

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

JOÃO PEDRO SCARDINI PRATA

**PROCEDIMENTOS PARA MODIFICAÇÃO DE UM MOTOR HONDA GX 35 PARA UM SISTEMA
DE INJEÇÃO ELETRÔNICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2017

JOÃO PEDRO SCARDINI PRATA

**PROCEDIMENTOS PARA MODIFICAÇÃO DE UM MOTOR HONDA GX 35 PARA
UM SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Ostapiv

PATO BRANCO

2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

PROCEDIMENTO PARA MODIFICAÇÃO DE UM MOTOR HONDA GX 35 PARA UM SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA

João Pedro Scardini Prata

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 14/11/2017 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa
(Departamento de Engenharia Mecânica – UTFPR)

Prof. Dr. Ricardo Bernardi
(Departamento de Engenharia Elétrica – UTFPR)

Prof. Dr. Fabiano Ostapiv
(Departamento de Engenharia Mecânica – UTFPR)
Orientador

Prof. Dr. Bruno Bellini Medeiros
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à equipe de eficiência energética Pato a
Jato

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pois sem ele este trabalho não seria possível.

Aos meu pais, que me apoiaram durante o meu trajeto na vida universitária, em especial meu pai que sempre se preocupou comigo e sempre me amparou nos momentos críticos.

Aos meus tios, sempre me apoiaram com palavras de sabedoria.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e aos docentes do curso de engenharia mecânica, por me proporcionarem um curso superior de qualidade que me prepara para a vida profissional, além de terem feito parte ativa no meu amadurecimento pessoal.

Ao meu orientador, pela sua sabedoria e paciência.

Além da oportunidade dada para desenvolver uma pesquisa aprofundada sobre o tema.

Ao professor Bruno Bellini, pelo apoio e paciência.

Aos meus amigos, que estiveram comigo durante esse tempo.

A banca examinadora, que foi compreensiva e muito prestativa no amadurecimento deste trabalho.

EPÍGRAFE

“Failure is only the opportunity more intelligently to begin again.”
(FORD, Henry, 1922).

Falha é somente a oportunidade mais inteligente para
recomeçar. (FORD, Henry, 1922).

RESUMO

PRATA, João Pedro Scardini. Procedimento para modificação de um motor Honda GX35 para um sistema de injeção eletrônica. 2017. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Este trabalho apresenta procedimentos para instalação de um sistema de injeção eletrônica indireta a um motor Honda GX 35. Isto é realizado apresentando alguns dos sensores e atuadores necessários para o funcionamento de um sistema de injeção eletrônica, e como estes componentes foram adaptados ao motor, utilizado pela equipe Pato a Jato em competições de eficiência energética. Algumas informações do projeto representam o diferencial da equipe em competições, por isso não foram divulgadas neste trabalho.

Palavras-chave: Alimentação de combustível, injeção indireta, transformação de motores, procedimentos.

ABSTRACT

PRATA, João Pedro Scardini. Procedure for modifying a Honda GX35 engine for an electronic injection system. 2017. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

This work presents procedures for the installation of an indirect electronic injection system to a Honda GX 35 engine. This is accomplished by presenting some of the current and necessary sensors for the operation of an electronic injection system, and how these components were adapted to the motor used by the Pato a Jato team in energy efficiency competitions. Disclose project information represent the differential of the team in competitions, so are not disclosed in this work.

Keywords: Fuel supply, indirect injection, engine transformation, procedures.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CORTE LONGITUDINAL DE UM MOTOR DE 4 CILINDROS.....	13
FIGURA 2 - MODELO DE BLOCO DE MOTOR PARA QUATRO.	14
FIGURA 3 - EXEMPLO DE UM CABEÇOTE DE MOTOR.	14
FIGURA 4 - EXEMPLO DE CÁRTER.	15
FIGURA 5 - EXEMPLO DE UM PISTÃO.	15
FIGURA 6 - VIRABREQUIM E COMPONENTES DIRETAMENTE ASSOCIADOS.	16
FIGURA 7 - COMPONENTES RELACIONADOS AO COMANDO DE VÁLVULAS.	17
FIGURA 8 - CICLO OTTO QUATRO TEMPOS.....	18
FIGURA 9 - FOTO DE UM CARBURADOR DA MARCA SOLEX.	20
FIGURA 10 – DESENHO EM CORTE DO CARBURADOR DURANTE A ADMISSÃO DE COMBUSTÍVEL.	20
FIGURA 11 - EXEMPLO DE UMA RODA FÔNICA DE 60-2 DENTES.	23
FIGURA 12 - FORMATO DO ONDA GERADA PELO SENSOR TIPO HALL.	24
FIGURA 13 - FORMATO DE ONDA DO SENSOR TIPO INDUTIVO.	25
FIGURA 14 - ALINHAMENTO DO SENSOR COM RELAÇÃO AO PONTO MORTO SUPERIOR DO CILINDRO. A) VISTA FRONTAL; B) VISTA LATERAL.	26
FIGURA 15 - VARIAÇÃO DA TENSÃO NO SENSOR EM FUNÇÃO DA POSIÇÃO DA BORBOLETA...27	
FIGURA 16 - REPRESENTAÇÃO DE UMA Sonda LAMBDA.....	29
FIGURA 17 - DIFERENÇAS CONSTRUTIVAS ENTRE A Sonda LAMBDA PLANAR E FINGER.	30
FIGURA 18 - EXEMPLOS DE PULVERIZAÇÃO DE COMBUSTÍVEL ADEQUADAS E INADEQUADAS.	32
FIGURA 19 - BICO INJETOR MULTIPONTO E MONOPONTO.....	33
FIGURA 20 - CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA A) MONOPONTO B) MULTIPONTO. 1. ENTRADA DE COMBUSTÍVEL; 2. AR; 3. BORBOLETA DE ACELERAÇÃO; 4. COLETOR DE ADMISSÃO; 5. VÁLVULA DE INJEÇÃO; 6. MOTOR.	33
FIGURA 21 - POSICIONAMENTO DO BICO INJETOR PARA O SISTEMA MULTIPONTO DE INJEÇÃO. A: ÂNGULO DE ABERTURA DO JATO DE COMBUSTÍVEL; B: DISTÂNCIA DA SAÍDA DO BICO ATÉ A ENTRADA DA CÂMARA.....	34
FIGURA 22 – CONFIGURAÇÕES DO BY-PASS. A) BY-PASS FECHADO; B) BY-PASS ABERTO....	37
FIGURA 23- REPRESENTAÇÃO DOS COMPONENTES DA INJEÇÃO ELETRÔNICA.	39
FIGURA 24 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA TOMADA PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	42

FIGURA 25 MOTOR HONDA GX 35 ORIGINAL.....	44
FIGURA 26 COMPONENTES DA IGNIÇÃO ORIGINAL	45
FIGURA 27 CARBURADOS INSTALADO NO MOTOR.....	45
FIGURA 28 MOTOR PRONTO PARA RECEBER OS COMPONENTES DA INJEÇÃO ELETRÔNICA ..	46
FIGURA 29 - POSICIONAMENTO DA CENTRAL DE COMANDO DA INJEÇÃO ELETRÔNICA.....	47
FIGURA 30 FOTO DO MOTOR QUE MOSTRA O BICO INJETOR E A RODA FÔNICA INSTALADOS.	49
FIGURA 31 FLANGE DO BICO INJETOR.	50
FIGURA 32: FOTO DO MOTOR GX 35 COM O BICO INJETOR E O CORPO DA BORBOLETA INSTALADOS.....	51
FIGURA 33: FOTO DO MOTOR DURANTE COMPETIÇÃO EM 2017	52
FIGURA 34 PROTÓTIPO DURANTE EM 2017	53
FIGURA 35 - MOTOR COM CORPO DE BORBOLETA INSTALADO.	54
FIGURA 36 - CABO DE ACELERAÇÃO CONECTADO AO CB.....	55
FIGURA 37 - POSIÇÃO DA Sonda DE OXIGÊNIO.	56
FIGURA 38 BOBINA DE IGNIÇÃO INSTALADA NO PROTÓTIPO.	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA A ÊMBOLO	13
2.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE CARBURADORES	19
2.3 MÓDULO DE CONTROLE (MC)	21
2.4 SENSORES	22
2.4.1 Roda Fônica	22
2.4.2 Sensor de rotação	23
2.4.3 Alinhamento entre roda fônica e sensor de rotação	25
2.4.4 Sensor de posição da borboleta:	26
2.4.5 Sonda Lambda	28
2.5 ATUADORES	31
2.5.1 Bico Injetor	31
2.5.2 Bomba de combustível	34
2.5.3 Válvula controladora de pressão	35
2.5.4 Corpo de borboleta (CB)	36
2.5.5 Atuador de marcha-lenta:	36
2.6 BOBINA DE IGNIÇÃO	38
2.7 OBJETIVO FINAL DO SISTEMA	38
3 METODOLOGIA	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1 CARACTERÍSTICAS DO MOTOR ANTES DA MODIFICAÇÃO	43
4.2 COMPONENTES NECESSÁRIOS PARA A MODIFICAÇÃO	46
4.3 MÓDULO DE CONTROLE	47

4.4 FIXAÇÃO DA RODA FÔNICA.....	48
4.5 FIXAÇÃO DO BICO INJETOR	49
4.6 FIXAÇÃO DO SENSOR DE POSIÇÃO DO VIRABREQUIM.....	51
4.7 SISTEMA PARA CONTROLE DE PRESSÃO DO COMBUSTÍVEL	52
4.8 CORPO DE BORBOLETA E SENSOR DE POSIÇÃO DA BORBOLETA.....	53
4.9 SONDA LAMBDA	55
4.10 BOBINA DE IGNIÇÃO.....	56
4.11 RESULTADOS DA EQUIPE EM COMPETIÇÕES.....	57
5 CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS.....	61
ANEXOS	65
Anexo A – Tipos de sondas lambdas fornecidas pela bosch	65
Anexo B – ligações elétricas da central de comando	66
Anexo C – Projeto da roda fônica.....	70
Anexo D – Organização dos menus de programação da UC EFI-PRO	71

1 INTRODUÇÃO

O projeto trata-se de descrever o processo de adaptação de um sistema de injeção eletrônica em um motor de combustão interna a embolo do ciclo Otto, que originalmente era carburado. O presente trabalho pode servir como base para a adaptação desse sistema em diversos outros motores.

O primeiro protótipo de uma injeção surgiu na década de 1900, idealizado por Antoniette Levavasseur. Entretanto o sistema desenvolvido por Antoniette apresentava falhas em baixas rotações e não apresentava nenhum componente eletrônico (PEARCE, 2016). Ao longo dos últimos 100 anos, o sistema de injeção inventado por Levavasseur foi aperfeiçoado por diversas empresas, entre estas se destaca a BOSCH, que com seus diversos avanços tecnológicos contribuiu substancialmente para os sistemas de injeção eletrônica que podem ser observados nos dias atuais. (TUNINGPARTS, 2014)

A injeção eletrônica tem como objetivo proporcionar ao motor uma mistura de ar/combustível o mais próximo do ideal. Dessa forma otimizando a emissão de gases, economia de combustível, potência, respostas rápidas nas acelerações etc. Diferente de modelos de admissão de combustível mais ultrapassados, o sistema eletrônico calcula a quantidade de combustível a ser injetado a partir de diversos sensores dispostos em todo o motor.

O sistema eletrônico de injeção de combustível é responsável pelo controle da admissão e ignição em diversos motores modernos, entretanto para motores estacionários, devido à suas características construtivas normalmente é instalado o sistema carburado. Motores estacionários são de combustão interna a embolo do ciclo Otto e são, usualmente, de apenas um cilindro e não proporcionam seu próprio deslocamento, são muitas vezes utilizados como auxiliares na partida de outros motores maiores. Devido a essas características os motores estacionários apresentam baixa potência e consumo de combustível e são comercializados com um sistema de admissão do tipo carburador, que apresenta menor custo de instalação que o sistema de injeção eletrônica.

Na busca de eficiência e redução de poluentes, as equipes de eficiência energética estão sempre desenvolvendo e estudando novas tecnologias. Dentre os diversos sistemas que compõem um carro, a admissão e a ignição são os principais

responsáveis pela eficiência com que ocorre a queima do combustível. Com o intuito de facilitar o desenvolvimento da equipe este documento registra algumas das medidas que a equipe de eficiência energética Pato a Jato da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do campus Pato Branco (UTFPR-PB) utilizou durante o ano de 2015.

O crescimento da equipe, o grau de complexidade do processo e a alta rotatividade de pessoal são fatores que justificam a criação deste documento. Pois, ao registrar procedimentos e orientações, serve como base para consultas e registro histórico, o que pode agilizar a evolução dos novos membros ao indicar os seguintes pontos:

- O que deve ser feito?
- Como deve ser feito?
- Por que deve ser feito?

Espera-se que esse trabalho funcione com ponto de partida para desenvolvimentos futuros, de forma a aperfeiçoar os projetos e procedimentos.

1.1 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Fazer um material básico para determinar procedimentos de adaptação de um sistema de alimentação de combustível de um motor HONDA GX35, carburado, para um sistema de injeção eletrônica indireta. Este motor GX35 foi utilizado pela equipe de eficiência energética Pato a Jato.

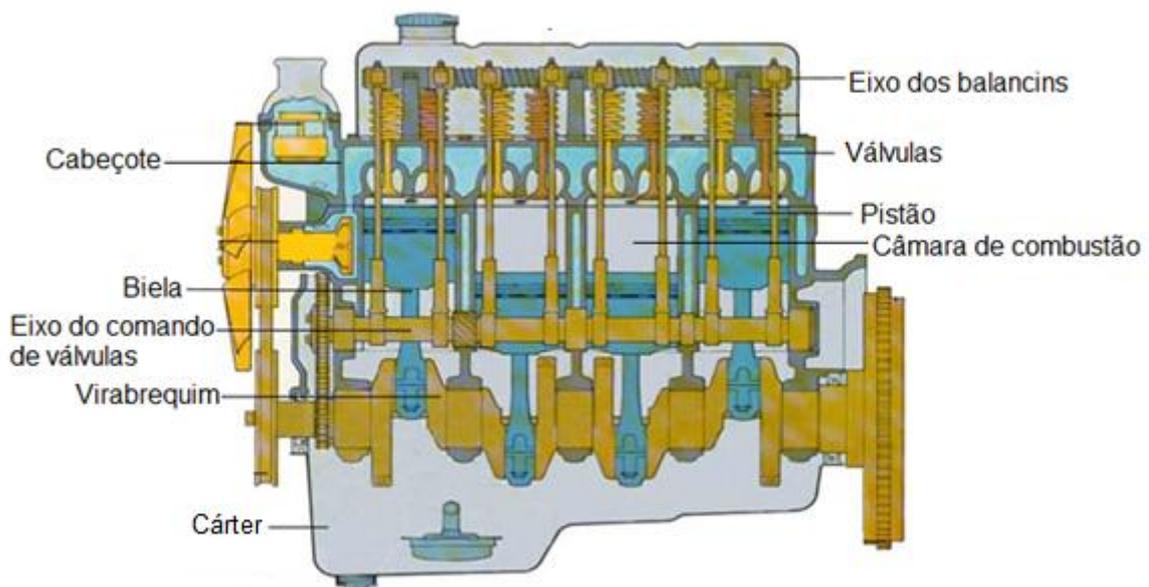
1. Descrever os componentes básicos de um sistema de injeção eletrônica;
2. Descrever os componentes selecionados para a adaptação;
3. Descrever as adaptações feitas ao motor para instalação do novo sistema;
4. Fazer um comparativo entre o motor original e após as modificações;
5. Fazer um relato histórico sobre a evolução técnica e de desempenho da equipe Pato a Jato.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA A ÊMBOLO

Existem diversos tipos de motores de combustão interna, de forma que os mais comuns no mercado automobilístico são os motores a êmbolo. Cada modelo de motor possui suas peculiaridades, entretanto existem características construtivas e nomenclaturas que são comuns a todos. Na figura 1 são mostrados alguns destes componentes.

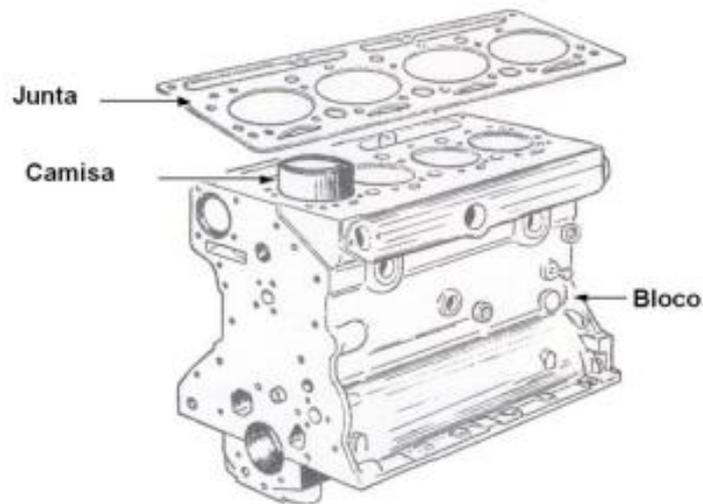
Figura 1 - Corte longitudinal de um motor de 4 cilindros.



Fonte: SILVA, 2015.

Bloco é a parte central do motor e sustenta todas as outras partes. São normalmente construídos de ferro fundido ou alumínio, alguns blocos possuem tubos removíveis que formam as paredes dos cilindros, chamadas de “camisas”. Estas camisas podem ser “úmidas” ou “secas”, conforme entrem ou não em contato com a água de refrigeração do motor (TILLMANN, 2013). Na figura 2 é apresentado um modelo de bloco de motor para quatro cilindros.

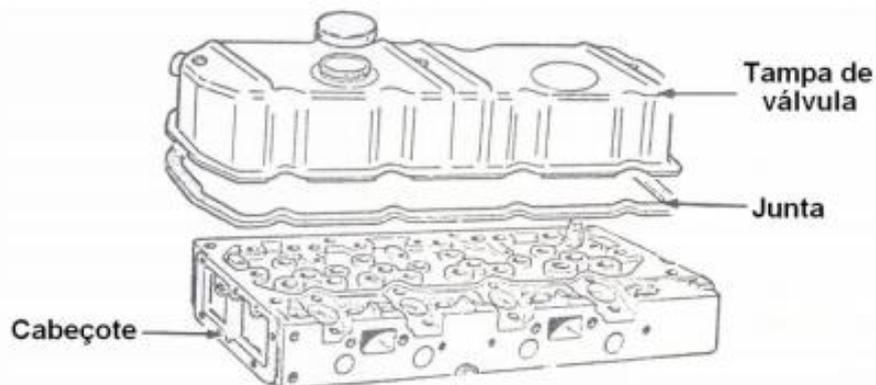
Figura 2 - Modelo de bloco de motor para quatro.



Fonte: UFPEL, 2013.

O cabeçote é o componente que fecha o bloco na sua parte superior, sua união é feita por parafusos. Normalmente, é fabricado com o mesmo material do bloco. Entre o bloco e o cabeçote existe uma junta de vedação (TILLMANN, 2013). Na figura 3 é mostrado um exemplo de cabeçote de motor.

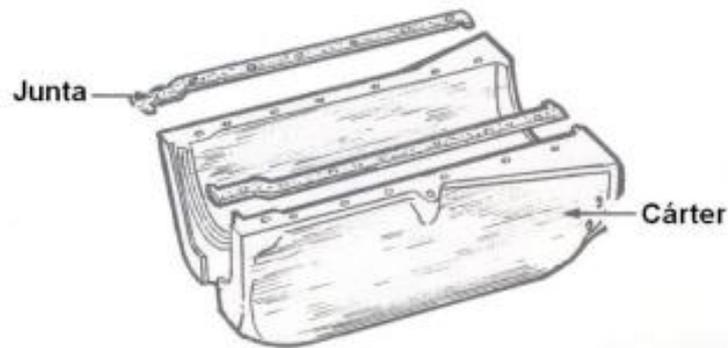
Figura 3 - Exemplo de um cabeçote de motor.



Fonte: UFPEL, 2013.

O cárter fecha o bloco na sua parte inferior e serve de depósito para o óleo lubrificante do motor (VARELLA, 2010). Na figura 4 é mostrado um exemplo de cárter.

Figura 4 - Exemplo de cárter.

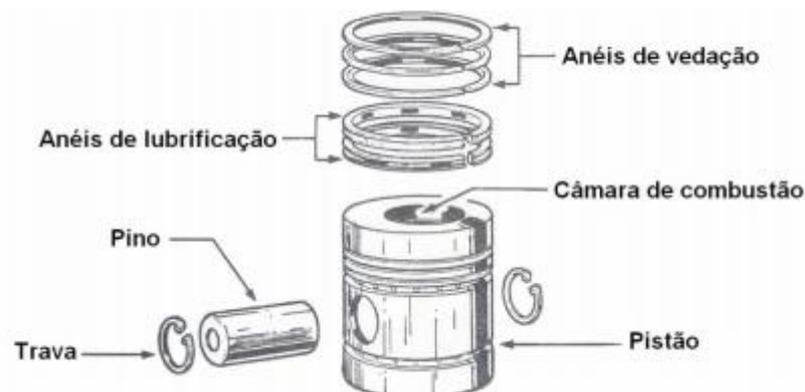


Fonte: UFPEL, 2013.

O pistão (êmbolo) é a parte do motor que recebe o movimento de expansão dos gases. Normalmente, é feito de ligas de alumínio e tem um formato aproximadamente cilíndrico. No pistão encontram-se dois tipos de anéis, os anéis de vedação, que estão mais próximos da parte superior (cabeça) do pistão e os anéis de lubrificação, que estão localizados na parte inferior do pistão e têm a finalidade de lubrificar as paredes do cilindro. O pistão liga-se à biela através de um pino. O pino é normalmente fabricado de aço cementado (TILLMANN, 2013). Na figura 5 são mostrados o pistão, os anéis e o pino do pistão.

Chama-se de ponto morto superior (PMS) e ponto morto inferior (PMI) os pontos onde o pistão inverte o sentido de movimento, no PMS o volume interno da câmara é mínimo, no PMI o volume interno da câmara é máximo, o curso é a distância entre esses dois pontos. (MAHLE, 2016).

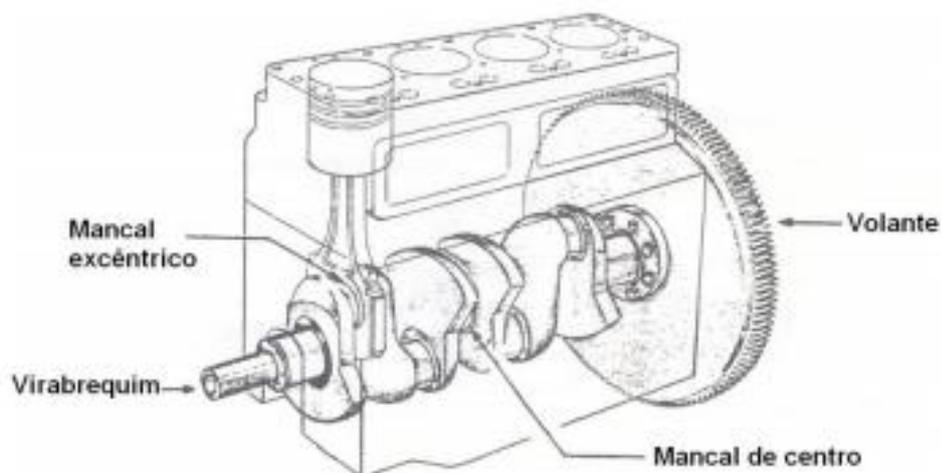
Figura 5 - Exemplo de um pistão.



Fonte: UFPEL, 2013.

O virabrequim também chamado de girabrequim ou árvore de manivelas, é fabricado em aço forjado ou fundido. Esse componente possui mancais de centro (fixos) que sustentam o virabrequim no bloco e mancais excêntricos (mancais de biela) que conectam à biela (VARELLA, 2010). Na figura 6 são mostrados o virabrequim e os componentes que são diretamente associados, o volante, indicado na figura, tem como objetivo regularizar a rotação do virabrequim.

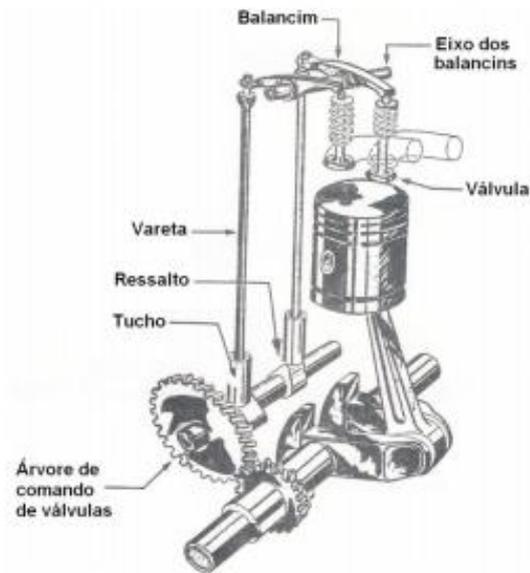
Figura 6 - Virabrequim e componentes diretamente associados.



Fonte: UFPEL, 2013.

O movimento do virabrequim é transmitido para o eixo de comando de válvulas por meio de engrenagens. O eixo de comando de válvulas liga-se por uma vareta ao eixo dos balancins. Este, por sua vez, é que acionará as válvulas, que são separadas em dois tipos, as válvulas de admissão e de exaustão. A abertura e o fechamento das válvulas estão relacionados com o movimento do pistão de modo a possibilitar o perfeito funcionamento do motor (TILLMANN, 2013). Na figura 7 são mostrados os componentes que estão diretamente relacionados ao comando de válvulas.

Figura 7 - Componentes relacionados ao comando de válvulas.



Fonte: UFPEL, 2013.

O quadro 1 apresenta um resumo dos componentes básicos dos motores que foram citados anteriormente no texto.

Quadro 1 – Função de alguns componentes do motor.

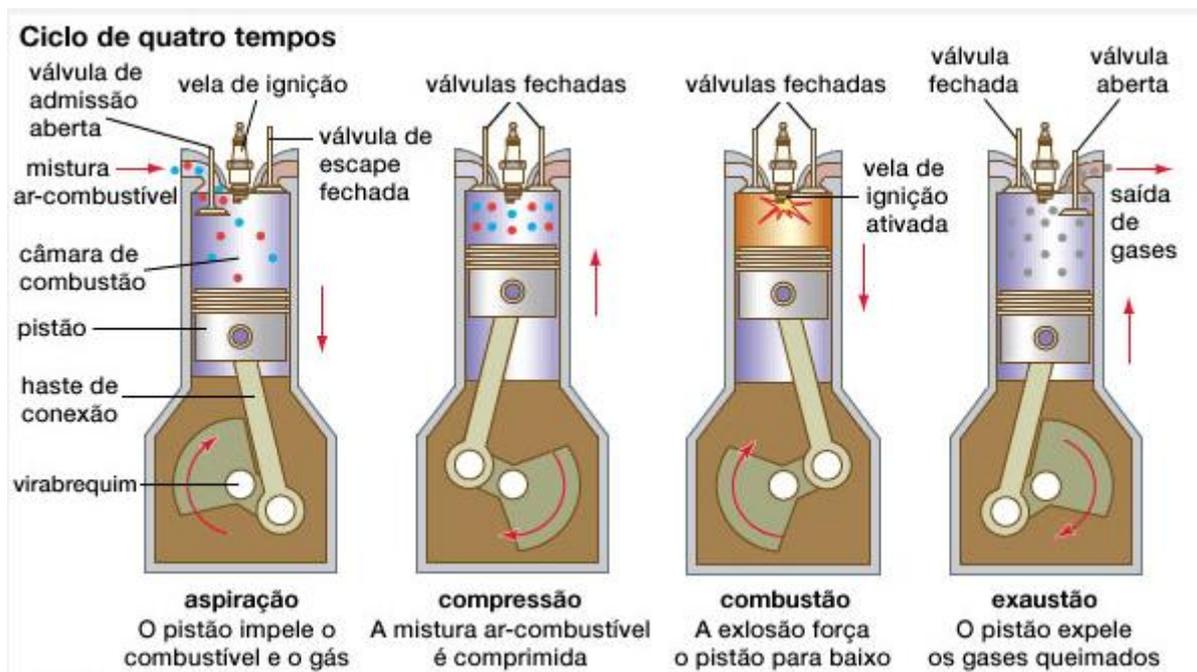
Componente	Breve descrição
Biela	Conecta o pistão ao eixo virabrequim
Cabeçote	Fecha a parte superior do bloco do motor
Câmara de combustão	Região onde ocorre o processo de combustão
Carter	Recipiente de óleo, fecha a parte inferior do bloco do motor
Eixo do comando de válvulas	Controla o movimento do eixo dos balancins
Eixo dos balancins	Realiza o movimento das válvulas de admissão e exaustão.
Virabrequim	Conectado a todos os pistões, é responsável por transferir torque ao sistema de transmissão.

Fonte: o autor.

Entre os motores que apresentam características construtivas parecidas com o demonstrado na figura 1, existem variações em relação ao ciclo térmico de trabalho. O motor GX 35 funciona com ciclo Otto de 4T.

Motores do ciclo Otto são aqueles em que a mistura ar/combustível é admitida na câmara e inflamada pela faísca da vela de ignição (BRUNETTI, 2012). O funcionamento de um motor Otto 4T pode ser entendido com o auxílio da figura 2.

Figura 8 - Ciclo Otto quatro tempos.



Fonte: Encyclopaedia Britannica.

- Admissão, o pistão se desloca do PMS ao PMI, a válvula de admissão está aberta e a de exaustão fechada, isso força a entrada da mistura ar/combustível na câmara (0 a 180° de giro do virabrequim).
- Compressão, o pistão se desloca do PMI ao PMS, ambas as válvulas estão fechadas, o que provoca a pressurização da mistura dentro da câmara (180° a 360°).
- Combustão, a vela de ignição provoca uma faísca que inicia a detonação da mistura ar/combustível, isso provoca um grande aumento de pressão na câmara, forçando o deslocamento do pistão para o PMI (360° a 540°)

- Exaustão, a válvula de escape se abre, quando o pistão se movimenta do PMI para o PMS, forçando a saída dos gases resultantes da queima de combustível (540° a 720°).

2.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE CARBURADORES

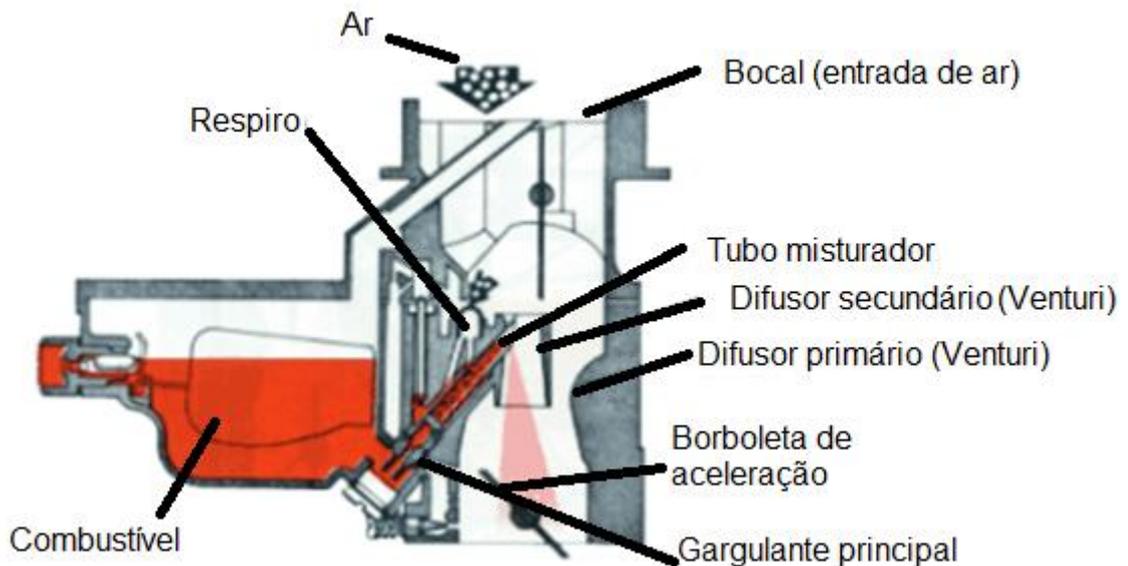
O carburador é um sistema inteiramente mecânico que tem como objetivo promover a mistura de ar/combustível necessária para o funcionamento do motor (TRUOSOLO, 2013). A mistura ocorre quando o ar aspirado (na fase de admissão) entra pelo bocal do carburador, então é forçado a passar pelo difusor (Venturi) e ganha velocidade, o que implica em um decréscimo de pressão. A canalização de combustível conecta o tanque ao difusor, e desemboca na zona de baixa pressão, isso faz com que o combustível seja aspirado proporcionalmente à depressão (BROSOL, 2015). A figura 9 é a foto de um carburador da marca Solex, e nela são mostrados alguns dos componentes básicos do carburador. A figura 10 é o desenho, em corte, que exemplifica o funcionamento do carburador, explicado anteriormente.

Figura 9 - Foto de um carburador da marca Solex.



Fonte: MERCADOLIVRE, 2017.

Figura 10 – Desenho em corte do carburador durante a admissão de combustível.



Fonte: BROSOL, 2015.

A principal desvantagem do sistema a carburador é que não existe uma relação muito precisa da mistura ar/combustível, o que implica em uma eficiência

inferior, se comparado a outros sistemas que apresentam sensores e possibilitam o controle da proporção mássica da mistura ar/combustível.

Em contrapartida, o sistema de injeção eletrônica é formado por uma vasta gama de sensores e atuadores, todos conectados a um computador central que realiza cálculos constantemente. Dessa forma a quantidade de combustível a ser injetada, o tempo de injeção e o tempo de ignição podem ser ajustados constantemente, sempre buscando a melhor performance com o menor consumo possível.

Nesta gama de sensores, destacam-se:

1. Roda Fônica;
2. Sensor de rotação;
3. Sensor de posição da borboleta;
4. Sonda lambda.

Os atuadores que apresentam importância fundamental no sistema são:

1. Bico injetor;
2. Bomba de combustível;
3. Válvula controladora de pressão;
4. Corpo da borboleta;
5. Atuador de marcha lenta;

2.3 MÓDULO DE CONTROLE (MC)

O módulo de controle é o centro de processamento e comando do sistema da injeção eletrônica. Através dos sinais recebidos dos sensores, o módulo calcula como serão enviados os sinais de excitação para os atuadores. Com o auxílio das funções e algoritmos armazenados na memória, os atuadores são ativados diretamente através dos estágios de saída de potência.

2.4 SENSORES

Sensor é um termo empregado para designar equipamentos que são sensíveis a alguma forma de energia do ambiente, esta pode ser luminosa, cinética, térmica, entre outras, e relaciona essas informações com alguma grandeza física que precisa ser mesurada, como: temperatura, pressão, velocidade etc. (WENDLING, 2010).

2.4.1 Roda Fônica

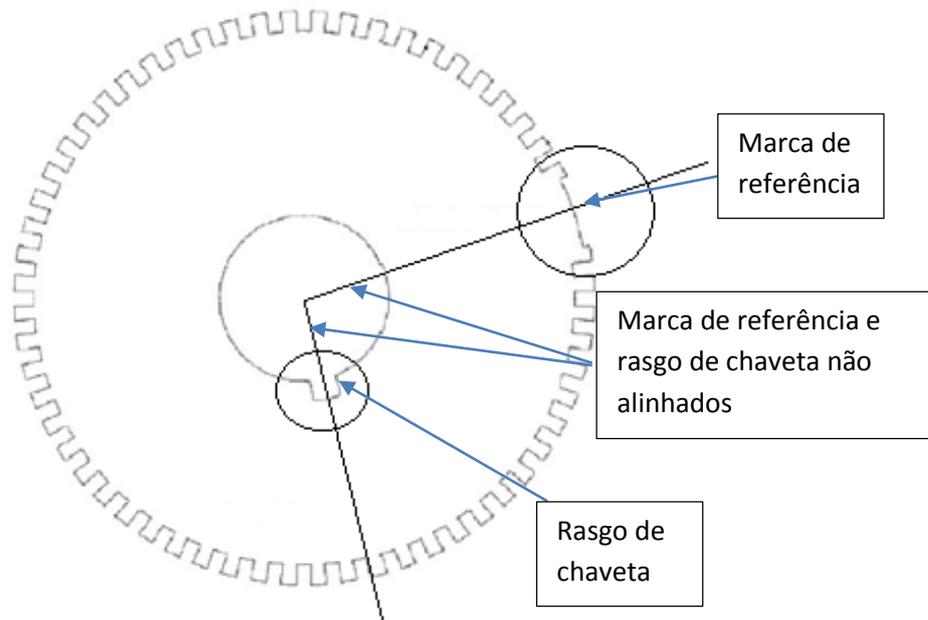
A roda fônica consiste em uma roda dentada presa ao virabrequim do motor e apresenta uma descontinuidade entre os dentes, esta serve para indicar ao computador o ponto onde deve se iniciar a contagem dos dentes (FUELTECH, 2013).

A medida que o virabrequim gira, o sensor de rotação envia um sinal ao computador a cada vez que um dos dentes passa por ele. A cada sinal que é enviado, o computador recebe a informação e toma conhecimento do ângulo em que a árvore de manivelas se encontra, com essas informações é calculado o melhor momento para que o combustível seja injetado (BRAGA, 2007).

Para que essa operação seja bem-sucedida o número de dentes da roda fônica normalmente é divisível pelo número de pistões do motor, de modo que haja um dente coincidente a cada ponto morto de um dos pistões. Por este motivo a roda fônica do tipo 60-2 é a mais usada já que sessenta é múltiplo de um, dois, três, quatro, cinco, seis, dez, doze (FILHO, 2014). A nomenclatura 60-2 (sessenta menos dois) significa que originalmente a roda possuía sessenta dentes igualmente espaçados, mas foram retirados dois destes. Existem diversas configurações para esse dispositivo como: 36-1, 12-1, 4+1, etc. (FUELTECH, 2013).

Na figura 11 é mostrado o desenho de uma roda dentada de 60-2 dentes, verifica-se que o rasgo de chaveta não está alinhado com a marca de referência nos dentes. Pois como dito anteriormente é favorável (mas não essencial) que a marca esteja sincronizada com o ponto morto superior do primeiro pistão, caso o motor tenha mais de um pistão.

Figura 11 - Exemplo de uma roda fônica de 60-2 dentes.



Fonte: FILHO, 2014.

2.4.2 Sensor de rotação

A apostila "Sistema de injeção eletrônica de combustível" do SENAI de São Paulo mostra que o sensor de rotação é o componente que trabalha diretamente com a roda fônica, é este sensor que envia ao computador o sinal do posicionamento da roda fônica, conseqüentemente o posicionamento dos pistões.

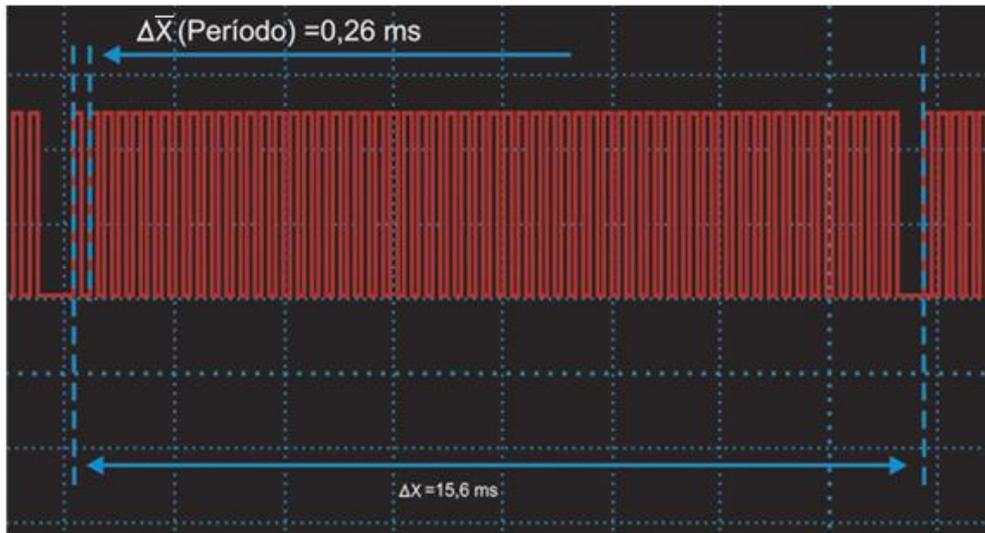
Existem diversos tipos de sensores de rotação, porém os mais utilizados no mercado são os do tipo Indução e do tipo Hall (SENAI,2005).

O sensor tipo hall é constituído por uma pequena pastilha de material semiconductor circulado por uma corrente contínua. A resistência elétrica da pastilha é sensível à presença de campo magnético. Assim, variando o campo magnético varia a resistência e com isto, a corrente no circuito. Um circuito eletrônico interno ao sensor converte as variações de corrente em variações de tensão. Ao girar, a alternância de abas e janelas provoca a variação de campo magnético necessária à geração do sinal pulsado (MTE-Thomson, 2010).

“É importante ressaltar que, no caso do sensor HALL, a tensão gerada pelo sensor independe da velocidade de rotação da roda dentada” (MTE-Thomson 2010). Na figura 12 é mostrado o formato de onda que é gerado por esse sensor, pode-se

verificar o tempo de uma volta da árvore de manivelas (15,6 ms), pois esse é o tempo que o sensor leva para identificar uma volta da marca dos dentes da roda fônica. No caso da figura, o sensor gera uma tensão de 5 V.

Figura 12 - Formato do onda gerada pelo sensor tipo Hall.

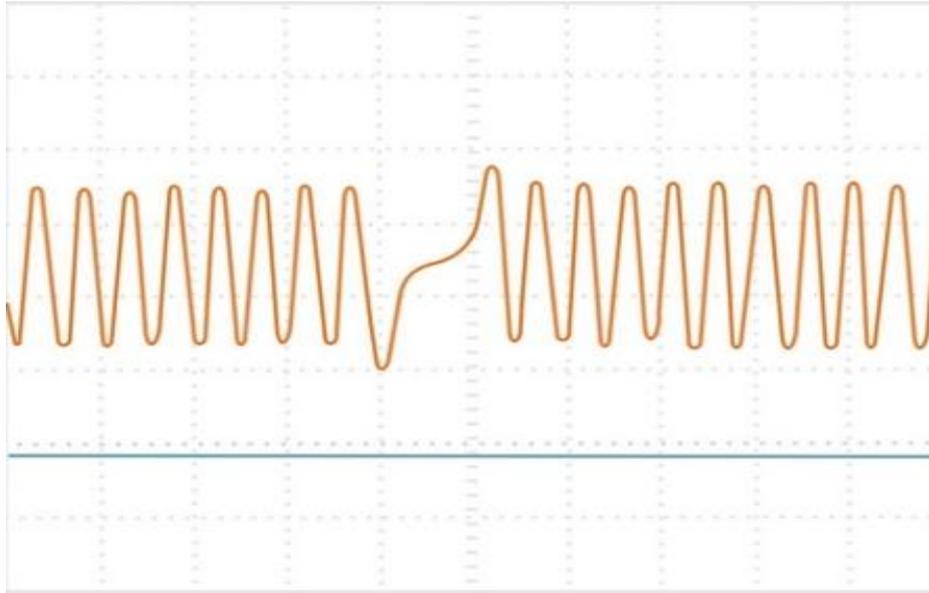


Fonte: PORTAL DO REPARADOR, 2013.

O sensor indutivo consiste de um ímã permanente com uma bobina captora enrolada sobre ele. Toda vez que um dente da roda passa próximo ao sensor magnético, a relutância do circuito magnético diminui; quando nenhum dente está próximo, a relutância aumenta. Assim, quando a roda gira, o fluxo magnético varia; esta variação de fluxo induz uma tensão variável na bobina captora (na forma de pulsos; sincronizados com a passagem dos dentes próximos ao ímã) (STONE, 2004).

Nos terminais do sensor é possível medir pulsos de tensão toda vez que um dente enfrenta o sensor. O valor de tensão dos pulsos depende da velocidade de rotação da roda fônica (STONE, 2004). Os picos desta tensão alternada são interpretados pela unidade de comando de modo a identificar a posição da árvore de manivelas (MTE-Thomson, 2010). Na figura 13 pode-se verificar o formato de onda do sensor tipo indutivo, diferente do sensor hall, que tem um formato de onda quadrado, o sensor indutivo apresenta um formato senoidal. Próximo ao meio do gráfico há um sinal com formato de onda muito diferente das outras, essa é a representação de quando a marca da roda fônica passa pelo sensor.

Figura 13 - Formato de onda do sensor tipo indutivo.



Fonte: NOTÍCIAS DA OFICINA, 2013.

2.4.3 Alinhamento entre roda fônica e sensor de rotação

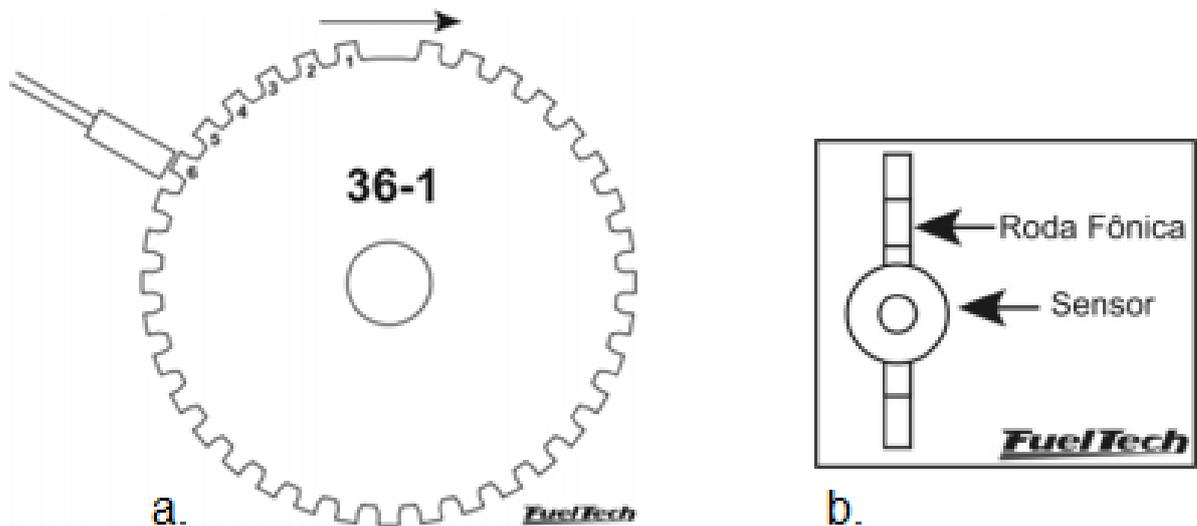
Para se identificar o posicionamento do eixo virabrequim, e consequentemente a posição do cilindro, são necessários dois sensores trabalhando em conjunto, a roda fônica e o sensor de rotação.

A roda fônica e o sensor de posição devem ser fixados seguindo os seguintes passos:

- Para alinhar a roda fônica com o sensor, deve-se colocar o motor em ponto morto superior do cilindro, então fixar o sensor de rotação no local mais adequado, de 0,6 mm a 1,2 mm de distância dos dentes da roda fônica (Fueltech Fire4S, 2013). Ver figura 14.
- No sentido de rotação do motor, gire a roda fônica a um ângulo próximo a 60° então a fixe no virabrequim com o sensor exatamente alinhado com o final do dente indicado. Assim o sensor saberá que o PMS está a 60° da marca dos dentes (Fueltech Fire4S, 2013).

A figura 14.a) representa a vista frontal desse processo para o caso de uma roda fônica de 36-1 dentes, neste caso o PMS do pistão será indicado pelo 6° dente da roda fônica. Para o caso de uma roda fônica de 60-2 dentes, esse ponto seria indicado pelo 15° dente.

Figura 14 - Alinhamento do sensor com relação ao ponto morto superior do cilindro. a) vista frontal; b) vista lateral.



Fonte: Manual de instalação e operação Fueltech Fire4S, 2013.

Deve-se garantir a centralidade do sensor de rotação com a roda fônica como mostra a figura 14.b) vista lateral. Esse tipo de medida previne possíveis leituras erradas do posicionamento dos pistões, conseqüentemente previne a injeção e ignição em momentos inadequados.

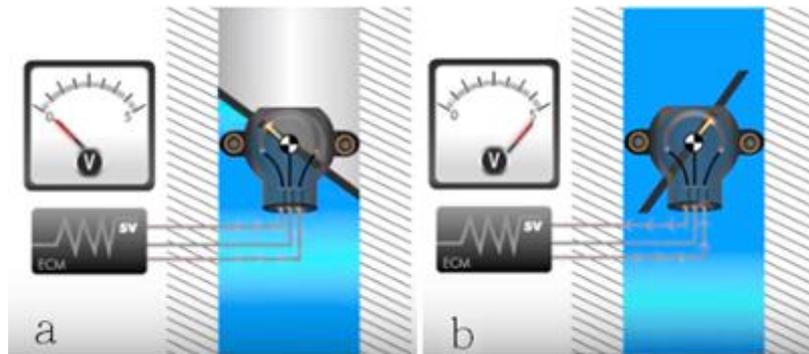
2.4.4 Sensor de posição da borboleta:

O sensor, fixado no corpo de borboleta (componente a bordado na seção 2.5.4 deste trabalho), é composto de um ou mais potenciômetros cuja parte móvel é comandada pelo eixo da borboleta aceleradora. Tem a função de avaliar a posição angular da borboleta de aceleração e transmitir uma relação de tensão para a unidade de comando através de um circuito de resistências. (SENAI, 2005; TRUOSOLO, 2013)

O sensor possui três pinos, um negativo (terra), positivo de referência e o positivo de saída. A unidade envia um sinal de referência de 5 volts, que passa pelo resistor fixo dentro da mesma e que está ligado em série com o potenciômetro (divisor de tensão). As alterações do potenciômetro são diretamente enviadas ao MC.

A o sinal de tensão que o MC recebe varia de acordo com a posição da borboleta. Na figura 15.a) a borboleta está fechada, então a tensão registrada pelo sensor é de 0 V (zero volts). Já na figura 15.b) a borboleta está completamente aberta e o sensor está registrando o valor de tensão 5 V.

Figura 15 - Variação da tensão no sensor em função da posição da borboleta.



Fonte: Adaptado de MTE-THOMSON, 2017.

No quadro 2 são apresentadas diferentes estratégias abordadas pela central eletrônica em função do posicionamento da borboleta. Essas estratégias influenciam no tanto na injeção quanto na ignição do motor, já que os dois sistemas são controlados pela central.

Quadro 2 - Estratégia adotada em função da posição da borboleta.

Estado da borboleta de aceleração	Estratégia
Borboleta fechada	Marcha lenta
	<i>Cut-off</i>
	<i>Dash-pot</i>
Velocidade de abertura da borboleta	Aceleração rápida
Borboleta totalmente aberta	Plena carga
Borboleta parcialmente aberta	Carga parcial
Ângulo da borboleta de aceleração	Definição do avanço da ignição

Fonte: MILHOR, 2002.

A estratégia *cut-off* corta a injeção de combustível durante a desaceleração (borboleta fechada e rotação alta do motor)

A estratégia *dash-pot* impede a súbita queda de pressão no coletor de admissão durante as desacelerações, através do controle da quantidade de ar admitido

O ângulo da borboleta é utilizado como sinal de carga para determinação do avanço da ignição somente nos casos em que não se utiliza o sensor de pressão absoluta

2.4.5 Sonda Lambda

Os sensores lambda, também conhecido como sensor de oxigênio ou sonda lambda, tem como função detectar o teor de oxigênio nos gases da descarga em comparação ao oxigênio no ar de amostragem que fica dentro do sensor. Com essa diferença de concentração de oxigênio o sensor envia um sinal elétrico para a central, que, com essa informação, faz cálculos para determinar a quantidade de combustível a ser injetada (MILHOR, 2002).

O funcionamento da sonda de oxigênio é baseado no fator lambda (λ) que representa uma relação entre a queima real e a queima ideal de combustível.

A queima ideal de um combustível ocorre em relação estequiométrica, combustão completa, ou seja, para uma determinada massa de combustível existe uma massa ideal de oxigênio que deve ser fornecida para que a queima ocorra, fator lambda será igual a 1. Mesmo assim, dentro da câmara, quase sempre haverá hidrocarbonetos que não encontrarão oxigênio para a queima. (BRUNETTI, 2012)

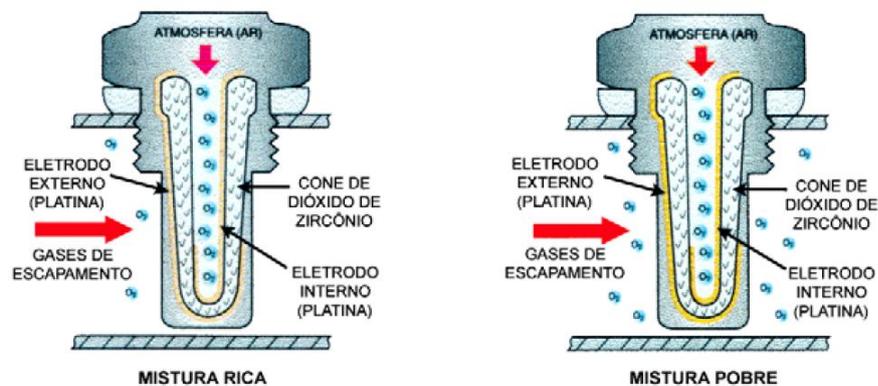
Dessa forma é possível concluir que quando uma mistura tem mais massa de ar do que o ideal ($\lambda > 1$) essa relação é chamada de mistura pobre. Já quando a massa de ar está abaixo da ideal ($\lambda < 1$) e diz-se que a mistura está rica (SENAI, 2005).

A sonda lambda localiza-se no sistema de escapamento e consiste de um corpo de cerâmica (dióxido de zircônio) especial cuja superfície é provida de eletrodos de platina permeáveis a gás. A atuação da sonda baseia-se no fato de que o material cerâmico é poroso e permite uma difusão do oxigênio do ar (SENAI, 2005). O dióxido de zircônio, quando atinge uma temperatura superior a 300 °C se transforma em um condutor de íons de oxigênio. Com o auxílio deste componente a sonda consegue identificar por meio de uma variação de tensão a quantidade de

oxigênio presente nos gases de escape. Esta tensão que pode ser medida em milivolts e varia de 100 a 1000 mv e é enviada para unidade de comando para que seja feito os cálculos usando como base o fator lambda.

Na figura 16 é apresentada uma representação esquemática de uma sonda lambda. Na imagem é possível identificar a entrada de ar atmosférico, que serve como controle, os eletrodos de platina que geram a tensão elétrica dependendo da diferença de concentração de oxigênio no ar de controle e no gás de escape, é identificado também o cone de material cerâmico condutor (dióxido de zircônio).

Figura 16 - Representação de uma sonda lambda.



Fonte: SENAI, 2005.

Para misturas pobres (quando há pouco combustível durante a queima), a tensão gerada na sonda lambda pode assumir valores próximos a 100 mV, já para misturas ricas (quando há muito combustível durante a queima) os valores de tensão podem chegar a 1000 mV. Os valores de tensão na transição de mistura rica para pobre ficam ao redor de 500 mV (MILHOR, 2002).

É um sensor de muita importância pois o aumento do consumo de combustível provocado por uma sonda em más condições pode chegar a 15 %, além de piorar o desempenho do motor e poluir muito mais (BOSCH, 2014).

Cada carro novo e a maioria dos carros fabricados desde 1980, tem um sensor Lambda. Está posicionado no tubo de escape do veículo antes do conversor catalítico, onde mede o oxigênio presente nos gases de escape e informa ao MC, permitindo que o MC calcule os ajustes necessários para a mistura de ar/combustível. A localização exata do sensor Lambda varia de acordo com o

modelo do motor e da sonda lambda, essa localização normalmente é indicada nos catálogos (DENSO, 2014).

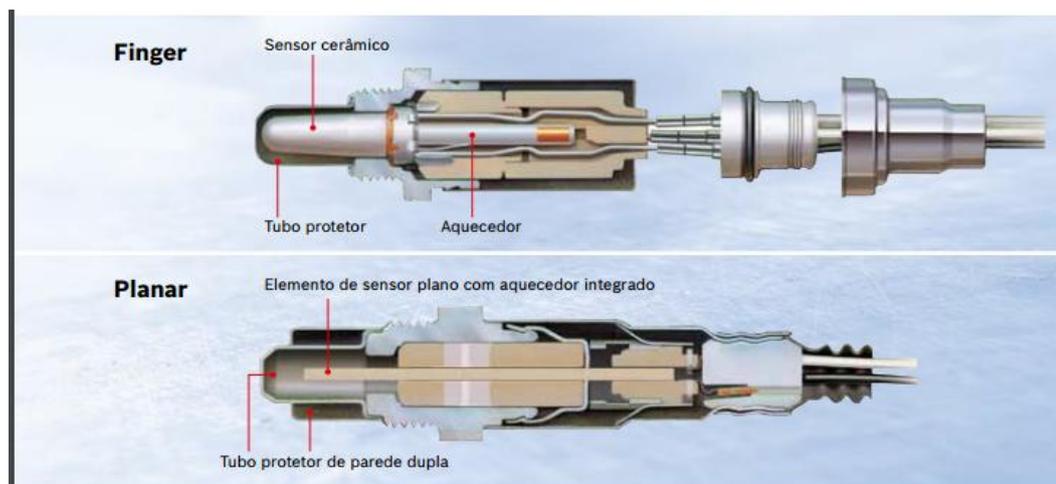
Existem dois tipos básicos de sondas lambda, o modelo convencional (*finger*) que contém como peça central um sensor cerâmico no formato da ponta de um dedo. Este sensor é aquecido por um aquecedor separado já que o controle só é possível a partir de uma temperatura de 350°C (BOSCH, 2014).

O outro tipo de sonda lambda é a planar, é o aperfeiçoamento da sonda convencional. No elemento sensor (em forma de uma placa alongada), está integrado, além do elemento de medição, um aquecedor. Dessa forma, obtém-se a informação sobre o estado de funcionamento mais rapidamente. (BOSCH, 2014).

As sondas lambda planares possuem várias lâminas cerâmicas com um aquecedor integrado. Alcançam sua temperatura de serviço duas vezes mais rápido que as sondas utilizadas até agora. Graças a isso, reduzem pela metade as emissões na fase crítica de partida a frio (BOSCH, 2016).

Existem diversas variações dos modelos básicos citados no parágrafo anterior, na figura 17, retirada do catálogo BOSCH, observar-se algumas das diferenças construtivas entre os modelos básicos.

Figura 17 - Diferenças construtivas entre a sonda lambda planar e *finger*.



Fonte: BOSCH, 2016.

Para alguns tipos de sensores de O₂, chamados de sensores banda larga (sensores que apresentam 5 fios e um conector com 6 entradas), é necessário o acréscimo de um componente chamado de condicionador de sonda lambda. Esse

componente recebe o sinal elétrico da sonda e fornece em uma tela o valor do fator λ (HARDWARECAR, 2014).

As sondas banda larga trabalham uma faixa maior de concentração de oxigênio do que sondas do tipo banda estreita. Além de proporcionar maior precisão na leitura. Outros exemplos de sensores de oxigênio que são fabricados pela BOSCH podem ser verificados no Anexo-A.

2.5 ATUADORES

Os atuadores são componentes que funcionam com o princípio de conversão de energia e assim influenciam no funcionamento do sistema. Convertem principalmente energia elétrica, hidráulica ou pneumática em energia mecânica. No caso do sistema de injeção eletrônica, são componentes controlados pela central de comando e são responsáveis por manter o funcionamento do motor nas melhores condições possíveis (INACIO, 2009; BOSCH, 2014).

2.5.1 Bico Injetor

O bico injetor é o responsável pela entrada de combustível no coletor da admissão, o fluido deve ser injetado de forma pulverizada, garantindo maior homogeneidade para evitar a concentração de combustível em determinados pontos da câmara do pistão, o que poderia desequilibrar a queima da mistura ar-combustível, podendo causar pontos de concentração de temperatura e conseqüentemente uma pré-ignição do combustível. (SOUZA, 2004).

A configuração do jato pulverizado de combustível apresenta um papel importante na eficiência da combustão. Essa configuração depende da qualidade da válvula de injeção. Na figura 18 é mostrada a diferença entre alguns tipos de pulverização adequadas e algumas inaceitáveis.

Figura 18 - Exemplos de pulverização de combustível adequadas e inadequadas.

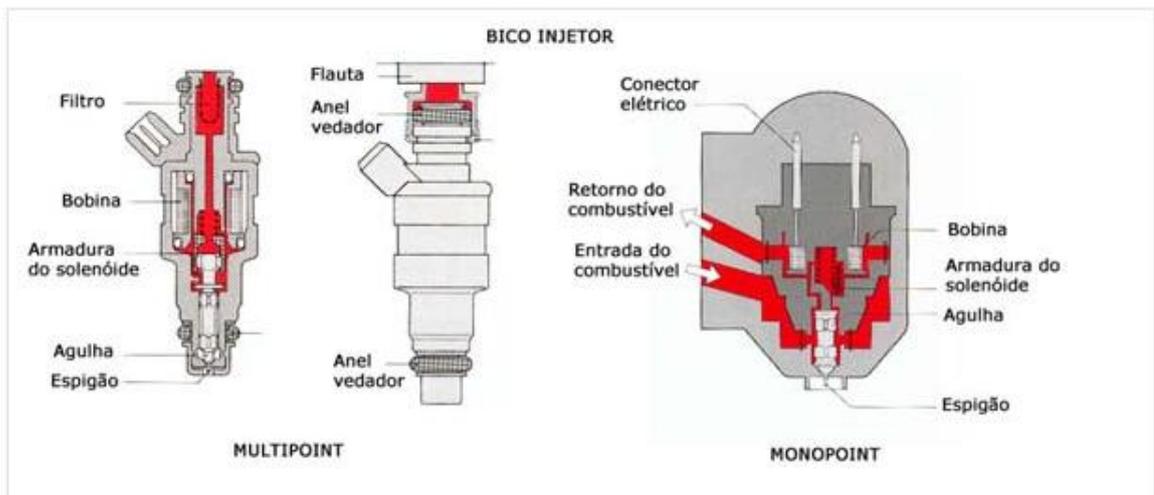


Fonte: GASTURBINEGENERATORS, 2017.

Os bicos injetores são compostos basicamente de um corpo de válvula e de uma agulha na qual se assenta o induzido do magneto. O corpo da válvula contém o enrolamento e a guia para a agulha. A agulha permanece pressionada contra o espigão através da força de uma mola helicoidal impedindo a saída de combustível, quando bobina magnética é excitada (pela passagem de energia elétrica), a agulha se eleva do assento permitindo a passagem de combustível. (SENAI, 2005).

Na figura 19 são mostrados dois exemplos de bicos injetores, ambos seguem o mesmo princípio de funcionamento, entretanto com características construtivas diferentes. O primeiro modelo é utilizado em sistemas multiponto, o segundo é utilizado em sistemas monoponto.

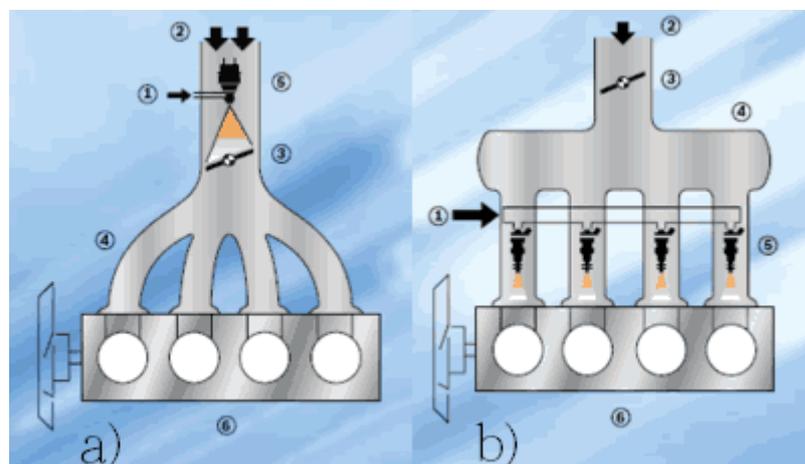
Figura 19 - Bico injetor multiponto e monoponto.



Fonte: COSTA, 2001.

Através da figura 20.a) e 20.b) pode-se verificar as diferenças básicas entre um sistema de injeção monoponto e multiponto.

Figura 20 - Configuração do sistema de injeção eletrônica a) monoponto b) multiponto. 1. Entrada de combustível; 2. Ar; 3. Borboleta de aceleração; 4. Coletor de admissão; 5. Válvula de injeção; 6. Motor.

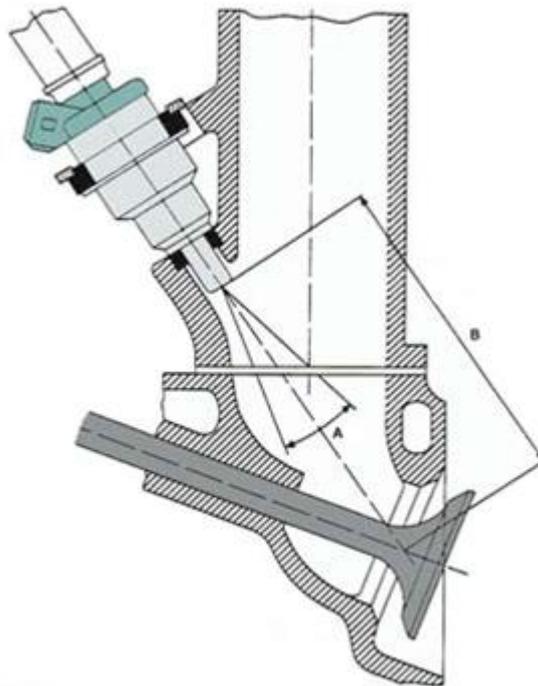


Fonte: BOSCH, 2017.

Fica claro que o sistema multiponto apresenta uma melhor precisão durante a injeção de combustível, já que para cada cilindro existe um bico dedicado. Além disso a distância que o fluido injetado deve percorrer na configuração da figura 11.a) é maior, e conseqüentemente ocorre gera condensação de combustível no coletor de admissão.

Como no sistema de injeção multiponto, os bicos ficam muito próximos da válvula de admissão, é preciso ajustar cuidadosamente seu posicionamento para que haja a maior eficiência possível. Na figura 21 pode-se observar alguns parâmetros a serem considerados quando é realizado o posicionamento dos bicos injetores desse sistema em específico.

Figura 21 - Posicionamento do bico injetor para o sistema multiponto de injeção. A: ângulo de abertura do jato de combustível; B: distância da saída do bico até a entrada da câmara.



Fonte: COSTA, 2001.

Na figura 21 existem duas dimensões que podem ser observadas, o ângulo de abertura do jato injetado A, e a distância entre a saída de combustível e o ponto de entrada na câmara de combustão B. Essas duas dimensões devem ser ajustadas de forma a evitar que o jato de combustível atinja as paredes do coletor, mas ao mesmo tempo assumam a maior abertura possível.

2.5.2 Bomba de combustível

No sistema de injeção eletrônica é preciso que o combustível seja injetado a uma pressão adequada, para que ocorra uma boa pulverização. O

atuador responsável por gerar esta pressão é a bomba de combustível (METHOMSON, 2010).

As bombas elétricas fornecem uma pressão, comumente, entre 3-6 bar e são divididas em dois grupos, bombas internas e externas ao tanque de combustível (TRUOSOLO, 2013; FUELTECH, 2013)

As bombas externas ao tanque (*In line*), são fixadas próximas ao tanque, e sugam o combustível por um tubo coletor dentro do tanque. Por esse motivo estão sempre localizadas em um nível inferior, de forma a trabalharem afogadas. (PENTEADO, 2009).

As bombas internas ao tanque (*In tank*), aspiram o combustível do fundo do tanque, impulsionando-o através da flauta de abastecimento aos bicos injetores. Esse sistema apresenta menor ruído, menor risco de vazamento e maior facilidade de montagem (PENTEADO, 2009).

O Módulo de Alimentação de Combustível é um invólucro que contém a bomba elétrica, sensor de nível de combustível, filtros e conexões elétricas. O módulo de alimentação contém o seu próprio reservatório, dessa forma garante que sempre haja combustível ao alcance da bomba. Mesmo que haja uma grande agitação no líquido (SENAI, 2005).

2.5.3 Válvula controladora de pressão

Existe a necessidade de ajustar a pressão do combustível, antes de ocorrer a injeção.

O componente que exerce essa tarefa é a válvula de retorno ou regulador de pressão. Este é o dispositivo responsável por garantir que a pressão nos bicos injetores não seja superior à ideal para a pulverização do combustível, também evita que outros componentes do sistema fiquem sobrecarregados.

A posição da válvula de retorno pode variar de acordo com o projeto, quando o regulador de pressão está no tubo distribuidor (flauta), o excesso de combustível é enviado de volta para o tanque. Esse processo gera um aquecimento no combustível que passa próximo ao motor, conseqüentemente aquece o combustível que está no tanque gerando mais gás (PENTEADO, 2009).

O regulador de pressão pode ser instalado no tanque de combustível junto ao módulo de alimentação de combustível, o excesso do líquido bombeado não chega a sair do tanque, enviando para os bicos injetores a quantidade exata de combustível a ser utilizada.

2.5.4 Corpo de borboleta (CB)

"O corpo de borboleta tem a função dosar a quantidade de ar fornecida ao motor, em função da exigência..." (SENAI, 2005).

Corpo de Borboleta, chamado antes de TBI (*Thottle Body Injection*) tem aparência semelhante com o Carburador. A posição da borboleta pode ser controlada diretamente pelo motorista através de um cabo que liga o pedal do acelerador a Válvula Borboleta, ou seja, a abertura da borboleta é determinada totalmente pelo motorista, o sensor de posição da borboleta monitora esta abertura.

A abertura da borboleta pode ser realizada de duas formas, por cabo (como já foi explicado) ou através da ativação de um motor elétrico. Essa segunda opção está presente em automóveis com aceleração eletrônica.

Em sua versão motorizada o corpo faz parte de um sistema integrado de acelerador eletrônico, neste subsistema é feito um controle cíclico que parte do Módulo do Pedal de aceleração (o próprio pedal é o módulo), passando pelo MC, corpo e senso de posição, para então retornar a central, agora não é o motorista que determina a aceleração do veículo, e sim a interpretação do MC sobre pressão que o motorista exerce no pedal, transformando-a em torque efetivo do motor.

Nesta versão o motor de passo não é utilizado pois o próprio corpo da borboleta passou a realizar essa atividade pela sua abertura (comandada pela central de comando).

2.5.5 Atuador de marcha-lenta:

O controle da marcha-lenta é feito pelo Atuador de Marcha-Lenta, que controla a abertura (By-pass) por onde uma quantidade suficiente de ar passa por ela quando a borboleta se encontra fechada. A marcha-lenta também pode funcionar

ao se controlar a abertura da borboleta. Esse sistema é muito importante para o veículo pois pode representar uma economia de até 30% de combustível, em tráfego urbano (BRAGA, 2007).

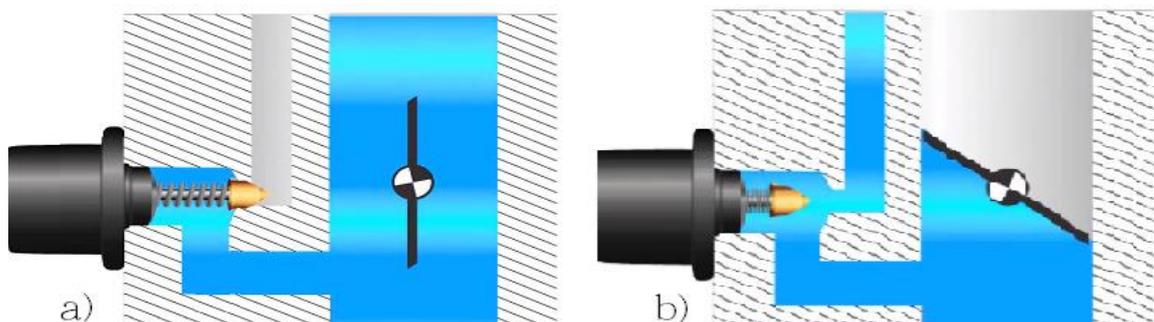
A válvula atuadora de marcha lenta também conhecida por IAC (*idle air control valve*), nos sistemas multiponto de injeção eletrônica, em muitos casos utiliza um solenoide ou um motor de passo, mas seu funcionamento se restringe ao mesmo objetivo de controlar a quantidade de ar desviado antes da borboleta de aceleração para depois da borboleta, controlando assim a marcha lenta do motor (MILHOR, 2002).

O módulo de injeção eletrônica também utiliza a válvula para controlar a marcha lenta acelerada com o motor frio para um rápido aquecimento.

O Motor de Passo é um motor elétrico controlado pela MC do veículo. A rotação é controlada por uma série de campos elétricos que são ativados e desativados sucessivamente. O motor geralmente é composto por solenoides fixos e uma roda dentada que se movimenta atraída pelo campo magnético emitido pelos solenoides. Quando o solenoide é energizado o campo emitido atrai o dente da roda fazendo-a girar levemente, a rápida alteração dos solenoides ora ativando ora desativando o campo faz a roda girar precisamente o necessário para posicionar a agulha no furo calibrado da passagem de ar para o coletor (By-pass) (MTE-THOMSON, 2010).

NA figura 22 são mostradas diferentes configurações para a borboleta e o by-pass. Na figura 22.a) é possível ver a borboleta completamente aberta, e o motor de passo está impedindo a passagem de ar pelo by-pass. Na parte b) observa-se a situação oposta, onde a borboleta está completamente fechada e o motor de passo permite a passagem de ar pelo by-pass.

Figura 22 – Configurações do by-pass. a) by-pass fechado; b) by-pass aberto.



Fonte: MTE-Thomson, 2015.

2.6 BOBINA DE IGNIÇÃO

Paralelo ao sistema de injeção eletrônica, existe o sistema de ignição, que também é controlado pelo MC, e apresenta um papel muito importante na eficiência da queima do combustível.

A bobina de ignição tem como função gerar uma alta tensão para a vela, esse processo provoca uma centelha entre os eletrodos da vela, que se encontra dentro da câmara de combustão. No momento em que a centelha atinge a mistura ar/combustível se dá início à detonação (MILHOR, 2002).

A bobina funciona de forma que o enrolamento primário, alimentado pela tensão de bateria, se carrega durante um certo tempo, no instante apropriado, a energia armazenada no enrolamento primário é transferida para o enrolamento secundário onde é gerada a alta tensão (MTE-THOMSON, 2010).

Nos sistemas atuais, o módulo de ignição está integrado à unidade de comando. Nos sistemas mais antigos, a alta tensão era encaminhada à diversas velas através do distribuidor.

Os sistemas mais modernos, sem distribuidor, as velas estão conectadas diretamente às bobinas de ignição.

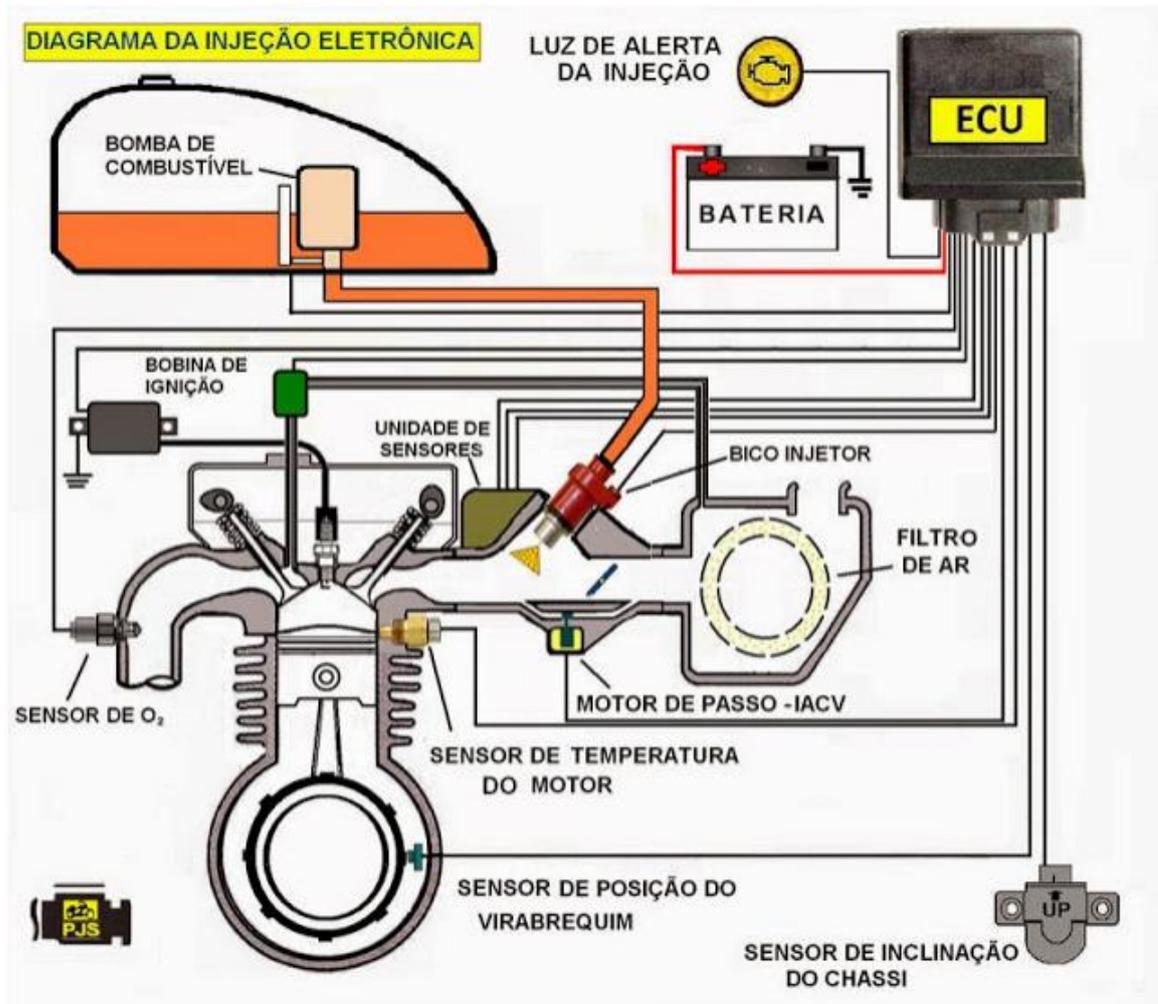
2.7 OBJETIVO FINAL DO SISTEMA DE INJEÇÃO

A figura 15 mostra a representação esquemática do posicionamento dos sensores e atuadores exemplificados anteriormente. Essa representação é relacionada a motores de motocicletas, e serve como base para o *layout* do motor do protótipo.

Na figura 23 está representado um sistema completo de injeção eletrônica, isso implica na presença de sensores que não foram abordados neste trabalho, como o sensor de temperatura do motor e posição do chassi, além da unidade de sensores.

Esses componentes influenciam no funcionamento da injeção, mas não têm tanta representatividade quanto os componentes que foram citados anteriormente.

Figura 23- Representação dos componentes da injeção eletrônica.



Fonte: SOUZA, 2015.

A unidade de sensores apontada na figura 23 representa três sensores, o sensor de posição da borboleta, o sensor de temperatura de ar e o sensor de pressão de ar.

3 METODOLOGIA

O primeiro passo para desenvolvimento do trabalho foi realizar uma pesquisa com o intuito de entender o funcionamento básico de um sistema de injeção eletrônica. Essa pesquisa ocorreu, principalmente, por meios digitais e através de discussões com profissionais da área.

A medida que a pesquisa avançou, a seção Revisão da Literatura foi elaborada e, a partir de um determinado ponto, foi realizado contato com os membros da equipe Pato a Jato. Com esse contato foi possível confrontar as informações contidas no trabalho com o conhecimento e experiências dos membros da equipe, isso indicou que a pesquisa deveria ser aprofundada em diversos pontos.

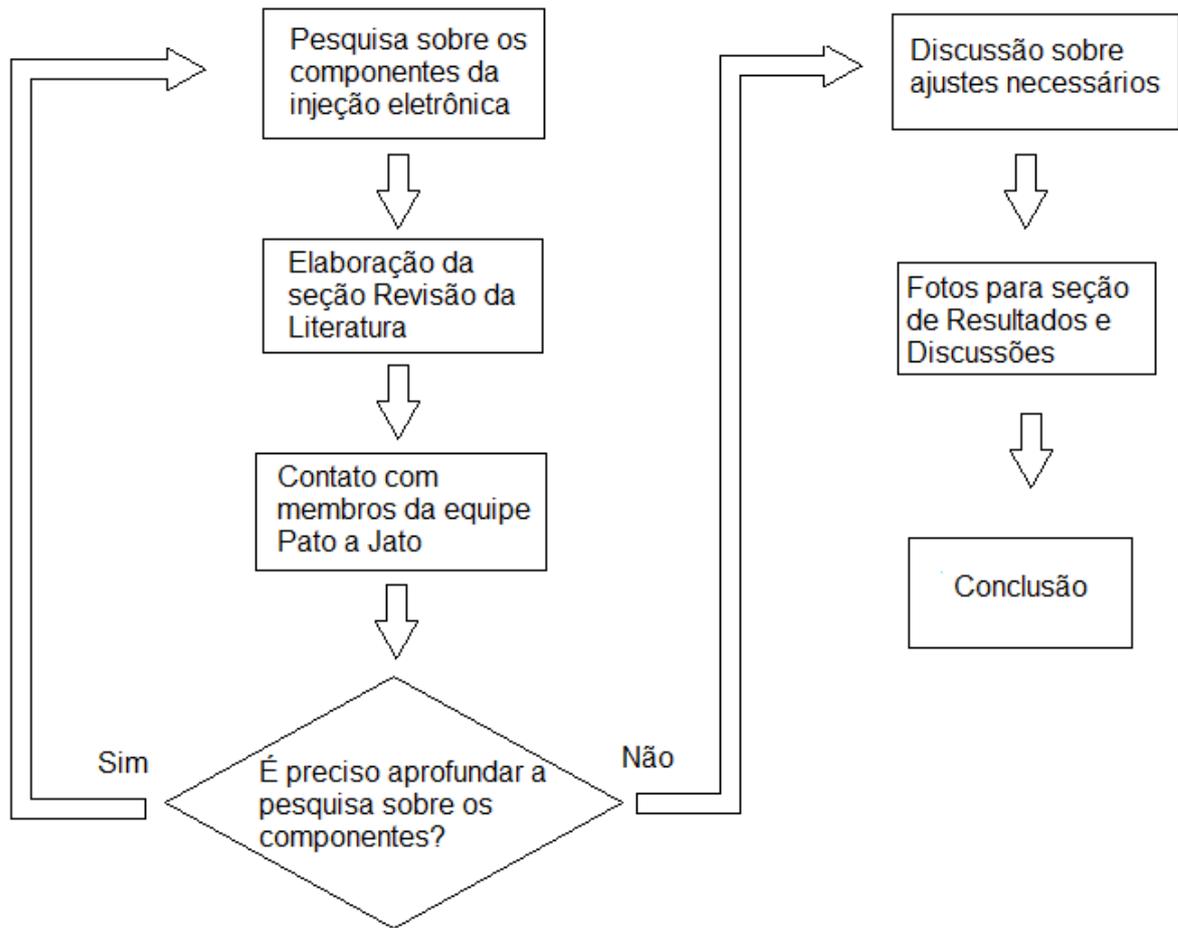
Tornou-se um ciclo de elaboração do trabalho e discussão com membros da equipe, até o momento em que o texto escrito tornou-se adequado aos parâmetros e realidade da equipe.

Com a primeira parte do trabalho elaborado, o próximo passo foi registrar os procedimentos, discussões e decisões que os membros da equipe assumiam com relação ao sistema de injeção eletrônica e ao motor. O registro desse processo foi feito por meio de fotos e anotações e compilado na seção Resultados e Discussões.

Diversas informações foram omitidas, pois, entre os objetivos da equipe de eficiência energética, está o resultado em competições. Então para evitar a divulgação de características que podem ser consideradas o diferencial da equipe, alguns tópicos foram tratados de maneira menos detalhada.

Todo esse procedimento foi sintetizado no fluxograma apresentado na figura 24.

Figura 24 Fluxograma da metodologia tomada para desenvolvimento do trabalho



Fonte: O autor, 2017.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para se compreender como foi o processo de modificação do motor, primeiramente é preciso identificar os equipamentos que foram retirados do motor original, então identificar os componentes da injeção que foram instalados e, por fim, como foi o processo de adaptação e de instalação desses componentes.

4.1 CARACTERÍSTICAS DO MOTOR ANTES DA MODIFICAÇÃO

O motor que foi adaptado é um Honda GX 35, as características técnicas desse motor estão presentes no quadro 3.

Quadro 3 – Características construtivas do motor Honda GX 35

Comprimento	198 mm
Largura	234 mm
Altura	240 mm
Peso do equipamento seco	3,33 kg
Tipo do motor	4 tempos, árvore de cames de cabeça, cilindro único
Volume de câmara (Diâmetro X Curso)	35,8 cm ³ (39 X 30 mm)
Máxima potência	1,2 kW a 7000 rpm
Torque máximo	1,9 N.m a 5500 rpm
Capacidade do tanque de combustível	0,65 l
Consumo de combustível	360 g/kWh
Sistema de refrigeração	Ar forçado
Sistema de ignição	Magneto Transistorizado

Fonte: HONDA, 2005.

A figura 25 mostra o motor original, antes de qualquer alteração.

Figura 25 Motor HONDA GX 35 original.

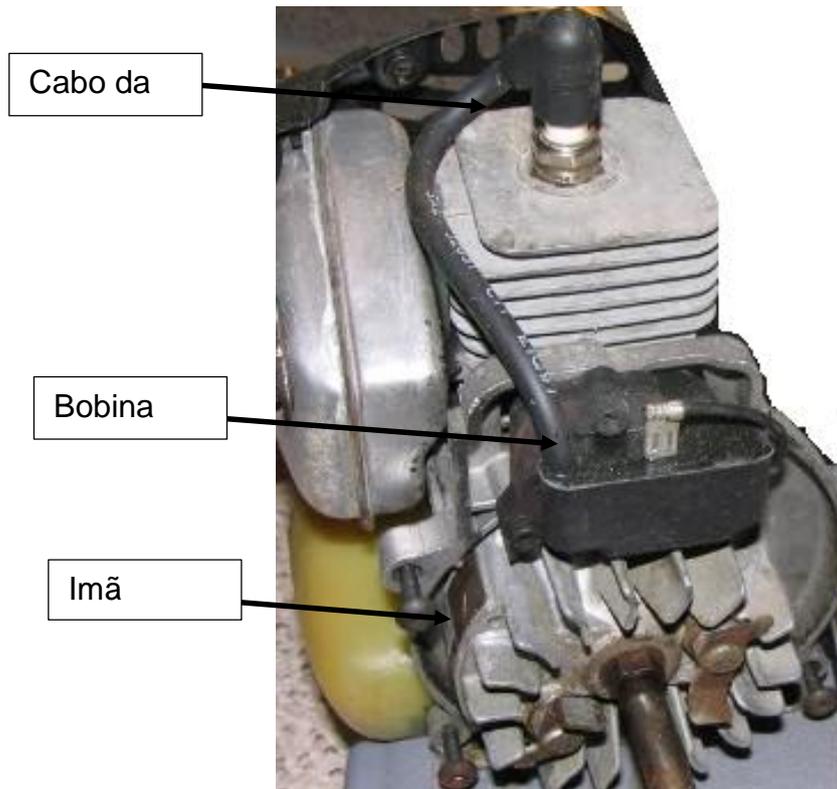


Fonte: HONDA, 2005.

Toda a carenagem original foi retirada, e como o sistema de ignição deixou de ser por magneto transistorizado, os componentes desse sistema foram retirados, exceto a vela de ignição, essa foi utilizada no sistema de injeção eletrônica. Os componentes retirados são a bobina de ignição, o ímã, cabo da bobina. São apontados na figura 25.

É possível que o sistema de injeção eletrônica trabalhe com o sistema de ignição por magneto transistorizado, entretanto a central não influenciará no ponto de ignição.

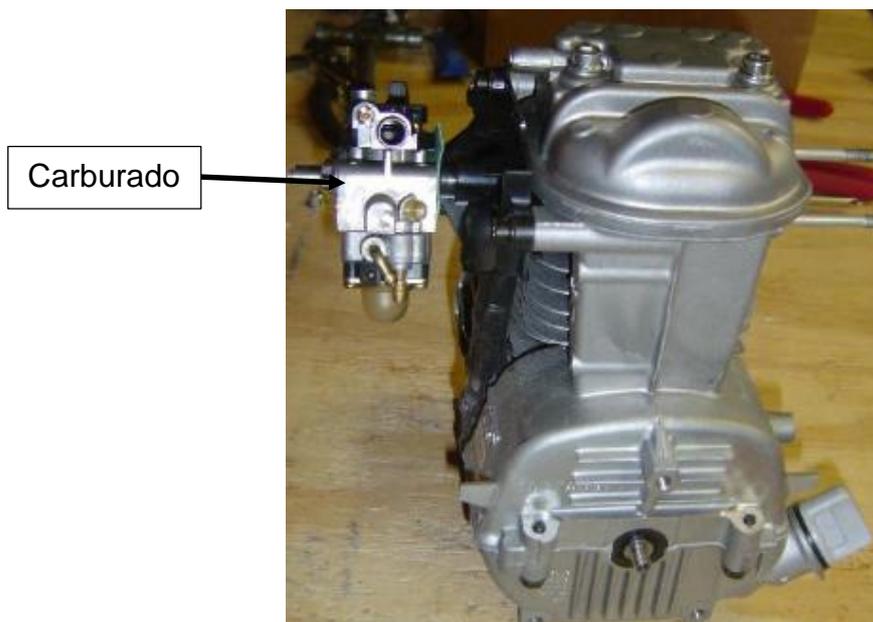
Figura 26 Componentes da ignição original



Fonte: o autor.

Também foi retirado o carburador do motor original, esse equipamento está indicado na figura 27

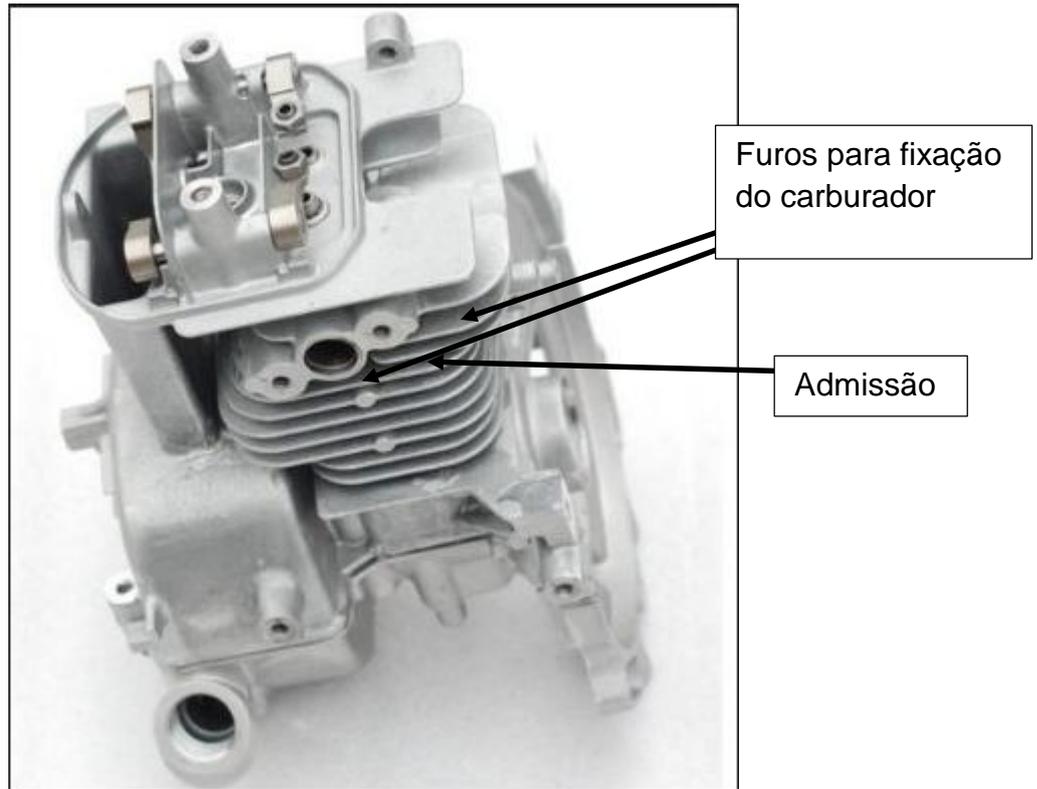
Figura 27 Carburados instalado no motor



Fonte: RCUNIVERSE, 2005.

Na imagem 28 é mostrado o motor antes de sofrer as modificações para a instalação do sistema de injeção eletrônica. Nessa imagem verifica-se a entrada de admissão e os furos onde o carburador ficava instalado. Além disso na imagem não estão presentes o tanque de combustível e a vela de ignição.

Figura 28 Motor pronto para receber os componentes da injeção eletrônica



Fonte: RCUNIVERSE, 2005.

4.2 COMPONENTES NECESSÁRIOS PARA MODIFICAÇÃO

O quadro 4 indica os componentes que foram comprados ou doados para a instalação do sistema de injeção eletrônica e seus valores aproximados no mercado para o ano de 2017. Os valores são aproximados pois no mercado existem diversos valores diferentes dependendo do fornecedor.

Quadro 4 – Componentes comprados ou doados para a equipe.

Componente	Valores aproximados
Bico injetor Honda Bis 125	R\$ 180,00
Bobina de ignição do Gol 1.6	R\$ 160,00
Unidade de comando Injepro EFI-PRO	R\$ 2000,00
Sensor de rotação Gol g6 1.6	R\$ 70,00
Sonda Lamba <i>finger</i>	R\$ 130,00
Válvula controladora de pressão para ar comprimido	R\$ 140,00
Motor GX 35	R\$ 1400,00
Total gasto	R\$ 4080,00

Fonte: o autor.

4.3 MODULO DE CONTROLE

A central de comando utilizado no protótipo foi doada pela empresa INJEPRO e é a primeira versão do modelo EFI-Pro.

O posicionamento da MC no protótipo está indicado na figura 29, percebe-se que a central está instalada próxima ao motor, mas afastada o suficiente para não ser danificada pelo calor proveniente da combustão, além disso o acesso é fácil o que permite ajustar os parâmetros de forma fácil.

Figura 29 - Posicionamento da central de comando da injeção eletrônica.



Fonte: Equipe Pato a Jato, 2017.

As possibilidades de ligações entre a central e os demais componentes da injeção indireta de combustível podem ser vistas no Anexo B.

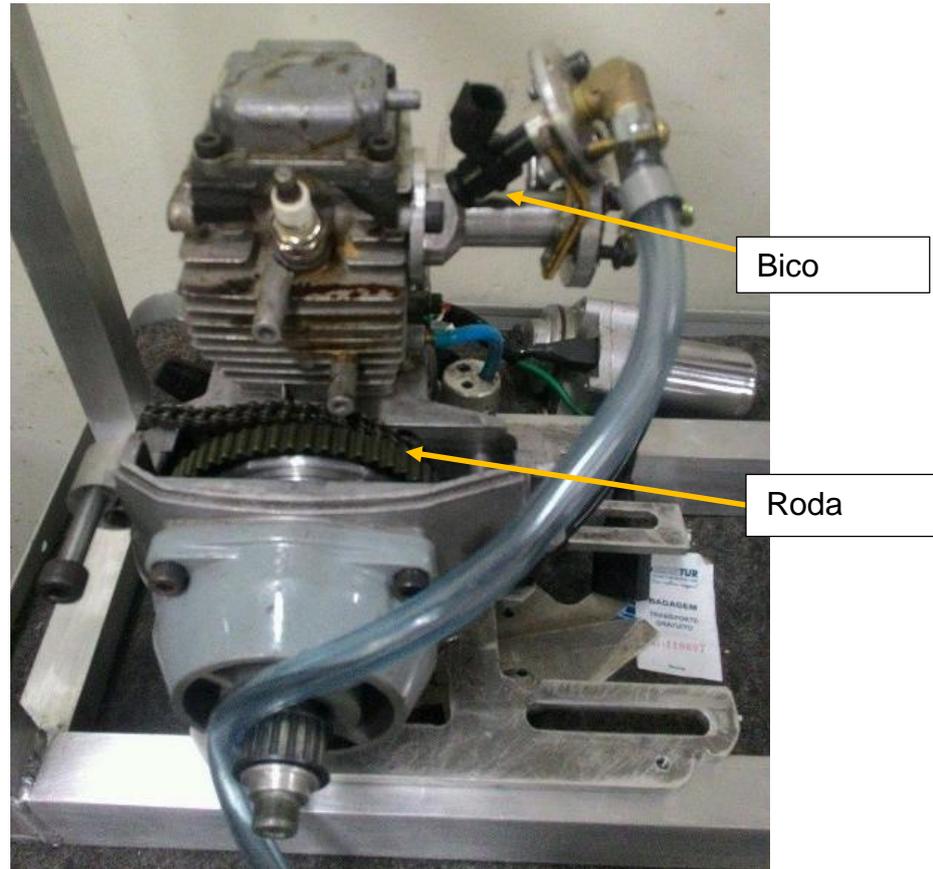
A UC EFI-PRO é para uso em motores de 1 a 12 cilindros, com acesso total aos mapas de programação, seja por seu teclado do equipamento ou através de software via cabo USB. Possibilita a aquisição de todos os dados de funcionamento do motor e facilita o desenvolvimento do acerto. Possui controles de marcha lenta, nitro, tração, *booster* eletrônico e correção por sonda lambda. Apresenta um sistema de mapa completo, onde pode-se ter acesso a todas as condições de carga ou pressão, interpolados a cada 200 rpm, ou ainda, optar pela facilidade do mapa simplificado. A organização dos menus de calibração está representada no Anexo D, retiradas do manual de instalação EFI-PRO. Para maiores informações recomenda-se a consulta ao manual.

4.4 FIXAÇÃO DA RODA FÔNICA

Na imagem 30 é indicado o posicionamento da roda fônica e do bico injetor. Devido a características construtivas do motor, e recomendações de profissionais da empresa INJEPRO, o modelo de roda fônica escolhido é de 36-1 dentes.

Maior detalhamento sobre o desenvolvimento da roda fônica está explicitado no Anexo C.

Figura 30 Foto do motor que mostra o bico injetor e a roda fônica instalados.

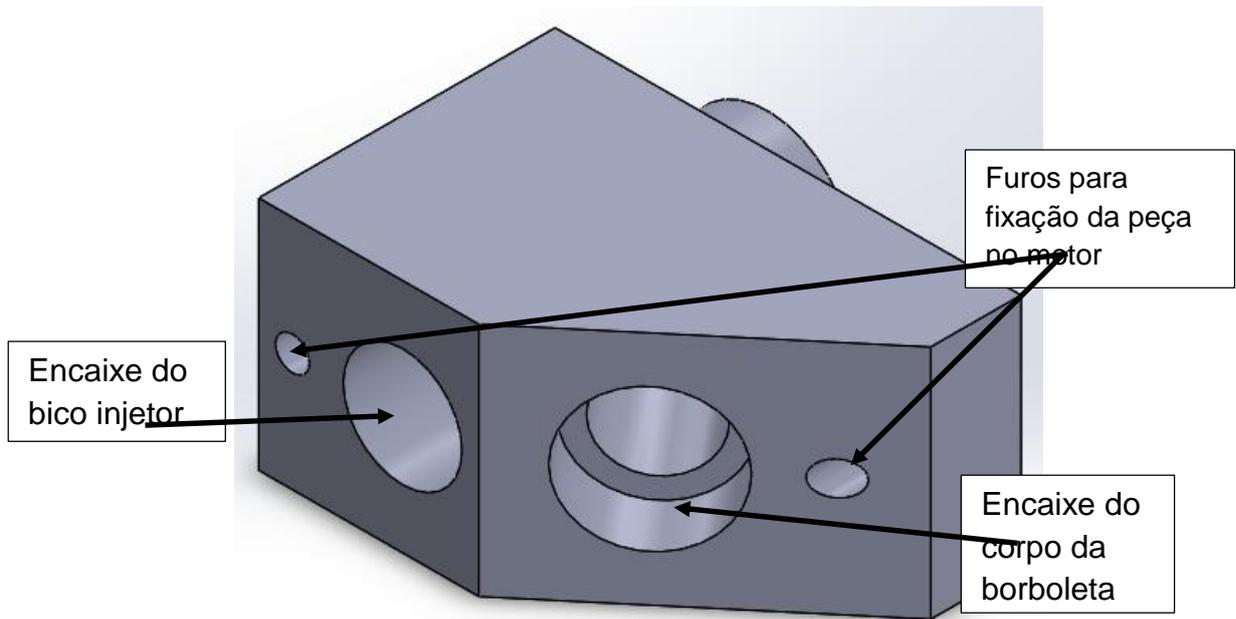


Fonte: O autor,2017.

4.5 FIXAÇÃO DO BICO INJETOR

Foi fabricada uma peça para realizar a fixação do bico injetor. Essa peça fica parafusada no mesmo local que anteriormente o carburador era fixado. Como a ponta do bico injetor fica apenas encaixada no espaço disponível, deve-se garantir que ele não se mova durante o funcionamento do motor. A figura 31 é o desenho feito em software Cad da peça que fixa o bico injetor e o corpo da borboleta.

Figura 31 Flange do bico injetor.

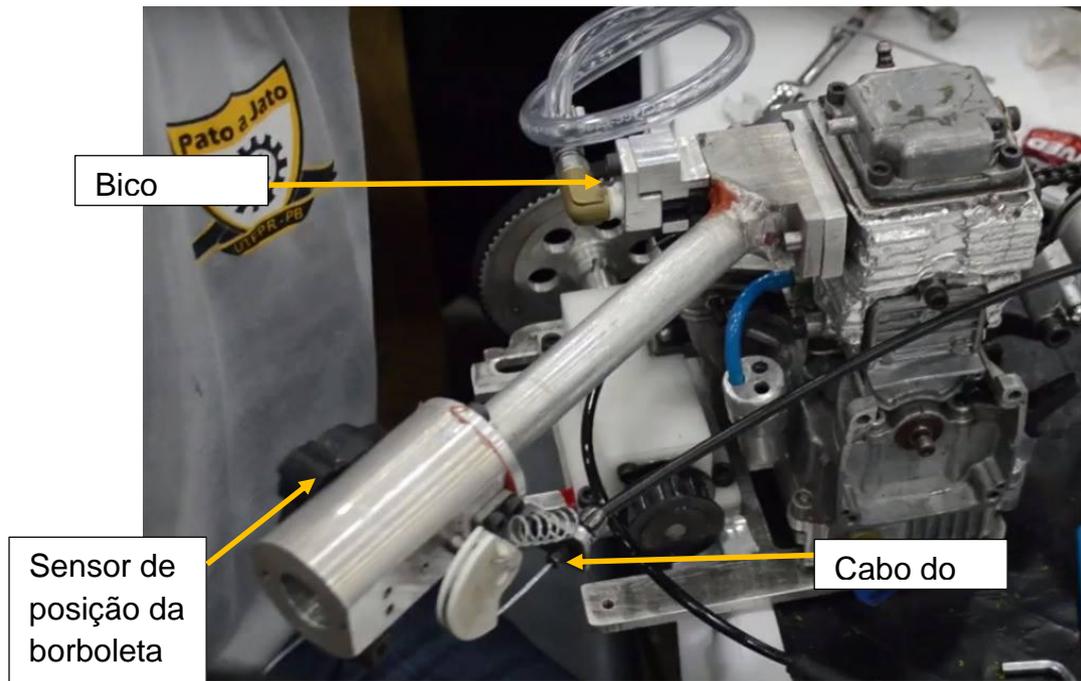


Fonte: equipe Pato a Jato, 2017.

A figura 32 mostra o posicionamento do bico injetor, a figura 33 mostra o resultado final do bico, após ser completamente fixado de modo a impedir movimentos indesejados.

A válvula de injeção aplicada no projeto é o da Honda Bis. Foi selecionado esse modelo pois é o menor que existe no mercado, e mesmo assim, foi preciso ajustar a ponta do bico para modificar a vazão do combustível, de modo a se tornar mais adequada para o motor HONDA.

Figura 32: Foto do motor GX 35 com o bico injetor e o corpo da borboleta instalados

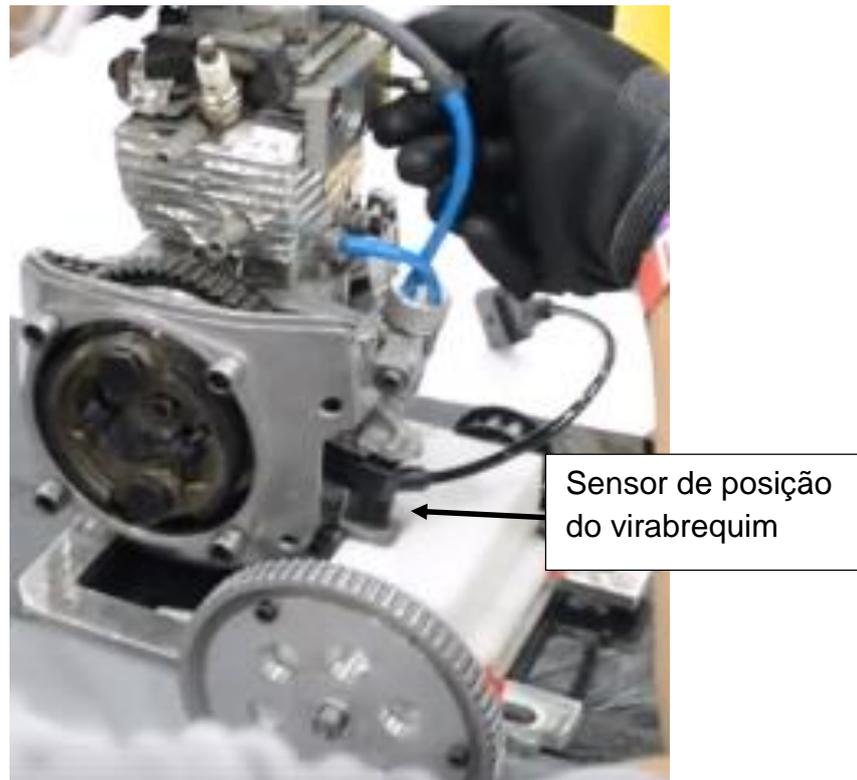


Fonte: Equipe Pato a Jato, 2017.

4.6 FIXAÇÃO DO SENSOR DE POSIÇÃO DO VIRABREQUIM

Na figura 33 é possível ver claramente o posicionamento do sensor de posição do virabrequim. Ele está posicionado bem próximo à roda fônica, de acordo com o discutido na seção de revisão de literatura.

Figura 33: Foto do motor durante competição em 2017



Fonte: Equipe Pato a Jato, 2017.

4.7 SISTEMA PARA CONTROLE DE PRESSÃO DO COMBUSTÍVEL

Para efetuar o trabalho da bomba de combustível, foi selecionado um sistema alternativo de pressurização. Ao saber que o bico injetor deve funcionar com uma pressão de injeção de aproximadamente 3 bar, foi instalado um recipiente pressurizado antes do tanque.

Esse recipiente é inicialmente pressurizado a 7 bar, e entre sua conexão com o tanque de combustível existe uma válvula controladora de pressão que faz com que o tanque esteja sempre a 3 bar de pressão. Com o tempo de funcionamento do protótipo, a pressão no recipiente decai. Deve-se pressurizar novamente o tanque de ar comprimido antes que esse atinja uma pressão inferior à de funcionamento do bico injetor.

O sistema funciona no protótipo pois o consumo de combustível é extremamente baixo. Em veículos comerciais o tanque de pressão precisaria ser

muito grande, e sempre reabastecido, fazendo com que bomba de combustível seja uma opção mais viável e segura.

A figura 34 mostra esse sistema instalado no protótipo, no início do ano de 2017, durante a competição SHELL ECO-Maraton em Detroit-EUA.

Figura 34 Protótipo durante em 2017



Fonte: Equipe Pato a Jato, 2017.

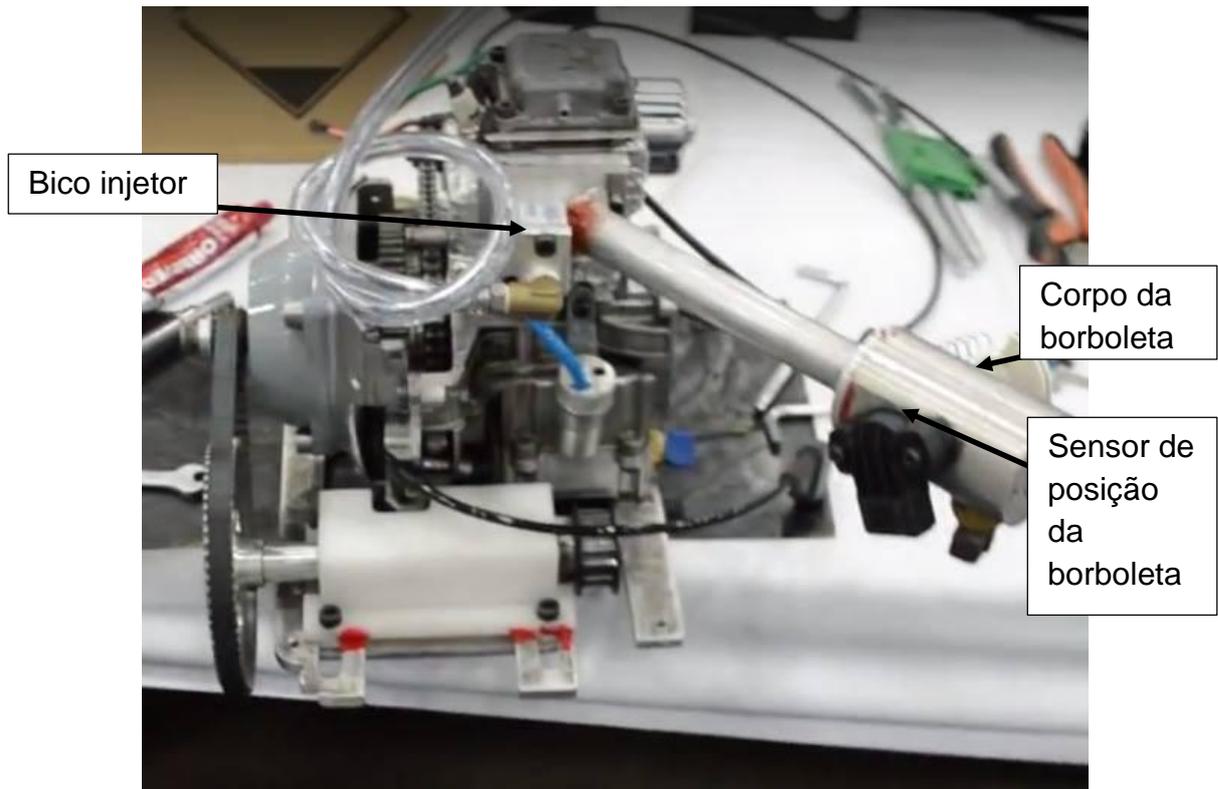
4.8 CORPO DE BORBOLETA E SENSOR DE POSIÇÃO DA BORBOLETA

Ao mesmo tempo em que a equipe precisou fabricar uma peça para ajustar o bico injetor, foi preciso fabricar um corpo de borboleta que se encaixe no sistema.

Na figura 35 é mostrado o resultado final desse corpo de borboleta, já com o sensor de posição da borboleta instalado.

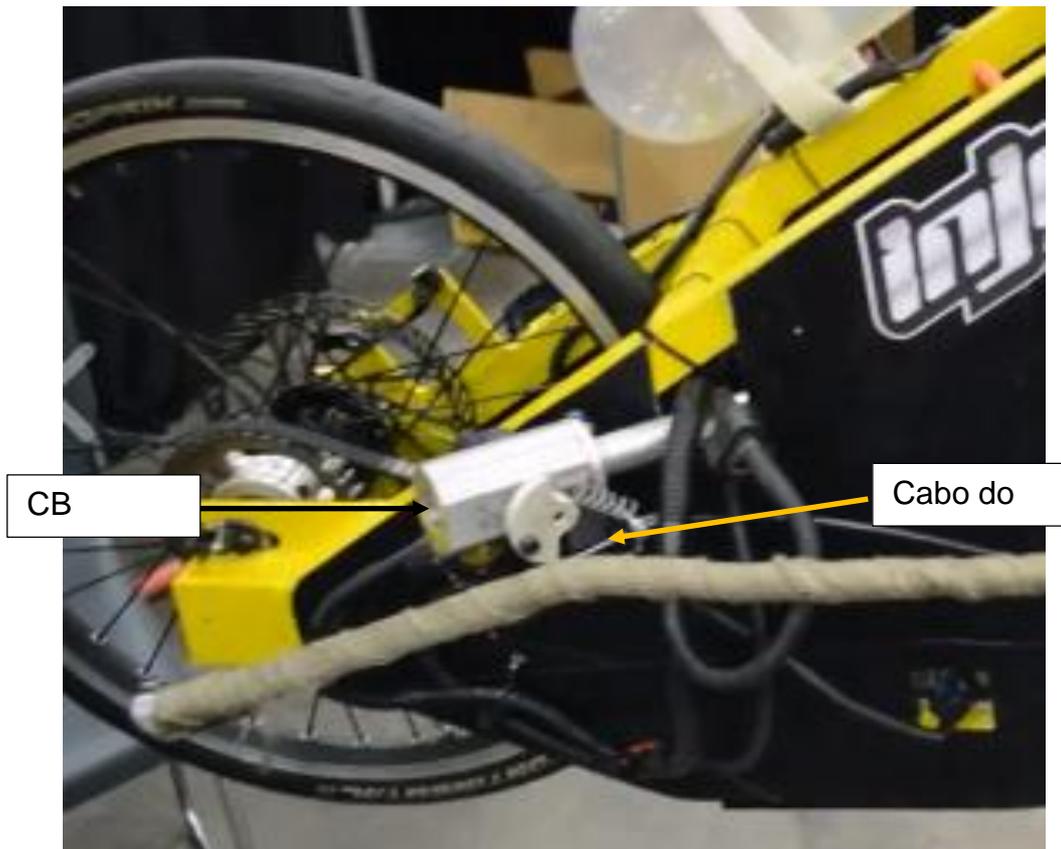
Pela imagem, percebe-se que existe uma distância considerável entre a borboleta e o ponto de injeção do combustível. A configuração ficou dessa forma pra facilitar a ligação do cabo do acelerado ao CB. Como mostrado na figura 36.

Figura 35 - Motor com corpo de borboleta instalado.



Fonte: Equipe Pato a Jato, 2017.

Figura 36 - Cabo de aceleração conectado ao CB.



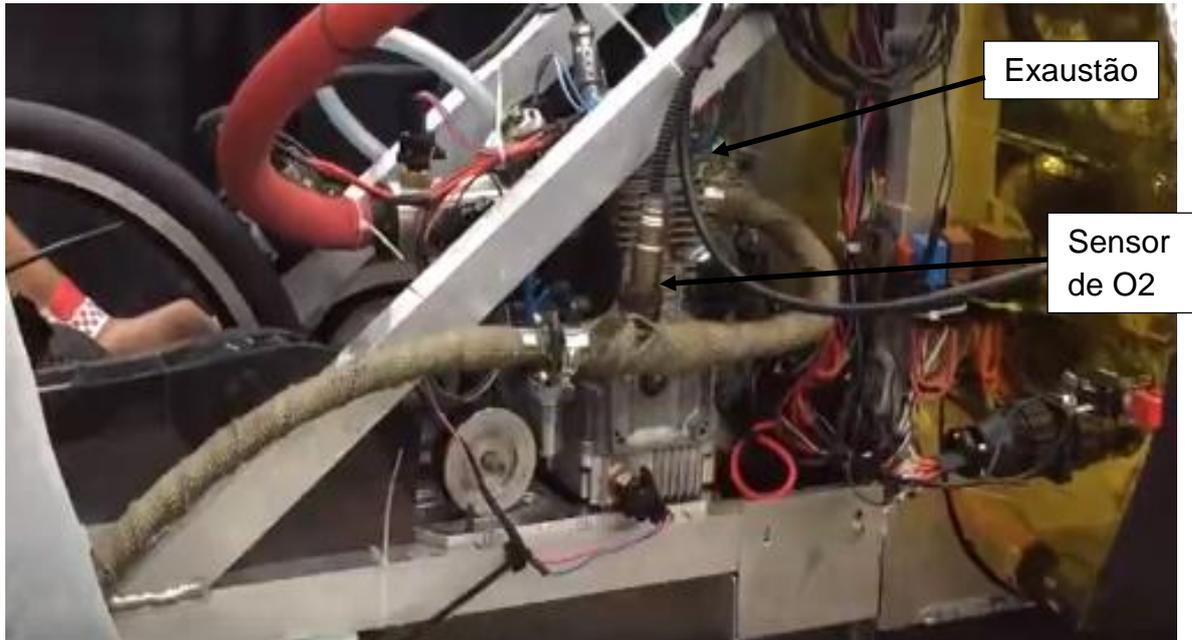
Fonte: Equipe Pato a Jato.

4.9 Sonda LAMBDA

Devido a características construtivas do protótipo da equipe, no modelo mais recente é difícil visualizar o posicionamento do sensor de oxigênio, pois este foi instalado bem próximo à saída de ar.

A figura 23 mostra a sonda lambda instalada ao protótipo do ano de 2015, durante a competição SHELL ECO-Marton em Detroit-EUA.

Figura 37 - Posição da sonda de oxigênio.



Fonte: Equipe Pato a Jato, 2017.

4.10 BOBINA DE IGNIÇÃO

A bobina de ignição selecionada pela equipe é do modelo VW AG 030.905.110.B 1SM Eldor 77400003. A figura 24 apresenta a posição em que ela foi instalada no protótipo, e também a ligação elétrica entre a bobina com a bateria e com o módulo de controle.

Figura 38 Bobina de ignição instalada no protótipo.



Fonte: Equipe Pato a Jato, 2017.

4.11 RESULTADOS DA EQUIPE EM COMPETIÇÕES

Para a Maratona Brasileira de Eficiência Energética de 2014 a equipe Pato a Jato participou na categoria etanol com um protótipo com massa de 45 kg. Esse protótipo foi capaz de atingir uma média de 252 km/l e conquistou o segundo lugar na competição.

No ano de 2015, a equipe participou na competição Shell Eco-Maraton Américas na cidade de Detroit-EUA. O protótipo utilizado apresentava as mesmas características construtivas do ano anterior, entretanto o diferencial foi que o veículo apresentava o sistema de injeção eletrônica de combustível. A marca alcançada pelo protótipo foi de 316 km/l e conquistou o segundo lugar na competição.

5 CONCLUSÕES

É fato que a gama de elementos que compõem um sistema de injeção eletrônica é grande, e que varia de acordo com cada sistema e fabricante. Este trabalho apresentou apenas os componentes essenciais para o funcionamento de um sistema de injeção eletrônica.

Algumas características do trabalho realizado pela equipe Pato a Jato não foram aprofundadas, isso se deve a uma série de motivos, entre estes está a falta de documentação histórica por parte dos membros da equipe. Isto dificulta a propagação do conhecimento e, conseqüentemente, o aprendizado dos novos membros.

Espera-se que este material seja usado pelos futuros integrantes da equipe, de modo a servir de base para estudos, e incentivar o aprofundamento no tema de forma a iniciar projetos de fabricação ou melhoria nos sensores e atuadores específicos para o modelo utilizado.

REFERÊNCIAS

BOSCH, Autopeças. **HISTÓRIA DA INJEÇÃO DE GASOLINA**. Disponível em: <http://br.bosch-automotive.com/pt/internet/parts/parts_and_accessories_2/motor_and_sytems/benzin/injection_system/history_4/history_4.html>. Acesso em: 22 out. 2017

BOSCH. **CATÁLOGO DE APLICAÇÃO DE SENSORES E ATUADORES PARA SISTEMAS DE INJEÇÃO ELETRÔNICA**, p. 4, 6, 7. 2014.

BOSCH. **CATÁLOGO DE APLICAÇÃO DE SONDAS LAMBDA (SENSOR DE OXIGÊNIO) PARA SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA**, p. 6, 10. 2016.

BRAGA, Gabriel Teixeira. **UMA CONTRIBUIÇÃO AO CONTROLE DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA DE IGNIÇÃO POR CENTELHA NA CONDIÇÃO DE MARCHA LENTA**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 31, 45. 2007.

BROSOL. **CURSO DE CARBURADORES**. 2015. Disponível em: <http://www.vwsantana.net/mecanica/carburadores/curso_carburadores_brosol_web_er.pdf>. Acesso em: 9 Nov. 2017

BRUNETTI, Franco. **MOTORES DE COMVUSTÃO INTERNA, VOLUME 1**. São Paulo, BLUCHER, 2012. p. 344.

COSTA, Paulo G. **A BÍBLIA DO CARRO**. Alagoas: Universidade Federal de Alagoas UFAL, 2001.

DENSO, Europe B.V. **LAMBDA SENSORS**. Catalogue 2014/2015. p. 14.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, Inc. **FOUR-STROKE CYCLE**. 2007.

FAZERFACIL. **INJEÇÃO EÇETRÔNICA E MECÂNICA**. Disponível em: <http://www.fazerfacil.com.br/carros/injecao_6.htm>. Acesso em: 12 Abr, 2017

FILHO. Orlando Volpato. **RODA FÔNICA CODIFICADA**. GreenWorks, p. 3, 2016.

FONTES, Altaís; FONTES, Fábيا Gomes. **ESTRUTURAS E PROCESSOS ORGANIZACIONAIS**, Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, p. 96-98, 2010.

FUELTECH, FT200. **SISTEMA DE INJEÇÃO E IGNIÇÃO ELETRÔNICA PROGRAMÁVEL, MANUAL DE INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO.** Versão 1.6, 2012.

FUELTECH, FIRE 4S. **MÓDULO DE IGNIÇÃO INDUTIVA DE ALTA ENERGIA, MANUAL DE INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO.** Versão 3.0, p. 9, 11, 12, 13. 2013.

GAS TURBINE GENERATORS. **GENERATOR SET, AVIATION, GAS TURBINE ENG DRIVEN, INTEGRAL TRAILER MOUNTED 10KW 28 VOLTS DOD MODEL MEP 36 PRECISE, DC, (NSN 6115-01-161-3992) AG-320BO-MME-000; TM 6115-TO 35C2-3-471-2** Disponível em: <http://gasturbinegenerators.tpub.com/TM-5-6115-612-34/css/TM-5-6115-612-34_173.htm>. Acesso em: 18 Mai 2017.

HARDWERECAR. **MANUAL TECNICO WILDBAND V3 LSU 4.2**, p. 1. 2014. Disponível em: <<http://www.hardwarecar.com.br/fotos/Manual.pdf>> Acesso em: 29 Out. 2017.

HONDA. **CARACTERISTICAS TECNICAS DO MOTOR GX35.** 2005 Disponível em: <<http://engines.honda.com/models/model-detail/gx35>>. Acesso em 9 Nov. 2017.

INACIO, Mourílio J. **SENSORES E ATUADORES (2).** FACIT, p. 2. 2009.

INJEPRO, Automotive Technology. **GUIA RAPIDO**, 2016. Disponível em: <http://www.injepro.com/wp-content/files_mf/guiar%C3%A1pidoefi.pdf> Acesso em : 31 Out. 2017

INJEPRO, Automotive Technology. **MANUAL DE INSTALAÇÃO EFI-PRO**, 2016. Disponível em: <http://www.injepro.com/wp-content/files_mf/manualefiprov1.pdf> Acesso em : 24 Nov. 2017

MAHLE, **MANUAL TÉCNICO, MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA**, 2016

MILHOR, Carlos Eduardo. **SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO PARA CONTROLE ELTRÔNICO DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO.** São Carlos, Universidade de São Paulo, p. 29, 35, 38, 39. 2002.

MTE-THOMSON. **COMO FUNCIONA! SENSOR DE POSIÇÃO TPS**, 2014. Disponível em: <<http://www.mte-thomson.com.br/site/dicas/como-funciona-sensor-de-posicao-da-borboleta-tps/>>. Acesso em: 17 Set. 2016.

MTE-THOMSON TEST. **INFORMAÇÕES TÉCNICA, DIAGNÓSTICO DOS COMPONENTES, VERIFICAÇÃO DE CIRCUITOS E COMPONENTES, SISTEMA DE ARREFECIMENTO.** Brasil: COPYRIGHT, 2ª ed. p. 7, 8, 11, 18, 21. 2010.

NOTÍCIAS DA OFICINA. **CAPÍTULO 4: RODAS FÔNICAS**, 2013. Disponível em: <<http://www.noticiasdaoficinavw.com.br/v2/2013/06/capitulo-4-rodas-fonicas/>>. Acesso em: 15 Set. 2016.

PENTEADO, Otávio Branda. **PROJETO E INSTALAÇÃO DE TANQUE DE COMBUSTÍVEL FLEXÍVEL EM ALTOMÓVEIS DE PASSEIO**. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo, p. 11, 13, 14. 2009.

PERCE, William. **ANTONIETTE LEVAVASSEUR AIRCRAFT ENGINES**, 2016. Disponível em: <<https://oldmachinepress.com/2016/05/28/antoinette-levavasseur-aircraft-engines/>> Acesso em: 22 Out. 2017

RCUNIVERSE. **GX35 PICS AND ONE HOMELITE**. 2005. Disponível em: <<http://www.rcuniverse.com/forum/engine-conversions-92/3983420-gx35-pics-one-homelite-pic-completed-engine-added.html>>. Acesso em: 16 Nov 2017.

RODRIGUES, Ana Maria. **MANUAIS ADMINISTRATIVOS**, 2016. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/29069099/manuais-administrativos-2016>>, p. 1. Acesso em: 9 Nov. 2017.

SENAI. **SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA DE COMBUSTÍVEL**. São Paulo: Escola SENAI “Conde José Vicente de Azevedo”, p. 22, 25, 28, 29, 35, 36, 37, 47. 2005.

SILVA, Marcos Noé Pedro da. **"CILINDRADAS DE UM MOTOR A COMBUSTÃO"**. *Brasil Escola*. 2015 Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/matematica/cilindradas-um-motor-combustao.htm>>. Acesso em: 16 Nov de 2017.

SOUSA. Paulo J. de **ABRIMOS A CAIXA PRETA DA MOTOCICLETA** Matéria publicada originalmente no jornal OficinaBrasil, 2015. Disponível em: <http://motropologia.blogspot.com.br/2015_03_01_archive.html>. Acesso em: 18 Mai. 2017.

SOUZA, Sandro Guimarães. **UM ESTUDO SOBRE A EVOLUÇÃO DAS CÂMARAS DE COMBUSTÃO DOS MOTORES DO CICLO OTTO À GASOLINA E SUA APLICAÇÃO AO ETANOL HIDRATADO COMO COMBUSTÍVEL ALTERNATIVO**. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

STONE, Richard, Ball, Jeffrey K. **FUNDAMENTOS DA ENGENHARIA AUTOMOTIVA**. SAE *Intenational*, No R-199, p. 135, 136. 2004.

TILLMANN, Carlos Antonio da Costa. **MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA E SEUS SISTEMAS**. Pelotas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Rede e-Tec Brasil, 2013 (Apostila).

TUNINGPARTS. **HISTÓRIA DA INJEÇÃO ELETRÔNICA DE COMBUSTÍVEL**, 2014. Disponível em: <<http://blog.tuningparts.com.br/historia-da-injecao-de-combustivel/>> Acesso em: 22 Out. 2017.

TRUOSOLO, Marcel Esturari **SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA MULTIPONTO**. São Caetano do Sul, SP: Centro Universitário do Instituto Mauá, p. 9, 23, 30. 2013.

UFPEL, Universidade Federal de Pelotas. **MOTORES DE COMUSTÃO INTERNA**. Pelotas, 2013. (Apostila).

VARELLA, Carlos Alberto Alves; SANTOS, Gilmar de Sousa. **NOÇÕES BÁSICAS DE MOTORES A DIESEL**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Seropédia, Departamento de Engenharia, 2010. (Apostila).

WENDLING, Marcelo. **SENSORES**. Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá UNESP, versão 2.0, p. 4. 2010.

ANEXOS

ANEXO A – TIPOS DE SONDAS LAMBDA FORNECIDAS PELA BOSCH



1 Sondas lambda não aquecidas

As sondas lambda não aquecidas abrem o caminho para o controle de emissão de gases de escape do futuro. Requerem uma temperatura de trabalho mínima de 350 °C e, portanto, devem ser instaladas ao lado do motor.

Período de troca: a cada 50.000 a 80.000 km

2 Sondas lambda de 3 fios

Com o objetivo de poder instalar as sondas lambda longe do motor, na fase seguinte de seu desenvolvimento foi incorporado um aquecedor. Pela primeira vez pôde-se garantir continuamente a temperatura de serviço do elemento sensor, que ultrapassa os 350 °C.

Período de troca: a cada 100.000 a 160.000 km

3 Sondas lambda aquecidas de 4 fios

Nas sondas de 4 fios, o sinal do sensor não se dirige através da carcaça, e sim por meio de um quarto condutor adicional. Com esse aumento de sinais, é possível detectar uma ruptura de cabo, que poderia impedir o controle lambda.

Período de troca: a cada 160.000 km

4 Sondas lambda planares

As sondas lambda planares possuem várias lâminas cerâmicas com um aquecedor integrado. Alcançam sua temperatura de serviço duas vezes mais rápido que as sondas utilizadas até agora. Graças a isso, reduzem pela metade as emissões na fase crítica de partida a frio.

Período de troca: a cada 160.000 km

5 Sondas planares de banda larga

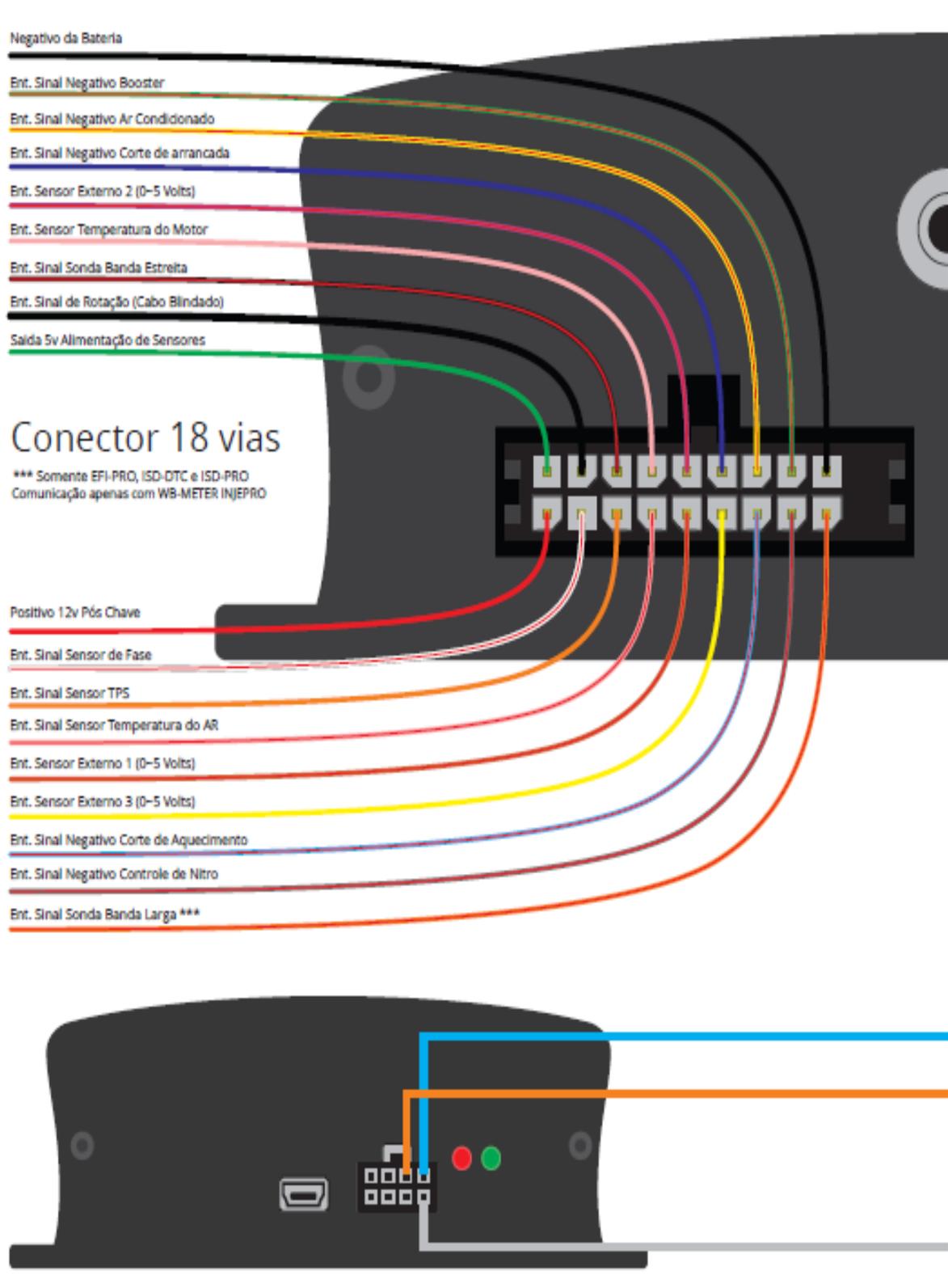
Sua diferença em relação às sondas utilizadas até agora é que as sondas planares de banda larga possuem duas células de medição e 5 fios. Realizam a medição com grande precisão, tanto em caso de range rico como pobre. Permitem controlar também motores a gás e diesel.

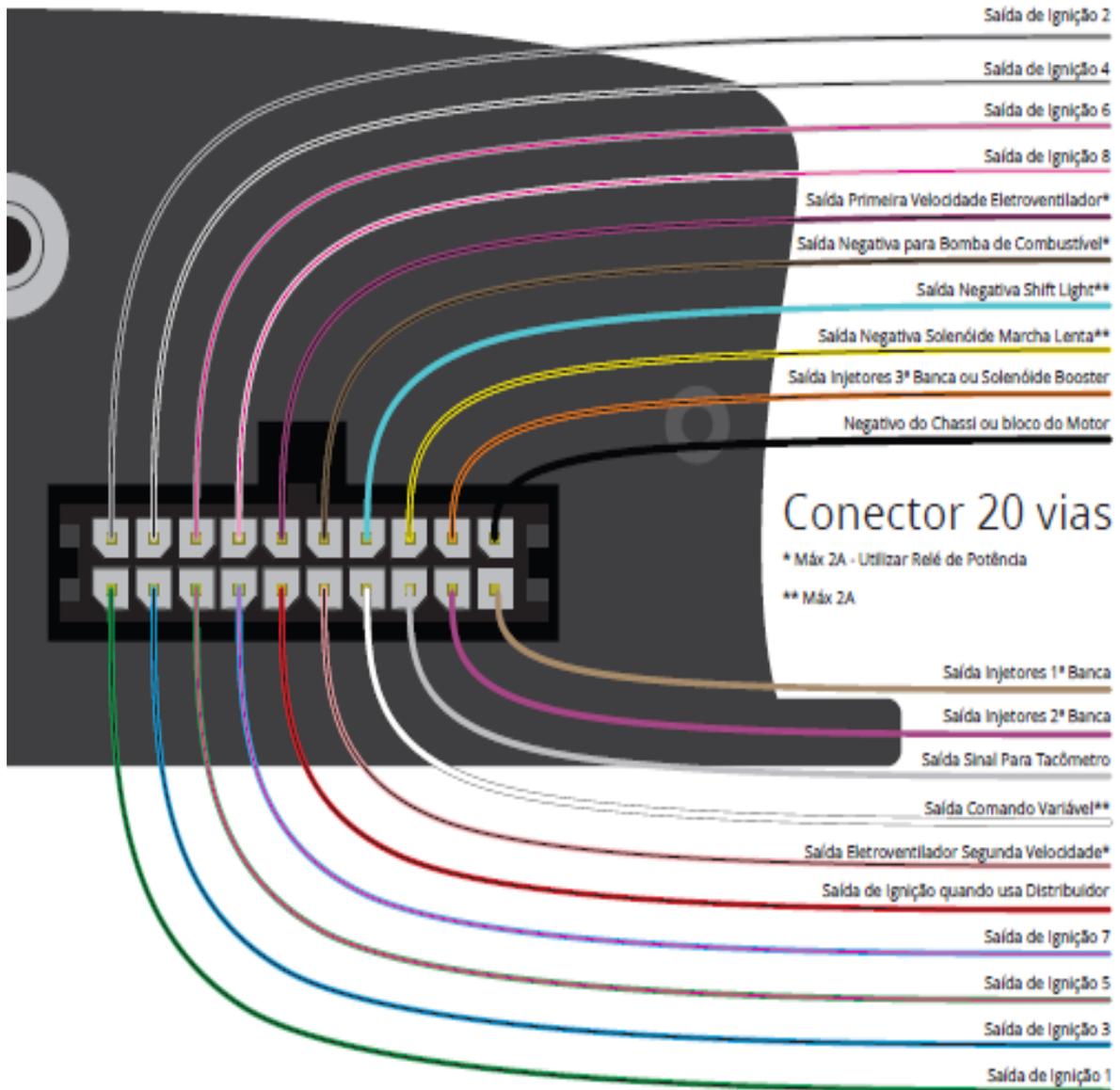
Período de troca: a cada 160.000 km

6 Sondas lambda universais

Graças a seus conectores universais, poucos tipos substituem uma grande quantidade de sondas originais. Basta cortar o cabo no local correto e então conectá-lo à ponta do cabo da sonda original do veículo.

ANEXO B – LIGAÇÕES ELÉTRICAS DA CENTRAL DE COMANDO

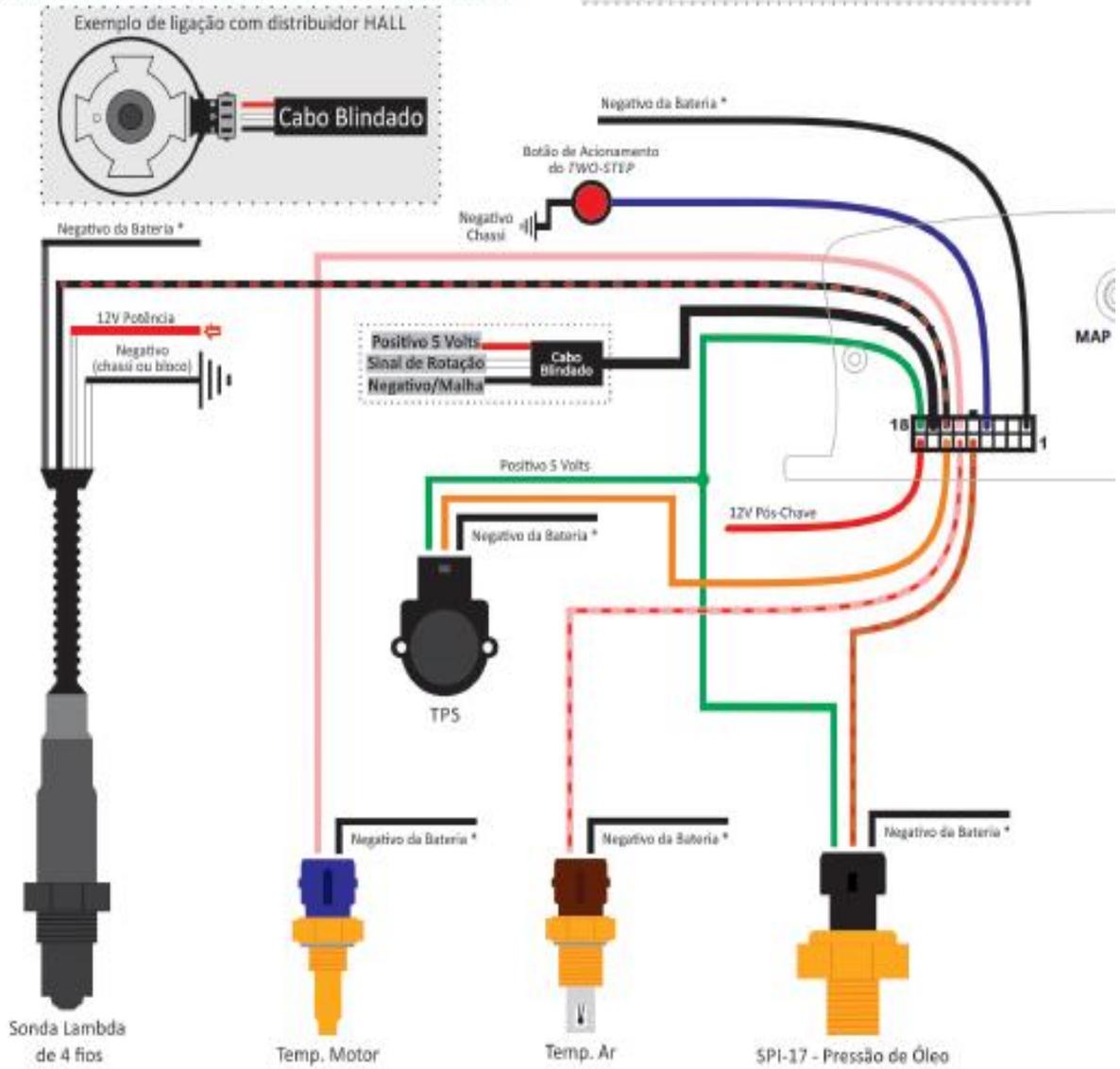


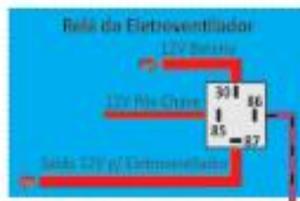
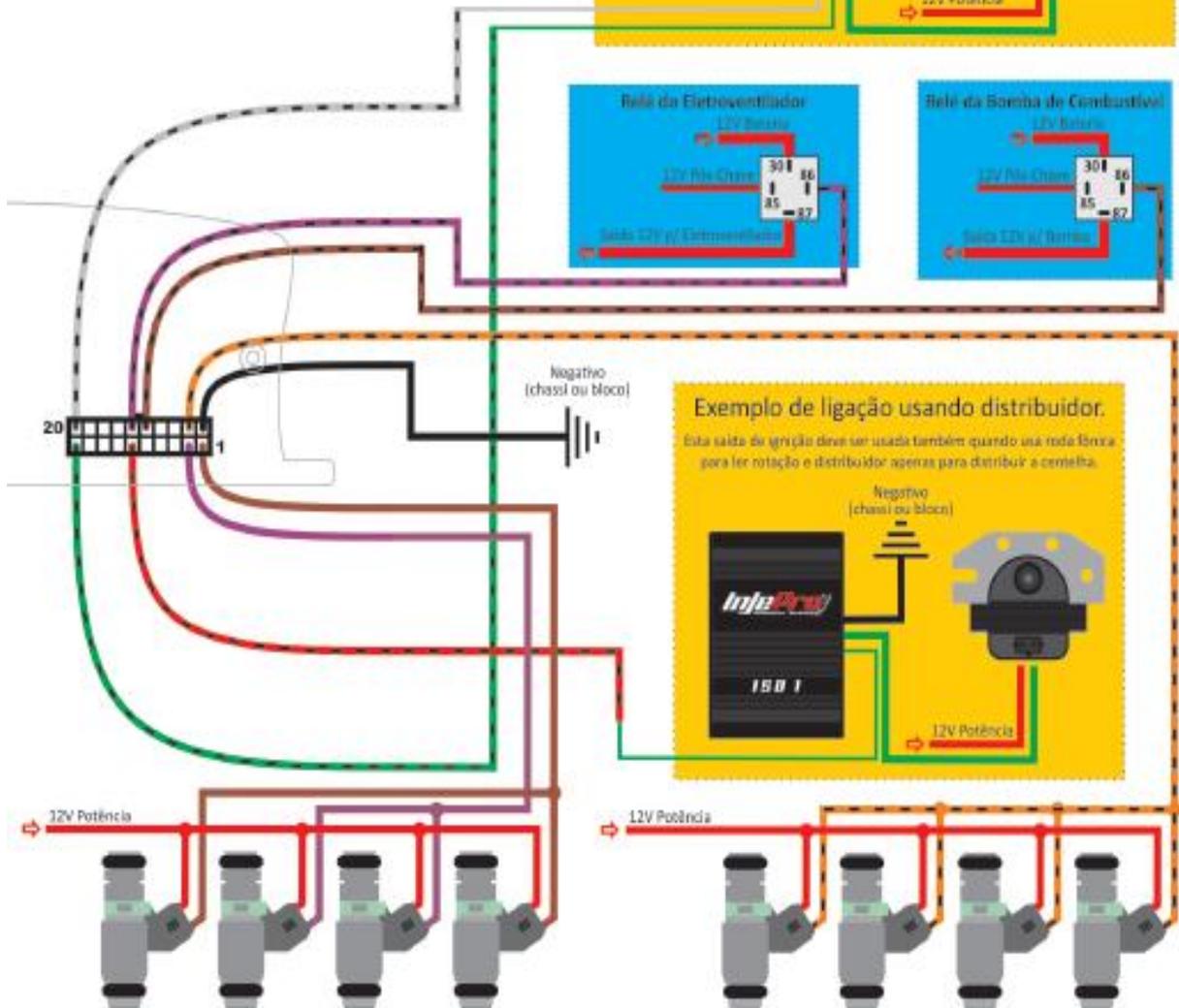


Pino 2 - Fio Azul Claro - CAN-L (Comunicação com Tune-UP, Dash AIM, WB-METER CAN +, Datalogger INJEPRO e Projetos Futuros)

Pino 4 - Fio Alaranjado - Comunicação Digital com EBC-PRO (Somente EFI-PRO/EFI-PRO V2)

Pino 1 - Fio Branco - CAN-H (Comunicação com Tune-up, Dash AIM, WB-METER CAN +, Datalogger INJEPRO e Projetos Futuros)





Exemplo de ligação da primeira bancada de injetores em um motor 4 cilindros no modo semi-sequencial
Configurar como: Bancos Injetores Simultâneos, modo de injeção alternado

Exemplo de ligação da segunda bancada de injetores utilizando a Banca-C.
Ativar a Banca-C em Configurações de Injeção

ANEXO C – PROJETO DA RODA FÔNICA

O tamanho do motor restringe as opções de tamanhos para a roda dentada. Isso ocorre pois, se a roda dentada ficar muito grande influenciará negativamente a instalação do sensor de posição.

Ao observar a situação do motor, os técnicos da empresa INJEPRO sugeriram a fabricação de uma roda dentada de 36-1 dentes.

Como a roda foi feita com a mesma metodologia das engrenagens, o diâmetro resultante pode ser encontrado a partir da seguinte equação:

$$d_e = m(Z+2) \quad (I)$$

Onde d_e é o diâmetro externo, m é o módulo da engrenagem e Z é o número de dentes.

Assumindo $m = 3$ e $Z = 36$, foi encontrado um diâmetro externo de 112 mm. Esse diâmetro é aceitável para instalação da roda fônica de modo a não atrapalhar a instalação de outros sensores. Assim a espessura final de cada dente é de aproximadamente 5 mm, dessa forma garantindo a qualidade do sinal enviado à MC.

Para que o sensor de rotação consiga detectar a roda, ela precisa ser feita de um material ferromagnético, sem a necessidade de alguma propriedade mecânica específica.

No eixo do motor existe um rasgo de chaveta, assim na parte interna de roda fônica também foi feito um rasgo de chaveta que se encaixe nessa saliência, para assim evitar um movimento relativo entre a rotação do eixo e da roda dentada.

ANEXO D – ORGANIZAÇÃO DOS MENUS DE PROGRAMAÇÃO DA UC EFI-PRO

TELAS DO	CALIBRAÇÃO MAPAS DE INJEÇÃO	MAPA PRINCIPAL INJEÇÃO ▼ AJUSTE RÁPIDO DO MAPA PRINCIPAL ▼ CORREÇÃO INJEÇÃO TEMP. MOTOR ▼ CORREÇÃO INJEÇÃO TEMP. AR ▼ CORREÇÃO INJEÇÃO RÁPIDA ▼ CORREÇÃO INJEÇÃO POR ROTAÇÃO ▼ CORREÇÃO INJEÇÃO POR SONDA LAMBDA ▼ CORREÇÃO INJEÇÃO POR TPS ▼ CORREÇÃO INJEÇÃO TENSÃO BATERIA
MODO CONTINUO	▶	MAPA PRINCIPAL IGNIÇÃO X RPM ▼ AJUSTE RÁPIDO DE IGNIÇÃO ▼ AVANÇO / RETARDO POR PRESSÃO ▼ AVANÇO / RETARDO TEMP. MOTOR ▼ AVANÇO / RETARDO TEMP. AR ▼ AVANÇO / RETARDO TPS
TELAS DO MODO CONTÍNUO	▶	ROTACÃO MAX MAPA ▶ TIPO DE MOTOR ▶ MARCHA LENTA ▶ CORREÇÃO RÁPIDA ▶ BANCOS INJETORES ▶ MODO DE INJEÇÃO ▶ PRESSÃO MÁXIMA DE TURBO ▶ MAPA DE INJEÇÃO ▶ DEADTIME DOS INJETORES

<p>TELAS DO MODO CONTÍNUO</p> <p>▶</p>	<p>CONFIGURAÇÕES DA IGNIÇÃO</p> <p>▶</p>	<p>HABILITA IGNIÇÃO ▶ CALIBRA IGNIÇÃO ▶ TIPO DE SENSOR ▶ AJUSTE DA FASE ▶ TIPO DE IGNIÇÃO ▶ SAÍDA DE IGNIÇÃO ▶ CILINDROS DO MOTOR ▶ DWELL INICIAL ▶ DWELL FINAL</p>
<p>TELAS DO MODO CONTÍNUO</p> <p>▶</p>	<p>HABILITA/CALIBRA SENSORES</p> <p>▶</p>	<p>SENSOR TEMP MOTOR ▶ SENSOR TEMP AR ▶ SONDA LAMBDA ▶ SENSOR EXTERNO 1 ▶ SENSOR EXTERNO 2 ▶ SENSOR EXTERNO 3 ▶ CALIBRAR CURSO DO TPS</p>
	<p>CALIBRAÇÕES COMPLEMENTARES</p> <p>▶</p>	<p>INJEÇÃO DE PARTIDA ▶ LIMITADOR DE ROTAÇÃO ▶ ANTI LAG TROCA DE MARCHAS ▶ CORTE NA DESACELERAÇÃO ▶ ACIONAMENTO COMANDO VARIÁVEL ▶ CONTROLE ARRANCADA/TRACÇÃO ▶ CORTE DE AQUECIMENTO ▶ CONTROLE DE BOOSTER ▶ CONTROLE DE NITRO ▶ ATUADOR DA MARCHA LENTA ▶ ACIONAMENTO ELETROVENTILADOR</p> <p style="text-align: right;">DO</p>

<p>TELAS DO MODO CONTÍNUO</p>	<p>CONFIGURAÇÕES DE TELAS E ALERTAS</p> 	<p>CONFIGURAÇÃO DOS ALARMES ▼ CONFIGURAÇÃO DO SHIFT LIGHT ▼ CONFIGURAÇÃO DA TELA INICIAL ▼ CONFIGURAR BRILHO DO LCD ▼ CONFIGURAR SENHA DE ACESSO ▼ ALTERAR SENHA</p>
	<p>SELECIONAR MAPA ATIVO</p> 	<p>MAPA 1 ATIVO ▼ MAPA 2 ATIVAR ▼ MAPA 3 ATIVAR ▼ MAPA 4 ATIVAR ▼ MAPA 5 ATIVAR</p>