

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ  
CRISTIANO DE MORAES SHIRAISHI**

**TRANSFORMAÇÃO DE MOTOR CICLO OTTO  
ORIGINALMENTE CARBURADO EM INJEÇÃO  
ELETRÔNICA**

**Taubaté - SP  
2018**

**CRISTIANO DE MORAES SHIRAISHI**

**TRANSFORMAÇÃO DE MOTOR CICLO OTTO  
ORIGINALMENTE CARBURADO EM INJEÇÃO  
ELETRONICA**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do Certificado de Graduação do  
curso de Engenharia Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica  
da Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof. Msc Ivair Alves dos  
Santos

Coorientador(a): Prof. Msc Fabio Henrique  
Fonseca Santejani

**Taubaté – SP  
2018**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado  
de Bibliotecas / UnitaU - Biblioteca das Engenharias**

S558t Shiraishi, Cristiano de Moraes  
Transformação de motor ciclo OTTO originalmente  
carburado em injeção eletrônica. / Cristiano de Moraes  
Shiraishi. - 2018.

46f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –  
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia  
Mecânica e Elétrica, 2018  
Orientador: Prof. Me. Evair Alves dos Santos,  
Coorientador: Prof. Me. Fábio Henrique Fonseca  
Santejani, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.

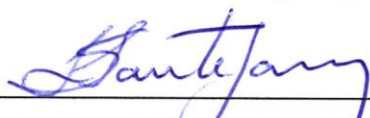
1. Conjunto de indicadores. 2. Gestão. 3. Indicadores de  
desempenho. 4. Controle de custos. I. Título.

CRISTIANO DE MORAES SHIRAISHI

**TRANSFORMAÇÃO DE MOTOR CICLO OTTO ORIGINALMENTE CARBURADO  
EM INJEÇÃO ELETRÔNICA**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “**GRADUADO EM  
ENGENHARIA MECANICA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



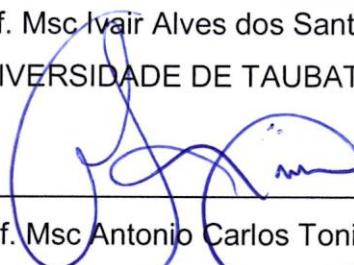
PROFESSOR MSC FABIO HENRIQUE FONSECA SANTEJANI

Coordenador de Trabalho de Graduação

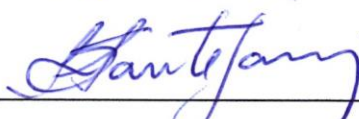
**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Msc Ivair Alves dos Santos  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Msc Antonio Carlos Tonini  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Msc Fabio Henrique Fonseca Santejani  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

**15/Junho/2018**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Joyce,  
as minhas filhas, Sofia e Rafaela,  
e ao meu sogro José Carlos.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha esposa Joyce e minhas filhas Sofia e Rafaela, pela compreensão das ausências em casa para a presença diária na faculdade, da ausência mesmo presente no quintal de casa para a montagem do projeto no nosso carro, dos passeios nos finais de semana não concretizados para a construção desse trabalho, pois desde o início me encorajou e me apoiou a lutar todos os semestres a chegar até o final.

Ao meu sogro José Carlos por ter confiado e me apoiado nessa jornada de estudos.

Ao meu orientador, Professor Msc Ivair Alves dos Santos por todo o incentivo e motivação na orientação deste trabalho.

Aos Professores Msc Antonio Carlos Tonini, Msc. Ivair Alves dos Santos e Msc Fábio Henrique Fonseca Santejani por aceitarem compor a banca examinadora.

Ao Dedinei Raymundo pela ajuda na oficina de solda da faculdade.

## RESUMO

Este trabalho irá abordar a adaptação de um sistema de injeção eletrônica em um veículo GM 1980 originalmente carburado. Nas últimas décadas, foram criadas legislações que limitam a emissão dos principais poluentes gerados pelos Motores de Combustão Interna sejam eles gasosos particulados ou sonoros, no Brasil o alto número de automóveis e o uso prolongado e veículos antigos são responsáveis pela principal poluição atmosférica no País. Buscando um mais perfeito desempenho e o melhor aproveitamento do combustível com menos emissão de poluentes foi desenvolvido o sistema de injeção eletrônica que com auxílio de sensores eletrônicos se adapta as diversas condições de funcionamento do motor realizando uma mistura perfeita entre ar/combustível. O Brasil é um dos países que possui um dos maiores números de veículos carburados do mundo. O uso prolongado desse tipo de veículos traz riscos ambientais, uma alternativa de reduzir esses riscos, é o aprimoramento do sistema de injeção de combustível dos veículos Ciclo Otto. O trabalho irá buscar os benefícios de adaptar a injeção eletrônica em um motor Ciclo Otto GM 1980, dentre ele ressaltar que o desempenho do veículo melhora consideravelmente e demonstrar passo a passo como foi a montagem da parte mecânica para adaptação do veículo desde a instalação dos bicos injetores no coletor de admissão até a regulagem da injeção programável, para obter resultados precisos em relação à injeção eletrônica iremos utilizar um instrumento de medição chamado hallmeter. A metodologia escolhida para a realização do trabalho foi pesquisa bibliográfica exploratória e pesquisa de campo. Com o projeto de adaptação da injeção eletrônica em um motor Ciclo Otto GM 1980, verificou-se sua viabilidade através dos benefícios obtidos, pois o veículo com injeção tem uma melhor homogeneização da mistura antes de ser admitida e o combustível é mantido em contato direto com o oxigênio, já isso não ocorre no processo com o carburador convencional.

**Palavras-chave:** Motores ciclo Otto, Injeção eletrônica e Benefícios.

## ABSTRACT

This work will address the adaptation of an electronic injection system in an originally carbureted 1980s GM vehicle. In recent decades, legislation has been created to limit the emission of the main pollutants generated by internal combustion engines, whether particulates, gases or noise emissions, in Brazil, the high number of automobiles and the long-term use of old vehicles are responsible for the main reason of air pollution in the country. Seeking for the most perfect performance and the best use of the fuel with less pollutants' emission, was developed the electronic injection system that with the aid of electronic sensors fit to the various engine operating conditions carries out a perfect mixture of air / fuel. Brazil is one of the countries that has one of the largest numbers of carbureted vehicles in the world. The long-term use of this type of vehicle brings environmental risks, an alternative to reduce these risks, is the improvement about the fuel injection system of the Otto Cycle vehicles. The work will seek the benefits of adapting the electronic injection in a 1980s Otto GM Cycle engine. It should be emphasized that the performance of the vehicle improves considerably and demonstrates step by step how the assembly of the mechanical part to adapt the vehicle since the installation of the injection nozzles in the intake manifold to programmable injection control, to obtain accurate results in relation to the electronic injection we will use a measuring instrument called a hallmeter. The methodology chosen for the study was exploratory bibliographical research and field research. With the project of adaptation of the electronic injection in a 1980s Otto GM cycle engine, it was verified its viability through the obtained benefits, since the vehicle with injection has a better homogenization of the mixture before being admitted and the fuel is kept in contact direct with oxygen, this is no longer the case with the conventional carburetor.

**Keywords:** Otto cycle engines, Electronic Injection and Benefits.



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Ciclo de trabalho de um moto quatro tempos .....  | 14 |
| Figura 2 – Vela de Ignição .....                             | 16 |
| Figura 3 – Bobina de Ignição .....                           | 16 |
| Figura 4 – Distribuidor de Ignição.....                      | 17 |
| Figura 5 – Injeção Eletrônica Programável.....               | 19 |
| Figura 6 – Bico Injetor de Combustível.....                  | 20 |
| Figura 7 – Sensor de Temperatura da agua.....                | 21 |
| Figura 8 – Sensor de Temperatura de Ar .....                 | 22 |
| Figura 9 – Roda Fônica.....                                  | 23 |
| Figura 10 – Sensor de Rotação .....                          | 23 |
| Figura 11 – Sonda Lambda .....                               | 24 |
| Figura 12 - Sensor Posição da Borboleta.....                 | 25 |
| Figura 13 – Sistema de Alimentação de Combustível .....      | 25 |
| Figura 14 – Hallmeter.....                                   | 26 |
| Figura 15 – Solda da Porca.....                              | 28 |
| Figura 16 - Motor sem coletor de admissão .....              | 28 |
| Figura 17 – Motor com Coletor de admissão e Carburador ..... | 29 |
| Figura 18 – Preparo do Coletor de admissão .....             | 29 |
| Figura 19 – Base em alumínio dos bicos injetores .....       | 30 |
| Figura 20 – Base com rosca .....                             | 30 |
| Figura 21 – Gabarito do Coletor para solda .....             | 30 |
| Figura 22 – Gabarito do Coletor junto com a flauta .....     | 31 |
| Figura 23 - Solda das peças .....                            | 31 |
| Figura 24 – Solda TIG do Coletor de admissão.....            | 32 |
| Figura 25 – Base do carburador.....                          | 32 |
| Figura 26 – Nova base do corpo de borboleta .....            | 33 |
| Figura 27 – Junta do Coletor .....                           | 33 |
| Figura 28 – Junta do corpo de borboleta.....                 | 33 |
| Figura 29 – Coletor Instalado no motor .....                 | 34 |
| Figura 30 – Roda fônica e Sensor de rotação .....            | 34 |
| Figura 31 – Alinhamento do sensor.....                       | 35 |
| Figura 32 – Adaptador do sensor de temperatura .....         | 35 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 33 – Mangueira de arrefecimento.....                    | 36 |
| Figura 34 – Bomba e filtro de combustível no porta malas ..... | 36 |
| Figura 35 – Mangueira de combustível .....                     | 37 |
| Figura 36 – Mangueira em PU .....                              | 37 |
| Figura 37 – Instalação elétrica .....                          | 38 |
| Figura 38 – Instalação dos Reles .....                         | 38 |
| Figura 39 – Instalação vista por cima .....                    | 39 |
| Figura 40 – Instalação Finalizada.....                         | 39 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1 – Mapa da Injeção .....                  | 41 |
| Gráfico 2 – Gráfico por temperatura do motor ..... | 42 |
| Gráfico 3 – Gráfico de temperatura do ar .....     | 43 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|          |  |
|----------|--|
| Bar      | Unidade de medida de pressão                                     |
| CAN-USB  | Cabo de dados para comunicação                                   |
| CONAMA   | Conselho Nacional do Meio Ambiente                               |
| Cv       | Cavalo-vapor   |
| DENATRAN | Departamento Nacional de Transito                                |
| GM       | General Motors   |
| KV       | Medida de tensão elétrica  |
| MAP      | Manifold Absolute Pressure                                       |
| MCI      | Motor de combustão interna                                       |
| MIF 4T   | Motor Otto de 4 tempos   |
| PROCONVE | Programas de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores |
| Pu       | Poliuretano  |
| RPM      | Rotações por minuto  |
| TIG      | Tungsten Inert Gas   |
| TPS      | Sensor de Posição da Borboleta                                   |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....                               | 12 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                     | 13 |
| 2.1 MOTORES CICLO OTTO.....                      | 13 |
| 2.2 SISTEMA DE IGNIÇÃO .....                     | 15 |
| 2.3 SISTEMA DE INJEÇÃO CARBURADO .....           | 18 |
| 2.4 SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA.....           | 18 |
| 2.4.1 Modulo de Injeção Programável .....        | 19 |
| 2.4.2 Bico Injetor .....                         | 19 |
| 2.4.3 Sensor de temperatura da água .....        | 20 |
| 2.4.4 Sensor de temperatura do ar .....          | 21 |
| 2.4.5 Roda fônica .....                          | 22 |
| 2.4.6 Sensor de rotação .....                    | 23 |
| 2.4.7 Sonda Lambda .....                         | 24 |
| 2.4.8 Sensor de posição da Borboleta.....        | 24 |
| 2.4.9 Sistema de alimentação de combustível..... | 25 |
| 2.4.10 Hallmeter.....                            | 26 |
| 3 METODOLOGIA .....                              | 27 |
| 4 DESENVOLVIMENTO .....                          | 28 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                    | 40 |
| 6 CONCLUSÃO .....                                | 44 |
| REFERÊNCIAS .....                                | 45 |

## 1 INTRODUÇÃO

Os motores ciclo Otto surgiram em 1876 por Nikolaus August Otto, este tipo de motor utilizava do carburador como sistema de alimentação padrão em todos os motores a combustão, contudo ele passou por diversas melhorias ao longo de décadas. Entretanto esse sistema de alimentação era somente mecânico e havia amplas restrições para dosar o combustível de forma eficiente em todas as condições de trabalho de um motor, gerando um desperdício de combustível, baixo desempenho e desgaste prematuro das peças internas e alta emissão de poluentes na atmosfera.

A injeção eletrônica começou a ser utilizada nos Estados Unidos em 1958 oferecendo melhores condições de funcionamento do motor alterando o aproveitamento do combustível, aqui no Brasil como existem restrições quanto a importações de peças essa tecnologia demorou a chegar, sendo somente em 1989 a Volkswagen trouxe essa tecnologia e lançou o Gol GTi com um motor 2.0 8V a gasolina capaz de entregar 112 cv de potência com a conveniência de dar menos manutenção que o carburador e aposentar de vez o incômodo afogador.

Segundo o DENATRAN, o principal responsável pela poluição no País em 2010, foi o grande número de automóveis antigos com o uso prolongado, em dez anos, o crescimento da frota de veículos foi de 119% no País, com o balanço anual de 64.817 milhões de veículos registrados.

Com a criação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) através da Resolução CONAMA nº 18, de 06 de junho de 1986 no Brasil, seu objetivo principal está à instituição de regras que promovam a redução da emissão de poluentes por veículos automotores e o desenvolvimento tecnológico nacional.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MOTORES CICLO OTTO

Em meados do século XVII ocorreram às primeiras tentativas de construção de um motor por combustão, onde a combustão gerada pelo combustível, que nos primeiros protótipos era a pólvora, movimentava um pistão dentro de um cilindro. Apesar das primeiras tentativas ocorrerem nessa época, documentos históricos delatam um esquemático idealizado por Leonardo da Vinci em 1508, onde sua proposta era elevar um peso por meio do fogo (CÂMARA, 2006).

Segundo Froes (2013) quando pensamos em motores de combustão interna, logo partimos do conceito de máquina térmica, basicamente um conjunto de peças fixas e móveis que transformam a energia química do combustível em calor, onde após esse processo é gerada assim a energia mecânica.

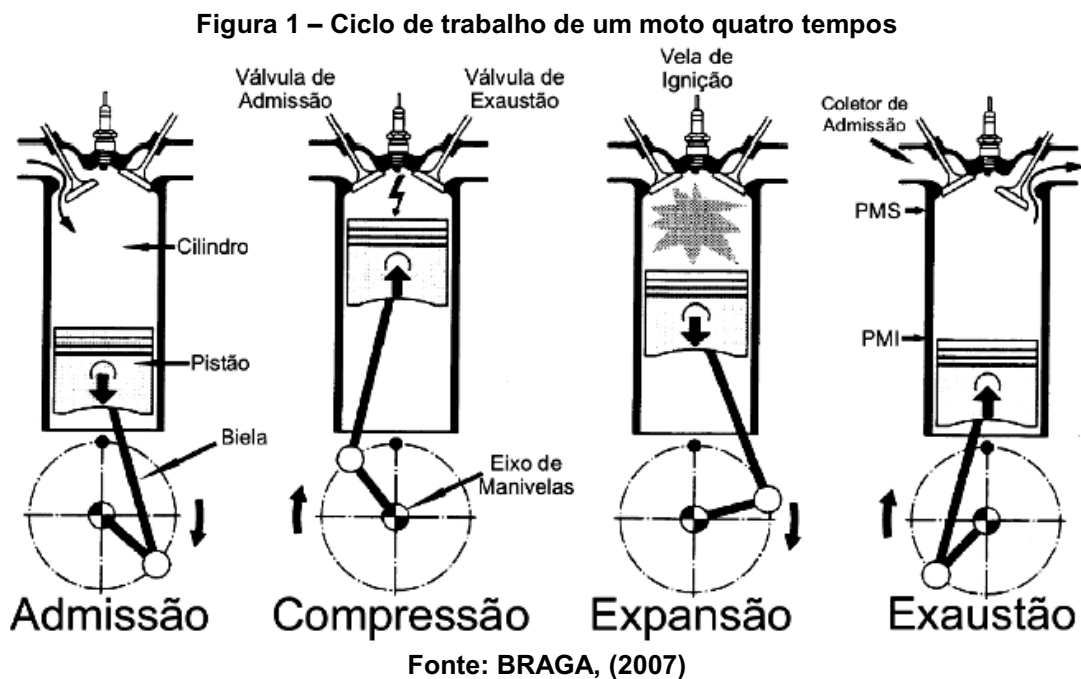
O MIF 4T é baseado nos princípios de funcionamento apresentados por Beau de Rochas em 1862, entretanto, o aperfeiçoamento e a aplicação prática desses motores deve-se a Nikolaus August Otto em 1876. Por causa disso, esse motor é normalmente denominado "motor Otto" (FROES, 2013).

Motores a explosão ciclo Otto também são conhecidos como motores de ignição por centelha, e podem ser de dois ou quatro tempos, segundo SANTOS (2004).

Segundo Braga (2007) a potência gerada em um motor de combustão interna (MCI) é consequência da explosão vinda da queima de combustível. Os motores de quatro tempos precisam de quatro fases para realizar o ciclo completo (Figura 1), sendo elas:

- Fase de Admissão: A válvula de admissão encontra-se aberta e a válvula de escape fechada, o pistão é puxado dentro do cilindro pela ação do eixo de manivelas e à medida que o pistão desce ele cria um vácuo parcial no cilindro fazendo com que a mistura ar combustível entre no cilindro.
- Fase de Compressão: Ambas as válvulas encontram-se fechadas e o pistão é empurrado para cima do cilindro, pela ação da manivela. A mistura de ar combustível no cilindro é comprimida para uma alta pressão. Essa alta pressão é necessária para extrair a máxima quantidade de energia do combustível.

- Fase de Explosão: Ambas as válvulas estão fechadas e a faísca da vela ascende o combustível ocorrendo à explosão e isso faz com que a pressão no interior do cilindro empurre o pistão para baixo, gerando assim a potência do motor. A faísca é gerada antes de o pistão alcançar o ponto máximo superior devido ao tempo de propagação da explosão;
- Fase de Exaustão: A válvula de escape encontra-se aberta e a válvula de admissão está fechada, a ação da manivela empurra o pistão para cima do cilindro para expulsar o gás gerado. O ciclo está completo e o motor encontra-se pronto para iniciar o próximo ciclo.



Os quatro ciclos são completados através de duas voltas do virabrequim, que é equivalente a um movimento angular de  $720^\circ$ . (BRAGA, 2007)

Conforme Braga (2007) para sincronizar a abertura das válvulas, utiliza-se de um comando de válvula que consiste de um eixo com cames. Esse eixo é interligado ao eixo de manivelas por meio de um mecanismo de transmissão de força, podendo ser varetas, corrente ou correia dentada. O mecanismo mais utilizado é a correia dentada, que se encontra nas extremidades das polias do eixo de comando até a polia do eixo de manivelas. Para que haja o ciclo completo do motor, o eixo de manivelas necessita girar duas voltas completas com isso a relação entre as polias é de 2:1.



Segundo Santos (2004) o motor pode ser alimentado por meio de um carburador, onde o combustível é sugado para o inteiro do cilindro através do vácuo parcial gerado pelo movimento do pistão ou por um sistema de injeção eletrônica que injeta o combustível diretamente em cima da válvula de admissão. O sistema de ignição controla a faísca da vela, e em carros carburados o controle da sequência da ignição é feita através de um distribuidor e uma bobina para gerar a faísca.

Devido à legislação criada o carburador foi extinto por não se adequar as normas rigorosas do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, com isso a injeção eletrônica ganhou espaço no setor automotivo e com isso houve um aumento da utilização eletrônica em veículos onde buscaram uma melhor eficiência dos motores e redução dos níveis de emissão de poluentes atendendo a legislação do país (SANTOS, 2004).

## 2.2 SISTEMA DE IGNIÇÃO

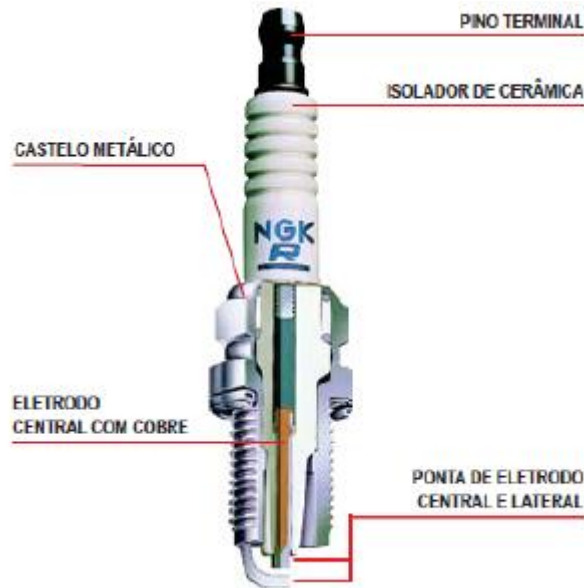
Para que haja a queima de combustível é necessário um sistema de ignição que tem a função de gerar uma centelha dentro da câmara de combustão, isso ocorre em um momento exato para garantir o mais perfeito aproveitamento da energia do combustível (ALFATEST, 1995).

Segundo o manual de tecnologia automotiva da BOSCH (2004), o sistema de ignição, com platinado ou eletrônico, tem a função de produzir faísca com potência suficiente para realizar uma combustão adequada.

A vela de ignição (Figura 2) fica localizada no cabeçote do motor onde cada cilindro possui a sua, quando a tensão elétrica é fornecida às velas, há um rompimento do dielétrico, onde a tensão salta através do espaço entre os eletrodos em forma de faísca, gerando uma energia suficiente para inflamar o combustível (NGK, 2010).

A base da vela que contém a rosca para fixação no cabeçote é chamada de castelo metálico e, em sua extremidade, a ponta lateral do eletrodo, fecha o circuito elétrico da centelha com a ponta do eletrodo como a figura abaixo (NGK, 2010).

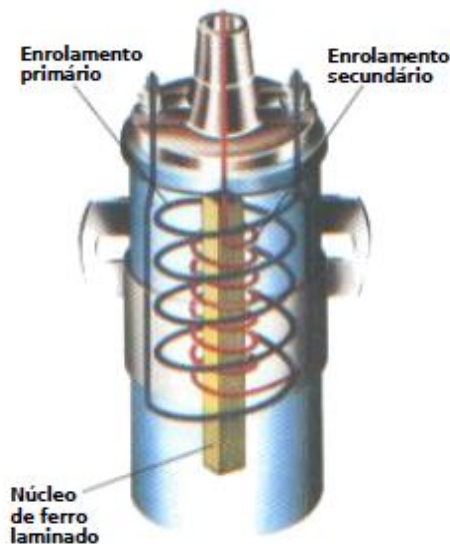
**Figura 2 – Vela de Ignição**



Fonte: NGK (2010)

É preciso que seja aplicada uma tensão alta para ultrapassar a barreira de potencial do ar para que ocorra a centelha na vela, que segundo TECNOMOTOR (1987), normalmente ocorre com uma tensão superior a 5 KV para as distâncias de abertura padrão das velas. Para que isso ocorra, é necessário um transformador popularmente chamado de bobina de ignição, que é apresentada na Figura 3.

**Figura 3 – Bobina de Ignição**

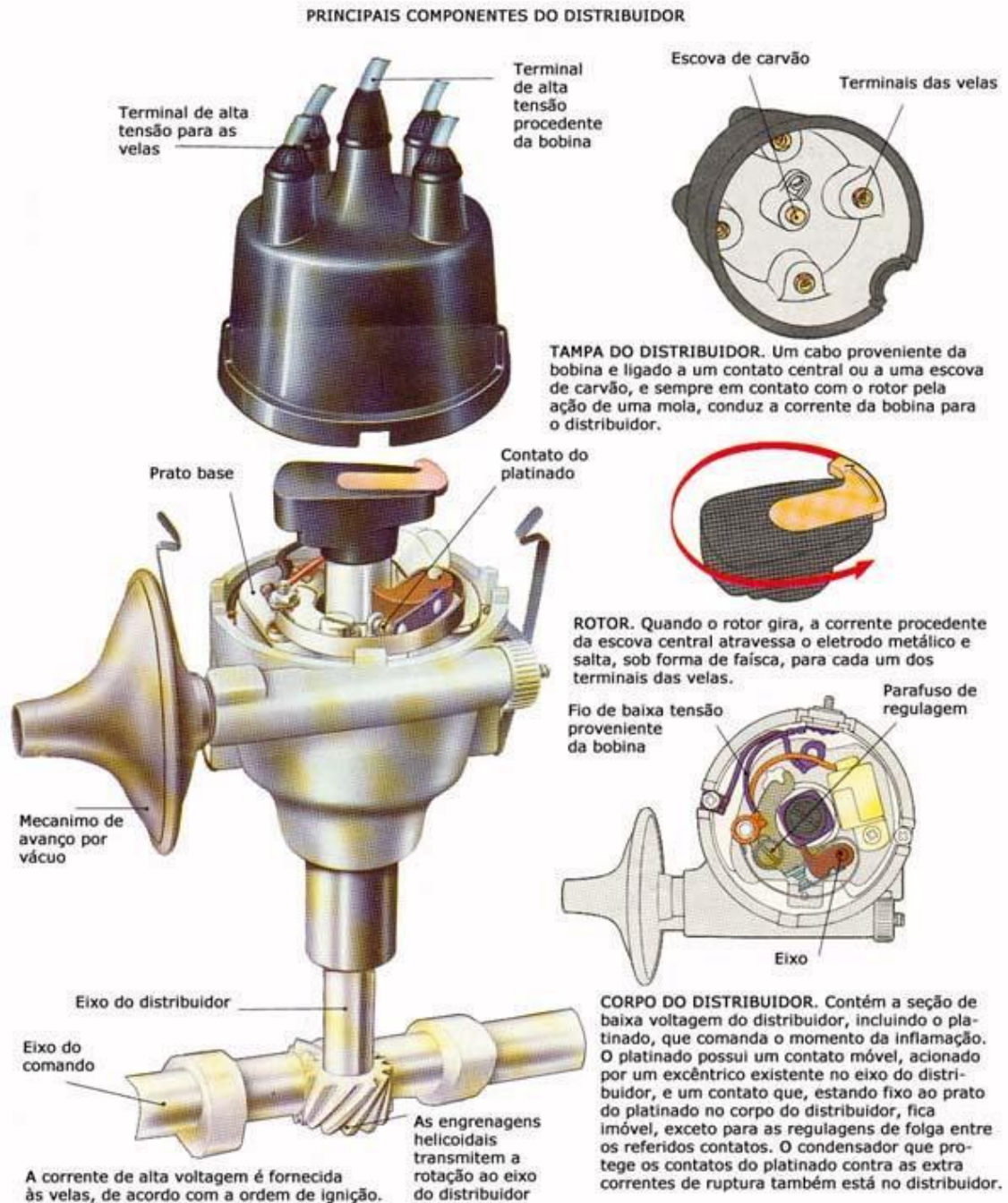


Fonte: Alfatest (1995)

Segundo Tecnomotor (1987) posteriormente a corrente da bobina deverá ser distribuída para cada cilindro de maneira ordenada e correta, o responsável por esta

função é do distribuidor. O distribuidor (Figura 4) pode ser acionado pelo comando de válvula ou pelo eixo virabrequim, a ordem de ignição é feita pela colocação correta dos cabos na tampa do distribuidor.

Figura 4 – Distribuidor de Ignição



Fonte: Alfatest (1995)

### 2.3 SISTEMA DE INJEÇÃO CARBURADO

Conforme Santos (2004), o componente responsável pela alimentação de um motor de combustão interna é o carburador, peça responsável pela formação da mistura ar/combustível e sua dosagem. Seu sistema é completamente mecânico.

O ar sugado para dentro do cilindro passa em alta velocidade pelo estreitamento do tubo onde se encontra um pequeno furo chamado de giclê, onde se arrasta uma porção de combustível do reservatório chamado de cuba. O combustível é inserido na cuba através de uma bomba onde tem seu nível controlado por uma boia e agulha. A borboleta é acionada pelo pedal de acelerador, onde dosa de acordo com sua abertura, a mistura que é aspirada. Com essa quantidade de ar/combustível é determinada o RPM (rotações por minuto) e a potência que irá ser gerada pelo motor (SANTOS, 2004).

Ainda conforme Santos (2004), o carburador já foi considerado o elemento principal do sistema de alimentação, onde era responsável controlar a mistura ar/combustível nas devidas proporções para um funcionamento correto do motor, mesmo sofrendo muitas alterações o carburador não alcançou toleráveis níveis de emissão exigidos por lei, o que ocasionou a substituição do mesmo pela injeção eletrônica.

### 2.4 SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA

Segundo Denton (2004), é formada por um sistema de alimentação diferenciado onde o combustível não é sugado pelo motor, o mesmo é pulverizado dentro do motor através de eletroválvulas denominadas válvulas de injeção. O motor contém sensores que efetuam a leitura das condições de funcionamento e as envia para a unidade de central eletrônica, com essas informações, é ajustado e controlado o sistema através dos atuadores.

Para que o combustível chegue até o distribuidor conhecido como flauta que está localizada no coletor de admissão juntamente com as válvulas de injeção, a linha de combustível deverá ter uma pressão constante gerada por uma bomba elétrica. De acordo com a solicitação da central essas válvulas abrem e fecham regulando a passagem de combustível (DENTON, 2004).

### 2.4.1 Modulo de Injeção Programável

Injeção eletrônica programável (Figura5) é utilizada para gerenciar o motor do veículo, substituindo ou trabalhando em paralelo com a injeção original, obtendo o controle total do sistema de injeção e ignição do veículo em tempo real, que pode ser configurada no interior do veículo, diretamente no módulo, utilizando seus botões, ou com comunicação via software de computador através de cabo CAN-USB (FUELTECH, 2017).

**Figura 5 – Injeção Eletrônica Programável**



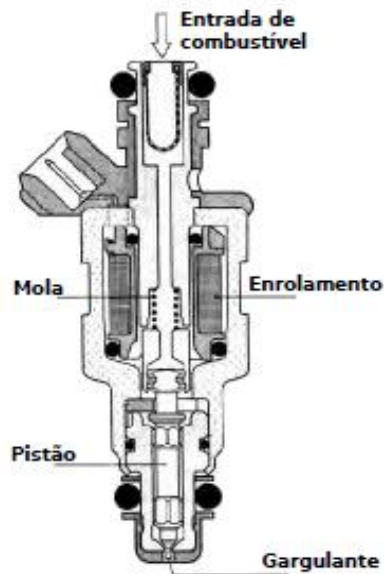
**Fonte: FuelTech (2017)**

### 2.4.2 Bico Injetor

É uma válvula agulha acionada por um solenoide, que quando é aplicada corrente a válvula se abre e a gasolina pressurizada passa rapidamente por um orifício bem fino na ponta do bico, criando um jato. Um dos objetivos dos bicos (Figura 6) é dosar a gasolina com extrema precisão independente do fluxo do ar (DENTON, 2004).

Para que haja liberação de combustível o bico recebe um pulso elétrico no início da abertura da válvula de admissão, a quantidade de combustível será proporcional ao tempo que ela fica aberta e à medida que o motor acelera (DENTON, 2004).

Figura 6 – Bico Injetor de Combustível



Fonte: DENTON (2004)

#### 2.4.3 Sensor de temperatura da água

O sensor é formado basicamente por dois resistores ligados em série, sendo um localizado dentro da unidade central eletrônica com resistência fixa e o outro sendo o próprio sensor, sendo variável (MTE THOMSON, 2017).

O sensor de temperatura (Figura 7) é um *Termistor*, que está localizada no cabeçote, onde é a parte mais quente do motor. Sua ponta está em contato com o líquido de arrefecimento e reage com as alterações da temperatura variando sua resistência e fornecendo a central uma informação para que ela controle o funcionamento do motor, contudo a falta de informação não impede o funcionamento do motor, pois a central detecta essa falta e utiliza outro parâmetro, mas o tempo de injeção e o controle de óxido ficam comprometidos, aumentando o consumo e com baixa performance (MTE THOMSON, 2017).

**Figura 7 – Sensor de Temperatura da água**



**Fonte: MTE THOMSON (2017)**

#### 2.4.4 Sensor de temperatura do ar

Seu funcionamento é praticamente igual ao sensor de temperatura do líquido de arrefecimento, o que os diferenciam é que este sensor (Figura 8) trabalha em contato com o ar admitido e não com o líquido de arrefecimento (MTE THOMSON, 2017).

A central de comando monitora o sinal do sensor de temperatura do ar para corrigir a leitura da massa de ar, em função da sua densidade (quanto menor a temperatura, mais denso é o ar). A medição da temperatura do ar aspirado pelo motor é feita pelo sensor de temperatura colocado antes do corpo de borboletas (MTE THOMSON, 2017).

**Figura 8 – Sensor de Temperatura de Ar**



**Fonte: MTE THOMSON (2017)**

#### 2.4.5 Roda fônica

Segundo Alfatest (1995), a criação da roda fônica (Figura 9) inovou a engenharia da injeção eletrônica, apesar de ser simples, ela se torna a referência total do motor para que a injeção trabalhe.

Com o passar do tempo vários fabricantes a desenvolveram, com suas próprias referências, mas, o princípio de funcionamento é igual (ALFATEST, 1995).

A roda fônica é uma roda dentada instalada no virabrequim, onde seu funcionamento é igual a um transferidor, que mede a rotação do motor através dos ângulos e informa os pontos de abertura e fechamento das válvulas. A polia é alinhada de forma que seu ponto zero indique o ponto morto superior (ALFATEST, 1995).



**Figura 9 – Roda Fônica**



**Fonte: FuelTech (2017)**

#### 2.4.6 Sensor de rotação

Sua principal função é captar através de pulsos, a velocidade de rotação (RPM) na roda fônica informando a central de injeção. É um componente muito importante no sistema, pois sem ele, o motor de alguns modelos de veículos não entra em funcionamento (MTE THOMSON, 2017).

Esse sensor (Figura 10) é basicamente um ímã enrolado em uma bobina dentro de um cilindro selado (MTE THOMSON, 2017).

**Figura 10 – Sensor de Rotação**



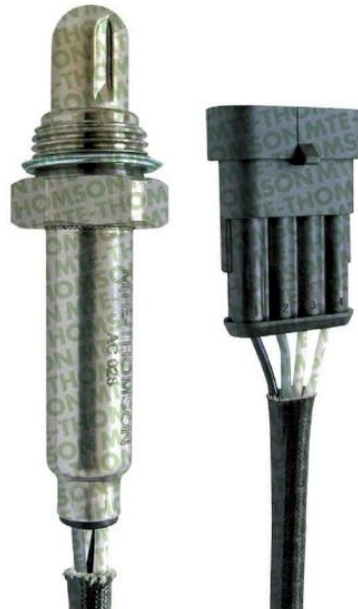
**Fonte: MTE THOMSON (2017)**

#### 2.4.7 Sonda Lambda

A sonda (Figura 11) é um sensor que indica a presença de oxigênio nos gases gerado pela fase de explosão, permitindo o controle da proporção de combustível enviado na fase de admissão. Sua localização é logo após o coletor de escape (MTE THOMSON, 2017).

Lambda refere-se à letra grega que é utilizada para descrever o volume de ar na mistura ar/combustível (MTE THOMSON, 2017).

**Figura 11 – Sonda Lambda**



**Fonte: MTE THOMSON (2017)**

#### 2.4.8 Sensor de posição da Borboleta

Segundo MTE Thomson (2017), o sensor de posição da borboleta (Figura12) (TPS) está localizada no mesmo eixo da borboleta de aceleração. Ela determina a posição angular do eixo, assim informando a central qual é a abertura da borboleta.

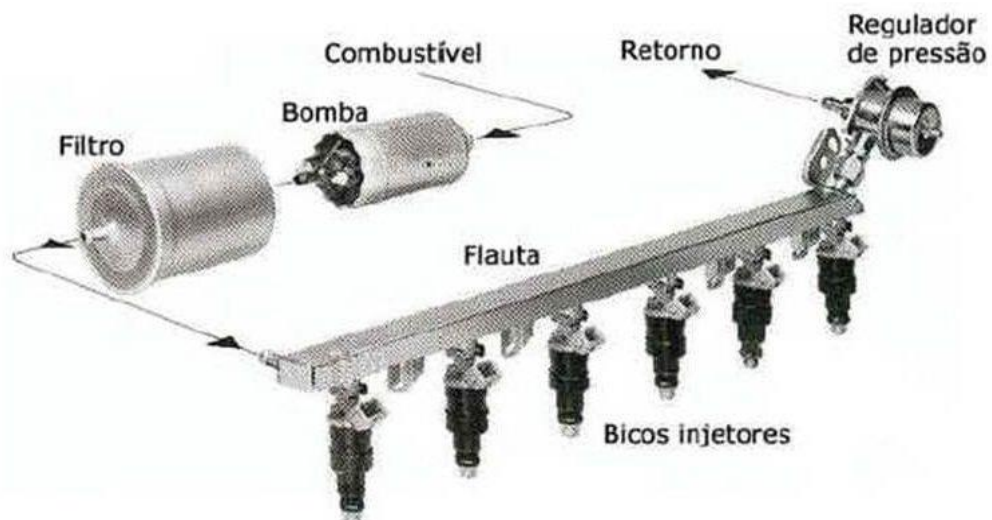
Essa posição é captada por um potenciômetro circular que com o movimento do eixo, altera-se a resistência do sensor assim alterando a tensão de retorno para central (MTE THOMSON, 2017).

**Figura 12 - Sensor Posição da Borboleta**

Fonte: MTE THOMSON (2017)

#### 2.4.9 Sistema de alimentação de combustível

O combustível é enviado para o motor por uma mangueira de alta pressão através de uma bomba elétrica que pode ser instalada dentro ou fora do tanque. O combustível passa por um filtro antes de chegar ao tubo de distribuição, também conhecida como flauta, onde estão os bicos injetores e o regulador de pressão, onde este tem a função de deixar a pressão da linha de combustível (Figura 13) constante em relação à pressão do coletor (MTE THOMSON, 2017).

**Figura 13 – Sistema de Alimentação de Combustível**

Fonte: MTE THOMSON (2017)

#### 2.4.10 Hallmeter

Segundo Santos (2004), é um aparelho (Figura 14) utilizado para monitorar a proporção ar/combustível que está sendo usada pelo motor, sua principal função visual é de identificar se a mistura do combustível está equalizada para evitar alto consumo, perde desempenho e até mesmo quebra do motor.

Conforme Santos (2004), esse instrumento contém 3 graus de classificação:

- Rica: Muito combustível para pouco oxigênio, causando grande emissão de poluentes.
- Ideal: Mistura estequiométrica.
- Pobre: Muito oxigênio para pouco combustível, para causar sobre aquecimento do motor levando a quebra.

Figura 14 – Hallmeter



Fonte: Próprio autor

### 3 METODOLOGIA

Utilizando como metodologia a busca de uma maior compreensão do assunto através de pesquisas bibliográficas exploratória, visando alcançar os objetivos propostos, foi enfatizado o campo de pesquisa em uma área conhecida, resgatando informações adquiridas durante o tempo que atuei.

Conforme Andrade (1997) uma pesquisa bibliográfica pode ser desenvolvida como um trabalho em si mesmo ou constituir-se numa etapa de elaboração de monografias, dissertações, etc. De acordo com a autora, não existem regras fixas para a realização de pesquisas bibliográficas, mas algumas tarefas que a experiência demonstra serem importantes. Dessa forma, seguiu-se o seguinte roteiro de trabalho:

- a) Exploração das fontes bibliográficas: livros, revistas científicas, teses, relatórios de pesquisa entre outros, que contêm não só informação sobre determinados temas, mas indicações de outras fontes de pesquisa;
- b) Leitura do material: conduzida de forma seletiva, retendo as partes essenciais para o desenvolvimento do estudo;
- c) Elaboração de fichas: contém resumos de partes relevantes do material consultado;
- d) Conclusões: obtidas a partir da análise dos dados. O cuidado aqui observado diz respeito ao posicionamento em relação ao problema pesquisado.

A Pesquisa Exploratória proporciona maior intimidade com o problema a fim de torná-lo compreensível e propiciar um sólido conceito para a elaboração das hipóteses, envolvendo investigação bibliográfica, entrevistas com indivíduos que presenciaram experiências práticas com o problema de pesquisa e a interpretação de modelos que possam estimular o entendimento, sendo evidenciadas normalmente pelas pesquisas bibliográficas e estudos de caso (GIL, 1991; MALHOTRA, 2004).

#### 4 DESENVOLVIMENTO

Antes do início da fase de desmontagem do motor, o veículo foi enviado à uma loja especializada em escapamento para efetuar um furo e a fixação por solda da porca m18 x 1,5 no tubo de escapamento para a instalação da sonda lambda conforme Figura 15:

**Figura 15 – Solda da Porca**



Fonte: Próprio autor

Foi iniciada a retirada das mangueiras de arrefecimento do coletor de admissão e logo em seguida efetuada o desaperto dos dez parafusos sextavados 13 mm existentes no bloco do motor para a remoção do coletor (Figura 16) juntamente com o carburador como observado na Figura 17.

**Figura 16 - Motor sem coletor de admissão**



Fonte: Próprio autor

**Figura 17 – Motor com Coletor de admissão e Carburador**



Fonte: Próprio autor

Posteriormente, foi realizado o preparo do coletor de alumínio para receber os bicos injetores e flauta de combustível.

Para isso foram efetuados quatro furos nos tubos do coletor de admissão (Figura 18).

**Figura 18 – Preparo do Coletor de admissão**



Fonte: Próprio autor

Confeccionado quatro anéis de alumínio (Figura 19) como base para os bicos poderem pulverizar o combustível na entrada de cada cilindro.

**Figura 19 – Base em alumínio dos bicos injetores**



Fonte: Próprio autor

Confeccionado uma base com rosca (Figura 20) para a fixação da flauta de combustível. Sendo utilizados os conhecimentos sobre usinagem, solda e velocidade de corte para furos.

**Figura 20 – Base com rosca**



Fonte: Próprio autor

Foi realizado os ajustes das peças antes de ser realizado a soldagem (Figura 21).

**Figura 21 – Gabarito do Coletor para solda**

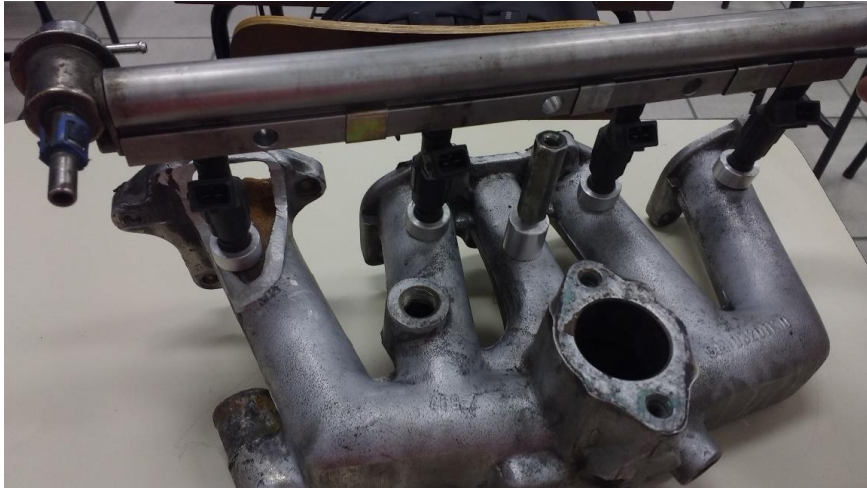


Fonte: Próprio autor



Instalado os bicos e flauta no local para conferencia dos ajustes (Figura 22).

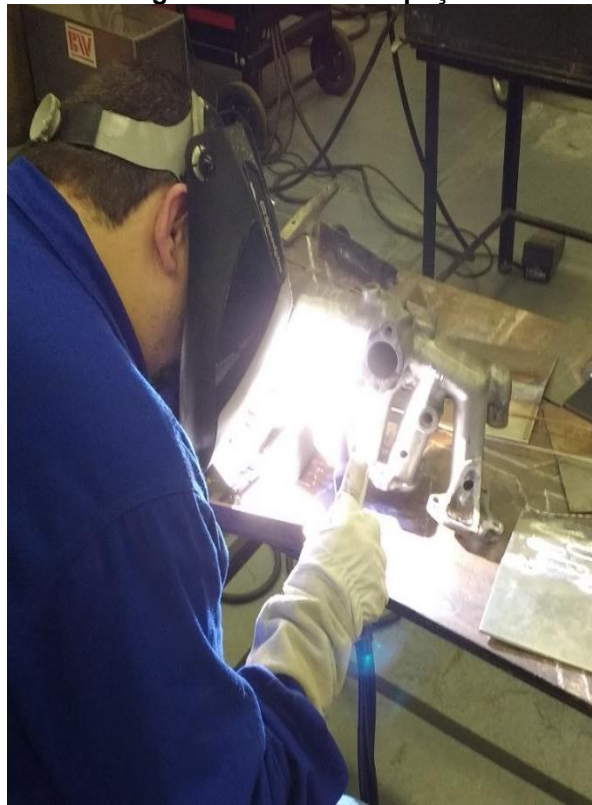
**Figura 22 – Gabarito do Coletor junto com a flauta**



Fonte: Próprio autor

Soldagem das peças no coletor de admissão utilizando maquina de solda TIG (Figura 23)

**Figura 23 - Solda das peças**



Fonte: Próprio autor

Coletor de admissão após o processo de soldagem (figura 24).

**Figura 24 – Solda TIG do Coletor de admissão**



**Fonte: Próprio autor**

Foi necessária a confecção de uma base em aço (Figura 26) para a fixação do corpo de borboleta no coletor de admissão, devido as dimensões de fixação não serem compatíveis (Figura 25). Nela foi utilizado o conhecimento sobre fresagem.

**Figura 25 – Base do carburador**



**Fonte: Próprio autor**

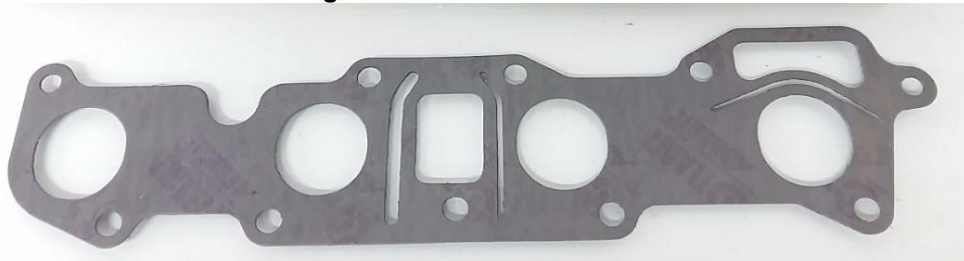
**Figura 26 – Nova base do corpo de borboleta**



**Fonte: Próprio autor**

Para a reinstalado do coletor de admissão modificado no bloco do motor foi necessária a troca da junta do coletor (Figura 27) e corpo de borboleta (Figura 28) para evitar entrada de ar falsa pela junção e prejudicar perfeito funcionamento do motor.

**Figura 27 – Junta do Coletor**



**Fonte: Próprio autor**

**Figura 28 – Junta do corpo de borboleta**



**Fonte: Próprio autor**

**Figura 29 – Coletor Instalado no motor**



Fonte: Próprio autor

Logo após a fixação do coletor de admissão conforme Figura 29, foi feita a instalação da polia com a roda fônica no virabrequim e suporte para fixação do sensor de rotação (Figura 30).

**Figura 30 – Roda fônica e Sensor de rotação**



Fonte: Próprio autor

Com isso foi necessário fazer o alinhamento do sensor em relação aos dentes da roda fônica (Figura 31) para melhor recebimento do sinal de posição do virabrequim.

**Figura 31 – Alinhamento do sensor**

Fonte: Próprio autor

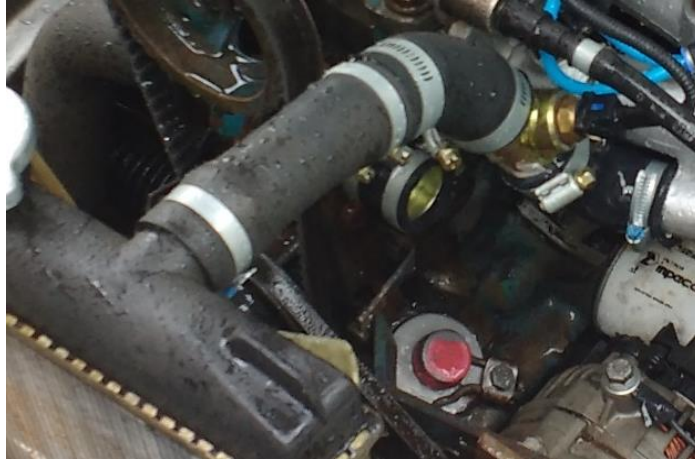
Para a melhor disposição do sensor de temperatura da água do motor foi necessário confeccionar uma bucha de redução M22x1,5 para M12x1,5 no adaptador (Figura 32) pois não existia no mercado as medidas necessárias para a compra. Utilizada conhecimento de confecção de roscas.

**Figura 32 – Adaptador do sensor de temperatura**

Fonte: Próprio autor

Em seguida foi reinstalada as mangueiras de arrefecimento no motor juntamente com o adaptador e sensor de temperatura conforme demonstra Figura 33.

**Figura 33 – Mangueira de arrefecimento**



Fonte: Próprio autor

Para a linha de combustível, foi soldada um niple na parte mais baixa do tanque de combustível com a instalação de uma bomba externa de 3,5 bar de pressão para enviar o combustível para a flauta e um filtro para evitar que pequenas partículas possam entrar na linha de combustível (Figura 34).

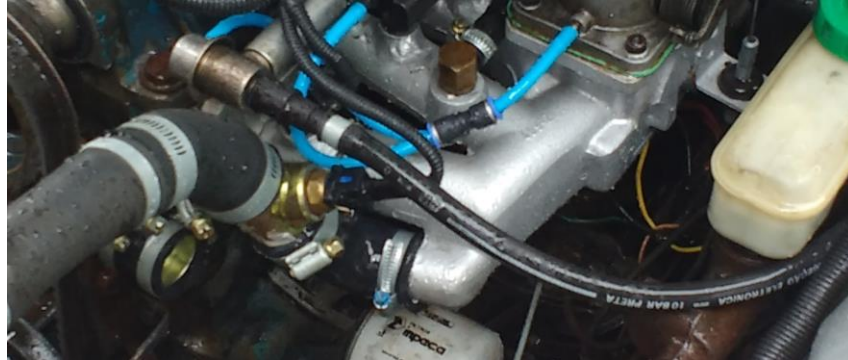
**Figura 34 – Bomba e filtro de combustível no porta malas**



Fonte: Próprio autor

Houve a necessidade de passar duas mangueiras do porta malas até a parte da frente do veículo para alimentação e retorno de combustível não utilizado para o tanque.

**Figura 35 – Mangueira de combustível**



Fonte: Próprio autor

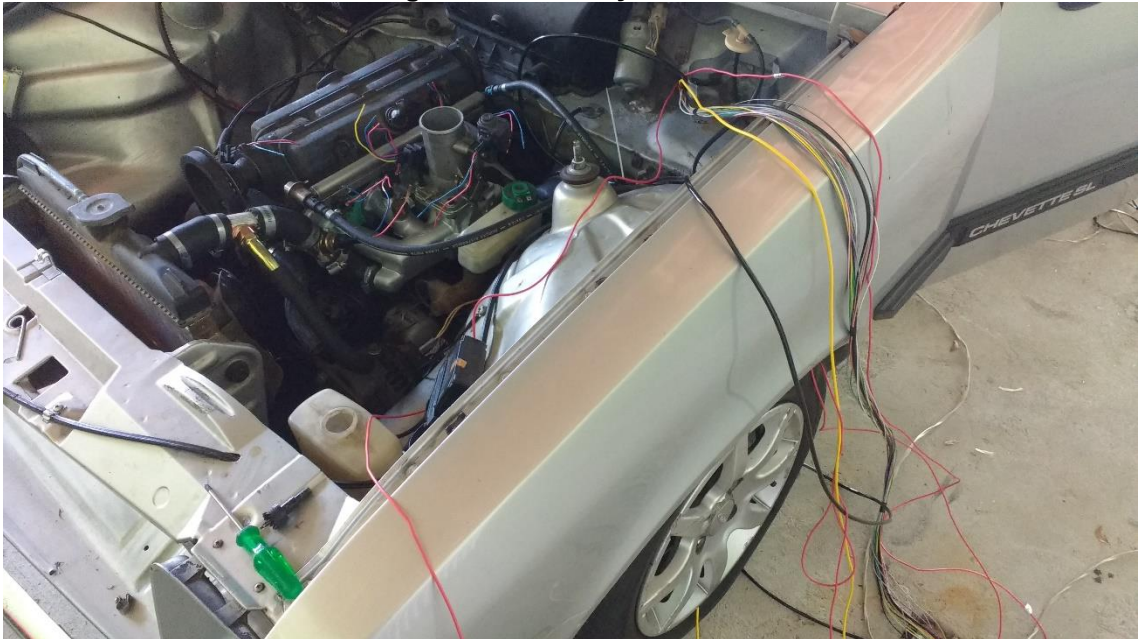
Mangueiras em PU azul foi instalada do coletor de admissão ao regulador de pressão e até o sensor de pressão MAP do modulo de injeção programável no interior do veículo para monitoramento da pressão no coletor (Figura 36).

**Figura 36 – Mangueira em PU**



Fonte: Próprio autor

Conforme manual da Fueltech, toda instalação elétrica foi realizada efetivamente garantindo seu perfeito funcionamento, conforme a figura 37.

**Figura 37 – Instalação elétrica**

Fonte: Próprio autor

Foram fixados os reles e porta-fusíveis em uma barra galvanizada para melhor disposição (Figura 38).

**Figura 38 – Instalação dos Reles**

Fonte: Próprio autor



**Figura 39 – Instalação vista por cima**



Fonte: Próprio autor

Após toda instalação pronta (Figura 39), os fios foram protegidos por uma capa antichamas (Figura 40).

**Figura 40 – Instalação Finalizada**



Fonte: Próprio autor

Com a conclusão da instalação elétrica, foi iniciada a configuração do módulo de injeção programável conforme o manual técnico da Fueltech, para que o motor entre em funcionamento pela primeira vez após a alteração.

Com o motor já em funcionamento foi realizado os ajustes de tempo de injeção e ponto de ignição conforme pressão do coletor, temperatura do ar aspirado, temperatura do motor, rotação e tensão, com auxílio do instrumento hallmeter.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mesmo com um funcionamento simples, o carburador está suscetível a falhas causadas pelo uso e por não estar apto a funcionar adequadamente com os combustíveis com elevada proporção de álcool na composição da gasolina.

O carburador contempla vários componentes que ficam em contato direto com a gasolina assim ressecando como, por exemplo, o diafragma e juntas ocasionando vazamento de combustível, entrada de ar falsa e também a corrosão das partes internas do carburador podendo obstruir pequenas passagens de combustível, assim aumentando a frequência de manutenção.

Com a instalação da injeção eletrônica houve uma redução considerável na manutenção do sistema de alimentação do motor, pois não há vários componentes em contato com o combustível, trazendo uma economia na manutenção preventiva do veículo.

O carburador por ser totalmente mecânico, não consegue se adaptar perfeitamente em relação ar/combustível em todas as condições em que o motor é submetido, havendo um desperdício de combustível e um aumento nos gases poluentes.

Os sensores instalados para o sistema de injeção eletrônica têm a função de captar todos os regimes de funcionamento do motor, enviando as informações para o módulo e assim obtendo a melhor mistura estequiométrica, economizando combustível e diminuindo os gases poluentes.

Segundo a revista Exame, as cidades ainda não sumiram pela nuvem de poluição foi graças à injeção eletrônica que foi uma das invenções que mudaram a história do automóvel.

Capaz de calcular a mistura ar-combustível e o momento exato da explosão milhares de vezes por segundo, acompanhando as variáveis que modificam a relação entre ar e combustível: quantidade de combustível e entrada do ar, temperatura do ar, momento de ignição da vela e no final do processo, uma sonda lambda que faz o controle dos gases. Analisando a queima do combustível e refazendo os parâmetros.

Com o ajuste fino dos parâmetros de injeção, os índices de emissão de poluentes foram minimizados a uma proporção que não ocorria há dez anos. Um veículo dos anos 80 emitia 50 gramas de monóxido de carbono e o dos anos 60,

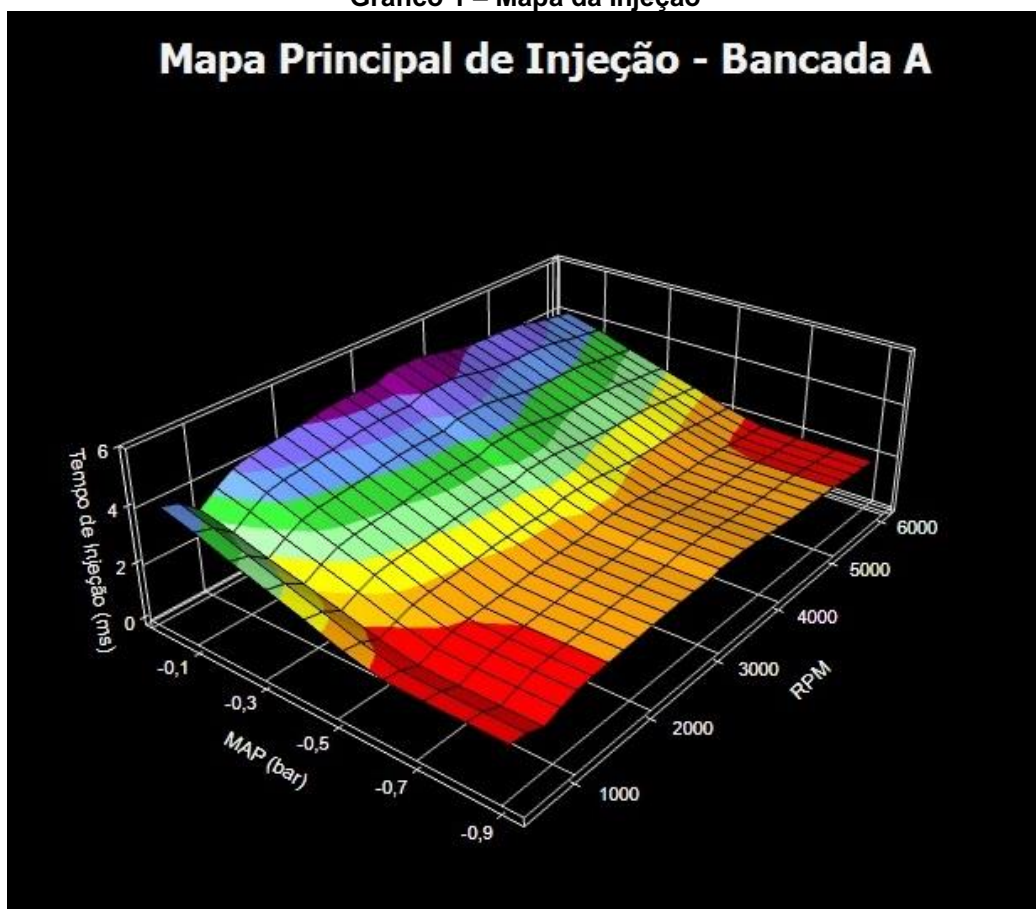
cerca de 400 gramas por quilometro percorrido, enquanto os veículos com injeção eletrônica de combustível emitem apenas 4 gramas

Consumo de combustível e poluição sempre estão juntos, mas a mistura estequiométrica é sinônimo de melhor aproveitamento do combustível que há no tanque do veículo.

Outro ganho com a injeção eletrônica é o modo Cut-off, conhecido como corte na desaceleração, onde o modulo recebe as informações dos sensores de posição de borboleta, rotação e MAP, interrompendo a alimentação de combustível todas as vezes que o veículo se movimenta por inércia engrenado, fazendo curvas, no transito normal, em descidas, reduzindo utilizando freio motor, obtendo economia de combustível até que o motorista acione o acelerador ou o motor atinja uma mínima rotação.

Com o auxílio do hallmeter, foi possível chegar à mistura ar/combustível ideal, conforme Gráfico 1:

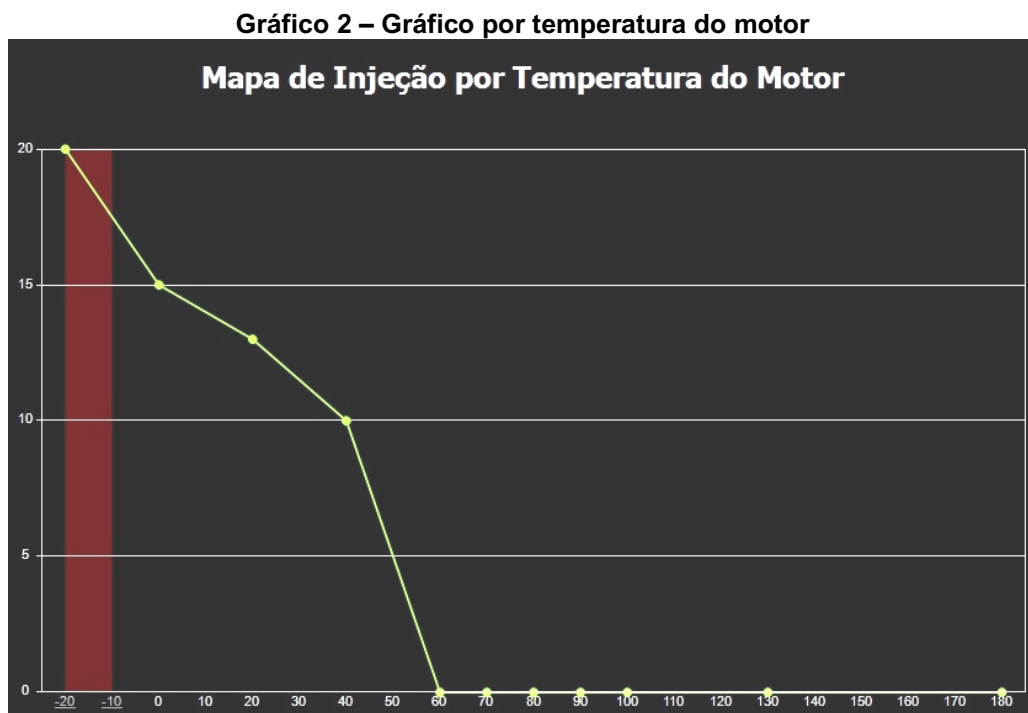
Gráfico 1 – Mapa da Injeção



Fonte: Próprio autor

O funcionamento do motor a frio é o mais crítico, pois o coletor de admissão ainda está frio fazendo com que o combustível condense causando falhas. Para essa correção, a injeção utiliza a informação do sensor para enriquecer a mistura aumentando o tempo de injeção de acordo com a temperatura, para que o motor frio possa funcionar já como estivesse quente. A correção é zerada no instante que a temperatura do motor atinja a ideal para o funcionamento.

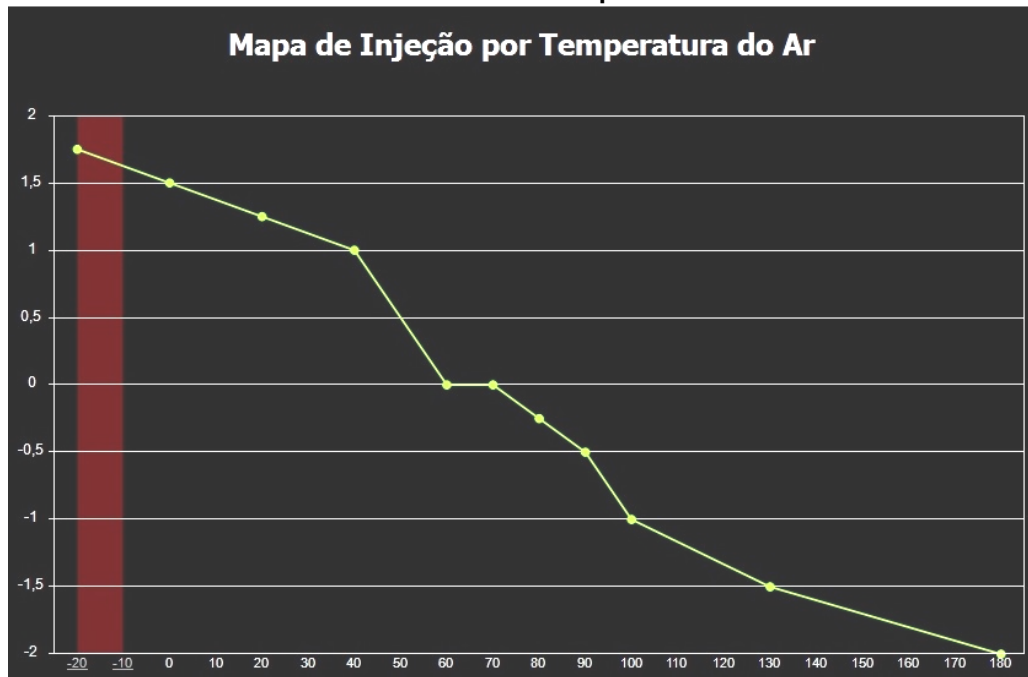
Através do hallmeter conseguimos gerar o gráfico com resultados da temperatura do motor em relação ao tempo de injeção.



Fonte: Próprio autor

A temperatura do ar influencia na quantidade da mistura ar/combustível aspirada pelo motor. Quanto mais baixa for a temperatura do ar, maior a quantidade de ar que entrará no motor, precisando assim de mais combustível. Para que essa correção seja feita, o sensor de temperatura do ar instalado na entrada do coletor de admissão informa o módulo a temperatura para que ele possa corrigir a mistura.

Gráfico 3 – Gráfico de temperatura do ar



Fonte: Próprio autor

## 6 CONCLUSÃO

Conclui-se que o projeto de adaptação da injeção eletrônica em um motor ciclo Otto GM 1980, obteve-se uma redução na manutenção do sistema de alimentação do motor, trazendo economia na manutenção preventiva do veículo.

Com o acerto do mapa de injeção, o motor obteve a melhor mistura estequiométrica em qualquer regime de trabalho, assim economizando combustível e diminuindo os gases poluentes.

Com o corte na desaceleração foi proporcionado uma grande de economia, pois não há desperdício de combustível ao deixar o veículo se movimentar engrenado sem a utilização do acelerador.

Todas estas pequenas mudanças somadas resultam em um consumo reduzido de combustível, um menor impacto em emissão de poluentes, sendo viável a transformação do motor ciclo Otto e injeção eletrônica.

## REFERÊNCIAS

- ALFATEST IND. E COM. DE PRODUTOS ELETRÔNICOS S/A. **Curso de Injeção eletrônica**. São Paulo, jan. 1995. 44 p.
- ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à Metodologia do trabalho científico**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997.
- BOSCH. **Manual de tecnologia automotiva**. 25. Ed. São Paulo. Edgard Blucher. 2004
- BRAGA, G. T. **Uma Contribuição ao Controle de Motores de Combustão Interna de Ignição por Centelha na Condição de Marcha Lenta**. Dissertação (Mestrado) — UFMG, Belo Horizonte, MG, 2007.
- CÂMARA, Júlio César Chaves. **Monitoramento eletrônico da mistura ar/combustível em motores de combustão interna ciclo Otto**. 2006. 171 f. Dissertação (Mestrado em Mecatrônica) – Escola Politécnica, Universidade federal da Bahia, Salvador.
- DENTON, T. **Automobile electrical and electronic systems**. 3. ed. Londres: Elsevier, 2004.
- FRÓES, Marco Aurélio. **Notas de aula de Motores I**. FATEC Santo André. 2013
- FUELTECH **Catálogos**. Disponível em < <https://www.fueltech.com.br/>>. Acesso em 25 de set. 2017.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing: Uma Orientação Aplicada**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- MOURA, M., & RODRIGUEZ, H. (28 de Janeiro de 2017). **Revista Exame**. Disponível em <<https://exame.abril.com.br/estilo-de-vida/cinco-invencoes-que-mudaram-a-historia-do-automovel/>> Acesso em: 22 fev 2018
- MTE THOMSON **Catálogos**. Disponível em < <http://www.mte-thomson.com.br/site/catalogos/>>. Acesso em 25 de set. 2017.
- NGK. **Tabela de aplicação de velas e cabos de ignição**. [S.l.], 2010. Disponível em: <[http://www.ngkntk.com.br/velas/catalogo/Automoveis%202009\\_2010.pdf](http://www.ngkntk.com.br/velas/catalogo/Automoveis%202009_2010.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2017.
- PROCONVE: **Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores** – proconve\_163.

SANTOS, A. M. dos. **Introdução aos motores de combustão interna**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/13183029/Introducao-Ao-Motores-de-Combustao-Interna>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

TECNOMOTOR ELETRÔNICA DO BRASIL LTDA. **Conjunto de analisadores de motores TM-7000: Manual de instruções**. São Carlos, SP, 1987. 48 p.