

**CENTRO PAULA SOUZA  
FATEC SANTO ANDRÉ  
Tecnologia em Mecânica Automobilística**

**Ana Paula Vieira Chiandotti  
Jean Costa dos Reis  
Clawã Luiz da Silva Messias  
Murilo Felipe Frois**

**DESENVOLVIMENTO DE *MOCKUP* DIDÁTICO PARA GERAR  
CÓDIGO DE FALHAS**

**Santo André  
2025**

**Ana Paula Vieira Chiandotti**  
**Jean Costa dos Reis**  
**Clawã Luiz da Silva Messias**  
**Murilo Felipe Frois**

**DESENVOLVIMENTO DE *MOCKUP* DIDÁTICO PARA GERAR  
CÓDIGO DE FALHAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de tecnologia em mecânica automobilística da Fatec Santo André, orientado pelo professor Dr. Orlando de Salvo Junior, e coorientado pelo professor Marco Aurélio Fróes, como requisito parcial para a obtenção do título de tecnólogo em mecânica automobilística.

**Santo André**  
**2025**

## FICHA CATALOGRÁFICA

D451

Desenvolvimento de mockup didático para gerar código de falhas / Chiandotti, Ana Paula Vieira... [et al.]. - Santo André, 2025. – 62f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.  
Curso de Tecnologia em Mecânica Automobilística, 2025.

Orientador: Prof. Orlando de Salvo Junior

1. Mecânica. 2. Código de falhas. 3. Veículos. 4. Sistemas eletrônicos. 5. Placas eletrônicas. 6. Diagnóstico automotivo. 7. Tecnologia. 8. 9. Circuitos eletrônicos. 10. Motor. I. Reis, Jean Costa dos. II. Messias, Clawã Luiz da Silva. III. Frois, Murilo Felipe. IV. Desenvolvimento de mockup didático para gerar código de falhas.

629.2

## LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 06 de dezembro de 2025.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA:  
“DESENVOLVIMENTO DE MOCKUP DIDÁTICO PARA GERAR  
CÓDIGO DE FALHAS” DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA  
U.E.

**BANCA**

PRESIDENTE:  
PROF. ORLANDO DE SALVO JUNIOR

MEMBROS:  
PROF. FERNANDO GARUP DALBO

PROF MARCO AURÉLIO FRÓES

**ALUNOS:**

ANA PAULA VIEIRA CHIANDOTTI Ana Paula Vieira Chiandotti

JEAN COSTA DOS REIS Jean Costa

CLAWÁ LUIZ DA SILVA MESSIAS Clawá Luiz

MURILO FELIPE FROIS Murilo Felipe Frois

*À Deus e às nossas famílias, que nos deram forças e nos motivaram o tempo todo, e reconhecemos que sem eles, nós não teríamos chegado até aqui.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a todos os professores envolvidos, especialmente aos professores Orlando de Salvo Junior, Marco Aurélio Fróes e Fernando Garup Dalbo pelos ensinamentos, direcionamentos e correções que nos permitiram concluir este trabalho com êxito e por contribuir com nosso crescimento pessoal e profissional.

Por fim, agradecemos à Fatec Santo André, que nos proporcionou bons momentos e ensinamentos e por contribuir com nosso crescimento profissional no âmbito da pesquisa.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso”.

“John Ruskin”

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo utilizar uma *mockup* do motor VHC Chevrolet para gerar códigos de falha por meio de uma placa eletrônica inserida no circuito eletrônico do sistema de gerenciamento do motor. A proposta consiste em desenvolver um sistema capaz de simular falhas controladas, permitindo a análise do comportamento da unidade de controle eletrônico e a interpretação dos códigos de erro gerados. Para isso será utilizada uma placa eletrônica programável que induzirá diferentes tipos de falha, como falhas em sensores de interrupções no circuito de injeção e anomalias na comunicação do sistema. Os códigos de falhas obtidos poderão ser lidos por um *scanner* automotivo, facilitando o aprendizado sobre o funcionamento do sistema de diagnóstico de falhas e a lógica de detecção utilizada nos veículos equipados com esse motor. O projeto busca contribuir para a capacitação de estudantes e profissionais da área automotiva proporcionando um ambiente de teste seguro e eficiente.

**Palavras-chave:** Motor. Código de falha. Placa eletrônica. *Scanner*.

## **ABSTRACT**

This work aims to use a mockup of the Chevrolet VHC engine to generate fault codes through an electronic board inserted in the electronic circuit of the engine management system. The proposal consists of developing a system capable of simulating controlled faults, allowing the analysis of the behavior of the electronic control unit and the interpretation of the error codes generated. For this purpose, a programmable electronic board will be used that will induce different types of faults, such as faults in interruption sensors in the injection circuit and anomalies in the system communication. The fault codes obtained can be read by an automotive scanner, facilitating learning about the functioning of the fault diagnosis system and the detection logic used in vehicles equipped with this engine. The project seeks to contribute to the training of students and professionals in the automotive area by providing a safe and efficient testing environment.

**Keywords:** Engine. Fault code. Electronic board. Scanner.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Motor de combustão interna com 4 pistões .....	16
Figura 2- Funcionamento de um motor à combustão de 4 tempos .....	17
Figura 3- Cabeçote.....	18
Figura 4- Bloco do motor.....	19
Figura 5- Cárter de óleo .....	19
Figura 6- Pistão .....	20
Figura 7- Camisas de cilindro.....	21
Figura 8- Biela .....	21
Figura 9- Eixo de manivelas .....	22
Figura 10- Eixo de cames .....	22
Figura 11- Gerenciamento de ecu nos sistemas de injeção direta .....	23
Figura 12- Sensor sonda lambda .....	24
Figura 13- Sensor MAP .....	25
Figura 14- Sensor de rotação.....	26
Figura 15- Sensor de detonação .....	26
Figura 16- Sensor de temperatura .....	27
Figura 17- Válvulas Injetoras.....	28
Figura 18- Bobina Ignição .....	29
Figura 19- Vela de Ignição.....	30
Figura 20- Corpo de borboleta .....	31
Figura 21- ECU .....	31
Figura 22- Diagrama do projeto.....	33
Figura 23- Mockup do motor .....	34
Figura 24- Placa de interface .....	37
Figura 25- Placa de ligação.....	38
Figura 26- Placa de identificação deteriorada .....	40
Figura 27- Medição da tensão do alternador.....	41
Figura 28- Falhas apresentadas nos testes .....	42
Figura 29- Sensor de sonda lambda defeituoso.....	43
Figura 30- Realocação dos componentes.....	44
Figura 31- Fios rompidos .....	45

Figura 32- Ajustes das velas de ignição .....	46
Figura 33- Pintura da estrutura metálica .....	47
Figura 34- Abastecimento do reservatório.....	48
Figura 35- Substituição de etiqueta de identificação .....	49
Figura 36- Identificação dos interruptores .....	50
Figura 37- Simulação de falhas nos sensores 1 e 2 da posição da borboleta .....	51
Figura 38- Simulação de falha nos injetores .....	52
Figura 39- Simulação de falha na sonda lambda .....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABS</b>	Sistema de Freios Antibloqueio ( <i>Anti-lock Braking System</i> )
<b>BOB</b>	Caixa de Desdobramento de Sinais ( <i>Break Out Box</i> )
<b>CAN</b>	Rede de Área de Controlador ( <i>Controller Area Network</i> )
<b>ECU</b>	Unidade de Controle Eletrônico ( <i>Electronic Control Unit</i> )
<b>LIN</b>	Rede de Interconexão Local ( <i>Local Interconnect Network</i> )
<b>MAP</b>	Sensor de Pressão Absoluta ( <i>Manifold Absolute Pressure</i> )
<b>NTC</b>	Coeficiente de Temperatura Negativo ( <i>Negative Temperature Coefficient</i> )
<b>PTC</b>	Coeficiente de Temperatura Positivo ( <i>Positive Temperature Coefficient</i> )
<b>TBI</b>	Corpo de Borboleta de Injeção ( <i>Throttle Body Injection</i> )
<b>VHC</b>	Compressão muito alta ( <i>Very High Compression</i> )

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1. Objetivo .....	14
1.2. Motivação .....	15
1.3. Conteúdo .....	15
2.REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1. Cabeçote .....	18
2.2. Bloco do motor .....	18
2.3. Cáster.....	19
2.4. Pistão.....	20
2.5. Camisa .....	20
2.6. Biela.....	21
2.7. Eixo de manivelas (virabrequim) .....	22
2.8. Eixo de cames (eixo válvulas de comando).....	22
2.9. Sistema de injeção .....	23
2.10. Sensores .....	24
2.11. Sensor de oxigênio (sonda lambda) .....	24
2.12. Sensor Manifold Absolute Pressure (MAP).....	25
2.13. Sensor do pedal do acelerador.....	25
2.14. Sensor de rotação indutivo .....	26
2.15. Sensor de detonação.....	26
2.16. Sensor de temperatura do líquido de arrefecimento.....	27
2.17. Atuadores .....	27
2.18. Válvula injetora de combustível .....	27
2.19. Bobina de ignição .....	28
2.20. Vela de ignição .....	29
2.21. Atuador de válvula de borboleta .....	30
2.22. Unidade de controle eletrônico (ECU).....	31
2.23. Rede CAN .....	32
3.MÉTODOS .....	33
3.1. Materiais e Equipamentos .....	33
3.2. Desenho Experimental do <i>Mockup</i> .....	35

3.3.	Procedimento de Geração de Falhas .....	35
3.4.	Aquisição e tratamento de dados .....	36
3.5.	CrITÉRIOS de Validação e Repetibilidade .....	36
3.6.	Fluxograma MetodolÓgico .....	36
3.7.	Placa de circuito impresso.....	37
3.8.	<i>Break out Box</i> (BOB) .....	37
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4.1.	InÍcio das atividades no <i>mockup</i> .....	39
4.2.	Caixa de fusÍveis .....	40
4.3.	Testando o funcionamento do alternador.....	41
4.4.	Falhas encontradas por meio do <i>scanner</i> automotivo .....	41
4.5.	SubstituiÇão do interruptor de pressão de leo .....	43
4.6.	Montagem da estrutura acrílica .....	44
4.7.	IdentificaÇão e análise dos pinos e terminais .....	45
4.8.	Regulagem e limpeza das velas de igniÇão.....	46
4.9.	Pintura da estrutura metálica .....	47
4.10.	Abastecimento do reservatório .....	48
4.11.	SubstituiÇão de etiqueta de identificaÇão.....	49
4.12.	IdentificaÇão dos interruptores.....	50
4.13.	Testes e simulaÇões finais .....	51
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53
6.	PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
	GLOSSÁRIO .....	59
	ANEXO.....	60

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os avanços na eletrônica embarcada têm proporcionado significativa evolução nos sistemas automotivos, tornando-os mais eficientes, seguros e inteligentes. Entre os diversos subsistemas que compõem um veículo moderno, destaca-se o sistema de gerenciamento eletrônico do motor, que desempenha papel fundamental no controle e na otimização de seu funcionamento. Esse sistema é composto por sensores, atuadores e uma *eletronic control unit* (ECU), responsável por monitorar e ajustar, em tempo real, os parâmetros operacionais do motor, visando melhor desempenho, menor consumo de combustível e redução de emissões.

Contudo, à medida que os sistemas eletrônicos se tornam mais sofisticados, surgem também desafios no processo de diagnóstico de falhas. A identificação precisa de defeitos no sistema de gerenciamento eletrônico exige conhecimento aprofundado, tanto da lógica de funcionamento dos circuitos, quanto da interpretação dos códigos de falhas gerados pela ECU. Essa realidade impõe uma barreira, sobretudo no processo de formação de técnicos e profissionais da área automotiva, que frequentemente encontram dificuldades em compreender, de forma prática, como os sistemas eletrônicos reagem diante de anomalias.

O ensino tradicional, muitas vezes baseado em abordagens teóricas ou em simulações limitadas, não oferece meios suficientemente didáticos para que o aluno estabeleça uma correlação clara entre os componentes físicos, os sinais elétricos e os códigos de falhas gerados. Essa lacuna no processo de aprendizagem compromete a capacidade dos futuros profissionais em realizar diagnósticos precisos e eficientes, especialmente em motores que operam com tecnologia de injeção eletrônica.

Diante desse cenário, este trabalho visa criar uma ferramenta de apoio educacional que torne o aprendizado mais interativo e intuitivo, permitindo que os estudantes manipulem, observem e interpretem, de maneira prática, os sinais, os componentes e os protocolos de comunicação envolvidos no diagnóstico automotivo.

Com essa abordagem, busca-se não apenas facilitar a compreensão dos conceitos de eletrônica embarcada, mas também contribuir para a formação de profissionais mais capacitados para atuar no mercado, reduzindo o tempo de diagnóstico e aumentando a assertividade nas intervenções. Assim, este estudo alinha-se às demandas atuais do setor automotivo, que exige cada vez mais

profissionais preparados para lidar com as complexidades dos sistemas eletrônicos modernos.

### 1.1. Objetivo

Desenvolver um *mockup* didático do motor VHC Chevrolet capaz de simular falhas controladas no sistema de gerenciamento eletrônico do motor, por meio da integração de uma placa eletrônica e de um circuito *Break Out Box*, possibilitando a geração, leitura e interpretação de códigos de falha via scanner automotivo, com a finalidade de apoiar o ensino e o aprendizado prático de diagnóstico eletrônico automotivo.

Temos como objetivos específicos:

- Projetar e implementar uma placa eletrônica capaz de induzir falhas simuladas no sistema de gerenciamento eletrônico do motor.
- Simular diferentes tipos de falhas, como falhas em sensores, interrupções no circuito de injeção e anomalias na comunicação da ECU.
- Permitir a geração de códigos de falhas que possam ser lidos e interpretados por meio de um scanner automotivo padrão.
- Analisar o comportamento da unidade de controle eletrônico (ECU) diante das falhas simuladas, compreendendo a lógica de detecção de erros.
- Proporcionar aos alunos e profissionais da área automotiva um ambiente seguro e controlado para o desenvolvimento de habilidades práticas em diagnóstico eletrônico.
- Contribuir para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem no que se refere à eletrônica embarcada e ao funcionamento dos sistemas de injeção eletrônica.

## 1.2. Motivação

A realização deste projeto foi motivada pela necessidade de ampliar e potencializar os recursos didáticos eficazes voltados ao ensino prático de diagnóstico eletrônico automotivo. Com o crescente avanço da tecnologia embarcada nos veículos, torna-se cada vez mais essencial que os futuros profissionais da área estejam aptos a interpretar corretamente os códigos de falhas e compreender o funcionamento dos sistemas eletrônicos.

No entanto, a prática em veículos reais é muitas vezes limitada por questões de disponibilidade, segurança, imprevisibilidade das falhas e dificuldade de acesso aos componentes e chicote. Diante deste cenário, o desenvolvimento de um *mockup* didático que permita a simulação de falhas de forma controlada, representa uma contribuição relevante para o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem técnico, possibilitando maior interação com os conceitos teóricos e promovendo uma formação mais completa e alinhada às exigências do setor automotivo atual.

## 1.3. Conteúdo

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos que se desenvolvem de forma progressiva para atingir os objetivos propostos. O Capítulo 1 apresenta a introdução, onde são expostos o tema, a problemática, os objetivos, a justificativa e a metodologia da pesquisa. O Capítulo 2 traz o referencial teórico, no qual são abordados os principais conceitos e teorias que fundamentam o estudo. O Capítulo 3 descreve os métodos utilizados na pesquisa, detalhando os procedimentos adotados para a coleta e análise dos dados. O Capítulo 4 apresenta as conclusões obtidas a partir dos resultados da investigação, destacando as contribuições e limitações do estudo. Por fim, o Capítulo 5 traz as propostas para pesquisas futuras e sugestões de aprimoramento, com base nas lacunas identificadas e nos resultados alcançados.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Fogaça (2025), o motor de combustão interna, também conhecido como motor ciclo Otto, é amplamente utilizado em veículos que utilizam gasolina como combustível. Seu princípio de funcionamento baseia-se na conversão da energia química, proveniente da queima da mistura ar-combustível, em energia mecânica, por meio de um processo termodinâmico dividido em quatro tempos: admissão, compressão, combustão e escape.

No primeiro tempo, denominado admissão, o pistão realiza um movimento descendente, enquanto a válvula de admissão permanece aberta, permitindo a entrada da mistura de ar e combustível na câmara de combustão. Em seguida, ocorre o tempo de compressão, onde o pistão sobe, comprimindo essa mistura com ambas as válvulas fechadas, aumentando significativamente a pressão e a temperatura da mistura. No terceiro tempo, conhecido como combustão ou explosão, a vela de ignição gera uma centelha que inicia a queima da mistura, promovendo a expansão dos gases e conseqüentemente o deslocamento do pistão para baixo. Por fim, no tempo de escape, a válvula de escape se abre e o pistão sobe novamente, expulsando os gases resultantes da combustão para o exterior do cilindro, visto na Figura 1.

Figura 1- Motor de combustão interna com 4 pistões



Fonte: Fogaça, 2025

Conhecer como os estágios de funcionamento do motor ocorrem, nos ajuda a compreender a importância de usar combustíveis de qualidade com alto índice de octanagem. Veremos a seguir, o que acontece em cada tempo (Fogaça, 2025).

**1º Tempo: Admissão:** O pistão desce, a válvula de admissão abre e uma mistura de ar- combustível entra na câmara de combustão.

**2º Tempo: Compressão:** O pistão sobe e comprime essa mistura com a válvula fechada.

**3º Tempo: Explosão ou combustão:** Uma faísca da vela provoca a explosão da mistura, empurrando o pistão para baixo.

**4º Tempo: Escape:** Após a queima da mistura de ar e combustível, os gases resultantes da combustão precisam ser eliminados, o pistão sobe e a válvula de escape se abre e esses gases são eliminados do motor, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2- Funcionamento de um motor à combustão de 4 tempos



Fonte: Adaptado de Fogaça, 2025

O motor de um veículo é constituído por dois grupos principais de componentes: os fixos e os móveis. Os componentes fixos são responsáveis por fornecer estrutura e sustentação ao motor, sendo eles o cabeçote, o bloco e o cárter.

Os componentes móveis são responsáveis pela conversão da energia gerada na combustão em movimento. Entre eles estão o pistão, camisas, biela, virabrequim, eixo de cames e sistema de injeção. A seguir o resumo de cada um desses componentes.

## 2.1. Cabeçote

O cabeçote é o componente localizado na parte superior do motor, cuja função principal é vedar os cilindros, possibilitando a formação da câmara de combustão, além de abrigar os sistemas de válvulas, velas de ignição e, em alguns casos, os eixos de comando de válvulas. Segundo Tupy (2019), o cabeçote também tem a função de gerenciar o fluxo de entrada de mistura ar-combustível e a saída dos gases queimados, além de contribuir com a dissipação de calor proveniente do processo de combustão. Conforme Figura 3.

Figura 3- Cabeçote



Fonte: Tupy, 2019

Essa peça ainda possui as velas e as válvulas de escapamento e de admissão de ar do motor, o que mostra seu papel principal do controle de entrada e saída, que fica anexada ao bloco do motor através do uso de parafusos (Tupy, 2019).

## 2.2. Bloco do motor

O bloco do motor é considerado a estrutura principal, sendo responsável por alojar os cilindros, pistões e o conjunto de manivelas. De acordo com Rheinmetall (2022), este componente abriga os sistemas de lubrificação e arrefecimento, além de prover suporte para outros elementos como a transmissão e agregados auxiliares.

Sua fabricação, geralmente em ferro fundido ou alumínio, permite suportar elevadas cargas térmicas e mecânicas, visto na Figura 4.

Figura 4- Bloco do motor



Fonte: Tupy, 2022

### 2.3. Cárter

O cárter, posicionado na parte inferior do bloco, exerce função dupla: atuar como reservatório de óleo lubrificante e proteger os componentes internos contra contaminantes externos e impactos. Conforme Jimenez (2022), o óleo armazenado no cárter é recirculado continuamente por meio de uma bomba, garantindo a lubrificação dos componentes móveis e auxiliando na dissipação de calor, como vemos na Figura 5.

Figura 5- Cárter de óleo



Fonte: Jimenez, 2022

## 2.4. Pistão

O pistão é responsável por converter a energia térmica da combustão em energia mecânica. Segundo Rheinmetall (2022), ele realiza movimentos alternativos no interior do cilindro, transmitindo força à biela e, conseqüentemente, ao virabrequim. Os pistões possuem anéis que garantem vedação entre as câmaras, controle da película de óleo e transferência de calor das superfícies superiores para as paredes do cilindro, como ilustrado na Figura 6.

Figura 6- Pistão



Fonte: Rheinmetall, 2022

## 2.5. Camisa

De acordo com a Abm peças (2024), a camisa de cilindro é um componente essencial presente em diversos tipos de motores, especialmente nos motores de combustão interna. Ela exerce um papel fundamental no desempenho e na eficiência do motor, uma vez que abriga os cilindros onde ocorre o processo de combustão. Trata-se de uma estrutura tubular que envolve o cilindro, contribuindo para o controle da temperatura durante o funcionamento e protegendo os componentes internos contra desgaste e danos.

Como ilustrado na Figura 7, a camisa de cilindro é fabricada, em geral, com materiais de alta resistência, como ferro fundido ou alumínio, sendo projetada para suportar elevadas temperaturas e pressões. Sua função principal é oferecer um

ambiente adequado e seguro para que a combustão aconteça de forma eficiente, permitindo que a energia resultante desse processo seja transformada em movimento.

Figura 7- Camisas de cilindro



Fonte: Mahle, 2022

## 2.6. Biela

Segundo Barros (2017), a biela tem como função fundamental transformar o movimento linear do pistão em movimento rotativo contínuo. Nos motores de combustão interna, ela atua transmitindo a força gerada na câmara de combustão — recebida pelo pistão — para o virabrequim, que converte essa energia em torque, força e rotação, posteriormente direcionados ao sistema de transmissão do veículo. A extremidade superior da biela é acoplada ao pistão por meio de um pino flutuante, permitindo um leve movimento oscilatório lateral enquanto o pistão se move verticalmente. Por sua vez, a extremidade inferior conecta-se ao virabrequim, possibilitando a transformação do deslocamento linear em rotação, como pode ser observado na Figura 8.

Figura 8- Biela



Fonte: Barros, 2017

## 2.7. Eixo de manivelas (virabrequim)

Conforme Cruz (2024), o virabrequim é um componente essencial dos motores de combustão interna, responsável por transformar o movimento linear dos pistões em movimento rotativo. Ele está diretamente conectado aos pistões, que, acionados pelo comando de válvulas, realizam o movimento de subida e descida dentro dos cilindros. Ao receber esses deslocamentos verticais, o virabrequim converte essa movimentação em rotação, permitindo que a energia resultante da combustão seja utilizada para gerar torque e possibilitar o funcionamento e deslocamento do veículo, como demonstrado na Figura 9.

Figura 9- Eixo de manivelas



Fonte: Cruz, 2024

## 2.8. Eixo de cames (eixo válvulas de comando)

Um eixo de comando controla o funcionamento das válvulas do motor, abrindo e fechando-as no tempo certo, permitindo a entrada de ar e combustível e a saída dos gases de escape, destacada por contagem motorpeças (2024), visto na Figura 10.

Figura 10- Eixo de cames



Fonte: Contagemmotorpeças, 2024

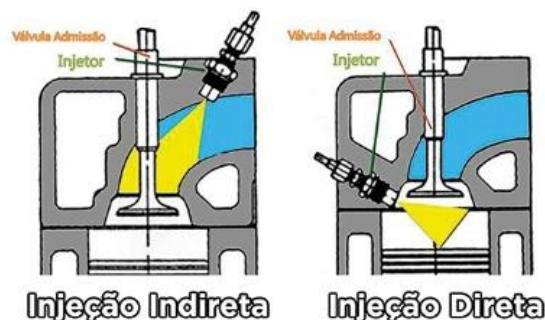
## 2.9. Sistema de injeção

Conforme Miura (2019), a injeção eletrônica é o sistema responsável por controlar com precisão a quantidade de combustível que será enviada ao motor. Diferente dos carburadores, esse sistema utiliza sensores que monitoram parâmetros como temperatura e pressão do ar. Seu funcionamento depende da integração de três principais componentes.

Os sensores têm a função de coletar informações tanto do motor quanto do ambiente, como temperatura, volume de ar admitido, posição do pedal do acelerador e rotação do motor. Essas informações são enviadas para a unidade de controle eletrônico, que processa os dados e determina, de forma precisa, a quantidade ideal de combustível a ser injetada, além do momento correto para essa injeção. Por fim, os atuadores são os responsáveis por executar os comandos da ECU, controlando elementos como as válvulas injetoras, que liberam o combustível de forma precisa, garantindo uma mistura adequada entre ar e combustível para uma combustão eficiente. Além disso, outros atuadores, como os responsáveis pela ignição e pela borboleta de aceleração, também fazem parte desse sistema.

De acordo com Ipiranga (2019), existem dois principais tipos de sistemas de injeção de combustível. O primeiro é a injeção indireta, na qual o combustível é pulverizado no coletor de admissão, ou seja, antes das válvulas de admissão. Dessa maneira, a mistura de ar e combustível ocorre antes de entrar na câmara de combustão. Já o segundo é a injeção direta, em que o combustível é injetado diretamente dentro da câmara de combustão, proporcionando um controle mais preciso da mistura entre ar e combustível, como ilustrado na Figura 11.

Figura 11- Gerenciamento de ecu nos sistemas de injeção direta



Fonte: Miura, 2019

## 2.10. Sensores

Sensores automotivos são essenciais para o bom funcionamento dos automóveis modernos. Esses sensores fornecem informações sobre diversos parâmetros do veículo à Unidade de Controle Eletrônico (ECU), maximizando a segurança, a eficiência e o desempenho. Eles fazem isso traduzindo grandezas físicas em impulsos elétricos. Esses sensores podem ser categorizados em duas linhas principais: primeiro, pelas características físicas que medem e, segundo, pela tecnologia subjacente que utilizam.

## 2.11. Sensor de oxigênio (sonda lambda)

Segundo Novaes (2017), o sensor de oxigênio é importante para o funcionamento correto do motor e ter uma queima quase perfeita dos gases que vem da câmara de combustão, ela verifica se a mistura ar combustível está correta através da quantidade de oxigênio que está presente nos gases após a queima. Este sensor fica localizado acima do catalisador e é composto por um material de zircônia que mede a diferença de potencial elétrico entre os gases de escapamento e o ar exterior, observado na Figura 12.

Figura 12- Sensor sonda lambda



Fonte: [Manual do fabricante MTE-Thonson](#)

## 2.12. Sensor Manifold Absolute Pressure (MAP)

Segundo o manual automotivo da Bosch (2004), nesse tipo de sensor utiliza-se um diafragma de medição e sensores sensíveis a deformação, usa uma tecnologia de filme denso para medir pressões absolutas de até 20 bar. Sua construção é uma câmara oca de aproximadamente 100 micrômetros de altura e diâmetro de 3 a 5 mm, logo após e adicionado novos resistores sensíveis a deformação em filme denso, em seguida a unidade é hermeticamente selada com uma nova camada de vítreo-cerâmica, componentes de correção e amplificação estão separados em sistemas diferentes, porém localizado um após o outro no mesmo substrato, visto na Figura 13.

Figura 13- Sensor MAP



Fonte: Manual do fabricante MTE-Thonson

## 2.13. Sensor do pedal do acelerador

De acordo com manual automotivo da Bosch (2004), o sensor de posição do pedal é um potenciômetro podendo ser do tipo limpador que mede o deslocamento proporcional do comprimento do resistor e sua resistência elétrica, ou do tipo mais utilizado recentemente que é por deslocamento angular. Seu princípio de funcionamento utiliza a tensão de medição direcionada por resistores em série para proteção contra sobre cargas.

## 2.14. Sensor de rotação indutivo

Conforme o manual automotivo da Bosch (2004), esses sensores utilizam o princípio da indução eletromagnética para detectar a passagem de dentes de uma roda dentada ou marcações magnéticas no virabrequim ou volante do motor. Detectam mudanças no campo magnético causadas pela passagem de marcações ou dentes, fornecendo um sinal de tensão que indica a velocidade de rotação. O ponto de referência para o tempo de ignição é dado pela omissão de um dente, observado na Figura 14.

Figura 14- Sensor de rotação



Fonte: Manual do fabricante MTE-Thonson

## 2.15. Sensor de detonação

Segundo Oliveira (2019), o sensor de detonação detecta vibrações e detonações dentro da câmara de combustão. Geralmente esse sensor é do tipo piezoelétrico que está acoplado a uma cerâmica piezoelétrica, e quando ocorre uma aceleração externa exerce uma força de compressão ou tração diretamente na cerâmica devido a inércia, e assim gerando uma tensão elétrica. Normalmente esse sensor fica no lado externo do bloco do motor. Por fim o sensor de detonação também capta outras vibrações do motor, visto na Figura 15.

Figura 15- Sensor de detonação



Fonte: Manual do fabricante MTE-Thonson

## 2.16. Sensor de temperatura do líquido de arrefecimento

A medição da temperatura ocorre pela sensibilidade a variação da resistência dos materiais, que podem ter coeficiente positivo (PTC) *Positive Temperature Coefficient* ou negativo (NTC) *Negative Temperature Coefficient*. A conversão da variação da resistência em tensão é obtida com ajuda de resistores neutros de temperatura ou inversamente sensíveis, observado na Figura 16.

Figura 16- Sensor de temperatura



Fonte: Manual do fabricante MTE-Thonson

## 2.17. Atuadores

Em sistemas automotivos, os atuadores operam como um canal entre as ações físicas que ocorrem dentro do carro e os sistemas de controle. Eles convertem a energia recebida em movimento para executar comandos.

## 2.18. Válvula injetora de combustível

A válvula injetora é um componente essencial do sistema de injeção eletrônica de combustível, sua principal função é injetar de forma pulverizada na câmara de combustão a quantidade exata de combustível que o motor necessita em cada ciclo de funcionamento do motor. A quantidade de combustível injetada é determinada pelo tempo que a válvula injetora fica aberta, esse tempo é controlado pela ECU do veículo.

Segundo Morais (1998), o funcionamento da válvula injetora é baseado em um sistema eletromagnético. No interior da válvula há um solenoide que, ao receber um impulso elétrico da ECU, cria um campo magnético capaz de levantar uma pequena agulha. Quando essa agulha se afasta do assento da válvula, o combustível

pressurizado passa por um pequeno furo e é pulverizado. Ao cessar o pulso elétrico, uma mola interna força a agulha de volta à sua posição inicial, interrompendo a injeção, conforme visto na Figura 17.

Figura 17- Válvulas Injetoras



Fonte: Boschautoparts, 2022

## 2.19. Bobina de ignição

A bobina de ignição é um componente fundamental para o correto funcionamento do motor de um veículo. Sua principal função consiste em transformar a baixa tensão da bateria, normalmente de 12V, em uma tensão significativamente mais alta, suficiente para gerar a faísca que promove a queima da mistura ar-combustível no interior do cilindro. Sem essa faísca, o motor não entraria em funcionamento.

O princípio de funcionamento da bobina é semelhante ao de um transformador. Ela é composta por dois enrolamentos de fios — primário e secundário — dispostos em torno de um núcleo de ferro. Quando a corrente elétrica percorre o enrolamento primário, forma-se um campo magnético. Ao ser interrompida, esse campo colapsa rapidamente, induzindo uma corrente de alta tensão no enrolamento secundário. Essa alta tensão é então conduzida até a vela de ignição, responsável pela geração da faísca.

A tensão gerada pela bobina pode variar consideravelmente, situando-se entre aproximadamente 5.000V e mais de 40.000V, dependendo de fatores como a abertura dos eletrodos da vela, a proporção da mistura ar-combustível, a temperatura do motor e a pressão interna do cilindro.

Nos veículos mais antigos, a bobina era conectada a um distribuidor, responsável por direcionar a faísca às velas na ordem correta de ignição. Com o advento da ignição eletrônica nos veículos modernos, o distribuidor foi eliminado, sendo as bobinas controladas diretamente pela unidade de controle eletrônico do motor (ECU). Nesse sistema, cada cilindro pode dispor de uma bobina individual, o que proporciona melhor desempenho, maior eficiência no consumo de combustível e redução na emissão de poluentes, visto na Figura 18 (DELPHI, [s.d]).

Figura 18- Bobina Ignição



Fonte: Manual automotivo NGK, 2022

## 2.20. Vela de ignição

De acordo com o manual técnico da NGK ([s.d.]), a vela de ignição tem a função fundamental de conduzir a tensão elétrica gerada pela bobina até a câmara de combustão, onde essa energia é convertida em uma faísca capaz de iniciar a queima da mistura ar-combustível. Trata-se de um componente desenvolvido com alta tecnologia, cujo desempenho impacta diretamente a eficiência do motor, o consumo de combustível e a emissão de gases poluentes.

Além de sua função primária, a vela de ignição deve operar de maneira eficiente mesmo em condições severas, como partidas a frio, altas cargas ou variações extremas de temperatura, assegurando uma ignição estável e contínua. Quando em bom estado, contribui para uma combustão mais completa e eficiente, promovendo

melhor desempenho do motor, economia de combustível e redução na emissão de poluentes — aspectos essenciais para a sustentabilidade dos motores modernos. Essa configuração pode ser observada na Figura 19.

Figura 19- Vela de Ignição



Fonte: Boschautoparts, 2023

## 2.21. Atuador de válvula de borboleta

Segundo Urdaneta (2024), o corpo de borboleta, também conhecido como *Throttle Body Injection* (TBI), tem como função principal regular a quantidade de ar que entra no motor, sendo um componente fundamental no sistema de injeção eletrônica. Ele é composto por uma válvula giratória que abre e fecha de acordo com o acionamento do pedal do acelerador. Quando o motorista pressiona o pedal, essa válvula se abre, permitindo uma maior entrada de ar nos cilindros. A partir disso, a ECU (Unidade de Controle Eletrônico) ajusta automaticamente a quantidade de combustível injetada, mantendo a proporção ideal da mistura ar-combustível e assegurando o bom desempenho do motor.

Esse processo não só garante uma resposta eficiente durante as acelerações, mas também contribui para a economia de combustível e para a redução das emissões de poluentes. Nos sistemas mais modernos, o acionamento do corpo de borboleta é totalmente eletrônico, o que oferece respostas mais rápidas e precisas às variações de condução. Além disso, o corpo de borboleta desempenha um papel


essencial na manutenção da marcha lenta, controlando o fluxo de ar mesmo quando o acelerador não está sendo acionado, como ilustrado na Figura 20 

Figura 20- Corpo de borboleta

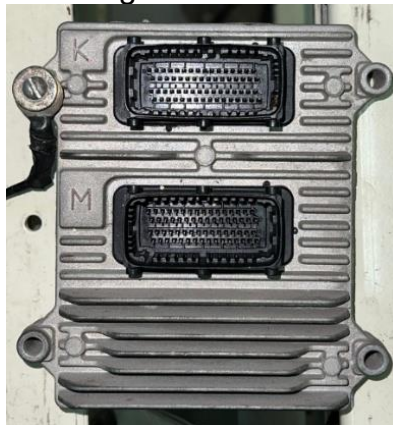


Fonte: Boschautoparts, 2023

## 2.22. Unidade de controle eletrônico (ECU)

A ECU, é um dos principais componentes do sistema de gerenciamento eletrônico do motor. Ela atua como o centro de processamento de informações do carro, recebendo dados de diversos sensores espalhados pelo motor e outros sistemas, como temperatura, rotação, pressão e proporção do combustível, visto na Figura 21.

Figura 21- ECU



Fonte: Autores, 2025

Com base nessas informações, a ECU toma decisões em tempo real, controlando o tempo e a quantidade de injeção de combustível, o ângulo de avanço

de ignição para cada regime de trabalho do motor, o momento exato da ignição e outros parâmetros fundamentais para o funcionamento do motor.

### **2.23. Rede CAN**

De acordo com a VELTEC (s.d., p. 14), a rede *Controller Area Network* (CAN) foi criada na década de 1980 pela Bosch com o objetivo de facilitar a comunicação entre diferentes componentes eletrônicos dentro de um veículo. Essa tecnologia permite que várias partes do carro, como o motor, os freios ABS, a direção elétrica e outros sistemas, troquem informações usando apenas dois fios. Essa abordagem reduz a quantidade de cabos necessários, tornando o sistema mais leve, barato e eficaz.

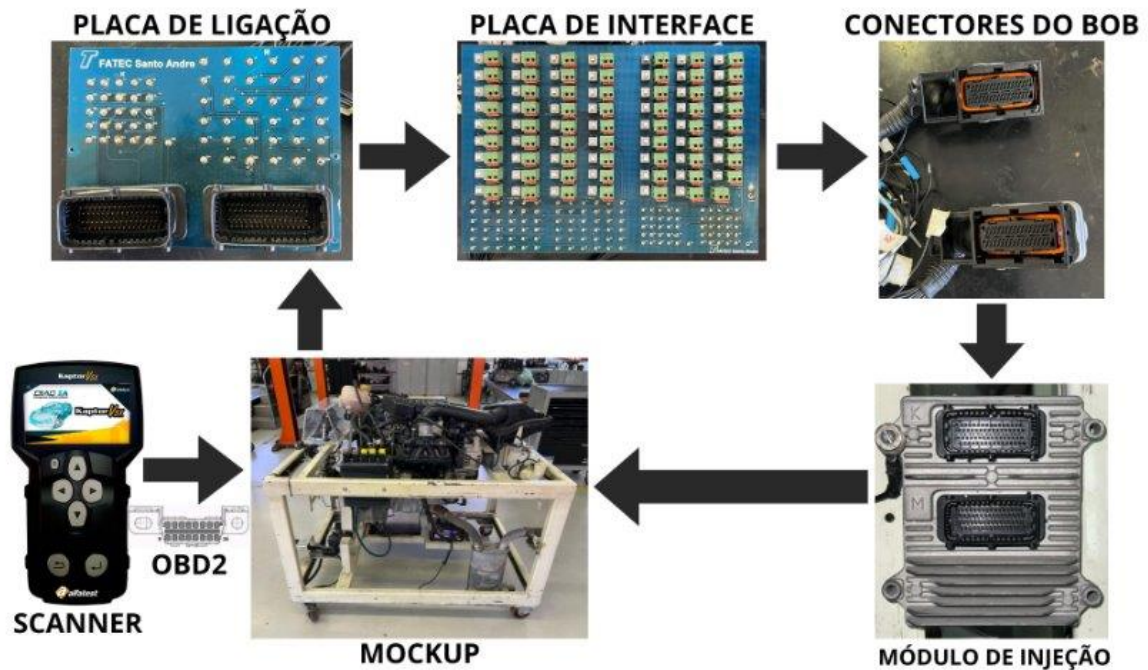
A rede CAN funciona como um sistema de comunicação rápida, transmitindo dados continuamente entre os módulos do veículo. Para garantir que as informações não se confundam ou se repitam, o sistema usa resistores no final dos cabos para evitar reflexos e falsos sinais. Os componentes conectados à rede enviam mensagens de acordo com sua prioridade, especialmente aquelas relacionadas à segurança, como freios e transmissão.

Existem duas velocidades de transmissão na rede, a *CAN High* uma rede mais rápida, de até 500 Kbits por segundo, usada para sistemas vitais como controle de tração e freios e a *CAN Low* outra rede mais lenta, de 100 Kbits por segundo, para sistemas de conforto, como o controle de ar-condicionado e portas. Essa divisão ajuda a manter a eficiência e a segurança do sistema, garantindo que as informações mais importantes sejam transmitidas rapidamente.

### 3. MÉTODOS

O presente trabalho visa desenvolver um *mockup* didático capaz de gerar códigos de falha para sistemas de diagnóstico *on-board* (OBD) em motores de Combustão Interna, por meio da integração de um circuito *Break out Box* (BOB) e de uma placa de aquisição e controle. A seção a seguir detalha os procedimentos metodológicos adotados para o projeto, implantação, geração de falhas e coleta de dados, observado na Figura 22.

Figura 22- Diagrama do projeto



Fonte: Autores, 2025

#### 3.1. Materiais e Equipamentos

- **Motor de Combustão Interna (MCI):** motor de quatro tempos, 4 cilindros, abastecido por sistema de injeção eletrônica, anteriormente revisado e calibrado.
- **Circuito Break out Box (BOB):** O *Break out Box* (BOB), é um dispositivo fundamental utilizado para facilitar o acesso e a manipulação dos sinais elétricos em sistemas complexos, como os motores de Combustão Interna com sistemas eletrônicos embarcados. No contexto deste projeto, o BOB foi desenvolvido para

permitir a inserção controlada de falhas nos sinais dos sensores do motor, possibilitando a geração de códigos de falha (DTC) para estudo didático e diagnóstico.

- **Placa de Controle e Aquisição de Dados:** Será feita através do *scanner* pela entrada da OBD2.
- **Instrumentação Auxiliar:** multímetro, osciloscópio, fontes de alimentação reguladas, cabos e conectores.

Durante a realização do experimento, organizamos os cabos e conectores, garantindo que todas as ligações estivessem firmes e corretas. Em seguida, ajustamos a fonte de alimentação regulada, definindo a tensão e o limite de corrente de acordo com o circuito, mantendo-a desligada até o término das conexões. Após ligarmos a fonte, utilizamos o multímetro para medir a tensão e a corrente nos pontos do circuito, verificando se os valores obtidos correspondiam aos previstos. Ao concluir as medições, desligamos a fonte de alimentação e finalizamos o experimento, podendo assim, listar os interruptores um a um e realizar a sua correta identificação.

Figura 23- Mockup do motor




Fonte: Autores, 2025

### 3.2. Desenho Experimental do *Mockup*

- **Estrutura Mecânica:** instalação do motor CI sobre a bancada. Instalação de sensores originais de temperatura, (NTC) *Negative Temperature Coefficient*), pressão de óleo (transdutor piezoelétrico) e rotação (sensor *Hall*) conectados ao motor.
- **Integração do Circuito BOB:** o módulo BOB será acoplado à fiação original do motor, permitindo a injeção de sinais anômalos nos sensores principais. São previstos *jumpers* para seleção de tipo e magnitude de falha (p. ex., curto a terra, circuito aberto, deslocamento de *offset*).
- **Conexão com a Placa de Controle:** a placa microcontrolada recebe os sinais dos sensores (originais e via BOB), processa e transmite informações via *CAN-Bus* para um *scanner* OBD2 virtual em computador, registrando códigos de falha conforme norma ISO 15765-4.

### 3.3. Procedimento de Geração de Falhas

- **Seleção de Cenários de Falha:** Definição de falhas típicas de OBD em MCI: sensores de oxigênio (O2), MAP, TPS 
- **Configuração do BOB:** Ajuste de *jumpers* para cada tipo de falha desejada, o que permite simular curto, circuito aberto, ou variação gradual de tensão.
- **Execução dos Testes:** Com motor em marcha lenta e carga variável, introduz-se cada falha isoladamente, mantendo-se registro de parâmetros ambientais (temperatura ambiente, rotação, pressão de admissão).
- **Coleta de Códigos OBD:** O *scanner* acessa a ECU e extrai em tempo real os DTC's, e os dados.

### 3.4. Aquisição e tratamento de dados

- **Registro de Sinais:** Todas as tensões de sensores e sinais BOB são amostradas pela aba “dados” onde faremos os testes onde, posteriormente serão listados em um relatório.
- **Correlação entre Evento e Código:** Análise temporal entre a injeção de perturbação no sinal e o aparecimento do DTC correspondente, medindo latência e frequência de repetição.

### 3.5. Critérios de Validação e Repetibilidade

- **Precisão dos Dados:** comparação entre leituras do osciloscópio e os dados amostrados pelo *scanner*. E para garantir a confiabilidade e a qualidade dos dados adquiridos, será realizado um procedimento de comparação entre as leituras obtidas pelo osciloscópio e aquelas amostradas pelo aparelho de diagnóstico. Outro aspecto relevante para assegurar a precisão dos dados, será a sincronização temporal das medições.
- **Conformidade Normativa:** verificação de que os códigos gerados atendem aos protocolos OBD2, conforme SAE J1979 e ISO 15031.

### 3.6. Fluxograma Metodológico

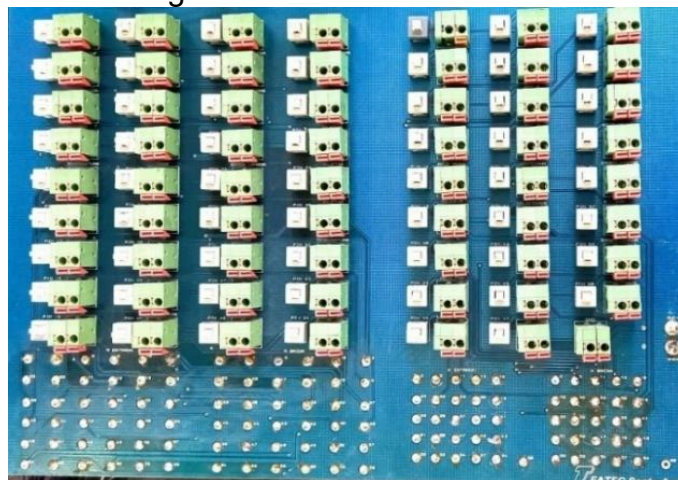
- Preparação do motor e instrumentação.
- Montagem física do BOB e conexão à placa de controle.
- Seleção de cenário de falha e ajuste de parâmetros no BOB.
- Início da coleta de dados e introdução da falha.
- Leitura e registro dos DTC's via *scanner* OBD2.
- Análise da geração de códigos e elaboração de relatórios.

Em suma, o método proposto combina elementos de instrumentação eletrônica, integração de circuitos customizados e protocolos de diagnóstico veicular, garantindo um ambiente controlado para a geração e estudo de códigos de falha em motores de combustão Interna.

### 3.7. Placa de circuito impresso

A placa eletrônica foi desenvolvida na Universidade de São Paulo (USP) para o motor VHC 1.8L, ela é a interface de uma ferramenta de diagnóstico BOB, e está posicionado entre o BOB e os conectores, foram instalados interruptores e conectores para que fosse possível interromper ou alterar a resistência de um circuito, simulando uma falha ou variando o range de valores captados pelos sensores, visto na Figura 24.

Figura 24- Placa de interface



Fonte: Autores, 2025

### 3.8. Break out Box (BOB)

*Break out Box* (BOB) é um dispositivo que serve para facilitar a análise e o diagnóstico do sistema elétrico veicular, possibilitando a leitura de sinais em tempo real de sensores e atuadores, problemas de curto-circuito no chicote e módulos do veículo, através da porta de conexão da ECU.

O BOB é como uma caixa de passagem que oferece acesso aos sinais em tempo real sem interferir em nada, e permite que o técnico intercepte, monitore e teste os sinais do sistema automotivo sem precisar desconectar os sensores e atuadores

do veículo. Com um multímetro ou osciloscópio, é possível interpretar sinais de tensão, corrente e resistência, além de poder inserir sinais para simular condições operacionais de sensores e atuadores, realizar testes e detectar falhas na ECU, chicote e conectores.

Com o BOB, é possível fazer medição de sinal de saída e resistência de sensores conectados à ECU, acessando individualmente cada pino dos conectores, verificar continuidade e curtos entre fios, e possibilita o monitoramento das redes de comunicação do veículo, como a rede CAN, permitindo a verificação da atividade de dados e da resistência de terminação da rede.

Com a ajuda de um osciloscópio, também é possível visualizar formas de onda dos sinais enviados pelos sensores ou pela ECU, o que ajuda na detecção de falhas intermitentes ou mal funcionamento dos módulos, observado na Figura 25.

Figura 25- Placa de ligação



Fonte: Autores, 2025

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento das atividades no *mockup* automotivo demonstraram a eficácia das intervenções realizadas, bem como a importância da aplicação prática dos conceitos teóricos relacionados aos sistemas mecânicos e eletrônicos veiculares. A identificação inicial de falhas, como vazamento de óleo, fusíveis queimados, fios rompidos e sensores defeituosos, evidenciou o estado crítico de alguns componentes e a necessidade de ações corretivas imediatas.

As manutenções executadas, incluindo reapertos mecânicos, substituição de componentes danificados e reorganização do sistema elétrico, resultaram na restauração da confiabilidade e do funcionamento adequado do conjunto. A utilização do *scanner* automotivo mostrou-se fundamental para o diagnóstico preciso das falhas, permitindo não apenas a identificação de defeitos reais, mas também a simulação controlada de códigos de erro, o que contribuiu significativamente para a validação dos reparos efetuados.

Os testes de funcionamento realizados após as correções confirmaram a eliminação das falhas anteriormente detectadas, demonstrando que as intervenções atenderam aos objetivos propostos. Além disso, a reorganização estrutural do *mockup*, com a montagem da estrutura acrílica e a realocação dos componentes, proporcionou maior acessibilidade, segurança e caráter didático ao equipamento.

Dessa forma, os resultados alcançados indicam que as melhorias implementadas foram eficazes tanto do ponto de vista técnico quanto educacional, reforçando a relevância do *mockup* como ferramenta de apoio ao ensino e à prática do diagnóstico automotivo.

### 4.1. Início das atividades no *mockup*

Iniciamos as atividades identificando possíveis defeitos ou falhas que poderiam ser encontradas no *mockup*. Primeiramente foi identificado um vazamento de óleo provindo da parte inferior do *mockup*, foram realizados os apertos das mangueiras de passagem de óleo, sanando definitivamente o problema. Em seguida, foi feito o diagnóstico da alimentação do painel, onde foi detectado um fusível queimado,

realizamos a substituição por um fusível novo, assegurando o correto funcionamento do conjunto.

#### 4.2. Caixa de fusíveis

A placa de identificação da caixa de fusíveis se encontrava deteriorada, onde não era possível fazer a sua correta leitura, portanto foi substituída por uma nova, como visto na Figura 26.

Figura 26- Placa de identificação deteriorada



Fonte: Autores, 2025

### 4.3. Testando o funcionamento do alternador

Devido à relatos anteriores de um possível mal funcionamento do alternador, foi realizado o teste de verificação de tensão através de um multímetro, onde nada foi constatado, conforme visto na Figura 27.

Figura 27- Medição da tensão do alternador



Fonte: Autores, 2025

### 4.4. Falhas encontradas por meio do *scanner* automotivo

Utilizamos o *scanner* automotivo no *mockup* e foram detectadas a presença de algumas falhas distintas, conforme visto na Figura 28. Posteriormente, constatou-se que as falhas foram ocasionadas devido aos fios que não apresentavam continuidade.

O problema foi solucionado após refazermos as soldas e a ligações dos fios de forma correta.

Figura 28- Falhas apresentadas nos testes

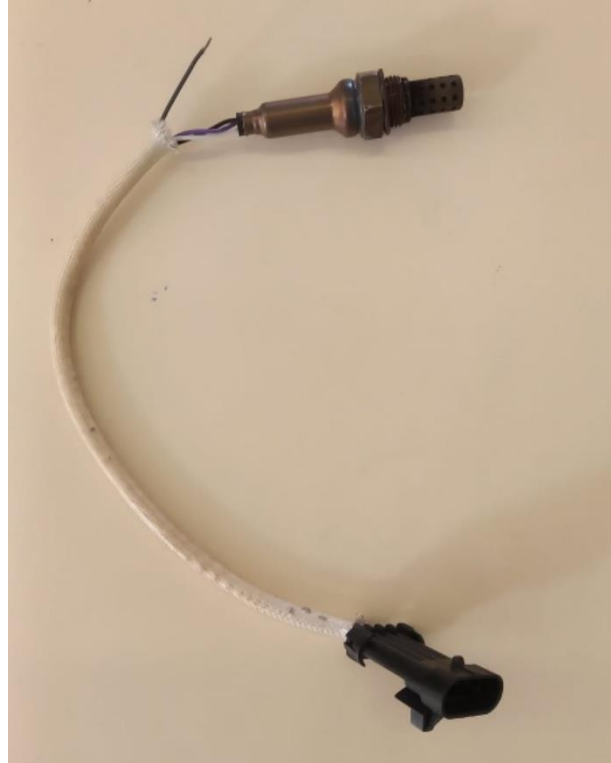


Fonte: Autores, 2025

No decorrer dos testes realizados através da ferramenta de diagnóstico, constatamos uma falha contínua no sensor de oxigênio a sonda lambda, após analisar e desmontar o conjunto, notamos que havia um fio rompido, visto na Figura 29.

Retiramos a o sensor de oxigênio e após alguns dias, colocamos um sensor em bom funcionamento e realizamos novamente o teste, onde nada de anormal foi constatado.

Figura 29- Sensor de sonda lambda defeituoso



Fonte: Autores, 2025

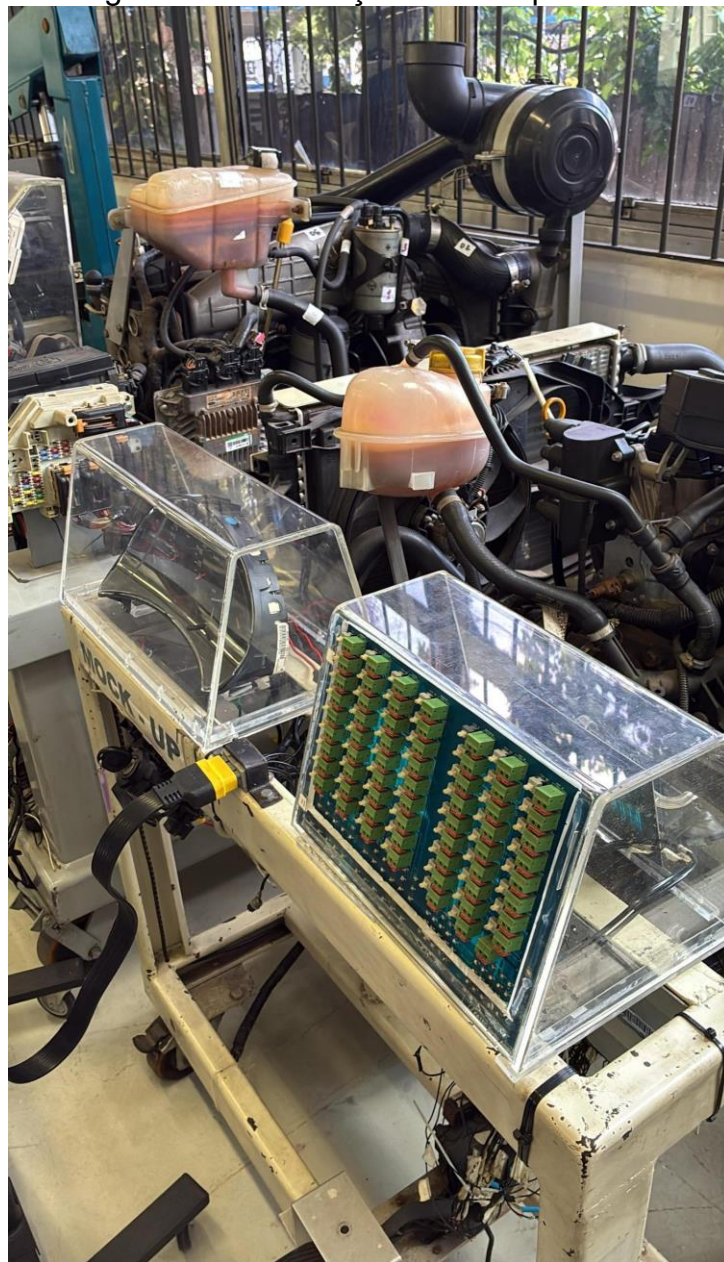
#### **4.5. Substituição do interruptor de pressão de óleo**

Foi detectado também, defeitos no funcionamento e vazamento no interruptor de pressão de óleo, onde foi feita a substituição por um interruptor novo, sanando os respectivos problemas.

#### 4.6. Montagem da estrutura acrílica

Seguimos dando continuidade às mudanças físicas do *mockup*, montando a estrutura acrílica e realocando o local onde a placa de interface, o BOB e os seus conectores K e M, onde seriam fixados de forma que ficassem visíveis e de fácil acesso para todos, conforme visto na Figura 30.

Figura 30- Realocação dos componentes



Fonte: Autores, 2025

#### 4.7. Identificação e análise dos pinos e terminais

Demos início na verificação e identificação correta dos pinos e terminais e o seu funcionamento correto. Listamos um a um e detectamos algumas falhas como por exemplo, fios rompidos, condutores inativos e pontos de solda danificados.

Fizemos os ajustes necessários utilizando uma máquina de solda para restabelecer a continuidade elétrica das partes danificadas e, posteriormente, procedeu-se ao isolamento dos condutores que não seriam utilizados no momento visto na Figura 31.

Figura 31- Fios rompidos



Fonte: Autores, 2025

#### 4.8. Regulagem e limpeza das velas de ignição

Seguimos fazendo alguns ajustes necessários, como limpeza e verificação do funcionamento das velas de ignição, onde foi identificado que as velas de ignição estavam frouxas, com o auxílio de uma chave de fenda, realizamos o aperto de forma correta e assim foram eliminados os ruídos e vibrações detectados anteriormente. Como é visto na Figura 32.

Figura 32- Ajustes das velas de ignição



Fonte: Autores, 2025

#### 4.9. Pintura da estrutura metálica

Decidimos pintar a área externa da estrutura metálica do *mockup* na cor cinza, haja vista, que a pintura anterior estava totalmente desgastada. O resultado foi satisfatório, conforme visto na Figura 33.

Figura 33- Pintura da estrutura metálica



Fonte: Autores, 2025

#### 4.10. Abastecimento do reservatório

O reservatório de fluido refrigerante estava sujo e quase seco em sua parte interior. Então, decidimos por fazer a limpeza total das partes internas e externas do reservatório e, também abastecer com o fluido refrigerante novo, conforme visto na Figura 34.

Figura 34- Abastecimento do reservatório



Fonte: Autores, 2025

#### 4.11. Substituição de etiqueta de identificação

As etiquetas de identificação do *mockup* estavam rasgadas, mal coladas e com as letras pequenas e apagadas. Decidimos substituir por etiquetas novas e maiores, para melhor visualização, visto na Figura 35.

Figura 35- Substituição de etiqueta de identificação

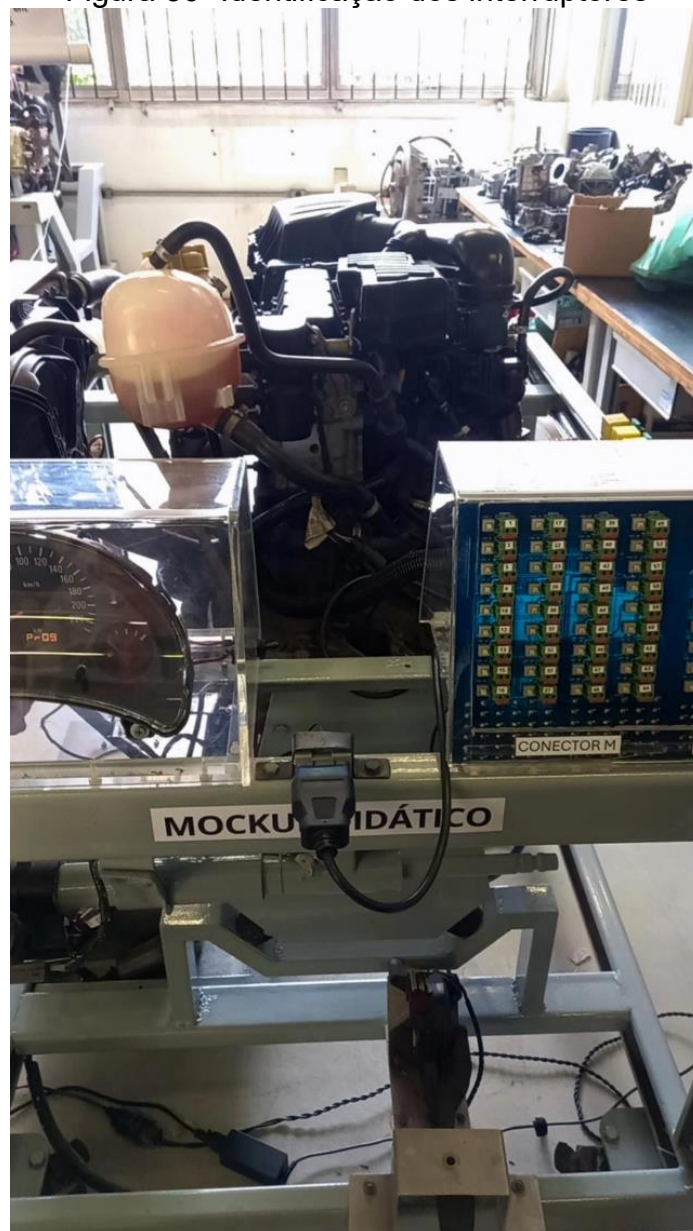


Fonte: Autores, 2025

#### 4.12. Identificação dos interruptores

Com o circuito inteiro já montado, testado, analisado e funcionando de forma adequada, decidimos confeccionar as etiquetas de identificação da placa de interface, identificando numericamente cada um dos interruptores de acordo com o diagrama elétrico, para melhor compreensão e maior agilidade na realização dos experimentos, conforme visto na Figura 36.

Figura 36- Identificação dos interruptores



Fonte: Autores, 2025

#### 4.13. Testes e simulações finais

Utilizando um *scanner* automotivo, fizemos algumas simulações para gerar determinados códigos de falhas, para que a partir daí pudéssemos analisar se as nossas alterações e melhorias estavam de acordo com o previsto em nossos estudos.

Primeiramente, desativamos os pinos 9 e 12 na placa de interface e geramos o código de falha P0120 e P0220, indicando problema com os sensores 1 e 2 da posição da borboleta, visto na Figura 36. Reativando o pino 9 e o pino 12 na placa de interface, e passando novamente o *scanner*, as falhas foram removidos, conforme visto na Figura37.

Figura 37- Simulação de falhas nos sensores 1 e 2 da posição da borboleta



Fonte: Autores, 2025

A seguir, desativamos os pinos 57,58,59 e 60 na placa de interface, geramos respectivamente os códigos de falhas P0201, P0202, P0203 e P0204, indicando falha

nos injetores 1,2,3 e 4, visto na Figura 38. Reativando os pinos 57,58,59 e 60 na placa de interface e passando novamente o *scanner*, as falhas foram removidas.

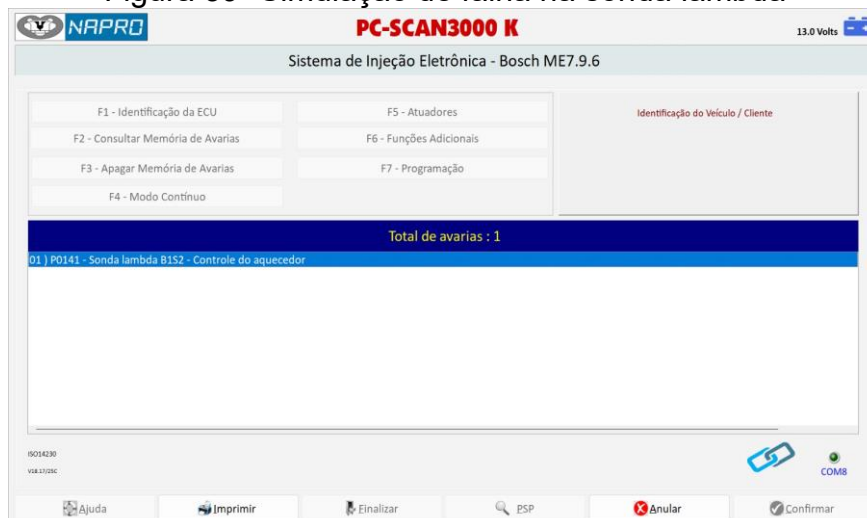
Figura 38- Simulação de falha nos injetores



Fonte: Autores, 2025

Conforme visto na Figura 39, ao desativarmos o pino 44 na placa de interface, geramos um código de falha (P0141), indicando um DTC na sonda lambda (controle do aquecedor). Reativando o pino 44 na placa de interface e passando novamente o *scanner*, a falha foi removida.

Figura 39- Simulação de falha na sonda lambda



Fonte: Autores, 2025

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento das atividades realizadas no *mockup* possibilitou uma compreensão mais aprofundada sobre o funcionamento dos sistemas automotivos, bem como a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

Durante o processo, foram identificadas e corrigidas diversas falhas, como vazamentos de óleo, mau funcionamento de componentes elétricos, rompimento de fios e deterioração de conexões. As ações corretivas, como substituição de fusíveis, interruptores e sensores, além da revisão e soldagem de fios, garantiram o pleno funcionamento do sistema e restabeleceram a confiabilidade do conjunto.

A utilização do *scanner* automotivo foi essencial para a detecção e simulação de falhas, permitindo validar os reparos realizados e compreender de forma prática o comportamento do sistema de injeção eletrônica e seus sensores.

Além disso, a montagem da estrutura acrílica e a reorganização dos componentes contribuíram para uma disposição mais didática e funcional do *mockup*, facilitando futuras atividades de estudo e demonstração.

Portanto, o trabalho alcançou com êxito seus objetivos, promovendo a integração entre teoria e prática, e aprimorando as habilidades técnicas e analíticas dos participantes. O *mockup*, após as intervenções, encontra-se em plenas condições de uso para fins didáticos e de experimentação em novas simulações e testes automotivos.

## 6. PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Com o *mockup* em pleno funcionamento e em condições adequadas para estudos e demonstrações, propõem-se algumas ações e melhorias que poderão ser implementadas em trabalhos futuros, visando ampliar sua funcionalidade e o potencial didático do equipamento, tais como:

- **Integração de novos sensores e atuadores:** acrescentar sensores de temperatura, pressão e rotação adicionais para expandir as possibilidades de testes e diagnósticos simulados.
- **Adição de módulos de falhas programáveis:** inserir um sistema de controle que possibilite simular falhas específicas por meio de um painel de comando, facilitando o treinamento em diagnóstico automotivo.
- **Revisão e aprimoramento do sistema elétrico:** realizar um mapeamento detalhado dos circuitos e etiquetar todos os fios e conectores, garantindo maior organização e segurança em futuras manutenções.
- **Elaboração de um manual técnico do *mockup*:** desenvolver um guia completo contendo esquemas elétricos, diagramas de ligação, instruções de operação e procedimentos de diagnóstico para uso acadêmico. Essas propostas têm como objetivo aperfeiçoar continuamente o *mockup*, transformando-o em uma ferramenta didática ainda mais eficiente para o ensino, experimentação e prática profissional na área de sistemas automotivos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABM PEÇAS. **Cabeçote: o que é e para que serve?** Blog ABM Peças, 2019. Disponível em: < <https://blog.abmpecas.com/cabecote/>>. Acesso em: 22 maio 2025.

ABM PEÇAS. **O que é a camisa de cilindro?** Blog ABM Peças, 2022. Disponível em: < <https://blog.abmpecas.com/o-que-e-a-camisa-de-cilindro/>>. Acesso em: 22 maio 2025.

BARROS AUTOPEÇAS. **Qual a função da biela no motor?** Barros Autopeças, 2017. Disponível em:< <https://www.barros.com.br/noticia/qual-a-funcao-da-biela-no-motor>>. Acesso em: 22 maio 2025.

BERU. **Tudo sobre velas de ignição.** Beru Parts, [s.d.]. Disponível em: < <https://www.beruparts.pt/content/dam/marketing/emea/beru/brochure/pt-all-about-spark-plugs.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2025.

BOSCH. **Copper with nickel spark plugs.** Bosch Auto Parts, [s.d.]. Disponível em: < <https://www.boschautoparts.com/p/copper-with-nickel-spark-plugs>>. Acesso em: 22 maio 2025.

BOSCH. **Manual de tecnologia automotiva.** 25. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2025.

BOSCH. **PFI – Port fuel injection.** Bosch Auto Parts, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.boschautoparts.com/p/pfi-port-fuel-injection->>. Acesso em: 22 maio 2025.

BOSCH. **Throttle bodies.** Bosch Auto Parts, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.boschautoparts.com/p/throttle-bodies>>. Acesso em: 22 maio 2025.

CONTAGEM MOTOR PEÇAS. **Eixo de comando.** Contagem Motor Peças, [s.d.]. Disponível em:< <https://contagemmotorpecas.com.br/produto/eixo-de-comando/>>. Acesso em: 22 maio 2025.

DELPHI AUTOPARTS. **Dúvidas sobre a bobina de ignição? Este artigo é para você!** Delphi AutoParts, [s.d.]. Disponível em:< <https://www.delphiautoparts.com/pt-br/centro-de-recursos/artigo/d%C3%BAvidas-sobre-a-bobina-de-igni%C3%A7%C3%A3o-este-artigo-%C3%A9-para-voc%C3%AA>>. Acesso em: 22 maio 2025.

FOGAÇA J. **Funcionamento do Motor de Combustão Interna.** Disponível em: < <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/funcionamento-motor-combustao-interna.htm>>. Acesso em: 22 maio 2025.

HELLA. **Bico de injeção: funcionamento e informações técnicas.** Hella Tech World, [s.d.]. Disponível em:< <https://www.hella.com/techworld/pt/Tecnica/Sensores-e-atuadores/Bico-de-injecao-3664/#>>. Acesso em: 22 maio 2025.

IPIRANGA. **Injeção eletrônica: o que é e para que serve?** Blog Ipiranga, 2024. Disponível em: <<https://portal.ipiranga/wps/portal/pt-br/ipiranga/blog-ipiranga/categorias/cuidados-com-seu-veiculo/injecao-eletronica>>. Acesso em: 22 maio 2025.

KAVAK. **Cárter do motor: o que é e para que serve.** Kavak Brasil, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.kavak.com/br/blog/carter-do-motor-o-que-e-e-para-que-serve>>. Acesso em: 22 maio 2025.

KSPG AUTOMOTIVE BRAZIL LTDA. **Assim funciona o pistão.** MS Motorservice Brazil, [s.d.]. Disponível em: <[https://www.ms-motorservice.com/br/pt\\_br/tecnipedia/assim-funciona-o-pistao-1268](https://www.ms-motorservice.com/br/pt_br/tecnipedia/assim-funciona-o-pistao-1268)>. Acesso em: 22 maio 2025.

MINUTO SEGUROS. **Virabrequim: o que é, para que serve e principais problemas.** Minuto Seguros, 2024. Disponível em: <<https://www.minutoseguros.com.br/blog/funcao-do-virabrequim-para-carro/>>. Acesso em: 22 maio 2025.

MS MOTOR SERVICE. **Seu especialista em componentes do motor.** Disponível em: <[https://www.ms-motorservice.com/br/pt\\_br/product-group/7433](https://www.ms-motorservice.com/br/pt_br/product-group/7433)>. Acesso em: 24 maio 2025.

MTE-THOMSON. **Sensor de detonação.** MTE-THOMSON, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.mte-thomson.com.br/produtosmte/sensor-de-detonacao/>>. Acesso em: 22 maio 2025, il. color.

MTE-THOMSON. **Sensor de fase.** MTE-THOMSON, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.mte-thomson.com.br/produtosmte/sensor-de-fase/>>. Acesso em: 22 maio 2025, il. color.

MTE-THOMSON. **Sensor de temperatura.** MTE-THOMSON, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.mte-thomson.com.br/produtosmte/sensor-de-temperatura/>>. Acesso em: 22 maio 2025, il. color.

MTE-THOMSON. **Sensor MAP.** MTE-THOMSON, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.mte-thomson.com.br/produtosmte/sensor-map/>>. Acesso em: 22 maio 2025, il. color.

MTE-THOMSON. **Sonda lambda.** MTE-THOMSON, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.mte-thomson.com.br/sonda-lambda/>>. Acesso em: 22 maio 2025, il. color.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Funcionamento do motor de combustão interna.** Mundo Educação, [s.d.]. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/funcionamento-motor-combustao-interna.htm>>. Acesso em: 22 maio 2025.

NGK. **Bobinas em bloco**. *NGK Brasil*, [s.d.]. Disponível em: <https://automotivo.ngkntk.com.br/produtos/linha-ngk/categoria-ignicao/bobinas-em-bloco/?country=br&lang=pt>. Acesso em: 22 maio 2025.

NGK. **Manual técnico de velas de ignição**. *NGK*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ngkntk.com.br/manual/pdf/velas.pdf>. Acesso em: 22 maio 2025.

OFICINA BRASIL. **A evolução dos módulos de gerenciamento do motor (ECUs) nos sistemas de injeção direta**. *Oficina Brasil*, 20 abr. 2023. Disponível em: <https://oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/a-evolucao-dos-modulos-de-gerenciamento-do-motor-ecus-nos-sistemas-de-injecao-direta>. Acesso em: 22 maio 2025.

PUJATTI, Fabrício José Pacheco. **Desenvolvimento de um sistema de gerenciamento eletrônico para motores de ignição por centelha**. 2007. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SBPS-7B6KA6/1/tese\\_doutorado\\_fabricio\\_jos\\_pacheco\\_pujatti.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SBPS-7B6KA6/1/tese_doutorado_fabricio_jos_pacheco_pujatti.pdf). Acesso em: 30 maio 2025.

RAVAGNANI, Válder. **Unidade de comando**. Scribd, [s.d.]. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/572315041/UNIDADE-DE-COMANDO-1>. Acesso em: 22 maio 2025.

RIBEIRO, C. *Grátis: TCC Engenharia Mecânica – Motor a Combustão Interna: material claro e objetivo em PDF para estudo rápido*. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/118359701/tcc-engenharia-mecanica-motor-a-combustao-interna>. Acesso em: 30 maio 2025.

SCRIBD. **Rede CAN**. Scribd, [s.d.]. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/420346053/rede-can>. Acesso em: 22 maio 2025.

SIMEA. **Controle da proporção ar/combustível em um motor com tecnologia flex**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2018. 17 p. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/engineeringproceedings/simea2017/37.pdf>. Acesso em: 06 maio 2025.

SIMEA. **Modelagem do fenômeno da detonação aplicada ao motor de combustão flex**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2019. 10 p. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/engineeringproceedings/simea2019/PAP118.pdf>. Acesso em: 05 maio 2025.

SLIDESHARE. **Controle eletrônico ECU na eletrônica embarcada: arquitetura, remapeamento e aplicações em motores flex**. SlideShare, [s.d.]. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/control-eletronico-ecu-na-eletronica-embarcada-arquitetura-remapeamento-e-aplicacoes-em-motores-flex-docx/277458557>. Acesso em: 22 maio 2025.

SLIDESHARE. **Injeção eletrônica**. SlideShare, [s.d.]. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/slideshow/injeo-eletrnica-44735907/44735907>>. Acesso em: 22 maio 2025.

URDANETA. **Corpo de borboleta: o que é e como funciona?** TotalEnergies Brasil, [s.d.]. Disponível em: <<https://totalenergies.com.br/corpo-de-borboleta-o-que-e-e-como-funciona>>. Acesso em: 22 maio 2025.

## GLOSSÁRIO

**Atuador** – Componente responsável por executar fisicamente um comando enviado pela ECU, como abrir injetores, acionar bobinas ou controlar a borboleta eletrônica.

**Bobina de Ignição** – Dispositivo que transforma a baixa tensão da bateria em alta tensão necessária para gerar faísca na vela de ignição.

**Break Out Box (BOB)** – Equipamento de diagnóstico utilizado para acessar, medir e manipular sinais elétricos entre sensores, atuadores e a ECU, sem interromper o circuito original.

**Código de Falha (DTC)** – Identificador numérico padrão utilizado pela ECU para registrar anomalias detectadas no sistema eletrônico do veículo.

**ECU (*Electronic Control Unit*)** – Unidade de Controle Eletrônico responsável por monitorar sensores, processar informações e comandar atuadores.

**Injeção Eletrônica** – Sistema que controla a quantidade e o momento da injeção de combustível no motor, utilizando sensores, atuadores e a ECU.

**MAP (*Manifold Absolute Pressure*)** – Sensor de pressão absoluta do coletor de admissão, essencial para o cálculo da mistura ar–combustível.

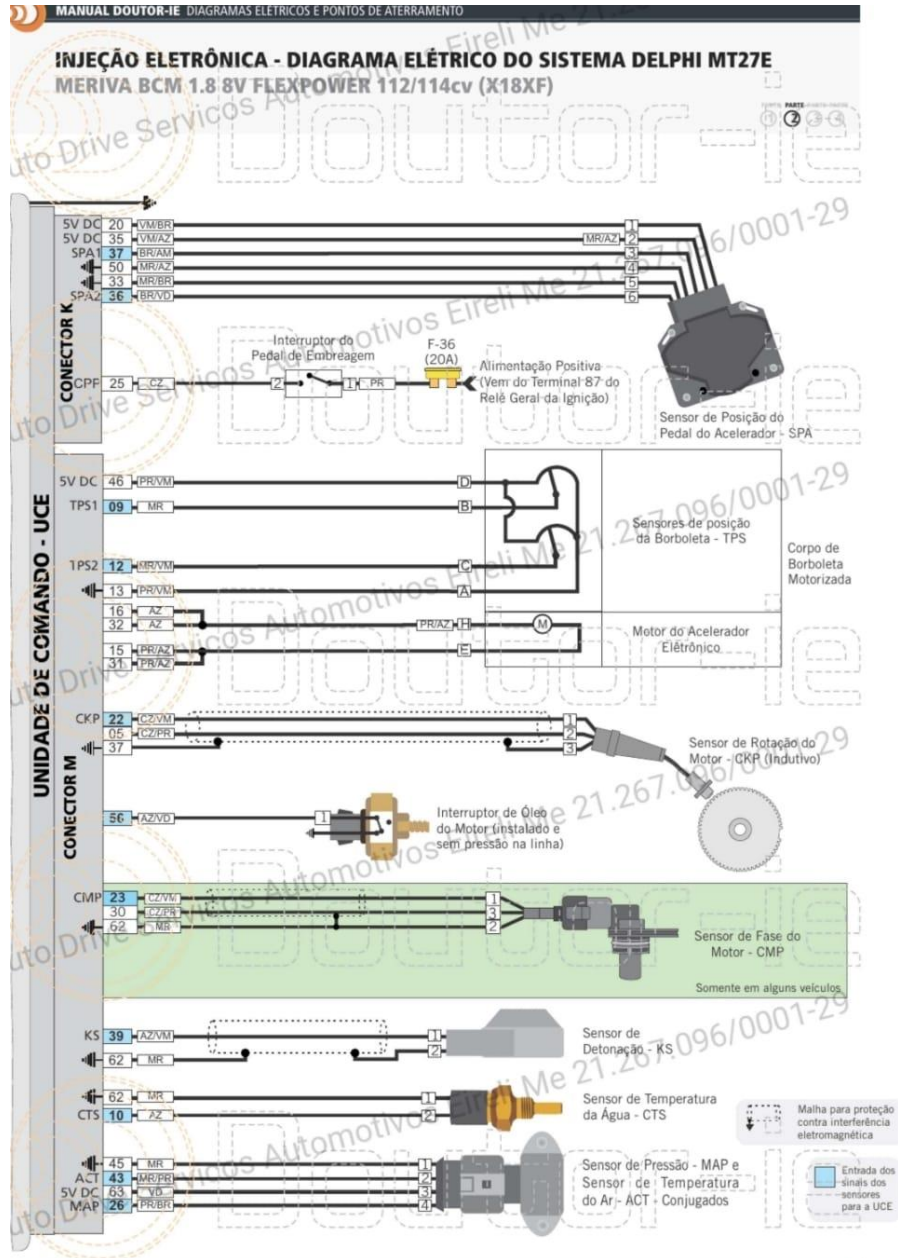
**Mockup Didático** – Estrutura física montada para fins de ensino, representando um sistema automotivo real e permitindo simulações de funcionamento e falhas.

**OBD2 (*On-Board Diagnostics II*)** – Protocolo internacional de diagnóstico veicular que padroniza a leitura de códigos de falhas e parâmetros do motor.

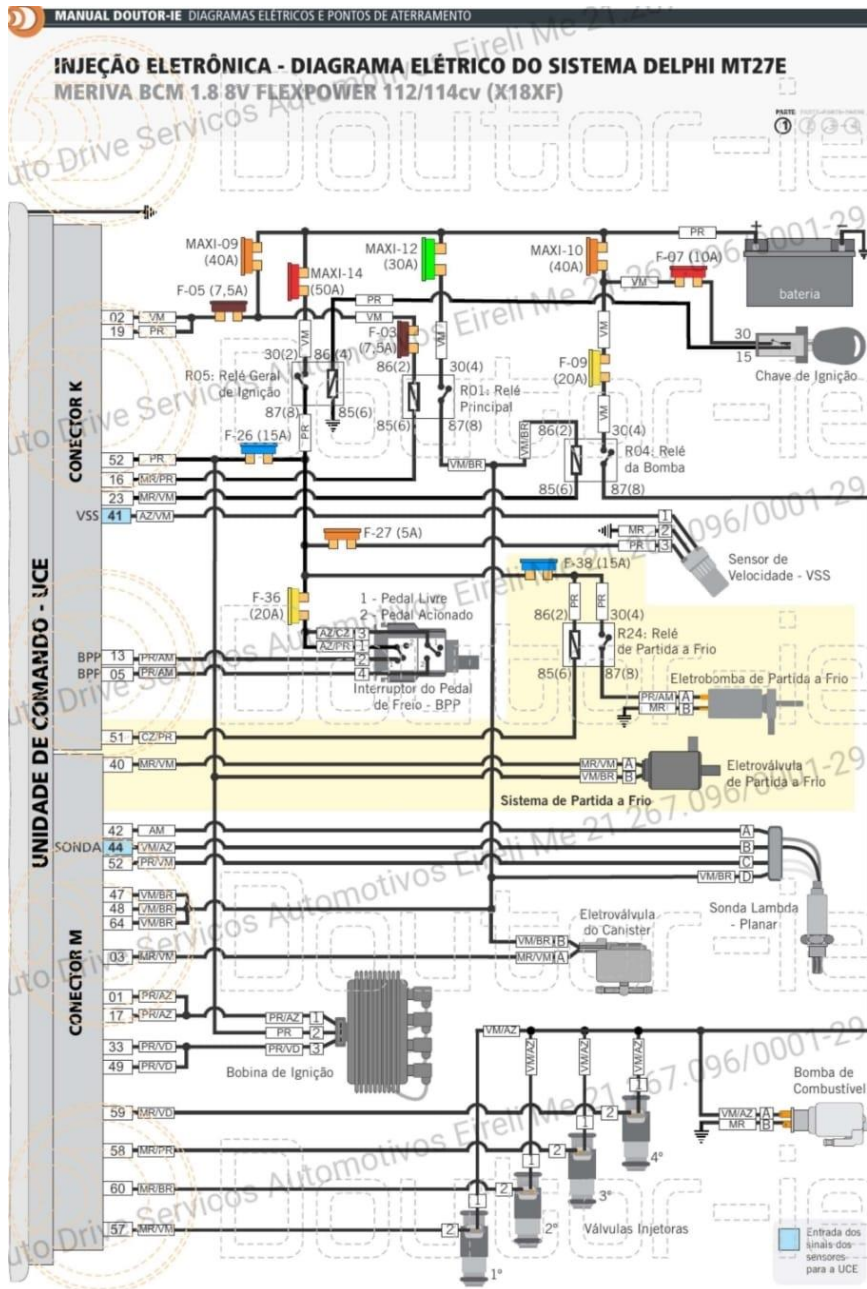
**Rede CAN (*Controller Area Network*)** – Rede de comunicação serial utilizada em veículos para troca de informações entre módulos eletrônicos.

# ANEXO

## ANEXO A



ANEXO B



## ANEXO C

1 – Comando Bobina 2-3	39 – Sinal sensor detonação	2 – Tensão de Bateria A	50 – Retorno TPS1
3 – Comando cânister	40 – Solenoide Partida à frio	5 – Luz de freio	51 – Relé bomba partida a frio
5 – Entrada baixo sensor de rotação	42 – Retorno da sonda	11 – CAN High	52 – Sinal de Ignição
9 – Sinal de entrada TPS 1	43 – Sinal MAF	13 – Sinal interruptor de freio	53 – Sinal Flex
10 – Sinal temp. água	44 – Entrada sonda	16 – Negativo relé principal	54 – Sinal de dados do Imo
12 – Sinal de entrada TPS 2	45 – Negativo	19 – Tensão de Bateria B	57 – Negativo ICM
13 – Retorno positivo TPS	46 – 5V TPS1/TPS2	20 – 5V TPS 2	64 – Negativo LIM Imo
15 – Negativo motor TPS High	47 – Alimentação do cânister	23 – Negativo relé da bomba	60 – Negativo motor de partida
16 – Negativo motor TPS Low	48 – Alimentação do cânister negativo	32 – Negativo Led (5V5)	
17 – Comando Bobina 2-3	49 – Comando Bobina 1-4	33 – Retorno TPS2	
22 – Entrada alta sensor de rotação	52 – Aquecimento da sonda	35 – 5V TPS 1	
23 – Entrada sensor de fase	57 – Injetor 1	36 – Sinal de entrada TPS 2	
26 – Sinal MAP	58 – Injetor 3	37 – Sinal de entrada TPS 3	
30 – 5V Sensor de Fase	59 – Injetor 4	39 – Negativo do ventilador 1	
31 – Negativo motor TPS High	60 – Injetor 2	41 – Sinal VSS	
32 – Negativo TPS Low	62 – Retorno sensores	43 – CAN Low	
33 – Comando Bobina 1-4	63 – 5V MAP/MAF	46 – Negativo ICM	
37 - Blindagem do sensor de rotação	64 – Alimentação cânister	47 – Negativo ICM	

CONECTOR  
M

CONECTOR  
K