

ESTUDO PARA INSTALAÇÃO DE UMA INJEÇÃO ELETRÔNICA PROGRAMÁVEL EM UM MOTOR 4 CILINDROS¹

Carlos Eduardo Cherato²

Diego Santos Greff

RESUMO

O gerenciamento eletrônico de motores a combustão interna representa a evolução da indústria automotiva nos últimos anos. Antes um controle mecânico com funcionamento através de carburador, evoluiu para sistemas de gerenciamento com inúmeros atuadores, sensores e unidades controladoras. Este artigo apresenta procedimentos e cálculos para elaboração de um diagrama do sistema elétrico, necessário para instalação de um módulo de injeção eletrônica programável da FuelTech LTDA. Para atingir os objetivos, é utilizado como parâmetros um veículo Chevrolet Corsa 2001 e o módulo de gerenciamento FT450. São descritos todos os sensores e atuadores necessários para o funcionamento do sistema. A partir disso, é desenvolvido o diagrama elétrico e definido o material necessário.

Palavras-chave: Injeção Eletrônica Programável, Fueltech, Instalação Elétrica, Diagrama.

ABSTRACT

The electronic management of internal combustion engines represents the evolution of the automotive industry in recent years. In the beginning, a control operating through a mechanical carburetor, evolved into systems with numerous actuators, sensors and controller units. This article presents procedures and calculations for designing an electrical harness, required for installation of a Fueltech LTDA fuel injection system and management module. To achieve the objectives, a vehicle Chevrolet Corsa 2001 and the FT450 module are used as parameters.. All sensors and actuators necessary for the operation of the electronic injection system are explained. From this it was possible to determine wire diagram and material required.

Keywords: Electronic Injection System, Fueltech, Electrical harness, Engine, Diagram.

1 Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para titulação no Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville, sob orientação do Dr. Diego Santos Greff

2 Formando do Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia. E-mail carlos.cherato@live.com

1- INTRODUÇÃO

Em setembro de 1958, o grupo Chrysler De Soto ofereceu o EFI "Electrojector" como um opcional nos modelos esportivos da Chrysler. Os carros para os quais o opcional foi disponibilizado, tiveram os carburadores da linha de produção removidos e EFI instalado. Finalmente, os emblemas laterais foram removidos e substituídos por novos, declarando orgulhosamente a injeção de combustível. No entanto, o valor da opção desencorajou muitos clientes, além de um desempenho abaixo do sistema com carburadores (MATTAR, 2005).

Em sistemas de alimentação por carburador seu funcionamento foi inicialmente totalmente mecânico, recebendo com o passar do tempo atualizações para adição de componentes eletrônicos até ser substituído totalmente por sistemas de injeção eletrônica (PAULI, 2017).

Motores à combustão interna com ignição por centelha ainda são os mais utilizados em automóveis. No fim da década de 80, esses motores começaram a ser mais comumente controlados por sistemas de gerenciamento eletrônico. Segundo (JUNIOR, 1997), em 1988 a legislação federal estabeleceu para montadoras novas condições para controle mais preciso da mistura ar combustível, além do tratamento do gás de escape.

A partir de 1991 os sistemas de injeção eletrônica começou a dominar o mercado de veículos, substituindo os carburadores, e aumentando sua eficiência através da dosagem correta de mistura ar combustível (HURTADO, 2013).

Conforme (JUNIOR, 1997), o módulo de gerenciamento tem como principal função, controlar o tempo de injeção de combustível de acordo a utilização do veículo, a fim de um funcionamento sem falhas, com menor consumo de combustível e redução de emissões. Com avanço da tecnologia e seus componentes, a indústria automobilística se mantém em constante atualização em métodos de controle de motores, sistemas elétricos e protocolos de comunicação.

O principal objetivo de um sistema de injeção eletrônica (ECU) é possibilitar ao motor uma mistura de ar/combustível dentro da câmara de combustão mais próxima do ideal estequiométrico. Aprimorando assim o consumo de combustíveis e a redução de emissão de gases. Atualmente sistemas com injeção direta de combustível estão se popularizando, esse sistema tem como grande diferença uma alta pressão de combustível para seus injetores.

O projeto trata-se do desenvolvimento de um diagrama do sistema elétrico,

necessário para instalação de um novo módulo de gerenciamento de injeção programável para o motor instalado no veículo corsa. Este sistema elétrico é conhecido como chicote elétrico. Este projeto pode ser utilizado por entusiastas que desejam instalar sistemas atuais para substituir sistemas antigos com problemas na falta de peças para reposição, com o objetivo na melhoria do desempenho, economia de combustível, controle de gases de escapamento para redução de emissões.

Os sistemas de injeção eletrônica programáveis funcionam da mesma maneira que os sistemas convencionais originais de fábrica. Uma vantagem, e diferença, para uma ECU com parâmetros pré fixados, são as possibilidades de adição de sensores, alteração de parâmetros em tempo real como ponto de ignição, tempo de injeção de combustível, entre outros podendo visar tanto economia de combustível, como um melhor desempenho. Outra vantagem é na substituição de ECU originais com defeito no seu funcionamento, ou mesmo na escassez do produto original para reposição.

O módulo de controle da injeção eletrônica programável escolhido para o projeto, foi a FuelTech modelo FT450. Esta possui 7 entradas de sensores, 10 saídas para acionamentos de cargas, conexão com rede CAN e entradas específicas para sinal de fase e rotação, totalizando um conector de 26 vias.

O objetivo deste artigo é desenvolver um diagrama elétrico para instalação de um módulo de injeção programável FT450. Na próxima seção são mapeados os componentes essenciais para o funcionamento do módulo de injeção programável em conjunto ao motor a combustão. Serão apresentados os sensores, atuadores, componentes elétricos de acionamento e proteção.

2- METODOLOGIA

A intenção inicial é conceituar quais sensores e atuadores elétricos são utilizados para o funcionamento correto do projeto. Na sequência os componentes de segurança e acionamento do circuito elétrico. Por fim, será descrita as características do módulo de controle do sistema de injeção, e seu molde elétrico para instalação.

2.1 - Sensores

Sensores são componentes que recebem uma entrada específica proveniente do ambiente, e emitem uma saída, que geralmente é um sinal capaz de ser convertido e

interpretado por outros dispositivos capazes de mostrar esta informação em uma tela por exemplo (SILVEIRA, 2017).

Abaixo serão apresentados detalhadamente o sensor de posição da borboleta, sensores de temperatura, sensor de posição do eixo de manivelas, sensor de oxigênio, sensor de pressão, estes indispensáveis e utilizados na confecção do chicote elétrico.

2.1.1 - Sensor de posição da borboleta

O sensor de posição da borboleta (Throttle Position Sensor) é um potenciômetro ligado ao eixo de movimento da borboleta de admissão. Este sensor é utilizado ligado ao um circuito divisor de tensão, fazendo que a saída do circuito seja proporcional para informar a posição angular da borboleta de aceleração (MILHOR, 2002).

As informações enviadas pelo sensor de posição da borboleta ao módulo de injeção são parâmetros importantes durante a calibração, e utilizadas para cálculos em sua estratégia no controle de injeção de combustível e ignição. Esse sensor possui relação direta de acionamento pelo condutor através do pedal do acelerador.

Para este sensor será utilizado o modelo original do automóvel, fabricado por *MTE*, modelo MTE:7231 com resistência máxima de 4 k Ω , e com 3 pinos elétricos para ligação. O pino um será ligado ao aterramento do veículo. O pino dois é ligado a saída do módulo de injeção para retornar informações. O pino três é definido como alimentação de tensão 5 volts.

2.1.2 - Sensor temperatura do Ar de admissão

Sensores de temperatura normalmente são responsáveis por informar a temperatura do ar aspirado pelo motor e da água no sistema de arrefecimento. O sensor do tipo NTC (Negative Temperature Sensor) quando aquecido sofre uma diminuição da resistência elétrica do elemento transdutor (MILHOR, 2002).

A temperatura do ar é necessária para definir a densidade do ar, utilizando essa informação para o cálculo da massa de ar entrando pela admissão do motor, assim agindo conforme sua programação prévia.

O sensor utilizado como referência será o modelo recomendado pela fabricante do módulo da injeção eletrônica, modelo MTE-5053 do fabricante *MTE*, que possui uma resistência de 3.3 k Ω . Esse sensor possui duas entradas, uma a ECU receberá um sinal

de entre 0 e 5 volts para alimentação, e na outra será uma entrada negativa.

2.1.3 - Sensor temperatura da água no motor

Em relação à temperatura da água, esta informação é utilizada como indicativo da temperatura do sistema de arrefecimento para que estratégias definidas possam ser realizadas. Algumas das estratégias são o enriquecimento da mistura ar- combustível, corte de injeção de combustível em situações de motor frio (MILHOR, 2002).

Segundo (LIMA, 2017), uma temperatura de funcionamento considerada normal no motor é o intervalo de 80 °C a 100°C. Temperaturas não pertencentes a este intervalo ocasionam correções no mapa de avanço de ignição e injeção de combustível, buscando formas com que o motor volte as suas condições normais de temperatura.

O uso desse sensor também tem grande função na proteção mecânica. Quando programado, pode prevenir sobreaquecimento do motor em caso de vazamentos, mau funcionamento da válvula termostática ou bomba de água, responsáveis pela recirculação do líquido de arrefecimento quando atinge sua temperatura limite de operação.

O sensor escolhido para instalação foi do fabricante *MTE*, modelo MTE-4053, assim como o sensor de temperatura de ar, possui uma resistência de 3.3 k Ω . Um de seus pinos são para sinal recebido pelo módulos, e o segundo recebe um negativo.

2.1.4 - Sensor de Posição do Eixo de Manivelas (Roda fônica)

O sensor de rotação tem como função informar ao sistema de gerenciamento a rotação do motor, assim como identificar o cilindro que deverá receber determinado comando. Existem dois tipos de sensores de rotação tipicamente utilizados capazes de informar a rotação, os sensores de relutância magnética (indutivo) e os sensores de efeito Hall. No projeto o sensor utilizado será do tipo indutivo.

Os sensores do tipo indutivo constituem-se de um ímã e um enrolamento elétrico de cobre (indutivo). O encapsulamento dos materiais gera o seu princípio de funcionamento baseando-se na força eletromotriz (f.e.m). Gerada devido à variação de fluxo magnético no indutor, devido a passagem pelos dentes e cavidade da roda fônica magnetizada pelo sensor. A tensão gerada pelo sensor é proporcional a rotação da roda fônica (MILHOR, 2002).

No trabalho em questão, o sensor utilizado é do fabricante *BOSCH*, com código de

referência F00099R010. Este sensor possui 3 pinos de conexão, dois são pinos para sinais, e o terceiro para aterramento.

2.1.5 - Sensor de Oxigênio - Sonda Lambda

Uma das grandes vantagens de uma injeção programável é o controle da mistura ar e combustível em tempo real. Essa mistura é monitorada por um sensor de oxigênio, também denominado de sonda Lambda, que tem a função de medir a concentração de oxigênio nos gases de exaustão.

O valor fornecido pelo sensor em diversas faixas de operação do motor pode ser ajustado para um funcionamento eficiente, seja performance, ou economia de combustível. Em sistemas de injeção de veículos de passeio, comumente se buscam uma mistura estequiométrica quando em marcha lenta, ou seja, um valor do lambda $\lambda = 1$ (BOSCH, 2005).

O modelo escolhido para o projeto será o sensor FT LSU 4.2 (Figura 1), este do fabricante *Fueltech*. Entretanto, para sua leitura é necessário a utilização de um módulo Wide Band Nano. O módulo Wide Band Nano faz a conexão da sonda lambda com a ECU através do par de cabos trançado, utilizando-se do protocolo de comunicação de dados CAN (Controller Area Network).

Figura 1 – Sensor Oxigênio LSU 4.2.



Fonte: Autor (2021).

2.1.6 - Sensor de Pressão

Módulos de injeção eletrônica originais possuem sensores de pressão de óleo com a função de apenas alertar o condutor, quando a pressão de óleo encontra-se abaixo do mínimo para o correto funcionamento. Entretanto, não proteger o motor em casos de utilização subsequente ao alerta por lâmpadas normalmente instaladas junto ao painel de instrumentos.

Como módulos programáveis são mais comumente utilizados em veículos modificados ou para competição, é possível adicionar sensores com sinais de leituras mais precisas, a fim de evitar problemas na lubrificação. O sinal é utilizado para desligar o motor em caso de queda da pressão abaixo do previamente configurado ao módulo.

A figura 2 representa um sensor padrão PS-10B, utilizado quando se precisa de alta precisão em líquidos ou gases no motor. Este projeto utilizará sensores para controle de pressão de combustível e óleo. O modelo escolhido de sensor foi AZO4792TB do fabricante *FuelTech*, com faixa de leitura da pressão entre 0 a 10 bar. O três pinos são ligados da seguinte forma: Pino um é ligado ao negativo da bateria, no pino dois será a leitura de dados para injeção, e o pino três alimentação 12 volts (vinda do relé dedicado para sensores) .

Figura 2 – Sensor PS-10B.



Fonte: Autor (2021).

2.2 - ATUADORES ELÉTRICOS

Atuadores elétricos são dispositivos com funcionamento a partir de um sinal elétrico, para produzir determinada tarefa. São esses componentes responsáveis pelo controle e atividades do motor através de sinais emitidos pela programação da ECU.

Na sequência serão apresentados especificamente os atuadores utilizados. Começaremos pelos injetores de combustível (conhecido também como bico injetor), seguido da bobina de ignição, bomba de combustível e eletro ventilador.

2.2.1 - Injetor de combustível

Uma bomba de combustível é acionada eletricamente, gerando pressão de injeção e alimentação de combustível. Este combustível é aspirado do tanque e pressionado pela linha de combustível, de onde flui para as válvulas injetoras (BOSCH, 2005).

As válvulas injetoras de combustível, também popularmente conhecida como bicos injetores, é responsável pelo combustível inserido na admissão do veículo, e tem em sua função o importante papel de eficiência na combustão e acerto do funcionamento do motor.

Para o projeto, a válvula injetora escolhida é fabricado por *Bosch* modelo 0280156086, utilizada neste projeto. Esta válvula é original do veículo *Chevrolet Astra 2.0 flex*, e conforme informações no site do fabricante tem resistência interna de 12 Ω , e vazão de 28,12 libras/hora com vazão de 3 bar. Possui dois contatos elétricos, onde o primeiro para ligação do módulo de injeção, enquanto o segundo recebe tensão de alimentação vindo do relé de potência.

2.2.2 - Bobina de ignição

O circuito de ignição de uma ignição por bobina consiste de uma bobina com dois enrolamentos, primário e um secundário, um estágio final da ignição para o comando da corrente através do enrolamento primário e uma vela de ignição, conectada ao circuito de alta tensão de enrolamento secundário (BOSCH, 2005).

A principal função da bobina ignição é gerar a tensão requerida para ocasionar centelha na vela de ignição, ocasionando o início do processo de combustão da mistura ar-combustível. Para isso, um sinal de baixa tensão é enviado, e armazenado, no primeiro enrolamento. Este sinal armazenado é transformado em alta tensão na saída do

secundário.

Existem diversos tipos de construção de bobinas de ignição, capacitivas ou indutivas, com ou sem módulo interno de controle eletrônico de potência. Durante projeto será utilizado uma bobina com módulo interno, compatível com a injeção programável sem módulos extras. O fabricante é Magneti Marelli, com número de referência BI0042MM. Sua ligação elétrica é feita através de 4 pinos. No pino A será ligado a saída de ignição da injeção referente aos cilindros 2 e 3. No pino B será referente aos cilindros 1 e 4. O pino C é o aterramento, enquanto o pino D é alimentação 12 volts vindo direto de um relé.

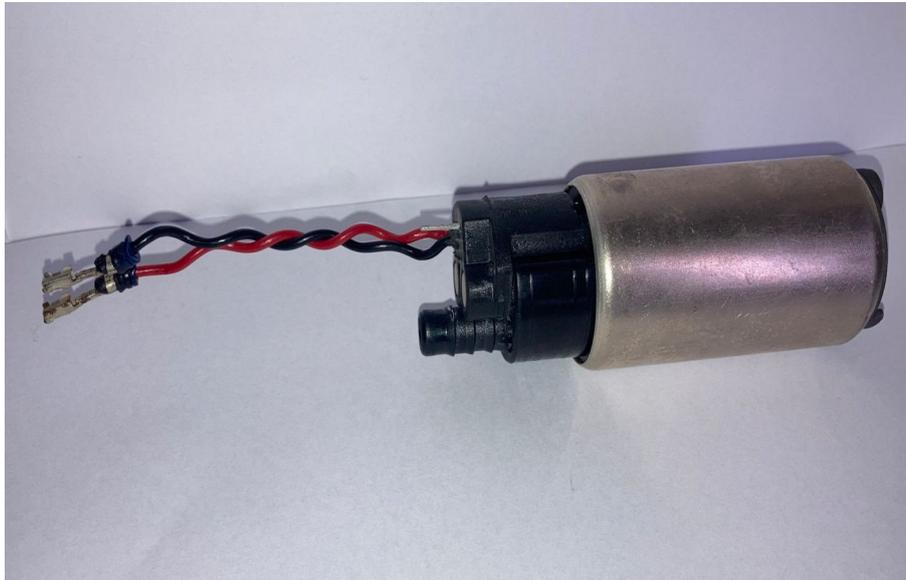
2.2.3 - Bomba elétrica de combustível

Uma bomba elétrica de combustível deve disponibilizar ao motor, em quaisquer condições de operação, a quantidade necessária de combustível com a pressão suficiente solicitada pela injeção (BOSCH, 2005).

Em veículos com injeção eletrônica, a bomba de combustível é elétrica e fica alojada internamente no tanque de combustível ou ligada a linha de combustível, apresentando como função pressurizar o combustível com vazão e pressão necessárias para correta utilização do motor.

Neste trabalho será utilizado uma bomba de combustível (Figura 3) fabricado pela *Dinâmica Bombas*, modelo 0580453481, com vazão de 115 Libras por Hora, há uma pressão de 4,0 Bar. Este modelo demanda uma tensão de 12 Volts e 8 Amperes de corrente pra seu correto e seguro funcionamento. Informações de tensão e corrente são importantes, tendo em vista que se trata de um sistema que demanda elevado consumo de corrente, e está há uma distância considerável em relação ao painel de distribuição de energia.

Figura 3 – Bomba elétrica de combustível.



Fonte: Autor (2021).

2.2.4 - Eletro ventilador

Visto que os veículos automotores também necessitam uma capacidade de arrefecimento em baixas velocidades, a ventilação por ar forçado também é necessária para a redução da temperatura do arrefecimento. Essa ventilação é gerada por ventiladores de plástico com capacidade de potência de acionamento de até 30kW em veículos comerciais (BOSCH, 2005).

Em módulos de injeção programável, através do sensor de temperatura de água, é possível controlar a faixa de temperatura na qual deve estar ativado o ventilador. Uma saída do módulo programável deve ser utilizada para o acionamento através de um relé que acionará a carga quando solicitada.

Como esse atuador será utilizado o original do veículo, e não se tem informação sobre a real potência do tal, foi utilizado o padrão da montadora, i.e., um relé de 40 amperes para sua ativação, e uma potência de 175.5 Watts.

2.3 PAINEL DE PROTEÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA

Um painel de distribuição de cargas é projetado (Tabela 3) para correto funcionamento, isolamento e proteção de todo sistema. Assim como em sistemas

elétricos originais desenvolvidos por montadoras de automóveis, este painel de força utiliza-se de relés e fusíveis. Sua principal função é fornecer tensão e corrente necessário para cada atuador que necessite acima de 5 Volts. Abaixo serão definidos fusível e relé.

2.3.1 - Relé

Conhecidos como chaves eletromagnéticas, relés são utilizados quando necessário o acionamento de cargas de alta tensão e/ou alta corrente, a partir de um circuito de baixa tensão (PATSKO, 2006).

Seu funcionamento é baseado no contato metálico que abre ou fecha, através do efeito de campo eletromagnético induzido em uma bobina do seu interior. Quando uma corrente elétrica percorre a bobina do relé, esta pode ser atraída pelo contato metálico abrindo ou fechando o contato, de acordo com o modelo de relé. Com isso, o relé tem capacidade de ser acionado por controles que fornecem baixa quantidade de corrente, gerando uma elevada corrente na saída, sem contato direto com o equipamento elétrico.

Abaixo a figura 4 representa o relé normalmente aberto utilizado para acionamento das cargas do eletro ventilador, bomba de combustível, injetores, bobina de ignição e principal (ECU). Como pode ser visto, o relé possui quatro pinos denominados como pino 30, 85, 86 e 87 para conexão. Sendo estes definidos de acordo com sua função na seção 3 (Instalação).

- Pino 30 : Positivo Bateria
- Pino 85 : Terra Chassi
- Pino 86: Pós Chave 12V
- Pino 87: Alimentação saída pós relé

Figura 4 – Relé Normalmente Aberto.



Fonte: Autor (2021).

2.3.2 - Fusível

Fusíveis não possuem a real função de proteger o equipamento elétrico, mas sim a instalação elétrica, evitando curto-circuito, prevenindo casos de incêndio na fiação do sistema. Pode-se definir sua característica mais importante, a capacidade de conduzir corrente elétrica. Como a capacidade de condução de corrente nominal é definida por sua curva característica, este interrompe a condução da corrente quando esta é ultrapassada seu valor nominal.

No departamento automotivo, o fusível mais comumente utilizado é do tipo lâmina. A figura 5 demonstra o fusível utilizado em grande parte dos sistemas elétricos para prevenção, com ressalva do motor de partida que ultrapassa 40 Amperes de corrente.

O dimensionamento de cada fusível e diâmetro de cabeamento (Seção 2.3.3), são realizados utilizando-se da Lei de Ohm ou através da fórmula geral para cálculo da potência elétrica. A equação [1] é utilizada quando se precisa buscar a corrente através da potência do do atuador, seu calculo é feito onde P é a potência do componente em Watts, V a variável de tensão em Volts e I a corrente em Amperes necessária para carga. Há uma segunda maneira do calculo da corrente através da Lei de Ohm(equação [2]), um resistor R (em ohm) é dividido por sua tensão em volts (V). A partir do resultado da equação [1] ou equação [2], é preciso acrescentar uma margem de segurança de 40% a este o valor, conforme descrito na equação [3]. A variável Is representa o resultado total da corrente necessária em Amperes.

$$I = \frac{P}{V} \quad [1]$$

$$I = \frac{V}{R} \quad [2]$$

$$I_s = I + 20\% \quad [3]$$

Este valor extra serve como fator de segurança para carga, evitando problemas com deterioramento em função do tempo de uso ou de alterações drásticas na carga do circuito. A Tabela 1 abaixo é o padrão de cores e Amperagem para fusíveis de lâmina.

Tabela 1 –Tabela de cores para Fusíveis de lâmina.

Amperagem	Cor
3A	Violeta
4A	Rosa
5A	Laranja
7,5A	Marron
10A	Vermelho
15A	Azul
20A	Amarelo
25A	Cristal
30A	Verde
40A	Âmbar

Fonte: Adaptado de DEKFUSE (2021).

Figura 5 – Fusível de lâmina âmbar.



Fonte: Autor (2021).

2.3.3 - Dimensionamento de condutores

No primeiro momento faz-se necessário explicitar as diferenças entre cabos e fios. A diferença é simples, o fio é um condutor apenas, normalmente isolado. Enquanto cabo é um grupo com fios não isolados entre si, tornando-o mais maleáveis.

Para o dimensionamento dos condutores é necessário uma análise das diversas características do material e suas propriedades. Uma conceituação dos dados através de cálculos de corrente e tensão são utilizadas para determinar a seção necessária para cada aplicação no chicote.

Abaixo é demonstrado na figura 6, as medidas de bitola (seção do condutor) e capacidade de transportar corrente para o dimensionamento da seção do condutor de acordo com as normas ISO-6722-1.

Figura 6 – Dimensões de cabeamento.

Seção em mm ²	Corrente máxima suportada por cada condutor elétrico
1,5 mm ²	15,5 Amperes
2,5 mm ²	21 Amperes
4 mm ²	28 Ampères
6 mm ²	36 Ampères
10 mm ²	50 Ampères
16 mm ²	68 Amperes
25 mm ²	89 Amperes
35 mm ²	111 Ampères
70 mm ²	171 Ampères
95 mm ²	237 Amperes

Fonte: RDT RAGEM (2021).

Na seção 3, a Tabela 2 é composta com as dimensões do cabeamento, definidos através do cálculo da corrente, somados a uma margem extra de segurança de mais 40%. Estes são necessários extra ao chicote virgem.

2.4.1- Módulo do sistema de injeção programável

Definido sensores e atuadores, necessários a serem utilizados, será escolhido o principal componente para exercer influência nos demais itens, o módulo de injeção programável.

A unidade de controle da injeção eletrônica programável escolhida para o projeto, foi a *FuelTech* modelo FT450 (Figura 7). Esta possui 7 entradas de sensores, 10 saídas para acionamentos de cargas, totalmente configuráveis. Além de conexão com rede CAN e entradas específicas para sinal de fase e rotação, totalizando um conector de 26 vias.

Isso a permite ser utilizada em motores de até oito cilindros, mantendo características de controle de todo sistema exatamente como em sistemas originalmente de fábrica. Toda configuração da programação, funções e dados podem ser feitas através de seu display sensível ao toque. Mas existe também a opção do acesso através de um microcomputador utilizando-se o software *FTManager*, oferecido gratuitamente pelo fabricante em seu web site.

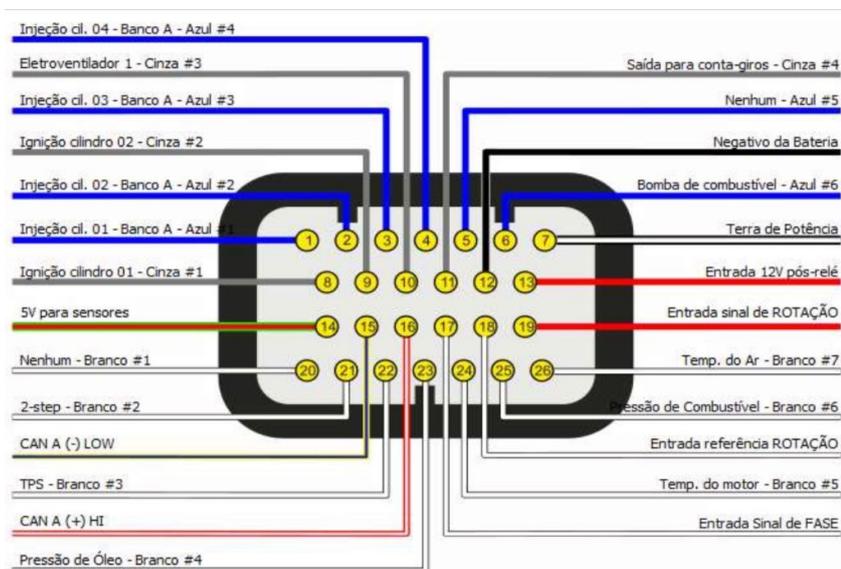
Figura 7 – Módulo Ft450.



Fonte: Autor (2021).

A figura 8 demonstra os pinos do módulo e cada função, estas definições são configuradas manualmente pelo usuário.

Figura 8 – Pinos configurados.



(Fonte: Autor, software FTManager © V4.73, 2021)

3 - RESULTADOS

O fabricante *Fueltech* disponibiliza para venda um modelo de chicote elétrico virgem (Figura 9), apenas com seu conector principal do módulo crimpado. Com isso, torna-se necessário a elaboração do projeto de instalação.

Através da ligação do diagrama pré definido na configuração do módulo FT450 (Figura 8), se fez necessário a utilização de relés de potência para atuadores que necessitam 12 Volts de alimentação, tendo em vista que o módulo só fornece 5 Volts de alimentação máxima. Esta tensão de 5 Volts, é utilizada exclusivamente para ligação de sensores, enquanto para os demais atuadores, é necessário utilização de relés específicos para cada função.

Figura 9 – Chicote virgem.



Fonte: Autor

(2021).

A Tabela 2 mostra a disposição de cada pino em relação a sua função, cores, origem (de onde o pino está saindo) e destino.

Tabela 2 – Definição de funções a partir do conector da injeção programável.

Pino	Cor do fio	Função	Origem	Destino
1	Azul	Injetor de combustível 1	FT	Injetor 1
2	Azul	Injetor de combustível 2	FT	Injetor 2
3	Azul	Injetor de combustível 3	FT	Injetor 3

4	Azul	Injetor de combustível 4	FT	Injetor 4
5	Azul	Saída	FT	-
6	Azul	Bomba de Combustível	FT	Relé bomba de combustível (Pino 85)
7	Branco	Terra de Potência	FT	Direto ao negativo da bateria
8	Cinza 1	Bobina de Ignição	FT	Bobina (Pino A)
9	Cinza 2	Bobina de Ignição	FT	Bobina (Pino B)
10	Cinza 3	Eletro Ventilador	FT	Relé eletro ventilador (Pino 85)
11	Cinza 4	Conta Giros (RPM)	FT	Conta giros
12	Preto	Negativo bateria	FT	Direto ao negativo da bateria
13	Vermelho	Entrada 12V pós-relé	FT	Ligado ao relé principal (Pino 87)
14	Verde/Vermelho	5V para sensores	FT	Alimentação para sensores (5V)
15	Amarelo/Azul	CAN A (-)	FT	Wide Band / Sensor Oxigênio
16	Branco/Vermelho	CAN A (+)	FT	Wide Band / Sensor Oxigênio
17	Branco do cabo	Entrada sinal de fase	FT	-
18	Branco blindado	Referência sensor de rotação	FT	Negativo do sensor de rotação
19	Vermelho blindado	Sinal de rotação	FT	Sinal do sensor da roda fônica
20	Branco 1	Entrada	FT	-
21	Branco 2	2-Step	FT	Botão painel
22	Branco 3	Sensor Posição Borboleta	FT	Sinal Sensor Posição Borboleta(TPS)
23	Branco 4	Pressão Óleo	FT	Pressão Óleo (Pino 2)
24	Branco 5	Temperatura Motor	FT	Temperatura Motor
25	Branco 6	Pressão Combustível	FT	Pressão Combustível (Pino 2)
26	Branco 7	Temperatura Ar	FT	Temperatura Ar

Fonte: Autor (2021).

Com os pinos definidos na Tabela 2, é necessário um projeto para configuração das cargas que demandam 12 Volts. Para isso, cinco relés normalmente aberto do modelo RA1412, fabricados por *ARPE*, são utilizado na amplificação da corrente e tensão necessárias.

A Tabela 3 mostra o modelo da configuração da ligação elétrica. Uma coluna é composta pela função de cada relé necessário, enquanto na outra pode-se ver os pinos de cada relé. Todos os relés utilizados são de 40 Amperes.

Tabela 3 – Configuração do painel de proteção e distribuição elétrica.

RELÊ / PINO	85	86	30	87
Principal	Pós Chave	Chassi	12V Bateria	Pino 13 da FT / Sensores
Injetores	Pós Chave	Chassi	12V Bateria	Ramifica e alimenta
Bobina	Pós Chave	Chassi	12V Bateria	Alimentação para Bobina

Bomba Combustível	Saída auxiliar	Pós Chave	12V Bateria	Alimentação para Bomba
Eletro Ventilador	Saída auxiliar	Pós Chave	12V Bateria	Alimentação Eletro Ventilador

Fonte: Autor (2021).

Conforme citado no início desta seção, é necessário utilizar-se de cabeamento além do chicote virgem para ligação de determinadas cargas. Na Tabela 4 podemos ver quais serão estes cabos, e sua característica.

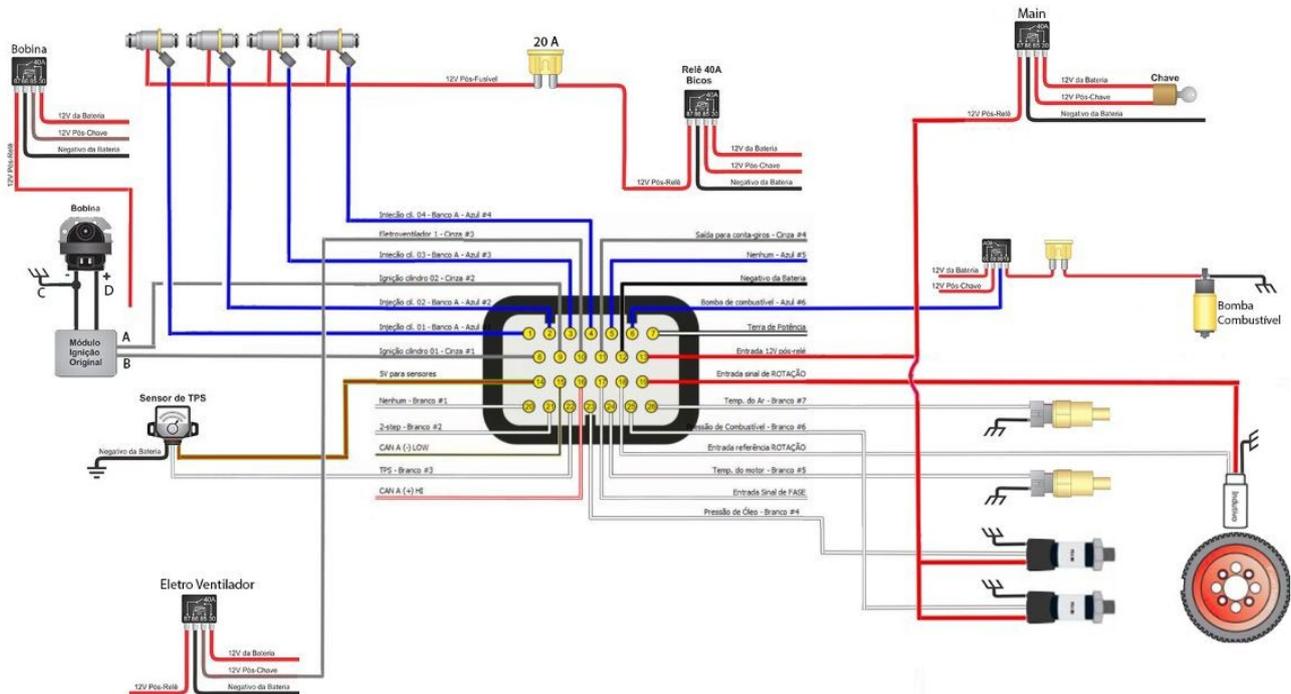
Tabela 4 – Dimensionamento da fiação elétrica e fusíveis.

RELÊ / PINO	Origem	Destino	Bitola(mm ²)	Distância(m)	Fusível(A)
Principal	Positivo Bateria	Pino 87	35,0	0,80	40
Injetores	Pino 87	Ramifica e alimenta cada injetor	3,0	0,95	20
Bobina	Pino 87	Alimentação para Bobina	3,0	0,80	25
Bomba Combustível	Pino 87	Alimentação para Bomba	4,0	2,50	40
Eletro Ventilador	Pino 87	Alimentação Eletro Ventilador	4,0	1,40	40

Fonte: Autor (2021).

Os resultados para os objetivos do artigo, estão o presentes junto ao diagrama elétrico de ligação (figura 10). Desenvolvido a partir do mapeamento das configurações previamente citadas neste trabalho.

Figura 10 – Diagrama de instalação.



Fonte: Autor (2021).

4 - CONCLUSÃO

O objetivo do projeto, é servir como guia na conversão dos sistemas de alimentação e ignição ultrapassados, para um sistema atual com diversos controles e ações. Todos os sensores, atuadores e conexões necessários foram justificados e detalhados no capítulo 2 e 3. Um diagrama com as conexões elétrica entre o módulo e todos os acessórios foi realizado. Este diagrama conta ilustrações dos componentes, e foi realizado conforme previsto no início.

Para o projeto foi utilizado um veículo com mecânica original como referência, porém o projeto permite instalação em veículos tanto para uso diário, visando economia, até mesmo ganho de potência e utilização em corridas.

Não foi possível a realização prática para validação do trabalho. Essa instalação fica como recomendação para trabalhos futuros, podendo ainda ser realizada com testes em dinamômetros de rolo com antes e depois, afim de verificar a potência real antes e após a conversão, consumo de combustível e até mesmo os gases poluentes gerados no sistema de escapamento.

REFERÊNCIAS

BOSCH. **Manual de tecnologia Automotiva**. 25 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 1232p.

DEKFUSE, Ind. Eletro Eletrônica Ltda. Disponível em: <<https://www.dekfuse.com.br/html/lamina.php>>. Acesso em: 7 set. 2021.

HURTADO, Diego Kellermann; DE ARRUDA SOUZA, Alfeu. A **EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE INJEÇÃO DE COMBUSTÍVEL EM MOTORES CICLO OTTO: UMA ANÁLISE CRÍTICA DESDE SUAS IMPLICAÇÕES NO MEIO AMBIENTE À REGULAMENTAÇÃO LEGAL NO SISTEMA NORMATIVO**. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, v. 8, p. 799-812, 2013.

JUNIOR, D. P. O., **Motores de Combustão Interna**, FATEC – SP, Vol.1, 1997.

LIMA, Evandro Nabor de. **Injeção Eletrônica Programável**. 2. Ed. – São Paulo: Auto Tech, 2017.

MATTAR, G. - **1958 Chrysler-DeSoto Electrojector - Primeira Injeção Eletrônica de Combustível do Mundo**. 2005. Disponível em < <https://www.allpar.com/threads/1958-chrysler-desoto-electrojector-world%E2%80%99s-first-electronic-fuel-injection.228433/> > . Acesso em: 20 jun. 2021.

MILHOR, Carlos Eduardo; **Sistema de Desenvolvimento para Controle Eletrônico dos Motores de Combustão Interna Ciclo Otto**; Dissertação de Mestrado, USP São Carlos, 2002.

PAULI, Felipe Fontana de. **Controle eletrônico de válvulas borboletas duplas para motores de ciclo Otto com cilindros contrapostos (Boxer)**. 2017.

PATSKO, Luís F. , **Tutorial Controle de Relés**, Maxell Bohr, PdP – Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos, 18 de Dezembro de 2006. p.1-2. Brasil, 2006.

RDT RAGEMG, **Dicas de elétrica em geral**. Disponível em: <<https://www.robertdicastecnologia.com.br/2014/02/tabela-de-dimensionamento-de-condutores-eletricos/>> Acesso em: 7 set. 2021.

Silveira, C. B. - **Sensor: Você Sabe o Que é Quais os Tipos?** . Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/sensor-voce-sabe-que-quais-tipos/#comments>>. Acesso em: 21 jun. 2021.