho do veículo.

Atualmente, avarias e códigos de erros só podem ser apagados através de equipamentos de diagnósticos, como scanners que serão relatados nos itens seguintes.

Podemos esquematizar o sistema de injeção em três partes, sendo elas: sinais de entrada, processamentos de sinais e sinais de comando para os atuadores. Os sinais enviados pelos sensores para a central são enviados em volts para serem interpretados, podendo variar de 0 a 5 volts, sinais analógicos, com uma tensão estável, devido o regulador de tensão presente na central para um bom funcionamento do motor. Após esses sinais serem captados, é necessário transforma-los para digitais, pois a central lê apenas sinais digitais, dessa forma é transformado um sinal de 0 a 5 volts em sinal digital de 8 bits (256 combinações). Com isso o sinal passa por um conversor A/D (Analógico/Digital) é comparado com o mapa de injeção na memória EPROM, compreendendo a necessidade do veículo e alterando os sinais enviados para os atuadores. Por exemplo, a quantidade de tempo que os bicos injetores ficaram abertos, o tempo de ignição, enchimento dos cilindros e o torque desejado pelo motorista. Após todo o processamento, a tensão é enviada aos atuadores e estes mantêm o motor em funcionamento.

Um ótimo exemplo para demonstrar o funcionamento da central é a estratégia da partida a frio, onde o motor tem um auxílio da central para funcionar da forma correta quando frio, até atingir sua temperatura de trabalho o mais rápido possível. Assim que o motor for ligado, o sensor MAP capta o sinal recorrente a pressão no coletor de admissão. Após colher o sinal a central o converte de analógico para digital e analisa o valor captado com o valor pré estimado no mapa de injeção armazenado na memória EPROM, dessa forma interpreta se é necessário por exemplo, gerar um avanço na ignição ou um atraso, para manter o motor em perfeito funcionamento, até que ele atinja sua temperatura adequada de trabalho.

Quando a central interpreta que algo não está

perfeito no funcionamento do motor, ela gera um código de avaria, que é armazenado na memória RAM. Essa interpretação ocorre de duas maneiras:

quando o sinal de algum sensor não é detectado, ou quando o sinal tem algum valor extremo, como 0 volts ou 5 volts. Dessa forma, o erro fica gravado na memória, e uma luz de inspeção é indicada no painel, necessitando de um equipamento de leitura para ler qual o erro gerado e apagá-lo.

Quando a central detecta uma avaria no sistema, para manter o motor em funcionamento ela adota uma estratégia chamada *Recovery*. Nessa estratégia a central ignora o sinal captado com avaria e utiliza um valor pré-estabelecido armazenado, para manter o motor em funcionamento, algumas vezes isso deixa o motor com funcionamento irregular com a mistura mais rica, ou mais pobre e até mesmo limitando a rotação do motor.

Com todos esses parâmetros conseguimos fazer com que o carro se comporte da forma desejada, através da reprogramação do mapa da central eletrônica, mudando os parâmetros já existentes, ou então burlando os mesmos através de uma queda na voltagem captada pelos sensores.

2.8– Dispositivos de ganho de torque e potência.

Com evoluções constantes ocorrendo a todo momento nos dias de hoje, nota-se vários estudos e trabalhos realizados com certa similaridade ao tema em questão, de diferentes autores e datas.

Em 2007, Jeronymo, estudante de Engenharia da Computação, desenvolveu uma ferramenta didática para o estudo do funcionamento de um sistema de injeção decombustível, para motores a combustão interna. Tal ferramenta proporciona ao usuário a visualização das diversas partes do sistema de injeção, que tem como objetivo controlar a quantidade de combustível a ser dosada. A ferramenta é constituída de um software que mostra gráficos da rotação do motor, frequência e tempo de abertura dos bicos, assim como permite a alteração da seqüência em que os bicos abrem. O trabalho teve resultados satisfatórios, e como consequência, por ser um projeto didático desenvolvido para a faculdade, contribuiu para a formação diversos alunos, agregando mais conhecimento e prática para os mesmos.

Um procedimento prático e coleta de dados foi realizado por Hiroki (2016), estudante da Faculdade de Tecnologia - FATEC. Foi desenvolvido uma ECU (Figura 17), que é

responsável por toda parte eletroeletrônica do carro. A análise segue com o início do projeto de hardware e softwares, utilizando microcontroladores, que foram responsáveis por gerenciar todo o sistema, juntamente com o

software programado em linguagem C, para controlar e monitorar atuadores e sensores. Por fim, no experimento, após testes e coleta de dados foi possível obter um resultado satisfatório comparado ao investimento realizado pelas montadoras, conseguiram igualar em questão de potência e consumo com a ECU original do veículo, tendo assim um resultado satisfatório diante ao estudo e projeto realizado.



Figura 17 – Bancada de simulação central eletrônica (Hiroki,16)

Fonte: Hiroki, Gustavo Bezerra. 2016.

Fernandes (2015), desenvolveu um sistema de otimização do Sistema de Injeção Eletrônica de um Motor de Combustão Interna. O trabalho em análise teve como objetivo mostrar um pouco da evolução dos sistemas de injeção, saindo do carburado até o injetado, e a alteração de potência do motor regulando manualmente sistema de alimentação ar/combustível da injeção. Contudo, foi utilizado motor Honda 4 tempos monocilíndrico, e uma central ECU *Haltech e6h*. O experimento consistiu em realizar uma sequência de testes para a coleta de dados, para que fossem criados parâmetros de análises como cálculos e gráficos, pois o estudo tinha como objetivo diminuir impactos ambientais gerados pelos motores. Foi possível ter como conclusão que, testando diferentes tipos de mapa desenvolvido por eles mesmos, houve uma resposta positiva perante o estudo realizado, como a redução de gases poluentes, economia de combustível, também uma notável diferença em questão de potência do motor.

Um Controle eletrônico da injeção de motores foi desenvolvido por Pompeu (2014), sendo

que o mesmo realizou um estudo e análise de informações necessárias para o funcionamento de motores a combustão presentes em veículos marítimos.

Essa coleta de dados e estudos foram feitas em cima das das injeções eletrônicas programáveis. Ao decorrer do trabalho, foram apresentados os tipos de injeção eletrônica, os principais sensores como sonda lambda,

sensores de pressão e sensores de temperatura, os principais atuadores como injetores. Ao final, foi apresentado uma possibilidade de ligação de dois dispositivos utilizando microcontroladores eletrônicos para fazer a leitura de um sensor de posição, e então controlar um injetor de combustível em uma dada rotação constante, através de uma programação C++ simples e fácil. Foram utilizados três microcontroladores, cada um com função já pré-estabelecida. O primeiro recebia o sinal de um sensor de posição do eixo, o segundo calcula a frequência com que os dentes passam pelo sensor e o terceiro recebe o sinal do sensor e o sinal de sincronismo.

Em 2010, Pedroso realizou um estudo que teve como objetivo analisar a injeção de combustíveis em motores, com o resultado que comprovasse que a quantidade de combustível injetados pelos bicos são acima do necessário para o funcionamento dos veículos. Contudo, perante esta análise, o assunto em questão foi a vazão e funcionamento dos bicos injetores. O projeto consistiu na montagem de um bico de injeção de bancada, onde poderiam ser feitos testes para comprovar o aumento ou redução da vazão de combustível, através de uma central eletrônica que os mesmos desenvolveram, alterando o estímulo das ondas, utilizando ondas quadradas para o funcionamento do bico. Com isso, uma “reprogramação” do sistema de injeção eletrônica foi feita, com o objetivo de reduzir a vazão para uma maior economia de combustível. No final do experimento foi possível analisar que realmente o experimento foi satisfatório para o motor em estudo, notando e afirmando como solução, a redução da pressão dos bicos para um melhor funcionamento do motor, e uma maior economia.

3 Desenvolvimento do protótipo

Para o desenvolvimento do trabalho, vários testes foram realizados, foi descrito todo processo, como os equipamentos utilizados para desenvolver o protótipo e implantação do mesmo, até a parte final de testes e coleta de dados, ou seja, o detalhamento do procedimento

experimental completo.

3.1 Equipamentos utilizados

A seguir os materiais utilizados para a construção e análise do dispositivo desenvolvido para ganhos de potência e torque no motor através de alterações para serem interpretadas pela ECU. Como dito anteriormente, mesma faz a leitura do sensor em volts, transforma essa leitura em um sinal digital, e então envia o sinal de volta para os atuadores, de acordo com o analisado na memória EPROM, onde fica armazenado o mapa de injeção.

Compreendendo essa sequência, foi entendido que para gerar mudanças no comportamento do veículo, precisamos “enganar” a ECU quando feita a leitura do sinal presente nos sensores, para então ter como base o mapa de injeção e notar que existe uma alteração considerável, enviando assim um sinal maior ou menor do que enviaria regularmente. Quanto ao veículo utilizado, trata-se de um Volkswagen Up! Tsi, equipado com um motor 1.0 três cilindros, com injeção direta de combustível, sobrealimentado por um turbocompressor. É um motor muito eficiente quando se trata de economia e potência, permitindo gerar resultados satisfatórios, e mantendo a economia.

No experimento foi utilizado um potenciômetro de 5000 ohms, responsável por alterar a tensão sempre que variar sua resistência, gerando um sinal maior ou menor nos sensores (Figura 18), criando uma queda de tensão na leitura do sensor, induzindo a ECU a enviar um sinal com maior tensão. Essa sequência altera o comportamento do carro, com as correções como o aumento de pressão do turbocompressor, e ponto de ignição e injeção de combustível. Além do potenciômetro, foi utilizado um jumper no chicote do carro, fazendo com que o sinal passe pelo potenciômetro antes de retornar para a ECU.

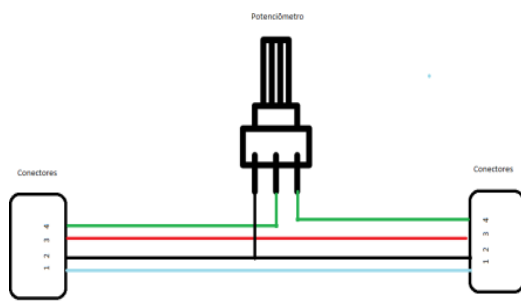


Figura 18 – Esquema do chicote da ECU até o sensor MAP.

Fonte: Maia, Felipe. Em 31/05/2020.

Após a seleção dos equipamentos utilizados para a alteração do sistema, outros foram utilizados para aferir as mudanças geradas e percentual de ganho.

Foi utilizado então o dinamômetro do modelo *Sportdevices SP4*, equipamento capaz de verificar a potência e o torque gerados pelo motor. As medições no dinamômetro são de extrema importância, mas a leitura do próprio comportamento da ECU também deve ser considerada para comprovar o que foi alterado.

Nessa leitura, utiliza-se um scanner via OBD chamado VCDs (*Vag-Com Diagnostic System*), da marca *Vagcom Rosstech*, equipamento desenvolvido propriamente para a realização de leituras de dados em geral, fazer programações e dar diagnósticos de avarias geradas.

3.2 Execução

O projeto foi desenvolvido através de estudos realizados em cima de outros trabalhos sobre otimização, criação ou alteração de sistemas de injeção eletrônica citados anteriormente no capítulo 2.8 com o intuito de gerar ganhos consideráveis investindo pouco dinheiro e tempo. Dessa forma, escolheu-se um sensor que faz a leitura da pressão absoluta do ar que é admitido pelo motor, sensor MAP, (*Manifold Absolut Pressure*), e também a temperatura desse ar, sensor TMAP. A escolha se deu devido os parâmetros que o sensor lê pois, se

alterados, os mesmos fazem com que o tempo de injeção de combustível aumente, porque quanto menor a temperatura de trabalho do motor, mais combustível ele aceita, porque deduz que o motor ainda esteja frio.

Após a escolha do sensor, desenvolveu-se um jumper composto por um conector macho e um conector fêmea do sensor TMAP, soldados nos terminais de um *trimpot* (potenciômetro de 3 terminais), com resistência de 5k ohms. Para o desenvolvimento desse componente, foi necessário testar e analisar o sistema elétrico original do veículo, para descobrir qual dos quatro fios do conector fazia a leitura do sinal, qual era o negativo, positivo e, por fim, o retorno. A análise foi feita com o multímetro, medindo a voltagem que passava pelos fios.

Assim que foi finalizado o jumper, o carro foi para o dinamômetro para se iniciarem os testes. A parte prática de coleta de dados teve início no começo do mês de abril de 2020. Nesta primeira etapa, foram necessárias em média de 7 horas e 30 minutos de trabalho, na *Avus Motorsport*, medindo a tensão de trabalho do sensor TMAP, para se conectar o jumper e fazer as aferições no dinamômetro. Após várias medições no dinamômetro, o resultado não foi satisfatório, tendo em vista que uma perda de potência foi medida. Analisando os Logs feitos, se percebeu que a correção de combustível, estava negativa, ou seja, a ECU interpretava que o carro estava

recebendo 25% a menos de combustível, injetando assim essa porcentagem a mais para estabilizar o funcionamento do carro. Nesse dia se finalizou os testes com uma perda de potência no sistema.

A segunda bateria de testes foi iniciada, com mais 5 horas de trabalho, no mesmo local, utilizando potenciômetros com várias resistências diferentes, (10k,50k,100k), e aferindo a potência do carro com cada um deles. Constatou-se que seria necessário um potenciômetro com a resistência menor para gerar um ganho considerável, tendo em vista que os testes com os potenciômetros de alta resistência não tinham gerado nenhum ganho, e assim como no primeiro dia de testes, tinham retirado potência.

Começou então a busca por novas informações para se entender o que estava ocorrendo.

Com o auxílio de alguns mecânicos e profissionais da área, foi testado um novo método de ligação do potenciômetro, onde o primeiro terminal, foi conectado com o negativo, juntamente com a inversão dos canais, o que recebia o sinal e o que enviava. A ligação ficou da seguinte forma: Fio positivo do sensor conectado direto na ECU, fio negativo conectado ao primeiro terminal do potenciômetro, fio que recebe sinal foi conectado ao terceiro terminal e por último o fio que envia o sinal foi conectado ao terminal central do potenciômetro (Figura 19). Configurando desta nova forma com o potenciômetro de 5K que ainda não havia sido testado, sendo necessário mais 5 horas de trabalho e novas baterias de testes.



Figura 19 – Protótipo do projeto desenvolvido

Fonte: Maia, Felipe. Em 31/05/2020.

4 Resultados Obtidos

4.1 Resultados

Após o estudo realizado e o desenvolvimento do dispositivo para o aumento de potência em carros com turbocompressor, foi possível colher bons resultados seguidos de diversas baterias de testes e simulações para verificar a variação da potência do veículo, entre outros parâmetros alterados, como ponto de ignição, injeção de combustível e pressão no turbocompressor.

Os testes foram realizados conforme o previsto, tendo em vista o tempo de horas

trabalhadas no projeto e valor investido para a alteração deste sistema. Constatou-se alterações, a partir dos gráficos e leituras pelo VCDs, nos seguintes parâmetros: pressão do turbocompressor, avanço no ponto de ignição, correção na quantidade de combustível injetado na câmara de combustão. Obteve-se quase 10% de ganho da potência inicial do veículo.

Observa-se o gráfico da leitura feita do veículo original de fábrica (Figura 20). O gráfico em vermelho mostra a potência do motor (92.8 wheel horse power) e, em azul, o toque gerado pelo motor (17 kgfm – Quilograma força metro).

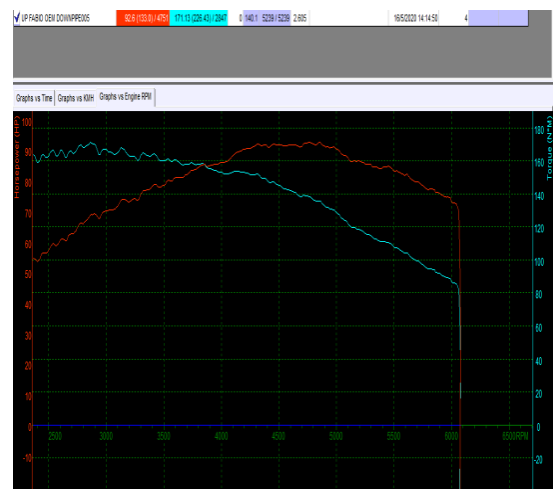


Figura 20 - Gráfico dinâmometro veículo original.

Fonte: Maia, Felipe. Em 31/05/2020.

Após as modificações efetuadas, novas medições foram realizadas (Figura 21). Em vermelho, está apresentado a potência do motor (*100 wheel horse power*) e, em azul, o torque gerado pelo motor (18 kgfm – quilo grama força metro).

Figura 21 – Gráfico dinamômetro veículo modificado.

Fonte: Maia, Felipe. Em 31/05/2020.

Percebe-se que como as alterações são feitas no sistema original do carro, o gráfico de potência e torque possuem comportamentos bem parecidos, onde as duas linhas são traçadas de forma paralela, porém com a diferença do ganho de potência. Originalmente o veículo foi aferido com 92whp (*wheel horse power*) e 17 kgfm de torque, utilizando como combustível o etanol. Após as alterações os testes foram repetidos, medindo 100whp e 18Kgfm, provando ganhos por volta de 10%. É de suma importância relatar que várias medições foram feitas, antes e depois das alterações, gerando valores de 90 a 93 whp original de 100 a 104 com as alterações. Nota-se no próximo gráfico (Figura 21.1) a comparação entre resultados obtidos com o veículo original e os resultados obtidos após a aplicação do dispositivo .

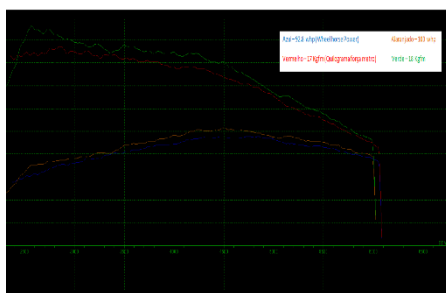


Figura 21.1

Quanto as modificações internas, utilizou-se o VCDs para a captação dos dados (Figura 22).

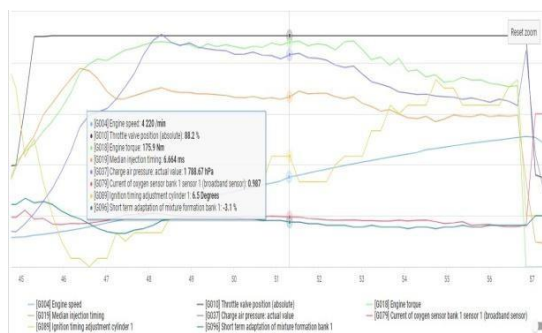


Figura 22 – Gráfico VCDs veículo original.

Fonte: Maia, Felipe. Em 31/05/2020.

Na figura 23 foi observado vários parâmetros

captados, como: *engine speed* (rotação do motor), *throttle valve position* (posição da borboleta), *engine torque* (torque do motor), *median injection timing* (tempo médio de injeção), *charge air pressure* (pressão do turbocompressor), *currente*



oxygen sensor (sonda lambda), *ignition timing adjustment* (avanço no ponto de ignição), *short*

term adaptation of mixture formation (correção de combustível). Dentre todos esses parâmetros, os mais relevantes em que percebe-se as alterações feitas foram na pressão da turbocompressor e na correção de combustível, pois com o objetivo de enganar a central eletrônica enviando um sinal com menor tensão o veículo entende que a admissão está captando um ar mais frio, consequentemente a correção de combustível fica mais negativa, injetando mais combustível e permitindo o aumento também na pressão do turbocompressor. Dessa forma, nota-se na (Figura 23) a sobreposição dos gráficos com os parâmetros que sofreram maiores mudanças. O veículo que antes contava com uma pressão no turbocompressor de 1788.67 Hpa, passa a ter 1842.97 Hpa na mesma faixa de RPM. Outros parâmetros que passam por mudanças expressivas também é a correção de combustível, fazendo com que os bicos injetores injetem mais combustível, a correção cai de -3.1 para -6.3 gerando assim uma injeção maior de combustível que altera o tempo de injeção de 6.664 para 7.082 ms.

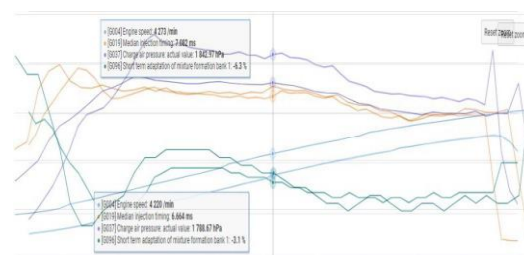


Figura 23 – Gráfico VCDs comparativo antes e depois do dispositivo.

Além das medições no dinamômetro provando os ganhos obtidos, temos as leituras internas, que comprovam os ganhos através das mudanças feitas, demonstrando não somente o ganho do veículo, mas também o que foi alterado para chegar nesse resultado, e como todo o sistema trabalha diante de várias situações.

Os testes foram de certa forma satisfatórios, pois mesmo não atingindo a faixa de ganho que se pretendia, foram gerados ganhos de até 10% de potência a mais do aferido originalmente, contando que o carro já estava em condições prejudiciais aos resultados, devido à alta temperatura após inúmeros testes.

Após toda análise toda a análise feita foram realizados novos testes com o intuito de

melhorar ainda mais o sistema, alcançando o máximo de potência possível, foi instalado no sensor map presente na pressurização, um protótipo idêntico ao desenvolvido anteriormente. Após algumas aferições no dinamômetro notou-se que o veículo não obtia nenhum resultado e os parâmetros coletados através do VCDS não acusavam alterações. Depois de algumas pesquisas com profissionais da área, experientes no assunto, e o manual da ECU do veículo o Simos 18 Funktionsrahmen, da Continental (2014), foi confirmado que o carro vem com certos “bloqueios” de fábrica, com alguns limitadores, para seja evitado uma possível quebra do motor em situações adversas, e no novo teste realizado, o limitador de torque impossibilitou com que o carro alterasse os parâmetros, pois dessa forma iria ultrapassar o torque seguro pré estipulado para o motor; fazendo então que não gerasse resultados satisfatórios como os gerados na instalação do primeiro prototipo no coletor.

Conclusão

Através do desenvolvimento deste projeto, foi possível adquirir um grande aprendizado, conhecer diversos

profissionais e estudos desta área e, como consequência, um crescimento pessoal. Tudo isso foi possível devido ao estudo realizado durante o desenvolvimento do sistema, juntamente com as trocas de experiências entre professores, profissionais e alunos, sendo elas fundamentais ou não na formação acadêmica e evolução profissional.

O desenvolvimento deste trabalho teve como principal objetivo criar um protótipo, utilizando um potenciômetro, a fim de variar os sinais enviados e recebidos do sensor MAP, para a ECU, alterando assim diversos parâmetros como tempo de ignição, pressão do turbocompressor, injeção de combustível, entre outros, rendendo neste estudo um ganho de até 10% da potência original do veículo.

O protótipo criado se mostrou funcional, com um possível aperfeiçoamento, e mais algumas horas de trabalho investido. O mesmo poderá ser comercializado, tendo

em vista o aumento relativo de potência dos veículos de forma prática e rápida, tanto de instalação e retirada do equipamento.

Sabendo que se trata de um protótipo, este é passível e melhorias, tais como: mais testes para que possa dar uma melhor garantia sobre o produto, um acerto melhor podendo chegar a um parâmetro de correção de até 30% de aumento de potência no veículo, com mais estudos e análise de mais parâmetro para a alteração do limitador de torque presente na ECU para que seja possível realizar a correção em cima do total permitido pela central do veículo.

Agradecimentos

Agradeço ao nosso Orientador Bruno Fagundes Ferreira, por ter tido paciência, conhecimento e sabedoria para nos orientar nessa jornada acadêmica.

Endereço de Correspondência
E-mail: bflagundes82Gmail.com

Referências Bibliográficas

- Andreoli, Alexandre Giordani. Injeção Eletrônica Programável para Automóveis: 2009. 129 f. Projeto de Diplomação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Anjos, Eduardo Giovannetti Pereira dos. A evolução eletrônica embarcada na indústria automobilística brasileira. Engenharia de processos industriais- Ênfase em engenharia automotiva – Escola de Engenharia Mauá do Centro universitário do Instituto de tecnologia, são Caetano do Sul, SP, 2011.
- Bosch, Robert. Manual de Tecnologia Automotiva. 25 Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.
- Brunetti, Franco. Motores de Combustão Interna. 1 Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2012.
- Carvalho, Anderson Souza. Utilização do sistema de injeção direta de combustível pela indústria automobilística nos motores do ciclo Otto. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 11, Vol. 01, pp. 27-41 novembro de 2018.
- Cella, Igor Eriberto et al. Regulagem da unidade de comando eletrônico programável modelo fuel-tech para carros de competição. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECANICA, 6, 2010. Campina Grande. Anais... São Luiz: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, 2010. p. 1 - 9.
- Contesini, Leonardo. Como funciona um carburador. Revista Flatout, 2014.
- Dias, Anderson Luz. Funcionamento e detalhes da Unidade de comando eletrônico do sistema de injeção eletrônica do motor de combustão interna automotivo. Carros in foco, 2012 (Faltava o nome do autor - arrumei)
- Faggi, Rodrigo. Formação de mistura ar combustível em motores de ignição por faísca a quatro tempos. 2012. 60 f. Monografia (Especialização) - Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul.
- Fernandes, Luís Miguel Teixeira. Otimização de Injeção Eletrônica de um Motor de Combustão Interna. Engenharia Aeronáutica - Universidade da Beira Interior, Portugal, Covilhã, 2015.
- Fogaça, Jennifer Rocha Vargas. Funcionamento do motor de combustão interna, mundo educação, 2019.
- Hiroki, Gustavo Bezerra. TCC - Desenvolvimento de uma unidade de gerenciamento eletrônico para motor Volkswagen 1.6L - Faculdade de Tecnologia FATEC Santo André, São Paulo, 2016.
- Montoia, Vinicius. Fabricante de turbocompressores, Garrett Motion afirma que a demanda por veículos com turbocompressor vai aumentar para respeitar a nova legislação de emissões. Garrett Motion, São Paulo, 2019.
- Oliveira, Ricardo Alberto. O que é e para que serve o carburador. Notícias Automotivas manutenção e materiais, 2019.
- Pedroso, Alessandro Bueno, TCC- Ensaio de Vazão em Bico Injetor Automobilístico– Universidade Presbiteriana Mackenzie, Departamento de Engenharia Mecânica – São Paulo – 2010.
- Pompeu, Afonso, TCC – Controle Eletrônico da Injeção de Motores – Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante – Rio de Janeiro, 2014.
- Pulkrabek, Wilard, Pulkrabek. “*Engineering fundamentals of the internal combustion engine.*” 1997.
- Silva, S. D. L. TCC – Máquinas e mecanização agrícola: Motores de combustão interna. - 2007.
- Souza, Alfeu de Arruda – TCC – A evolução do sistema de injeção de combustível em motores ciclo Otto: “Uma análise Crítica desde suas implicações no meio ambiente à regulamentação no sistema normativo pátrio.”. - Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFMS – 2008.
- Thomson, Cursos online, MTE- Introdução aos sistemas de injeção e ignição eletrônica - 2020
- Velloso, Fernando de Castro, “Informática Conceitos Básicos, -10. Ed – Rio de Janeiro: Elsevier – Rio de Janeiro – 2017.
- Zanlorenze, Jeronymo. TCC - Bancada didática de Injeção Eletrônica - Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas - NCET – Engenharia da Computação - Curitiba, 2007.
- Acessos eletrônicos:
- Borges, Fábio. “Veículo Volkswagen Up Tsi”. Engenharia Mecatrônica – PUC. Disponível em: “TCC Otimização de potência veicular”. [31/05/2020].
- Borges, Fábio. “Gráfico carro com o dispositivo”. Engenharia Mecatrônica – PUC. Disponível em: “TCC - Otimização de potência veicular”. [31/05/2020].
- Borges, Fábio. “Gráficos VCDS original”. Engenharia Mecatrônica – PUC. Disponível em: “TCC - Otimização de potência veicular”. [31/05/2020].
- Borges, Fábio. “Gráfico VCDS modificado!”. Engenharia Mecatrônica – PUC. Disponível em: “TCC - Otimização de potência veicular”. [31/05/2020].
- Caterham. “Sensor Lambda”. Escape. Disponível em: <http://scaterhamparts.co.uk/other2882-lambda-sensor-eu4-sva-suzuki.html>. [25/05/2020]. Acesso em 30 de maio de

- 2020.
- Continental. “Engine Management System”, disponível em: <http://jmgarage.ru/funktionsrahmens-and-documentation/> [10/11/2014]. Acesso em 22 de novembro de 2020.
- EBKIDS 06: Motor de combustão interna – jenconv120j4 593 x 348 05/03/06 Claudiu Varan – Enciclopédia Britânica. Acesso em 23 de maio de 2020.
- Fultech. “Sensor de temperatura do ar”. Sensores e Válvulas. Disponível em: <https://fueltech.com.br/products/sensor-de-temperatura-do-ar>. [20/05/2020]. Acesso em 30/05/2020.
- FuelTech. “Sensor de Temperatura do Motor”. Sensores e válvulas. Disponível em: <https://fueltech.com.br/productssensor-de-temperatura-do-motor>. [30/05/2020]. Acesso em 30 de maio de 2020.
- Gama. “Válvula de injeção (Injetor)”. Gama Peças. Disponível em: <http://www.gamapecas.com.br/fabricantesboschpecas0280155821/>. [23/05/2020]. Acesso em 30 de maio de 2020.
- Ivanenko, Fernando. “O que é um sensor de rotação”. Mão ao Auto. Disponível em: <https://www.maosaoauto.com.br/2016050-que-e-um-sensor-de-rotacao>. [12/03/2019]. Acesso em 30 de maio de 2020.
- Magalu. “Bobina de Ignição - Super Alta Potência”. Magazine Luiza. Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/bobina-ignicao-067-super-alta-potencia-9220081067-bosch/p/kh9ak08h27/au/boig/>. [10/03/2020]. Acesso em 30 de maio de 2020.
- Magalu. “Kit Bomba de Combustível Gol”. Magazine Luiza. Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/kit-bomba-combustivel-gol-gasolina-vp071/p/fd1960k4jb/au/otau/>. [10/03/2020]. Acesso em 30 de maio de 2020.
- Maia, Felipe. “Esquema do chicote da ECU até o Sensor MAP”. Engenharia Mecatrônica – PUC. Disponível em:” TCC Otimização de potência veicular”. [31/05/2020].
- Manavella, Humberto. “Monitor do Sistema de Combustível gera a precisão do sistema de injeção eletrônica”. Oficina Brasil. Disponível em: <https://cursosonline.mte-thomson.com.br/unit/aula-01-introducao-aos-sistemas-de-injecao-e-ignicao-eletronica/>. [03/11/2017]. Acesso em 23 de maio de 2020.
- Mercado Livre. “Sensor de Velocidade Honda Fit”. Peças carros e caminhonetes. https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1110232744-sensor-vss-honda-fit-14-e-15-2003-a-2008-esv003-_JMquantity=1. [04/26/2020]. Acesso em 30 de maio de 2020.
- Molina, Autopeças. “Sensor de Posição da válvula de Aceleração”. Disponível em: <https://www.autopecasmolina.com.br/sensor-tps-posicao-borboleta-gol-96-a-07-inca-99-a-02-parati-96-a-05-polo-classic-96-a-04-quantum-96-a-02-santana-96-a-06-saveiro-96-a-05-volkswagen-van-98-a-04-7260-64402703>. [02/03/2020]. Acesso em 30 de maio de 2020.
- Molina. “Sensor MAP Pressão Coletor”. Autopeças. Disponível em: <https://www.autopecasmolina.com.br/sensor-map-pressao-coletor-cordoba-00-a-09-gol-94-a-05-ibiza-99-a-02-parati-94-a-05-polo-99-a-01-polo-classic-96-a-02-quantum-96-a-01-santana-96-a-01-saveiro-94-a-05-7143-6440/>. [25/03/2020]. Acesso em 30 de maio de 2020.
- Motoline. “Regulando carburador – Uma espécie em extinção”. Disponível em: <https://www.motonline.com.br/noticia/regulando-carburador-uma-especie-em-extincao/>. [22/05/2012]. Acesso em 23 de maio de 2020.
- SILVA, Marcos Noé Pedro da. “Cilindradas de um Motor a Combustão”; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/matematica/cilindradas-um-motor-combustao.htm>. [06/2019] Acesso em 28 de maio de 2020.
- Thalisson. “Equação de Bernoulli, tubo de venturi e pitot [06/11/2015]. Acesso em 23 de maio 2020.

