



**UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E**

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

Autor:

Mungoi, Manuel Miguel

Supervisor:

Prof. Dr. Eng^o. Fabião Cumbe

Maputo, Outubro de 2025



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

Dissertação submetida ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Mecânica.

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

Autor:

Mungoi, Manuel Miguel

Supervisor:

Prof. Dr. Eng^o. Fabião Cumbe

Maputo, Outubro de 2025

INOVAÇÃO NO DIAGNÓSTICO AUTOMOTIVO: COMO O OSCILOSCÓPIO MELHORA A ANÁLISE DE COMPONENTES MECÂNICOS FRENTE AOS SCANNERS AUTOMOTIVOS.

Mungoi, Manuel Miguel



DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Manuel Miguel Mungoi, declaro, sob palavra de honra, que o presente trabalho de licenciatura com o tema, **Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos**, que apresento para o cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Mecânica, foi por mim realizado, com base nos recursos que no mesmo se faz referência.

(Manuel Miguel Mungoi)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Miguel Alfabeto Maticuane Mungoi e minha incrível mãe, Celeste Manuel Uqueio, por me darem a vida e, acima de tudo, por sacrificarem tanto para a minha formação. Como diz o meu pai: *“O homem é aquele que bate a rocha até sair água.”* Agradeço por fazerem o impossível para que eu pudesse me formar.

Aos meus irmãos, Lígia Miguel Mungoi, Miguel Alfabeto Maticuane Mungoi Júnior e Inocêncio Miguel Mungoi, sou grato pelo carinho e apoio durante toda a minha jornada acadêmica. Um agradecimento especial ao Miguel Mungoi pela inspiração e por estar presente em todos os momentos importantes da minha formação.

Ao meu supervisor, Prof. Doutor Eng.º Fabião Manuel Alfredo Cumbe, pela paciência, pelos materiais disponibilizados e pelos valiosos conselhos e explicações, que contribuíram para meu desenvolvimento como estudante e futuro engenheiro.

Aos meus colegas de curso, em especial ao Xavier Rodrigo Matosse, pelos momentos inesquecíveis vividos durante a nossa caminhada acadêmica.

Aos meus amigos Leovigildo Nhampossa, Iranete Augusto e Januário Neves, que estiveram comigo desde o ensino secundário e compartilharam comigo os desafios dos primeiros anos de faculdade. Foi uma honra ter vocês ao meu lado nessa jornada.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho Aos meus pais, Miguel Alfabeto Maticuane Mungoi e minha mamã, Celeste Manuel Uqueio, que abdicaram de todos seus caprichos em prol da educação dos filhos.

RESUMO

Este trabalho investiga a inovação no diagnóstico automotivo, comparando a eficácia do osciloscópio e dos scanners automotivos na análise de componentes mecânicos e electrónicos de veículos. Por meio de uma metodologia experimental, foram realizados testes em três veículos distintos, simulando falhas na roda fônica, sincronismo do motor e bobinas de ignição. Os resultados demonstram que os scanners automotivos são eficazes em diagnósticos rápidos baseados em códigos de falha (DTCs) em sistemas OBD-II, mas apresentam limitações em falhas mecânicas subtis ou em veículos pré-OBD-II. Em contrapartida, o osciloscópio destaca-se pela precisão na análise de sinais eléctricos em tempo real, identificando falhas intermitentes e problemas complexos não detectados pelos scanners. A integração de ambas as ferramentas é recomendada para otimizar a eficiência, precisão e confiabilidade no diagnóstico automotivo. Este estudo contribui para o avanço técnico do sector, destacando a importância da capacitação profissional e da adoção de tecnologias complementares em oficinas modernas.

Palavras-chave: Diagnóstico Automotivo, Osciloscópio, Scanner Automotivo, OBD-II.

ABSTRACT

This work explores innovation in automotive diagnostics by comparing the effectiveness of oscilloscopes and automotive scanners in analysing mechanical and electronic vehicle components. Through an experimental methodology, tests were conducted on three distinct vehicles, simulating failures in the tone wheel, engine timing, and ignition coils. The results show that automotive scanners are effective for quick diagnostics based on fault codes (DTCs) in OBD-II systems, but have limitations in detecting subtle mechanical issues or in pre-OBD-II vehicles. Conversely, the oscilloscope excels in precise, real-time signal analysis, identifying intermittent and complex faults undetected by scanners. The integration of both tools is recommended to enhance diagnostic efficiency, accuracy, and reliability. This study contributes to the technical advancement of the automotive sector, emphasizing the importance of professional training and the adoption of complementary technologies in modern workshops.

Keywords: Automotive Diagnostics, Oscilloscope, Automotive Scanner, OBD-II.

Índice Geral

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo Geral	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Problema de Pesquisa	2
2. Estado da Arte	3
2.1 Scanners Automotivos.....	3
2.1.1 Vantagens dos Scanners Automotivos	4
2.1.2 Limitações dos Scanners Automotivos	5
2.2 Osciloscópio	7
2.2.1 Evolução Tecnológica	7
2.2.2 Princípios Técnicos do Osciloscópio.....	8
2.2.3 Transdutor de pressão.....	10
2.2.4 Transdutor piezoelétrico	11
2.2.5 Transdutores de Temperatura	12
2.2.6. Transdutor de vácuo	12
2.2.7 Transdutor de Corrente.....	13
2.2.8 Tipos de osciloscopios.....	13
2.2.9 Vantagens dos Osciloscópios no Diagnóstico Mecânico	14
2.3 Trabalhos Relacionados.....	15
3. Metodologia para Análise Comparativa entre Osciloscópio e Scanners Automotivos	17
3.1 Critérios para Análise Comparativa	17
3.2 Bases Técnicas para a Avaliação.....	18
3.2.1 Seleção de Componentes Mecânicos e Eletrônicos.....	19
3.2.2 Ferramentas Utilizadas	21
3.2.3 Parâmetros Técnicos.....	23
3.2.4 Parâmetros de Comparação	23
3.2.5 Procedimentos de Teste	23
4. Aplicação Prática e Análise de Resultados.....	25
4.1 Primeiro Caso Prático	25

4.1.1 Diagnóstico com Scanner Automotivo.....	26
4.1.2 Diagnóstico com Osciloscópio	28
4.2 Segundo Caso Prático	31
4.2.1 Diagnóstico com Scanner Automotivo.....	32
4.2.2 Diagnóstico com Osciloscópio	34
4.3 Terceiro Caso Prático	39
4.3.1 Diagnóstico com Scanner Automotivo.....	40
4.3.2 Diagnóstico com Osciloscópio	42
4.4 Análise conclusiva das simulações.....	44
5. Conclusões e Recomendações	47
5.1 Conclusões.....	47
5.2 Recomendações	48
6.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

Índice de figuras

Figura 1- Esquema de conexão de diagnóstico automotivo, utilizado para interface entre scanners e ECU do veículo.....	4
Figura 2- Exemplo de um código de falha OBD-II (DTC P0704)..	7
Figura 3 - Exemplo de Osciloscópio analógico e digital.....	9
Figura 4 - Interface de um osciloscópio..	10
Figura 5- Princípio de funcionamento dos transdutores.....	11
Figura 6 - Exemplo de transdutores de pressão.....	12
Figura 7- Exemplo de transdutor piezoelétrico..	13
Figura 8- Exemplo de Transdutores de Temperatura..	13
Figura 9- Exemplo de transdutor de vácuo.....	14
Figura 10- Forma de onda de compressão de cilindro usando o transdutor de compressão relativa.	16
Figura 11- Scannr Multiecuscan usada nas simulações.....	22
Figura 12- Osciloscópio Hantek 1008c usado nas simulações.....	23
Figura 13- Código de falha gerado pelo scanner..	28
Figura 14- Análise do sinal do sensor CKP com osciloscópio.....	30
Figura 15- Códigos gerados pelo scanner..	34
Figura 16- Dados obtidos em tempo real do scanner.	35
Figura 17- Sincronismo virtual observado pelo osciloscópio.	37
Figura 18- Sincronismo virtual observado pelo osciloscópio.	38
Figura 19- Misfire no cilindro 1 ilustrada pelo scanner.	41
Figura 20- Resultados obtidos pelo scanner em tempo real..	42
Figura 21- Forma de Onda da Bobina do Cilindro 1.....	44
Figura 22- Forma de Onda da Bobina do Cilindro 2,3 e 4.	44

Índice de tabelas

Tabela 1- Comparação entre scanners básicos e profissionais.....	6
--	---

Acrónimos

ABS - Sistema de Frenagem Anti travamento;
ADC - Conversor Analógico-Digital;
CAN - Rede de Área de Controle;
CKP - Sensor de Posição do Virabrequim;
CMP - Sensor de Posição do Eixo de Comando;
CRT - Tubo de Raios Catódicos;
DSO - Osciloscópio de Armazenamento Digital;
DSP - Processamento Digital de Sinais;
DTC - Código de Falha de Diagnóstico;
ECU - Unidade de Controle Electrónico;
EGR - Recirculação de Gases de Escape;
FFT - Transformada Rápida de Fourier;
GPIB - Barramento de Interface de Uso Geral;
ISO - Organização Internacional de Normalização;
KWP2000 - Protocolo de Palavra-Chave 2000;
OBD-II - Diagnóstico a Bordo, Segunda Geração;
PMS - Ponto Morto Superior;
RPM - Rotações por Minuto;
SAE - Sociedade de Engenheiros Automotivos;
SRS - Sistema de Restrição Suplementar.

1. Introdução

1.1. Contextualização

O sector automotivo tem passado por transformações significativas nas últimas décadas, impulsionadas pelo avanço tecnológico e pela crescente complexidade dos sistemas mecânicos e electrónicos dos veículos. Nesse contexto, o diagnóstico preciso de falhas tornou-se um desafio para mecânicos e técnicos, que dependem de ferramentas eficientes para identificar e solucionar problemas em componentes críticos (Silva, 2020).

Tradicionalmente, os scanners automotivos têm sido amplamente utilizados para leitura de códigos de falhas e monitoramento de sistemas electrónicos. No entanto, essas ferramentas apresentam limitações quando se trata de analisar sinais eléctricos em tempo real ou diagnosticar problemas intermitentes, que não são capturados por códigos de erro (Oliveira, 2019).

A utilização do osciloscópio no diagnóstico automotivo representa uma evolução significativa, especialmente em sistemas como ignição, injeção eletrônica e sensores, onde a precisão na leitura de sinais é crucial. Enquanto os scanners automotivos fornecem dados limitados a códigos pré-programados, o osciloscópio permite uma análise mais profunda e personalizada (Ferreira, 2022).

A relevância deste estudo reside na necessidade de aprimorar as técnicas de diagnóstico automotivo, reduzindo o tempo e os custos de reparo, além de aumentar a confiabilidade dos resultados. Segundo Pereira (2020), a adoção de ferramentas mais precisas pode revolucionar o sector de reparação automotiva, oferecendo soluções mais eficientes e contribuindo para a formação de profissionais mais capacitados.

Para este estudo, os ensaios experimentais foram realizados nas instalações da AutoLab Diagnostics, oficina especializada localizada na Avenida Joaquim Chissano, em Maputo, equipada com tecnologia de diagnóstico fundamental e técnicos experientes em electrónica veicular.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

- Contribuir para a melhoria da análise e diagnóstico de componentes mecânicos em veículos.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Comparar as funcionalidades e capacidades diagnósticas do osciloscópio e dos scanners automotivos em componentes mecânicos específicos;
- Identificar as principais vantagens e limitações do uso do osciloscópio em relação aos scanners automotivos;
- Avaliar o impacto do uso do osciloscópio na eficiência do diagnóstico automotivo;
- Aplicar as ferramentas em casos práticos de diagnóstico e analisar os resultados para validar a comparação.

1.3. Problema de Pesquisa

Qual a eficácia do osciloscópio em comparação aos scanners automotivos no diagnóstico de componentes mecânicos?

2. Estado da Arte

2.1 Scanners Automotivos

Os scanners automotivos são ferramentas essenciais no diagnóstico moderno de veículos, permitindo a leitura e interpretação de códigos de falhas gerados pelos sistemas eletrônicos. Eles se conectam à porta OBD (On-Board Diagnostics), padrão presente na maioria dos veículos fabricados a partir da década de 1990, e acessam dados em tempo real dos sensores e atuadores do veículo (Silva, 2019).

O funcionamento básico de um scanner automotivo envolve a comunicação com a ECU (Unidade de Controle Eletrônico), que monitora e controla os sistemas do veículo. Quando uma anomalia é detectada, a ECU armazena um código de falha (DTC - Diagnostic Trouble Code), que pode ser lido e interpretado pelo scanner. Esses códigos são padronizados, seguindo protocolos como OBD-II, e fornecem informações sobre o sistema ou componente que apresenta problemas (Pereira, 2020).

A padronização OBD-II, implementada em 1996, unificou protocolos de comunicação e conectores, permitindo que scanners genéricos fossem compatíveis com diferentes marcas.

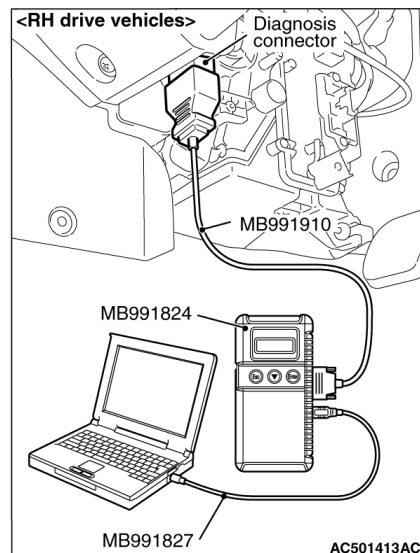


Figura 1- Esquema de conexão de diagnóstico automotivo, utilizado para interface entre scanners e ECU do veículo. Fonte: MMC Manuals, 2024.

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

Conforme ilustrado na Figura 1, a conexão entre o scanner e a ECU é feita por meio de um conector padronizado.

Aplicações Principais

- Leitura e apagamento de códigos de falhas (DTCs);
- Monitoramento em tempo real de sensores como rotação do motor, temperatura, pressão de combustível e de oxigênio;
- Testes de atuadores, como injectores de combustível e Bobinas de ignição;
- Programação e reconfiguração de módulos eletrônicos em scanners avançados (Oliveira, 2018).

2.1.1 Vantagens dos Scanners Automotivos

Os scanners automotivos são amplamente utilizados devido às suas diversas vantagens, que incluem:

Facilidade de Uso

A interface intuitiva e menus guiados tornam o scanner acessível mesmo para técnicos com menos experiência.

Rapidez no Diagnóstico:

A leitura instantânea de códigos de falhas permite identificar problemas em minutos, reduzindo o tempo de diagnóstico.

Custo Acessível:

Scanners básicos são relativamente acessíveis e estão disponíveis em uma ampla gama de modelos, desde dispositivos portáteis até equipamentos profissionais.

Compatibilidade:

A padronização OBD-II garante que os scanners possam ser utilizados em diferentes marcas e modelos de veículos.

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

Scanners automotivos variam em complexidade e funcionalidades, desde modelos básicos, que realizam leitura e apagamento de códigos de falhas, até modelos avançados, que oferecem diagnósticos completos de sistemas como ABS, SRS e controles bidirecionais (Tabela 1).

Conforme demonstrado na Tabela 1, scanners profissionais oferecem funcionalidades avançadas, como diagnóstico de sistemas ABS e SRS, ausentes em modelos básicos (Ribeiro, 2018).

Tabela 1- Comparação entre scanners básicos e profissionais. Fonte: Autor, 2024.

Funcionalidade	Scanner Básico	Scanner Intermediário	Scanner Avançado
Leitura de Códigos	Sim	Sim	Sim
Apagamento de Códigos	Sim	Sim	Sim
Diagnóstico de ABS	Não	Sim	Sim
Diagnóstico de SRS	Não	Não	Sim
Controle Bidirecional	Não	Sim	Sim
Reset de Serviços	Não	5 Tipos	21 Tipos

2.1.2 Limitações dos Scanners Automotivos

Apesar das vantagens, os scanners automotivos apresentam limitações significativas, especialmente em diagnósticos mais complexos, que incluem o diagnóstico de falhas intermitentes.

Dependência de Códigos

Scanners dependem de códigos de falhas gerados pela ECU, o que pode ser insuficiente para identificar problemas intermitentes ou falhas em componentes mecânicos que não são monitorados eletronicamente (Almeida, 2020).

Uma das principais limitações dos scanners automotivos é a dependência exclusiva de códigos de falhas (DTCs), cuja interpretação requer conhecimento técnico. O código P0704 (Figura 2), por exemplo, indica uma falha no sistema de embraiagem, porém suas

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

causas podem variar desde um sensor defeituoso até problemas mecânicos complexos, exigindo análise complementar (Nhambiu, 2024).

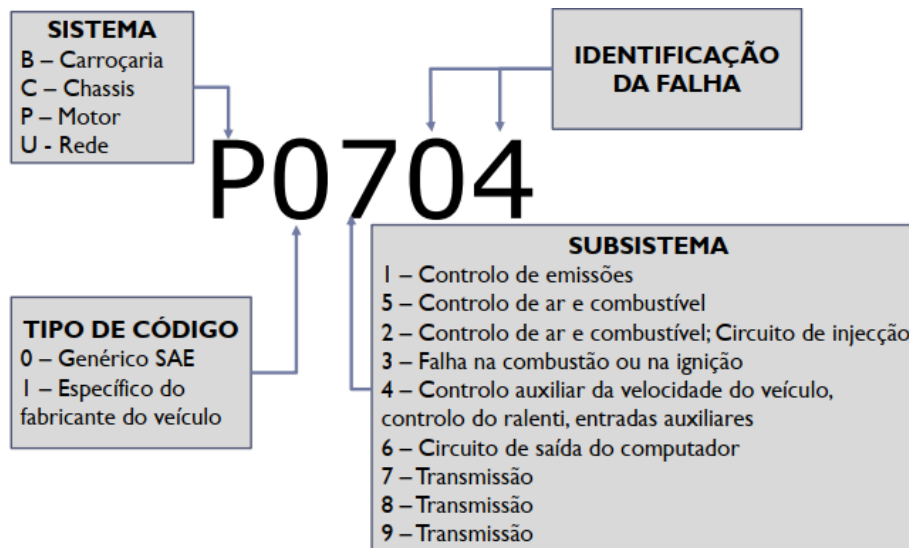


Figura 2- Exemplo de um código de falha OBD-II (DTC P0704). Fonte: Nhambiu, 2024.

Análise Superficial:

Eles fornecem dados limitados a parâmetros pré-definidos, sem capacidade de análise detalhada de sinais elétricos em tempo real.

Falhas em Sistemas Antigos:

Veículos fabricados antes da padronização OBD-II podem não ser compatíveis com scanners modernos, exigindo ferramentas específicas.

Interpretação de Dados:

A precisão do diagnóstico não depende da capacidade do técnico em interpretar os códigos e dados fornecidos pelo scanner, o que leva a conclusões comuns.

2.2 Osciloscópio

O osciloscópio constitui um instrumento fundamental para a análise quantitativa e qualitativa de sinais elétricos, desempenhando papel crítico em áreas como engenharia, física aplicada e tecnologia de materiais. Sua capacidade de representar graficamente grandezas elétricas em função do tempo permite a caracterização precisa de fenômenos transitórios, distorções harmônicas, resposta em frequência e estabilidade de sistemas dinâmicos (Smith, 2018). Além de aplicações clássicas em eletrônica, sua versatilidade estende-se à integração com sistemas mecânicos por meio de transdutores, possibilitando a análise de vibrações, tensões mecânicas e parâmetros cinemáticos (Johnson, 2019).

2.2.1 Evolução Tecnológica

A gênese do osciloscópio remonta ao final do século XIX, com contribuições pioneiras de Ferdinand Braun, que em 1897 desenvolveu o primeiro osciloscópio de raios catódicos CRT (Cathode Ray Tube). Esse dispositivo revolucionário empregava um feixe de elétrons acelerados por campos electrostáticos para projectar formas de onda em uma tela fluorescente, estabelecendo os alicerces da instrumentação eletrônica moderna (Braun, 1897).

Na primeira metade do século XX, osciloscópios analógicos tornaram-se ferramentas indispensáveis em laboratórios, graças à sua capacidade de visualizar sinais em tempo real. Contudo, suas limitações técnicas — como a ausência de armazenamento de dados e a dependência de interpretação visual — motivaram avanços significativos. A década de 1980 marcou a transição para os osciloscópios digitais DSO (Digital Storage Oscilloscopes), que incorporaram conversores analógico-digitais (ADCs), memória de armazenamento e processamento digital de sinais (DSP), ampliando exponencialmente a precisão e funcionalidade (Horowitz & Hill, 2015).

Actualmente, osciloscópios de alto desempenho integram tecnologias como aquisição em tempo real, largura de banda ultra alta (até GHz) e interfaces programáveis (GPIB, USB), consolidando-se como instrumentos polivalentes em pesquisa avançada, controle

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

de processos industriais e diagnóstico de sistemas mecatrônicos (Agilent Technologies, 2020).

A figura 3 ilustra a evolução dos diferentes tipos de osciloscópios.



Figura 3 - Exemplo de Osciloscópio analógico e digital. Fonte: Jovino, 2024.

2.2.2 Princípios Técnicos do Osciloscópio

O funcionamento do osciloscópio baseia-se na conversão de sinais elétricos em representações gráficas (forma de onda), permitindo a análise de parâmetros como amplitude, frequência, período e distorções. Os principais componentes técnicos incluem:

- **Entrada do Sinal**- Recebe o sinal a ser analisado, geralmente por meio de sondas ou transdutores (Garcia, 2020).
- **Conversor Analógico-Digital (nos modelos digitais)**- Converte o sinal analógico em dados digitais para maior precisão e processamento (Silva, 2019).
- **Eixo X (Tempo)**- Representa a variação do sinal ao longo do tempo.
- **Eixo Y (Amplitude)**- Representa a intensidade do sinal, normalmente em volts.
- **Dispositivos de Trigger (Disparo)**- Sincronizam o início da medição para garantir estabilidade e repetibilidade na análise da forma de onda.

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

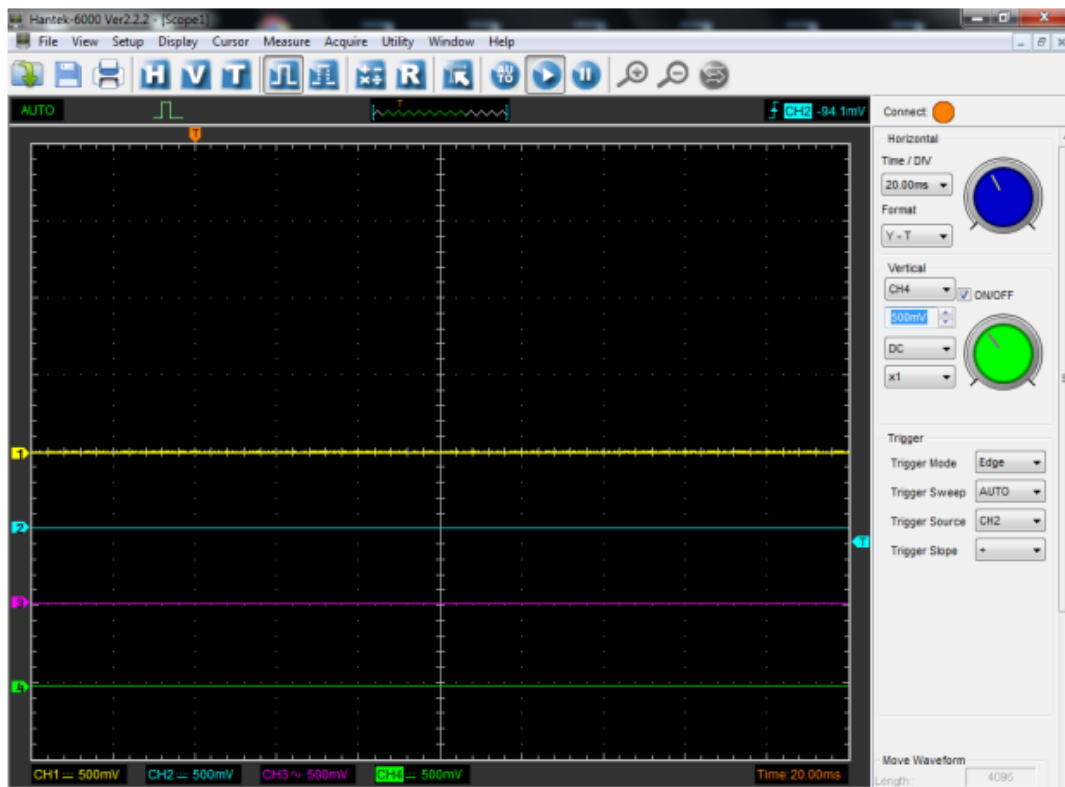


Figura 4 - Interface de um osciloscópio. Fonte: Autor, 2025.

No caso de componentes mecânicos, o osciloscópio é frequentemente usado em conjunto dos transdutores que convertem grandezas físicas (como vibração ou pressão) em sinais elétricos, é um dispositivo eletrônico que tem duas funções principais de detecção e transdução, detecta grandezas físicas e depois converte em sinais elétricos, como ilustrado na figura 5, o princípio de funcionamento.

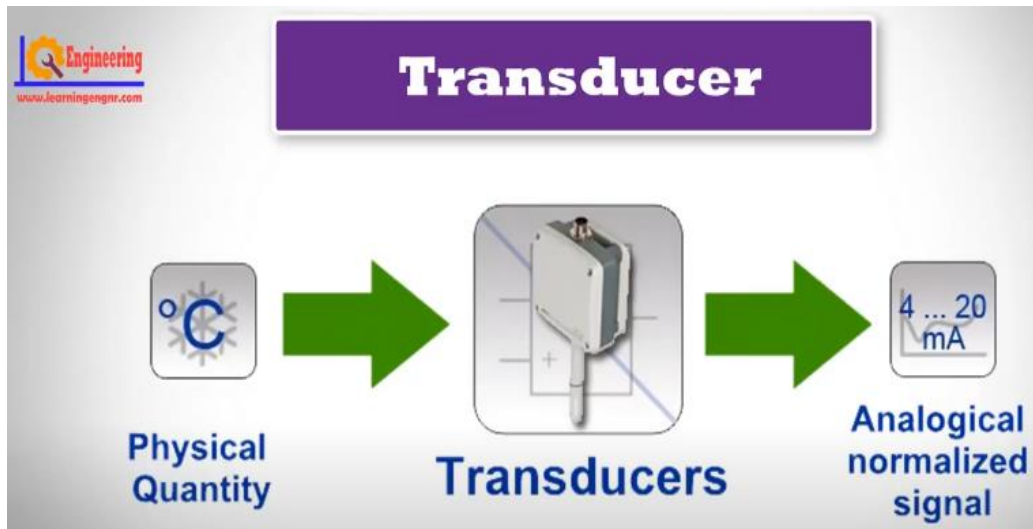


Figura 5- Princípio de funcionamento dos transdutores. Fonte: AEP, 2024.

Existem vários tipos de transdutores, tais como:

- Transdutor de pressão;
- Transdutor piezoelétrico;
- Transdutor de temperatura;
- Transdutor de vácuo;
- Transdutores de Corrente, etc.

2.2.3 Transdutor de pressão

Transdutor de pressão é um tipo especial de sensor que transforma a pressão forçada em sinais elétricos, estes geralmente também são chamados de indicador de pressão, manômetros e sensores de pressão.

É utilizado para medir a pressão de uma quantidade específica, como água, ar, gás ou líquido transformando a pressão em energia elétrica, na mecânica automotiva são utilizados para medir a pressão em cilindros (compressão relativa), sistemas de combustível ou freios hidráulicos. Por exemplo, um transdutor de pressão pode ser

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

conectado ao osciloscópio para avaliar a uniformidade da compressão entre os cilindros de um motor, identificando falhas como anéis de pistão desgastados ou válvulas mal vedadas.



Figura 6 - Exemplo de transdutores de pressão. Fonte: Grainger, 2024.

2.2.4 Transdutor piezoelétrico

Em motores a combustão, o transdutor piezoelétrico é usado para detectar batidas de detonação (knocking), um fenômeno causado por combustão irregular. Essa informação é crucial para ajustar a temporização da ignição ou diagnosticar problemas no sistema de injeção de combustível.

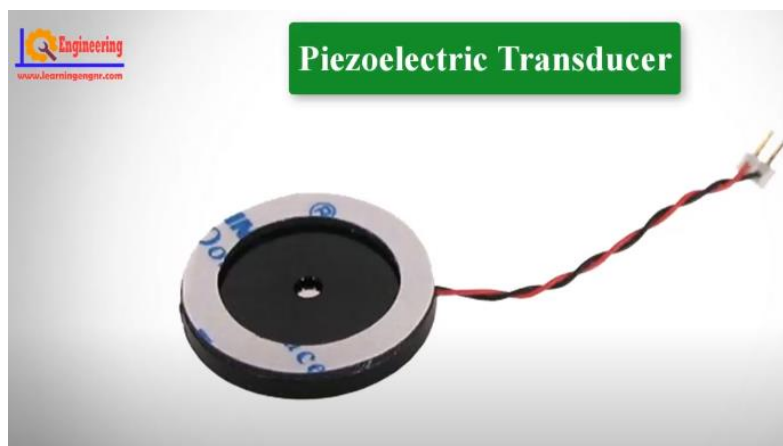


Figura 7- Exemplo de transdutor piezoelétrico. Fonte: Grainger, 2024.

2.2.5 Transdutores de Temperatura

Embora menos comuns, podem ser aplicados para monitorar variações térmicas em componentes críticos, como o sistema de arrefecimento, correlacionando-as com o desempenho eléctrico de sensores térmicos.



Figura 8: Exemplo de Transdutores de Temperatura. Fonte: Ecoclim, 2025.

2.2.6. Transdutor de vácuo

O transdutor de vácuo opera com base em sensores que detectam variações na pressão abaixo da atmosférica (vácuo). Os tipos mais comuns incluem sensores piezoresistivos, capacitivos ou de diafragma, que geram um sinal eléctrico proporcional à diferença de pressão entre o ambiente externo e o sistema sob análise. Esse sinal é amplificado e transmitido ao osciloscópio, onde é representado graficamente como uma forma de onda, permitindo a visualização de padrões dinâmicos em tempo real.

No contexto automotivo, o vácuo é medido em unidades como polegadas de mercúrio (inHg) ou milibares (mbar), e o transdutor de vácuo é geralmente conectado a pontos estratégicos, como o colector de admissão ou linhas de vácuo auxiliares, por meio de adaptadores ou mangueiras.



Figura 9. Exemplo de transdutor de vácuo. Fonte: Klering, 2024.

2.2.7 Transdutor de Corrente

Usados para medir a corrente eléctrica em circuitos como o sistema de ignição ou injectores de combustível. Um exemplo prático é o uso de uma garra amperimétrica conectada ao osciloscópio para analisar o perfil de corrente de um injektor, revelando problemas como obstruções ou falhas eléctricas.

2.2.8 Tipos de osciloscópios

Osciloscópio Analógico

O osciloscópio analógico foi o primeiro tipo de osciloscópio desenvolvido, e sua operação baseia-se no uso de um tubo de raios catódicos CRT (*Cathode Ray Tube*). Ele mede sinais eléctricos directamente e exhibe a forma de onda em tempo real na tela do CRT, sem processar os dados digitalmente.

Características

- Representa sinais contínuos em tempo real.
- Baseia-se no desvio de um feixe de elétrons para formar a imagem da onda na tela.
- Não possui capacidade de armazenamento de dados ou análise avançada.

Osciloscópio Digital

O osciloscópio digital é o tipo mais comum actualmente e utiliza conversores analógico-digitais (ADC) para transformar os sinais eléctricos em dados digitais. Esses dados são processados e exibidos em uma tela digital, oferecendo alta precisão e diversas funcionalidades avançadas.

Características

- Possui alta taxa de amostragem, permitindo medições precisas de sinais rápidos.
- Armazena dados para análise posterior.
- Inclui ferramentas avançadas, como análise FFT (Transformada Rápida de Fourier) para diagnóstico espectral.
- Exibe formas de onda em telas LCD ou LED.

2.2.9 Vantagens dos Osciloscópios no Diagnóstico Mecânico

Visualização em Tempo Real

- Detecta falhas intermitentes (ex. problemas de fiação via Teste de Agitação) que scanners não identificam.

Correlação entre Sistemas

- Combina dados eléctricos e mecânicos (ex.: compressão do cilindro com temporização de ignição usando o transdutor).

Alta Precisão

- Mede eventos em micro segundos (ex.: largura de pulso de injectores) para diagnosticar desgaste mecânico.

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

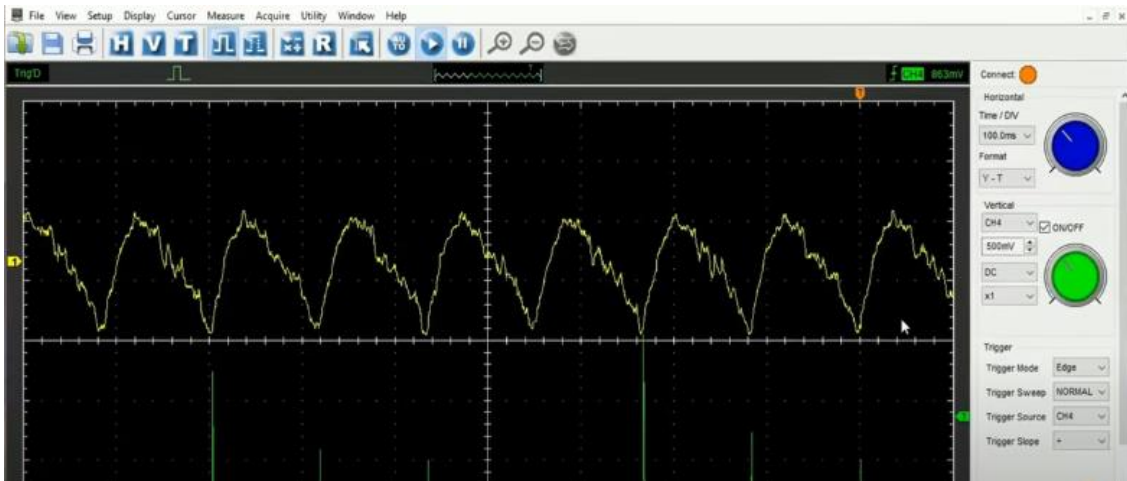


Figura 10: Forma de onda de compressão de cilindro usando o transdutor de compressão relativa
Fonte: Autor, 2025.

2.3 Trabalhos Relacionados

No trabalho (Silva et al., 2020), os autores discutem a importância do uso de osciloscópios no diagnóstico automotivo, destacando sua capacidade de analisar sinais elétricos complexos que scanners convencionais não conseguem capturar. Eles classificam as aplicações do osciloscópio em duas categorias principais: análise de sensores e atuadores, e monitoramento de sistemas de comunicação, os autores também enfatizam que a precisão do osciloscópio é fundamental para identificar falhas intermitentes, que frequentemente passam despercebidas por outras ferramentas.

No trabalho (Oliveira & Santos, 2019), os autores apresentam um estudo de caso em que o osciloscópio foi utilizado para diagnosticar problemas em um sistema de ignição de um veículo moderno. Eles comparam os resultados obtidos com o osciloscópio com aqueles gerados por um scanner automotivo, concluindo que a combinação das duas ferramentas proporciona um diagnóstico mais completo e preciso. O estudo também destaca a importância de configurar corretamente o osciloscópio, especialmente em relação ao trigger e à escala de tempo, para garantir a captura de eventos transitórios.

No trabalho (Pereira et al., 2020), os autores exploram a integração entre osciloscópios e scanners automotivos em um ambiente de oficina. Eles demonstram como a análise conjunta de dados provenientes dessas ferramentas pode reduzir o tempo de diagnóstico

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

e aumentar a eficiência na identificação de falhas. O estudo conclui que, embora o scanner seja mais acessível e fácil de usar, o osciloscópio é indispensável para casos complexos, como falhas em sistemas de comunicação ou sinais analógicos.

No trabalho (Martins et al., 2020), os autores discutem as limitações dos scanners automotivos convencionais, especialmente em relação à dependência de protocolos proprietários e à incapacidade de analisar sinais analógicos. Eles propõem utilizar osciloscópios como uma solução complementar, capaz de fornecer insights detalhados sobre o comportamento de sensores e atuadores em tempo real.

No trabalho (Gomes et al., 2020), os autores focam na aplicação de osciloscópios para análise de sistemas de armazenamento de energia em veículos híbridos e elétricos. Eles destacam a importância de monitorar sinais de tensão e corrente em tempo real para garantir o funcionamento adequado de baterias e conversores DC-CD. O estudo conclui que o osciloscópio é uma ferramenta essencial para a manutenção preventiva e correctiva nesses sistemas.

3. Metodologia para Análise Comparativa entre Osciloscópio e Scanners Automotivos

O presente capítulo visa estabelecer os critérios e métodos para a realização de uma análise comparativa entre o osciloscópio e os scanners automotivos no diagnóstico de componentes mecânicos em veículos. A metodologia aqui delineada vai responder aos objetivos específicos do estudo, especialmente no que tange à comparação das funcionalidades e capacidades diagnósticas das duas ferramentas, à identificação de suas vantagens e limitações, e à avaliação de seu impacto na eficiência do diagnóstico automotivo. Para tanto, serão apresentados os critérios de comparação, as bases técnicas para a avaliação, incluindo normas técnicas e métodos de análise, e os procedimentos de teste que orientarão os experimentos práticos a serem descritos no capítulo seguinte.

3.1 Critérios para Análise Comparativa

A análise comparativa entre o osciloscópio e os scanners automotivos foi estruturada com base em critérios que refletem as necessidades práticas do diagnóstico automotivo e os requisitos técnicos das ferramentas. Esses critérios foram selecionados considerando as limitações e vantagens de cada instrumento, conforme discutido no estado da arte (Capítulo 2), e incluem:

1. Capacidade de Detecção de Falhas

Avalia a eficácia de cada ferramenta em identificar diferentes tipos de falhas, incluindo problemas intermitentes, falhas elétricas em sensores e atuadores, e anomalias mecânicas correlacionadas a sinais elétricos. Por exemplo, o scanner automotivo pode ser mais eficiente na detecção rápida de falhas codificadas, como um problema no sensor de oxigênio que gera um DTC (ex. P0131 - “Tensão Baixa no Circuito do Sensor O₂”), enquanto o osciloscópio pode capturar falhas intermitentes, como picos de tensão em um sensor CKP que não são registrados pela ECU.

2. Precisão e Detalhamento da Análise

Examina o nível de detalhe fornecido por cada ferramenta, considerando a capacidade do scanner de fornecer códigos de falhas (DTCs) e dados pré-

definidos contra a habilidade do osciloscópio de capturar e exibir formas de onda em tempo real. Por exemplo, o scanner oferece uma leitura instantânea como “Tensão do Sensor O₂: 0,45V”, mas depende da interpretação da ECU, que pode mascarar detalhes. Já o osciloscópio mostra a forma de onda completa, permitindo ao técnico visualizar oscilações ou ruídos (ex.: uma onda senoidal irregular indicando interferência eléctrica).

3. Velocidade de Diagnóstico

Mede o tempo necessário para identificar uma falha, desde a conexão da ferramenta ao veículo até a obtenção de resultados interpretáveis. Por exemplo, o scanner pode levar cerca de 30 segundos para conectar e exibir um DTC, enquanto o osciloscópio pode exigir 2-3 minutos para configurar sondas e ajustar escalas antes de capturar dados.

4. Facilidade de Uso

Considera a acessibilidade e a curva de aprendizado para técnicos automotivos, comparando a interface intuitiva dos scanners com a configuração mais técnica exigida pelo osciloscópio.

5. Versatilidade

Avalia a aplicabilidade das ferramentas em diferentes sistemas veiculares (ex.: ignição, injeção eletrônica, ABS) e em veículos de diferentes idades ou tecnologias.

Esses critérios foram definidos para garantir uma avaliação abrangente e equilibrada, permitindo a comparação directa entre as ferramentas em cenários reais de diagnóstico.

3.2 Bases Técnicas para a Avaliação

A avaliação comparativa será fundamentada em bases técnicas que asseguram a consistência, a reprodutibilidade e a validade científica dos resultados. Essas bases abrangem a selecção de componentes, as condições de teste, as ferramentas utilizadas,

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

os parâmetros técnicos e a conformidade com normas específicas, conforme detalhado a seguir.

Normas Técnicas

A validação dos resultados baseia-se em normas internacionais amplamente reconhecidas no sector automotivo:

- SAE J1979: define os padrões de comunicação OBD-II, incluindo os protocolos de leitura de dados e códigos de falhas utilizados pelos scanners automotivos, ela especifica como os scanners acessam dados como velocidade do motor (RPM), temperatura do líquido de arrefecimento e códigos de falha, padronizando a comunicação via protocolos como CAN ou ISO 9141-2.
- ISO 15031-5: Estabelece especificações para os protocolos de diagnóstico, garantindo a padronização dos dados acessados via OBD-II, ela regula os formatos de saída dos dados, garantindo consistência entre fabricantes

Essas normas foram adotadas como referência para assegurar que os testes com o scanner automotivo sigam padrões industriais, enquanto o uso do osciloscópio será validado por sua capacidade de análise além dos limites dessas especificações.

Métodos de Análise

A abordagem metodológica combina testes empíricos e análise qualitativa para fornecer uma avaliação holística das ferramentas. Os testes empíricos envolvem a aplicação prática das ferramentas em cenários controlados, enquanto a análise qualitativa considera factores como usabilidade e percepção dos técnicos. Essa combinação permite uma avaliação mais completa, alinhada aos objetivos específicos do estudo

3.2.1 Seleção de Componentes Mecânicos e Eletrônicos

Para fins de análise, foram escolhidos componentes específicos que representam desafios comuns no diagnóstico automotivo e que podem ser avaliados por ambas as ferramentas. Esses componentes incluem:

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

- Sensores de rotação (CKP-Crankshaft Position Sensor)

Essenciais para o sincronismo do motor, frequentemente associados a falhas na leitura ou perda intermitente de sinal, eles geram pulsos elétricos baseados na rotação do virabrequim, e falhas como cabos desgastados podem causar partida intermitente. Sua escolha pela alta frequência de problemas relatados em oficinas.

- Sincronismo do motor

Componentes críticos que garantem a correta sincronização entre o virabrequim e o eixo de comando. Falhas como desajustes ou obstruções podem impactar negativamente a eficiência da combustão. Problemas elétricos (ex.: falha na ECU) ou mecânicos (ex.: correia rompida) podem afectar o desempenho do motor.

- Bobinas de ignição

Cruciais para o sistema de ignição, com falhas que podem gerar falta de centelha ou funcionamento irregular

Condições de Teste

Os ensaios experimentais deste estudo foram conduzidos nas instalações da **AutoLab Diagnostics**, oficina especializada em diagnóstico e manutenção automóvel, localizada na Avenida Joaquim Chissano, em Maputo. O espaço está equipado com tecnologia de diagnóstico fundamental, incluindo ferramentas para análise de motores, scanners de diversas marcas e osciloscópios. A oficina conta ainda com técnicos experientes na área de eletrónica veicular e possui vasta experiência no atendimento a veículos de diversas marcas e diferentes gerações, proporcionando um ambiente técnico adequado para a realização dos testes.

Foram utilizando três veículos distintos para abranger diferentes contextos tecnológicos:

- Veículo A: Volkswagen golf mk4 1.8 (2001), um modelo moderno com sistema de diagnóstico de bordo OBD-II, representando veículos amplamente

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

compatíveis com scanners e utilizando predominantemente o protocolo de comunicação ISO 9141-2.

- Veículo B: Toyota Corolla Sprinter (1995), um modelo antigo sem padronização OBD-II, testando a versatilidade das ferramentas em sistemas legados.
- Veículo C: Toyota Vitz (Yaris) 2012, um modelo recente com OBD-II avançado, reflectindo tecnologias actuais.

3.2.2 Ferramentas Utilizadas

- *Scanner Automotivo*: Será utilizado o Multiecuscan, um modelo básico com suporte ao protocolo OBD-II e funcionalidades bidireccionais. Este dispositivo permite a leitura e interpretação de códigos de falhas (DTCs), monitoramento em tempo real de sensores e atuadores (como RPM, temperatura e tensão), além de testes bidireccionais em sistemas como injeção eletrônica e ABS.



Figura 11. Scanner Multiecuscan usada nas simulações. Fonte: Autor, 2025.

Justificativa da Escolha do Scanner Básico

A selecção do scanner **Multiecuscan** (modelo básico) deve-se à sua adequação económica e operacional ao contexto das oficinas moçambicanas. Em

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

Moçambique, o investimento em equipamentos de diagnóstico de alto custo é limitado, com a maioria das oficinas operando orçamentos restritos. Scanners profissionais (ex: Autel MaxiCOM, Bosch KTS) podem custar entre \$2.000 e \$15.000 USD, enquanto modelos básicos como o Multiecuscan variam de \$50 a \$200 USD — uma diferença de até 300 vezes no valor.

Essa acessibilidade permite que oficinas locais realizem diagnósticos OBD-II essenciais sem comprometer sua viabilidade financeira. Embora scanners avançados ofereçam funcionalidades adicionais (ex: reprogramação de ECUs, diagnósticos de sistemas ABS/SRS e até mesmo integração do osciloscópio), sua complexidade e custo os tornam inviáveis para a realidade económica moçambicana. O Multiecuscan, portanto, representa um equilíbrio entre custo, compatibilidade com veículos modernos e utilidade prática, alinhando-se ao perfil técnico e financeiro predominante no sector automotivo local.

- *Osciloscópio*: Será empregado o Hantek 1008C, um osciloscópio digital portátil projectado para aplicações automotivas. Equipado com 6 canais, sondas de alta sensibilidade e transdutores opcionais (ex.: transdutor de pressão ou sonda de corrente).



Figura 12. Osciloscópio Hantek 1008c usado nas simulações. Fonte: Autor, 2025.

3.2.3 Parâmetros Técnicos

Os parâmetros de comparação serão quantificados com base em métricas específicas:

- Amplitude e frequência de sinais (osciloscópio);
- Códigos de falha e dados em tempo real (scanner);
- Tempo de resposta da ferramenta (em segundos ou minutos);
- Resolução temporal (ex.: micros segundos para o osciloscópio em comparação a segundos para o scanner).

3.2.4 Parâmetros de Comparação

Os parâmetros de comparação foram construídos para alinhar os critérios de análise com os objetivos específicos do estudo.

3.2.5 Procedimentos de Teste

Os procedimentos de teste foram projectados para simular situações reais, abordando os componentes seleccionados e aplicando ambas as ferramentas em sequência nos três veículos escolhidos. A metodologia de teste será faseada.

1. Preparação do Veículo

- Conectar o scanner à porta OBD-II (quando aplicável) e o osciloscópio aos componentes específicos via sondas ou transdutores (ex.: sonda de tensão para bobinas, transdutor de pressão para cilindros).
- Verificar o funcionamento básico de cada veículo (partida, aceleração em marcha lenta) para garantir condições operacionais consistentes.

2. Simulação de Falhas

Introduzir falhas controladas nos componentes seleccionados, como:

- Desconexão intermitente de um sensor de rotação (CKP): simula falta de sincronismo do motor;
- Dessincronização do motor: simular desajustes que afectam a sincronização entre o virabrequim e o eixo de comando.
- Falha simulada em uma bobina de ignição: introduzir um curto-circuito parcial ou resistência alterada.

3. Coleta de Dados

- Com o scanner: registar códigos de falha (DTCs) e dados em tempo real conforme protocolos SAE J1979.
- Com o osciloscópio: capturar formas de onda dos sinais eléctricos dos componentes, ajustando trigger e escala de tempo para máxima precisão.

4. Análise Comparativa

- Comparar os resultados obtidos em termos de identificação da falha, tempo gasto e nível de detalhe fornecido por cada ferramenta.

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

- Avaliar se o osciloscópio detecta falhas não identificadas pelo scanner e vice-versa e se o scanner é suficiente em sistemas OBD-II modernos.

5. Registo e Documentação

- a. Os resultados serão registados em tabelas e gráficos (ex.: formas de onda do osciloscópio e logs do scanner), com anotações sobre o desempenho de cada ferramenta em cada cenário.

4. Aplicação Prática e Análise de Resultados

Este capítulo visa aplicar os conceitos teóricos e metodológicos apresentados anteriormente à prática, explorando o uso do osciloscópio e do scanner automotivo no diagnóstico de falhas em veículos. A partir de casos práticos selecionados, busca-se avaliar comparativamente as funcionalidades, vantagens e limitações dessas ferramentas, conectando os fundamentos discutidos a desafios reais enfrentados por profissionais da área automotiva.

O estudo visa comparar a capacidade diagnóstica do osciloscópio e do scanner, identificando seus pontos fortes e fracos, bem como seu impacto na eficiência e precisão do diagnóstico automotivo. Para isso, foram analisados componentes críticos do sistema veicular, como a roda fônica, o sincronismo do motor e as bobinas de ignição, que frequentemente apresentam falhas e exigem técnicas avançadas de análise.

A metodologia, detalhada no Capítulo 3, foi estruturada para garantir consistência e permitir uma comparação directa entre as ferramentas. Cada caso prático foi conduzido em condições controladas, simulando o ambiente de uma oficina, com o objetivo de avaliar a eficácia na detecção de falhas, a precisão dos resultados e o tempo necessário para o diagnóstico.

O capítulo está organizado em secções específicas, cada uma dedicada a um estudo de caso. Primeiramente, será abordada a falha na roda fônica, seguida pela análise do sincronismo do motor e, por fim, das bobinas de ignição. Para cada situação, serão descritos os procedimentos realizados, os resultados obtidos e uma comparação entre as ferramentas, destacando suas diferenças e aplicações. Por fim, será apresentada uma síntese das principais conclusões, reforçando a relevância deste estudo para o aprimoramento técnico do sector e a capacitação profissional na indústria automotiva.

4.1 Primeiro Caso Prático

O primeiro caso prático abordado neste capítulo foca na simulação de falha na roda fônica em um Toyota Corolla Sprinter 1995. Para simular uma falha, foi introduzida uma alteração mecânica na remoção de três dentes da roda fônica, o que comprometeu a geração de sinais pelo sensor e, conseqüentemente, a sincronização do motor. Este

exemplo inicial ilustra a relevância de abordagens práticas para compreender como as ferramentas de diagnóstico respondem a diferentes tipos de problemas, especialmente em veículos mais antigos.

Contextualização do Caso

O Toyota Corolla Sprinter, fabricado em 1995, é um modelo clássico que reflete as tecnologias automotivas da época, incluindo um sistema de diagnóstico proprietário anterior à padronização OBD-II, introduzida em 1996. Para este estudo, foi simulada uma falha crítica no veículo, removendo dois dentes da roda fônica e ao accionar a chave de ignição, o motor de partida funcionava normalmente, girando a virabrequim, mas o motor não entrava em combustão, impossibilitando a partida. Esse comportamento simulava possíveis falhas em componentes do sistema de ignição (como velas, bobinas) ou no sincronismo do motor, que depende diretamente do sensor CKP.

4.1.1 Diagnóstico com Scanner Automotivo

Ferramenta Utilizada

O primeiro passo na simulação foi utilizar um scanner automotivo, uma ferramenta amplamente empregada em oficinas modernas para leitura de códigos de falha (DTCs).

O Multiecuscan, projectado para sistemas OBD-II, foi conectado à porta de diagnóstico do veículo. No entanto, o Toyota Corolla Sprinter 1995 utiliza um protocolo proprietário da Toyota, incompatível com o padrão OBD-II, o que imediatamente sugeriu limitações no uso dessa ferramenta.

Procedimento:

- **Conexão ao Veículo**

O cabo do scanner foi plugado à porta OBD-II localizada sob o painel do motorista. Apesar de o conector físico ser compatível, o sistema electrónico do veículo não seguia os padrões de comunicação OBD-II, que se tornariam obrigatórios apenas a partir de 1996.

- **Tentativas de Leitura**

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

Ao iniciar o processo de escaneamento, o Multiecuscan exibiu a mensagem de erro: “Falha na comunicação” Para contornar o problema, diferentes protocolos manuais foram testados, como o ISO 9141-2 e o KWP2000, mas nenhum deles conseguiu estabelecer uma conexão funcional com a ECU.

Resultados Obtidos

- **Códigos de Falha (DTCs):** Nenhum código foi registrado. A ausência de alertas não indicava a inexistência de falhas, mas sim a incapacidade da ECU de se comunicar com o scanner devido à incompatibilidade de protocolo.

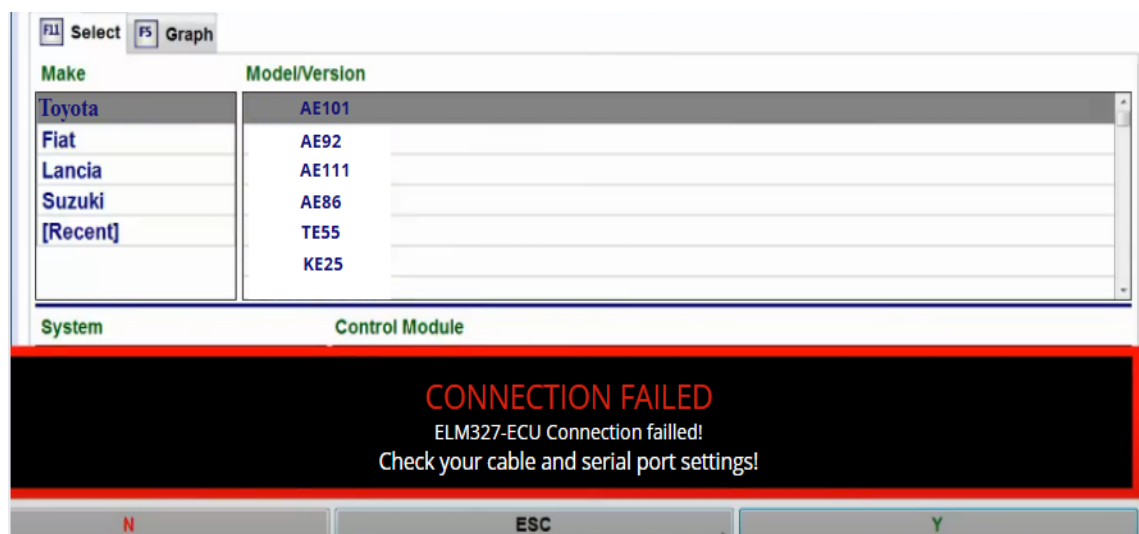


Figura 13 Código de falha gerada pelo scanner. Fonte: Autor, 2024.

Análise Crítica

O diagnóstico com o scanner revela uma limitação significativa dessa ferramenta em veículos mais antigos, mesmo em uma simulação controlada. O Multiecuscan, embora poderoso para sistemas modernos, depende de protocolos padronizados que não se aplicam ao Corolla Sprinter 1995. Essa restrição é comum em modelos pré-OBD-II, onde falhas mecânicas ou elétricas, como as simuladas na roda fônica ou no sensor CKP não são facilmente detectadas sem acesso directo aos sinais elétricos.

4.1.2 Diagnóstico com Osciloscópio

Ferramenta Utilizada

Diante da ineficácia do scanner, o diagnóstico foi aprofundado com o uso do osciloscópio Hantek 1008C, uma ferramenta capaz de capturar e analisar sinais elétricos em tempo real. O objetivo era examinar diretamente a forma de onda gerada pelo sensor CKP durante a tentativa de partida, identificando possíveis irregularidades que explicassem a falha simulada na combustão.

Configuração do Equipamento:

- **Preparação do Sensor CKP**

O sensor CKP foi localizado próximo ao virabrequim, na parte inferior do bloco do motor, próximo à roda fônica. O conector elétrico do sensor foi desconectado para facilitar o acesso ao fio de sinal. A sonda do osciloscópio foi conectada ao terminal central do sensor (fio de sinal), enquanto o cabo de terra foi fixado no terminal negativo da bateria, garantindo uma referência elétrica estável.

- **Ajustes Técnicos**

- **Escala de Tensão-** Configurada para 0-5V DC, faixa ideal para capturar os sinais gerados por sensores magnéticos como o CKP, que produzem tensões alternadas proporcionais à velocidade de rotação.
- **Escala de Tempo-** Ajustada para 20 ms por divisão (ms/div), permitindo a visualização clara dos pulsos gerados durante a baixa rotação do motor de partida.
- **Trigger-** Configurado para disparar em borda de subida a 1,2V, garantindo que a forma de onda fosse capturada de forma estável e sincronizada com o movimento da roda fônica.

Coleta de Dados:

- **Partida do Motor**

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

Com a ignição ligada, o motor de partida foi accionado por alguns segundos, girando a cambota e a roda fônica danificada. O osciloscópio registou a forma de onda do sinal CKP em tempo real, exibindo-a na tela.

• Análise da Forma de Onda

A análise da forma de onda revelou duas anomalias críticas:

- **Pulsos Ausentes:** Em três intervalos específicos, não havia pulsos elétricos, correspondendo exactamente aos dentes removidos da roda fônica Figura 2. Normalmente, a roda fônica gera um pulso por dente ao passar pelo sensor; a ausência desses pulsos indicava uma interrupção mecânica no padrão de sinal esperado.
- **Variação de Amplitude:** A amplitude dos pulsos restantes variava entre 0,5V e 4,9V Figura 2, em vez de apresentar uma consistência esperada (geralmente próxima de 3-5V em sensores saudáveis). Essa irregularidade sugeria problemas adicionais, como desalinhamento entre o sensor e a roda fônica, desgaste no sensor ou acumulação de detritos metálicos.

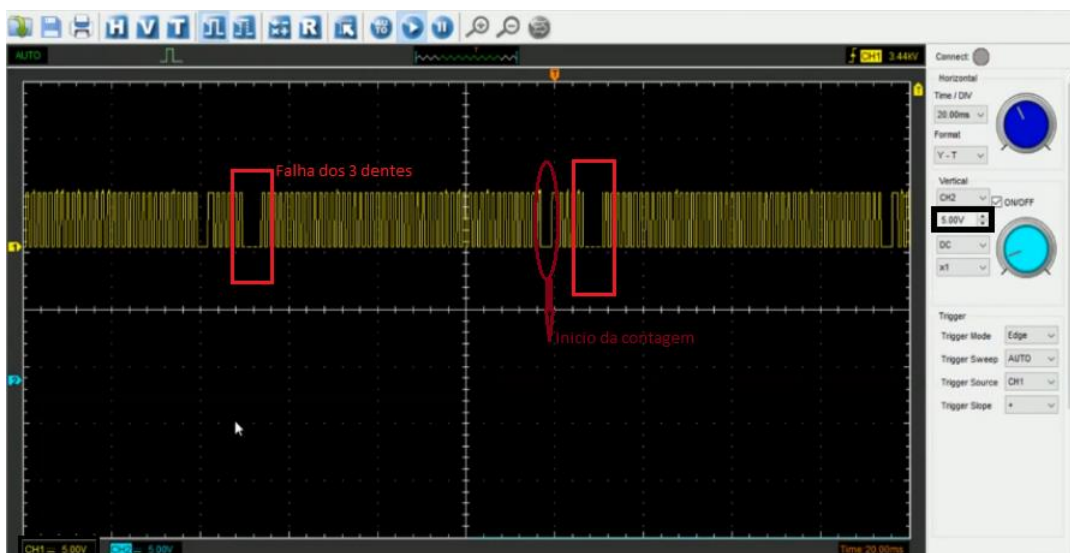


Figura 14 Análise do sinal do sensor CKP com osciloscópio. Fonte: Autor, 2024.

Pulsos ausentes devido a dentes danificados na roda fônica. Variação de amplitude indicando desalinhamento.

Diagnóstico Conclusivo

Os dados obtidos com o osciloscópio foram fundamentais para determinar a causa raiz da falha simulada no Toyota Corolla Sprinter 1995:

- **Danos na Roda Fônica:**

A ausência de pulsos periódicos confirmou que a roda fônica estava comprometida. Os três dentes removidos intencionalmente criaram lacunas no sinal que a ECU interpreta como referência de posição do virabrequim. Sem esses pulsos regulares, a ECU não conseguia sincronizar a ignição e a injeção de combustível, explicando diretamente por que o motor não entraria em combustão.

- **Problemas Adicionais:**

A variação de amplitude nos pulsos restantes apontou para complicações secundárias. Um desalinhamento entre o sensor CKP e a roda fônica pode estar aumentando o “gap” em certos pontos, reduzindo a força do sinal magnético. Alternativamente, desgaste no sensor ou acúmulo de partículas metálicas na roda fônica podem estar interferindo na geração de sinais consistentes. Esses factores agravavam a falha simulada, tornando o sinal ainda mais instável para a ECU.

- **Impacto no Sistema:**

Sem um sinal confiável do sensor CKP, a ECU não conseguia determinar a posição exacta do virabrequim, essencial para disparar as velas de ignição e os injectores no momento correto. Isso resultava no giro contínuo do motor de partida sem a combustão necessária para dar vida ao motor.

Análise conclusiva da primeira simulação

O diagnóstico do Toyota Corolla Sprinter revelou tanto as limitações quanto as potencialidades das ferramentas utilizadas. O scanner automotivo Multiecuscan, apesar

de ser uma ferramenta funcionalidades básicas para veículos modernos, foi ineficaz neste caso devido à incompatibilidade com o sistema proprietário pré-OBD-II do veículo. A mensagem de “Connection failed” e a ausência de dados úteis destacaram uma barreira comum no diagnóstico de modelos mais antigos, mesmo em um cenário simulado, onde falhas mecânicas não são facilmente traduzidas em códigos de erro.

Por outro lado, o osciloscópio Hantek 1008C provou ser indispensável, oferecendo uma visão direta e detalhada do comportamento elétrico do sensor CKP em resposta à falha simulada. A captura e análise da forma de onda permitiram identificar com precisão os danos intencionais na roda fônica e sugerir problemas adicionais, como desalinhamento ou desgaste. Essa abordagem técnica, baseada na interpretação de sinais em tempo real, foi crucial para superar as limitações do scanner e chegar a uma conclusão definitiva.

O diagnóstico bem-sucedido deste Toyota Corolla Sprinter 1995 foi resultado do osciloscópio com uma análise minuciosa e contextualizada. O processo não apenas identificou a causa da falha simulada apontando a necessidade de substituição ou reparo da roda fônica e inspeção do sensor CKP mas também serviu como um exemplo prático da evolução das técnicas de diagnóstico automotivo, destacando a relevância de métodos tradicionais em um mundo dominado por tecnologias modernas.

4.2 Segundo Caso Prático

Este segundo caso de simulação foi elaborado para avaliar as capacidades diagnósticas do scanner automotivo e do osciloscópio na identificação de uma falha específica no sincronismo do motor, provocada por um adiantamento intencional de um dente no eixo de comando de válvulas em uma Volkswagen golf mk4 1.8 (Modelo 2001), modelo com injeção eletrônica multiponto.

Contextualização do Caso

A Volkswagen golf mk4 é um modelo que incorpora tecnologias automotivas mais modernas, incluindo o sistema de diagnóstico OBD-II, padronizado a partir de 1996. Para este estudo, foi simulada uma falha no sincronismo do motor, provocada por um adiantamento intencional de um dente no eixo de comando de válvulas. Essa alteração

foi planejada cuidadosamente para evitar colisões entre as válvulas e os pistões, garantindo a segurança do motor durante o experimento. O adiantamento de um dente representa um desalinhamento sutil, mas significativo, que desafia as ferramentas de diagnóstico a identificar a falha com precisão.

O sincronismo do motor é essencial para o funcionamento eficiente do motor de combustão interna. Ele garante que as válvulas de admissão e escape abram e fechem em momentos precisos, sincronizados com o movimento dos pistões, determinado pela posição da cambota. Essa sincronização é controlada pela relação mecânica entre o virabrequim e o eixo de comando de válvulas, geralmente mantida por uma correia ou corrente dentada. Qualquer desalinhamento, mesmo pequeno, pode comprometer o desempenho do motor, resultando em sintomas como perda de potência, falhas de ignição, aumento no consumo de combustível ou, em casos extremos, danos mecânicos.

4.2.1 Diagnóstico com Scanner Automotivo

Ferramenta Utilizada:

O scanner automotivo Multiecuscan, um equipamento básico compatível com o protocolo OBD-II, foi utilizado como primeira ferramenta de simulação. Este dispositivo é amplamente empregado em oficinas para leitura de códigos de falha (DTCs) e monitoramento de dados em tempo real, sendo uma escolha prática para diagnósticos rápidos.

Procedimento

1. Conexão ao Veículo:

O scanner foi conectado à porta OBD-II da Volkswagen Golf MK4, localizada sob o painel do motorista. Após a conexão, o sistema foi inicializado e estabeleceu comunicação com a unidade de controle eletrônico (ECU).

2. Leitura de Códigos de Falha:

Uma varredura completa foi realizada para identificar quaisquer DTCs armazenados na ECU que pudessem estar relacionados ao sincronismo do motor ou ao funcionamento geral do sistema.

3. Monitoramento de Dados em Tempo Real:

Com o motor em funcionamento, foram observados parâmetros como rotação do motor (RPM), tempo de ignição e os sinais dos sensores de posição do virabrequim (CKP) e do eixo de comando de válvulas (CMP). Esses dados foram monitorados para verificar se o scanner poderia indicar alguma anomalia no sincronismo.

Resultados Obtidos

- **Códigos de Falha (DTCs):**

Nenhum código de falha relacionado ao sincronismo do motor foi registrado pelo scanner. Apesar do adiantamento de um dente no eixo de comando, a ECU não gerou alertas, possivelmente porque o motor ainda conseguia operar, embora de forma subótima. Isso sugere que falhas mecânicas leves podem não ser detectadas diretamente pela ECU em alguns sistemas.

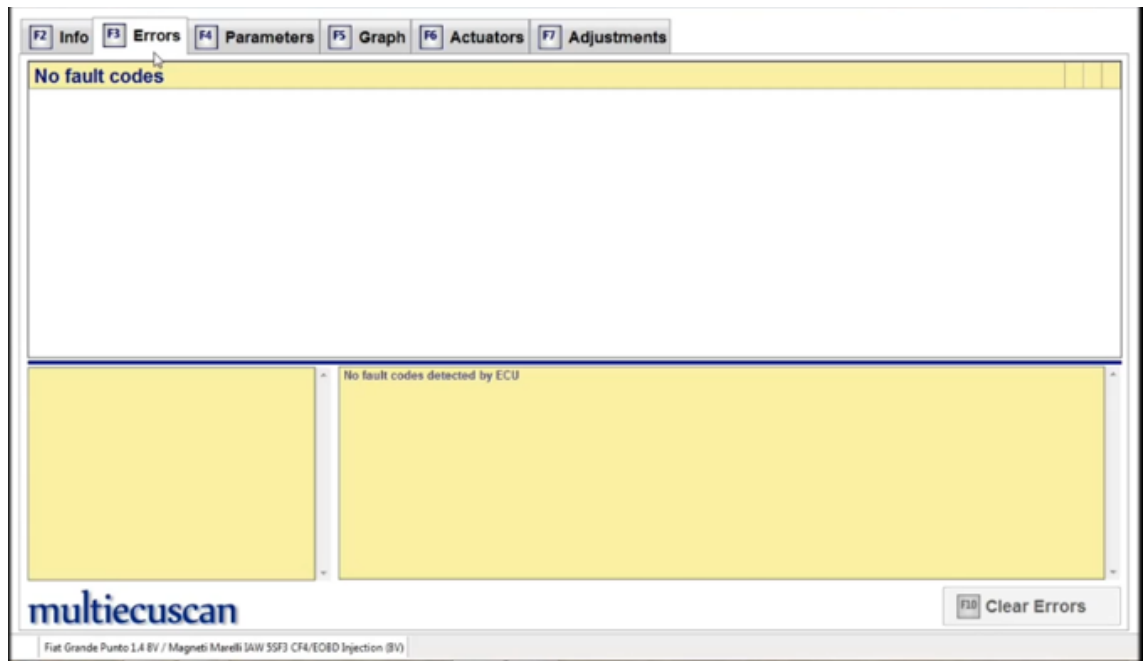


Figura 15 Códigos gerados pelo scanner. Fonte: Autor, 2024.

- **Dados em Tempo Real:**

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

Os parâmetros monitorados, apresentaram valores nas faixas normais esperadas, sem indicar explicitamente um problema de sincronismo. A relação entre os sinais do CKP e do CMP não foi detalhada pelo scanner, o que limitou a capacidade de identificar o desalinhamento específico.

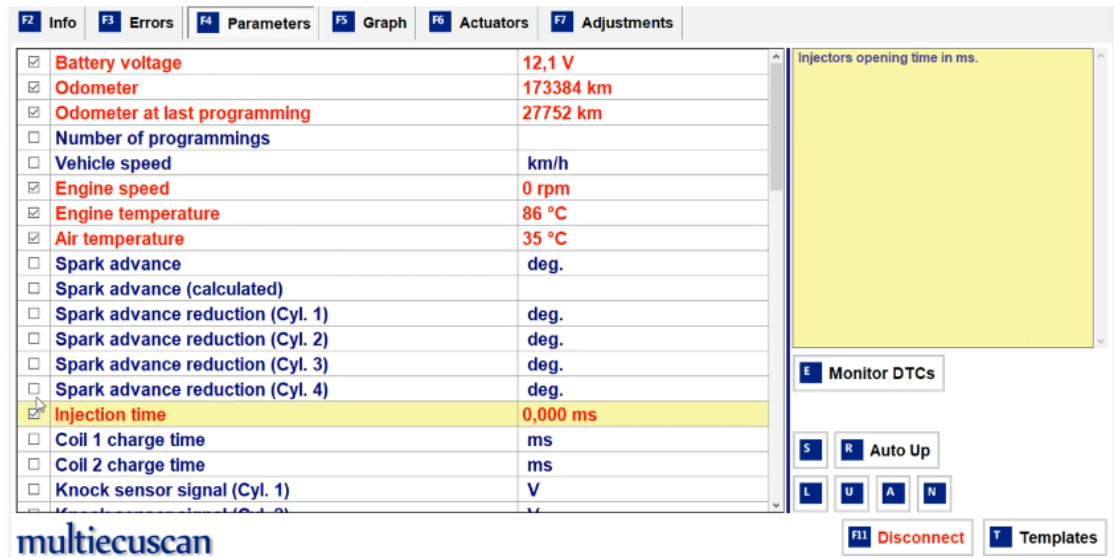


Figura 16 Dados obtidos em tempo real do scanner. Fonte: Autor, 2024.

Análise Crítica

O scanner automotivo demonstrou limitações neste teste. Embora seja uma ferramenta eficiente para leitura de códigos de falha e diagnósticos baseados em parâmetros monitorados pela ECU, ele não conseguiu detectar o adiantamento de um dente no eixo de comando de válvulas. Isso evidencia que falhas mecânicas sutis podem não ser detectadas diretamente pela ECU, especialmente se não afectam os parâmetros monitorados significativamente.

4.2.2 Diagnóstico com Osciloscópio

Ferramenta Utilizada:

O osciloscópio Hantek 1008C, um equipamento digital de 6 canais com sondas diferenciais de alta precisão, foi empregue para uma análise mais aprofundada.

Configuração do Equipamento

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

Para este teste, o osciloscópio foi configurado para analisar dois tipos de sincronismo:

1. Sincronismo Virtual:

- **Canal 1-** Conectado ao sensor de rotação (CKP), localizado próximo ao virabrequim, para capturar o sinal da posição do virabrequim.
- **Canal 2-** Conectado ao sensor de fase (CMP), posicionado no eixo de comando de válvulas, para registrar o sinal da posição do comando.

2. Sincronismo Real

- **Canal 4-** Um transdutor de compressão foi instalado no orifício da primeira vela (com a vela removida e o injector correspondente desligado para evitar contaminação), permitindo monitorar a pressão no cilindro e, assim, o movimento real do pistão.
- **Canal 3-** Um transdutor de vácuo foi instalado na tomada da válvula canister, capturando variações de pressão no colector de admissão que refletem a abertura e o fechamento das válvulas.

Procedimento

1. Preparação do Motor:

- A vela do primeiro cilindro foi removida, e o transdutor de compressão foi instalado no seu lugar.
- O injector do primeiro cilindro foi desligado para evitar a injeção de combustível durante o teste.
- O transdutor de vácuo foi conectado à tomada da válvula canister, garantindo uma medição precisa da pressão no colector de admissão.

2. Aquisição de Dados:

- O motor foi accionado (ou girado pelo motor de partida, se necessário), e o osciloscópio capturou simultaneamente os sinais dos quatro canais.

- A escala de tempo foi ajustada para 20 ms/div, permitindo a visualização de pelo menos dois ciclos completos do motor, facilitando a análise da relação entre os sinais.

3. Análise dos Sinais:

- **Sincronismo Virtual:** Os sinais do CKP (Canal 1) e do CMP (Canal 2) foram comparados para verificar se estavam alinhados correctamente, reflectindo o sincronismo que a ECU “enxerga”.
- **Sincronismo Real:** As formas de onda do transdutor de compressão (Canal 4) e do transdutor de vácuo (Canal 3) foram analisadas para confirmar o sincronismo mecânico real entre o movimento do pistão e a abertura das válvulas.

Resultados Obtidos

- **Sincronismo Virtual:**

A análise revelou um desalinhamento entre os sinais do CKP e do CMP. Em um motor correctamente sincronizado, o sinal do CMP no primeiro flanco menor ocorre exactamente na posição do décimo quarto dente da roda fónica, enquanto nesse caso esta aparecendo no décimo quinto dente, neste caso, devido ao adiantamento de um dente, o sinal do CMP apareceu ligeiramente deslocado, confirmando a falha no sincronismo virtual como ilustrado na figura 17.

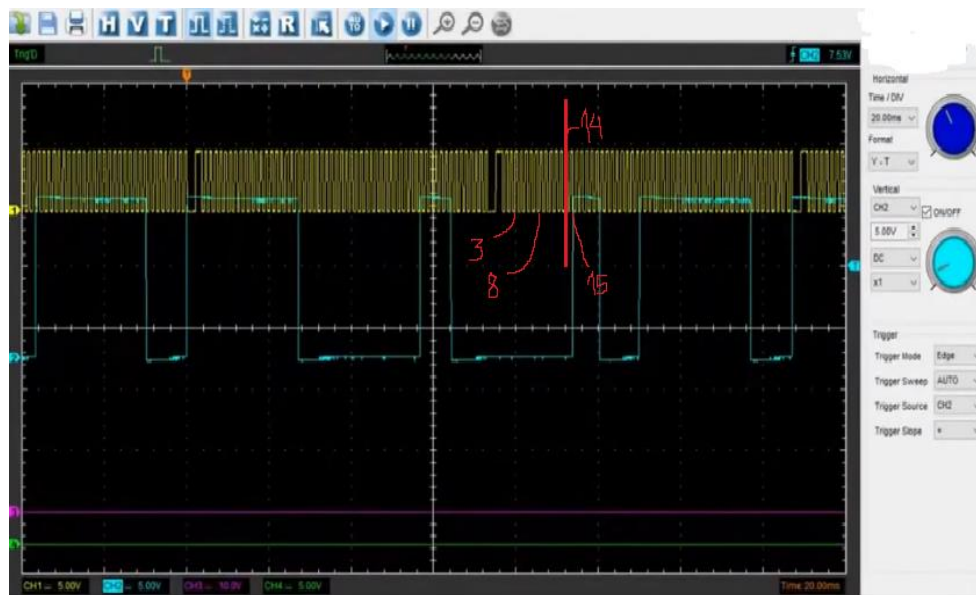


Figura 17 Sincronismo virtual observado pelo osciloscópio. Fonte: Autor, 2024.

- **Sincronismo Real:**

O transdutor de compressão mostrou o pico de compressão correspondente ao ponto-morto superior (PMS) de compressão do pistão, que está localizado exactamente no décimo quarto dente da roda fónica, permitindo determinar sua posição real, confirmando o adiantamento de um dente no comando de válvulas.

Já o transdutor de vácuo indicou variações de pressão no colectador de admissão associada à abertura das válvulas de admissão. A comparação entre esses sinais revelou que os eventos de admissão estavam desalinhados em relação à posição do pistão, evidenciando o atraso mecânico no eixo de comando, como ilustrado pela figura 18, que o pico da linha roxa que representa o canal 4 nesse caso o vácuo encontra-se ligeiramente adiantada em relação ao PMS representado pelo canal 3 o transdutor de compressão.

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

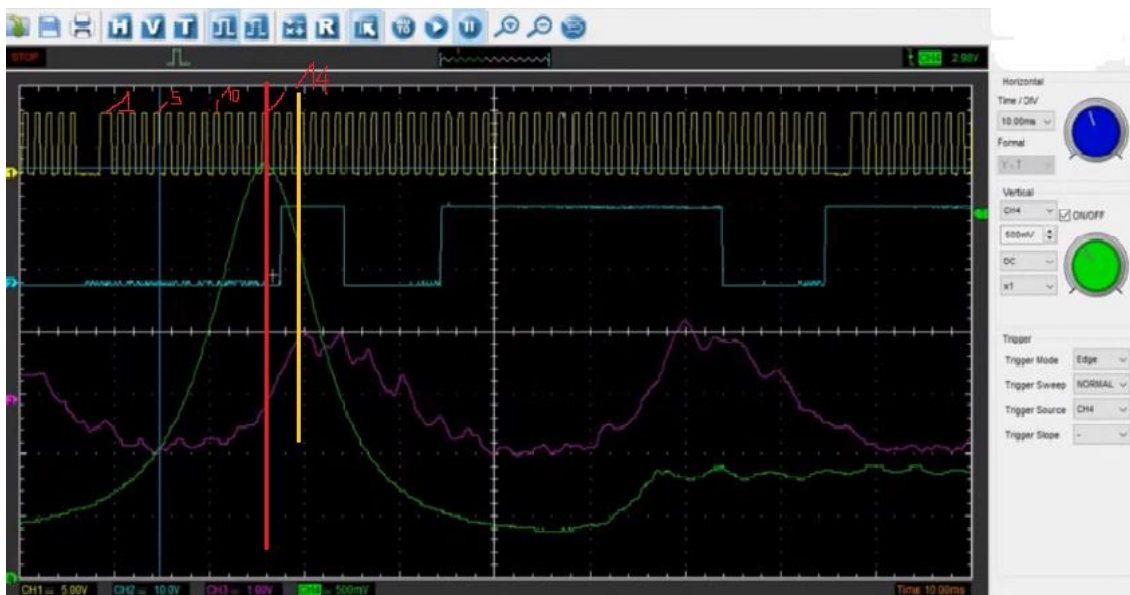


Figura 18 Sincronismo virtual observado pelo osciloscópio. Fonte: Autor, 2024.

Embora dê para notar um adiantamento de 3 dentes demonstrada pelo transdutor de vácuo em relação ao transdutor de compressão, deu para perceber que algo não está correto no sincronismo como ilustrado na figura 18.

Análise Crítica

O osciloscópio demonstrou ser uma ferramenta útil neste diagnóstico. A capacidade de visualizar e comparar os sinais em tempo real permitiram identificar com clareza o adiantamento de um dente no eixo de comando, da Volkswagen golf mk4, principalmente com no sincronismo virtual (percebido pela ECU) enquanto no real (comportamento mecânico do motor) não teve uma grande precisão. Essa análise detalhada destaca a superioridade do osciloscópio em situações que exigem uma compreensão profunda da relação temporal entre os componentes do motor, algo que o scanner não conseguiu oferecer.

Diagnóstico Conclusivo

Os resultados do osciloscópio confirmaram a falha simulada na Volkswagen golf mk4, o adiantamento de um dente no eixo de comando de válvulas causou um

desalinhamento detectável nos sinais do CKP e do CMP (sincronismo virtual) e entre o movimento do pistão e a abertura das válvulas (sincronismo real).

Em contraste, o scanner automotivo Multiecuscan não identificou a falha, pois não registou códigos de erro nem forneceu dados detalhados o suficiente para revelar o problema. Isso reforça a limitação do scanner em diagnósticos de falhas mecânicas que não são diretamente monitoradas ou reportadas pela ECU.

4.3 Terceiro Caso Prático

Nesta última simulação, foi realizada a substituição de uma das quatro bobinas de ignição de um Toyota Vitz (Yaris) 2012, introduzindo uma bobina defeituosa no cilindro 1 para avaliar as capacidades diagnósticas do scanner automotivo e do osciloscópio. O objetivo deste teste foi identificar a falha simulada, comparando a eficácia dessas ferramentas em termos de rapidez, precisão e detalhamento técnico.

Contextualização do Caso

O Toyota Vitz (Yaris) 2012 é um veículo compacto amplamente reconhecido por sua eficiência e confiabilidade. Ele é equipado com um sistema de ignição moderno do tipo “coil-on-pule”, no qual cada cilindro possui uma bobina de ignição individual. Esse sistema melhora a precisão da ignição e a eficiência do motor, mas também exige diagnósticos minuciosos quando ocorrem falhas. Para este teste prático, uma das quatro bobinas de ignição foi substituída por uma unidade defeituosa, especificamente no cilindro 1. A falha simulada foi projectada para gerar um problema de misfire (falha de ignição), uma condição comum em oficinas automotivas que pode comprometer o desempenho do motor e até mesmo aumentar as emissões de poluentes.

O propósito desta simulação foi avaliar como o scanner automotivo e o osciloscópio identificam e isolam a falha na bobina do cilindro 1, destacando as vantagens e limitações de cada ferramenta em um cenário prático.

4.3.1 Diagnóstico com Scanner Automotivo

Ferramenta Utilizada

O scanner automotivo Multiecuscan é um dispositivo básico compatível com o protocolo OBD-II, amplamente utilizado em oficinas para leitura de códigos de falha (DTCs) e monitoramento de parâmetros do motor em tempo real. Ele foi escolhido como a primeira ferramenta de diagnóstico devido à sua plasticidade e rapidez na identificação de problemas gerais.

Procedimento

1. Conexão ao Veículo

O scanner foi conectado à porta OBD-II do Toyota Vitz (Yaris) 2012, localizada sob o painel do motorista. Após a conexão, o dispositivo foi inicializado e estabeleceu comunicação com a unidade de controle eletrônico (ECU) do veículo sem dificuldades, já que o modelo é compatível com o padrão OBD-II.

2. Leitura de Códigos de Falha

Uma varredura completa foi realizada para detectar quaisquer códigos de falha armazenados na ECU, com foco em problemas relacionados ao sistema de ignição ou ao desempenho do motor.

3. Monitoramento de Dados em Tempo Real

Com o motor ligado e em funcionamento, foram analisados parâmetros como rotação do motor (RPM), carga do motor e contadores de misfire para cada cilindro. Esses dados foram monitorados para confirmar a presença de falhas de ignição e identificar o cilindro afectado.

Resultados Obtidos

- **Códigos de Falha (DTCs):**

A varredura revelou o código de falha P0301-92 “Misfire detectado no cilindro 1”. Esse código indica que a ECU registou falhas de ignição recorrentes no cilindro 1,

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

apontando para um problema potencial na bobina de ignição, vela de ignição, injector de combustível ou na compressão do cilindro.

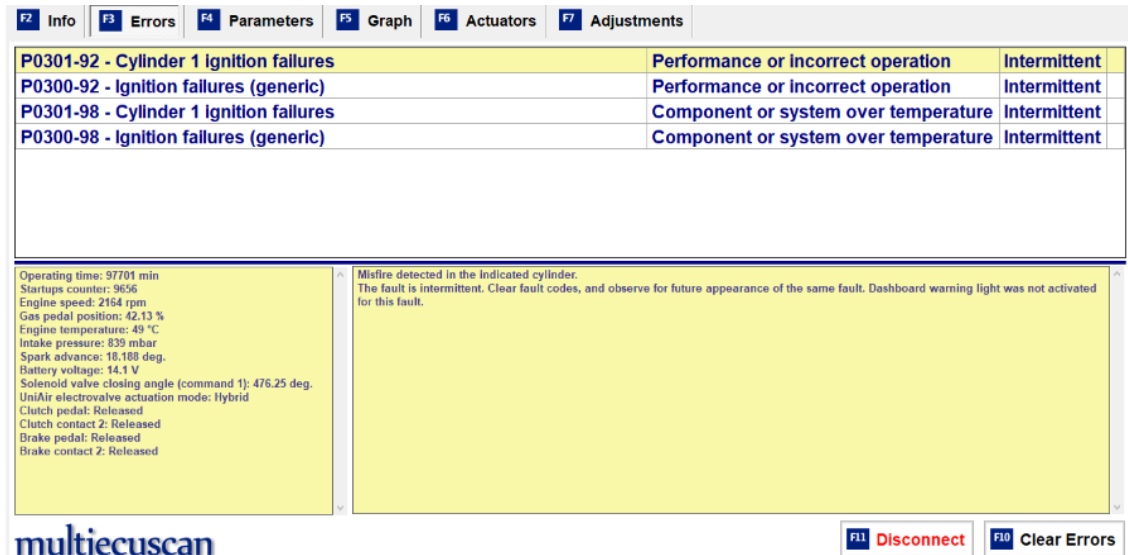


Figura 19 Misfire no cilindro 1 ilustrada pelo scanner. Fonte: Autor, 2024.

Dados em Tempo Real:

Os contadores de misfire exibidos pelo scanner mostraram um número elevado de falhas no cilindro 1, enquanto os cilindros 2, 3 e 4 apresentavam valores normais, próximos de zero.

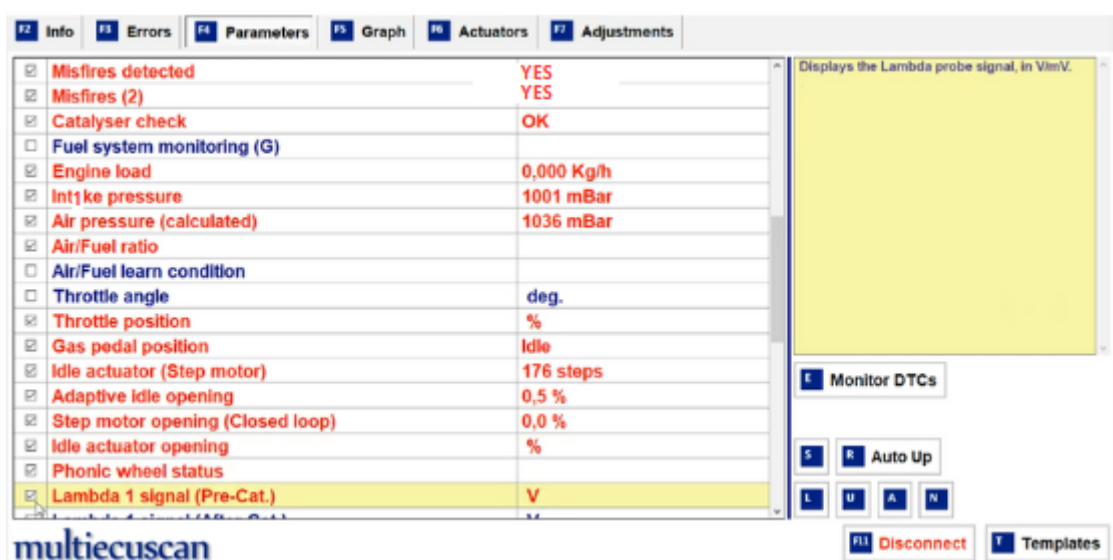


Figura 20 Resultados obtidos pelo scanner em tempo real. Fonte: Autor, 2024.

Análise Crítica

O scanner automotivo Multiecuscan demonstrou ser uma ferramenta eficiente para identificar rapidamente o cilindro afectado pelo misfire, fornecendo um alerta inicial claro com o código P0301-92. Sua facilidade de uso e rapidez o tornam ideal para uma triagem inicial em oficinas. No entanto, o código de falha é genérico e não especifica se o problema está na bobina, na vela, no injector ou em outro componente relacionado. Assim, embora o scanner tenha isolado o cilindro 1 como o ponto de falha, ele não pôde identificar a causa exacta, exigindo uma análise complementar para um diagnóstico conclusivo.

4.3.2 Diagnóstico com Osciloscópio

Ferramenta Utilizada

O osciloscópio Hantek 1008C, um equipamento digital de 6 canais com sondas de alta precisão, foi utilizado para uma análise mais detalhada das bobinas de ignição. Este dispositivo permite visualizar as formas de onda de alta tensão geradas pelas bobinas, possibilitando a identificação de anomalias que indicam falhas específicas no sistema de ignição.

Configuração do Equipamento

Como as bobinas de ignição geram tensões muito altas (na faixa de 20-30 kV), foi utilizado um atenuador 20:1 em cada sonda para proteger o osciloscópio contra danos e garantir medições seguras e precisas. A configuração foi ajustada da seguinte forma:

- **Canais:** A sonda de alta tensão com o atenuador foi conectada ao terminal de saída de uma bobina por vez (cilindros 1, 2, 3 e 4). Após cada teste, a sonda era desconectada e movida para a próxima bobina.

Ajustes Técnicos:

- **Escala de Tensão-** Configurada para capturar tensões de até 20 kV, considerando o factor de atenuação de 20:1.

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

- **Escala de Tempo-** Ajustada para 1 ms por divisão (ms/div), permitindo visualizar o ciclo completo de ignição de cada cilindro em funcionamento.
- **Trigger-** Configurado para disparar no sinal da bobina do cilindro 1, sincronizando as formas de onda dos quatro canais para facilitar a comparação.

Resultados

- **Cilindros 2, 3 e 4:** As formas de onda mostraram picos de 15-20 kV e tempos de queima estáveis (1-2 ms), indicando funcionamento normal.
- **Cilindro 1:** A forma de onda revelou uma amplitude baixa e oscilações anormais, confirmando a bobina defeituosa como causa do “*misfire*”.

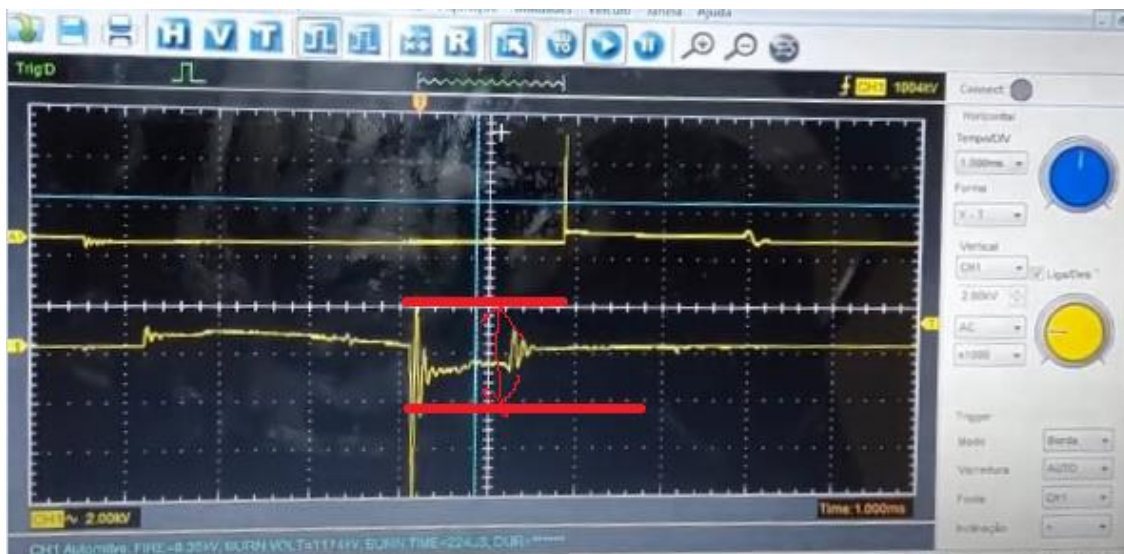


Figura 21 Forma de Onda da Bobina do Cilindro 1. Fonte: Autor, 2024.

Destaca a amplitude reduzida e o tempo de queima irregular da bobina defeituosa, por possuir um pulso de tensão muito baixa.

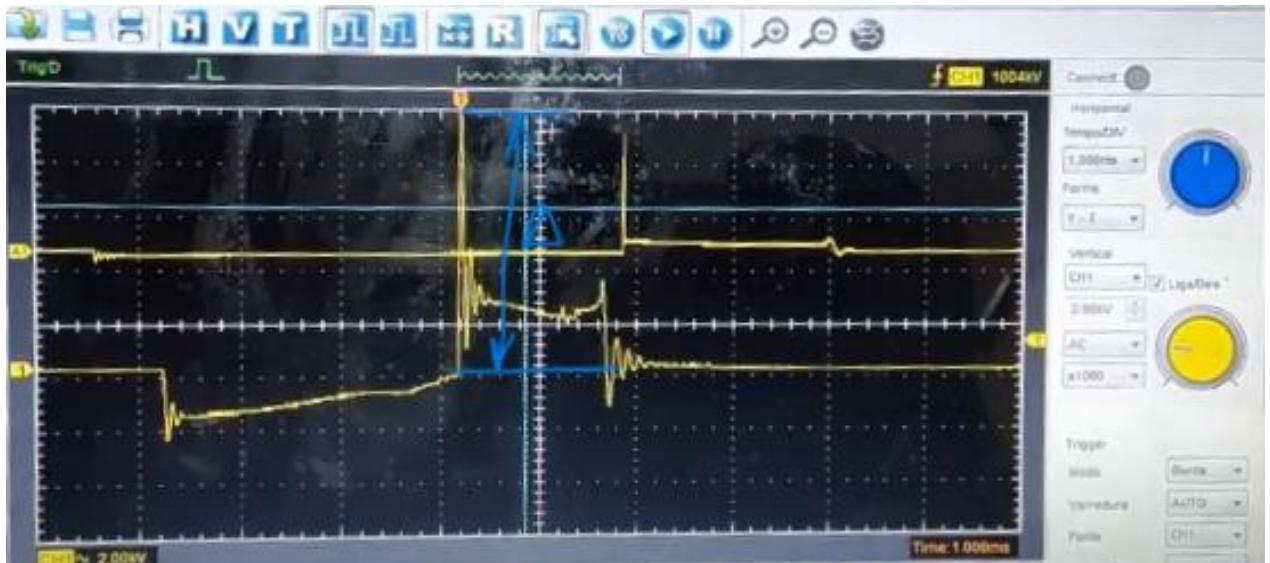


Figura 22 Forma de Onda da Bobina do Cilindro 2,3 e 4. Fonte: Autor, 2024.

Apresentam o padrão normal das bobinas restantes, com grande pulso de tensão como e requerido.

Diagnóstico Conclusivo

O teste individual das bobinas com um único atenuador não comprometeu a precisão do diagnóstico. Pelo contrário, a análise sequencial permitiu identificar claramente a falha no cilindro 1, complementando o diagnóstico inicial feito pelo scanner automotivo (código P0301-92). Os espaços para imagens foram incluídos para que as formas de onda possam ser visualizadas, facilitando a compreensão do processo e dos resultados.

4.4 Análise das simulações

Os três estudos de caso que simularam falhas automotivas em diferentes veículos: uma falha na roda fônica em um Toyota Corolla Sprinter 1995, um desalinhamento no sincronismo do motor em uma Volkswagen golf mk4, e uma bobina de ignição defeituosa em um Toyota Vitz (Yaris) 2012. Esses experimentos compararam o

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

desempenho do scanner automotivo (Multiecuscan) e do osciloscópio (Hantek 1008C) em termos de capacidade de detecção de falhas, precisão, detalhamento, e eficiência no diagnóstico.

No primeiro caso, o scanner foi ineficaz devido à ausência de padronização OBD-II no veículo pré-1996, não registrando códigos de falha para a roda fônica danificada. Em contrapartida, o osciloscópio identificou pulsos ausentes e variações de amplitude no sinal do sensor CKP, confirmando a falha mecânica e possíveis complicações secundárias, como desalinhamento ou desgaste. Esse resultado destaca a superioridade do osciloscópio em veículos antigos ou em falhas que exigem análise directa de sinais elétricos.

No segundo caso, o scanner novamente não detectou o adiantamento de um dente no eixo de comando do Golf mk4, pois a ECU não gerou DTCs para essa falha sutil. O osciloscópio, por sua vez, revelou o desalinhamento ao comparar os sinais do CKP e CMP (sincronismo virtual) e confirmou a falha mecânica com transdutores de compressão e vácuo (sincronismo real). Isso evidencia a capacidade do osciloscópio de diagnosticar falhas mecânicas complexas que escapam à ECU.

No terceiro caso, o scanner identificou rapidamente o código P0301-92 (misfire no cilindro 1) no Yaris 2012, apontando a falha geral, mas sem isolar a causa específica. O osciloscópio complementou o diagnóstico ao analisar as formas de onda das bobinas, confirmando a bobina defeituosa no cilindro 1 com amplitude reduzida e oscilações anormais, enquanto as demais apresentavam padrões normais. Essa complementaridade reforça a eficiência do scanner em diagnósticos rápidos e a precisão do osciloscópio em análises detalhadas.

Em síntese, os estudos de caso demonstraram que o scanner automotivo é uma ferramenta prática e rápida para diagnósticos baseados em OBD-II, especialmente em veículos modernos, mas apresenta limitações em falhas mecânicas sutis ou em sistemas pré-OBD-II. O osciloscópio, embora mais técnico e demorado para configurar, oferece maior versatilidade e precisão, capturando detalhes que a ECU não regista. A combinação de ambas as ferramentas é ideal para um diagnóstico automotivo

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

abrangente, otimizando tempo, custo e confiabilidade. Esses resultados reforçam a importância de capacitação técnica e do uso integrado de tecnologias para enfrentar os desafios do automotivo, contribuindo para a evolução das práticas de diagnóstico em oficinas.

5. Conclusões e Recomendações

5.1 Conclusões

- Scanners automotivos são rápidos e eficazes para diagnósticos baseados em códigos OBD-II, mas limitados em falhas mecânicas sutis ou veículos pré-OBD-II. Osciloscópios oferecem precisão na análise de sinais em tempo real, detectando falhas intermitentes e complexas não identificadas por scanners.
- O osciloscópio oferece Alta precisão em sinais elétricos, detecção de falhas mecânicas via transdutores e versatilidade em qualquer veículo e Limitações na Configuração complexa e diagnóstico mais demorado.
- Osciloscópios aumentam a confiabilidade, identificando falhas não detectadas por scanners, enquanto scanners são mais rápidos em falhas codificadas. A combinação otimiza diagnósticos.
- Casos práticos (roda fônica, sincronismo, bobina) confirmaram que scanners são ideais para triagem inicial e osciloscópios para análises detalhadas, recomendando sua integração para diagnósticos precisos e eficientes.
- Do ponto de vista de custo, os scanners automotivos básicos têm um investimento inicial mais baixo. Em contrapartida, os osciloscópios e seus acessórios representam um custo inicial mais alto.
- No que diz respeito a Capacitação Técnica a utilização eficaz do osciloscópio, ao contrário do scanner de uso mais intuitivo, exige uma formação técnica mais aprofundada e uma curva de aprendizagem acentuada por parte dos mecânicos.

5.2 Recomendações

Com base nos resultados e limitações identificados, propõem-se as seguintes recomendações:

1. **Ampliação de Estudos Comparativos:** A escassez de pesquisas sobre osciloscópios e scanners automotivos, especialmente em mercados emergentes como Moçambique, destaca a necessidade de mais estudos. Pesquisas futuras devem explorar aplicações em veículos elétricos e híbridos e desenvolver protocolos integrados para combinar ambas as ferramentas, promovendo inovação e preenchendo lacunas técnicas.
2. **Expansão dos Testes Experimentais:** Os testes limitaram-se a três veículos e cenários específicos. Recomenda-se realizar experimentos adicionais com maior diversidade de veículos, marcas e falhas, incluindo sistemas avançados como controle de tração e direcção eléctrica, para obter dados mais robustos e validar a aplicabilidade das ferramentas em contextos variados.
3. **Capacitação em Osciloscópios:** O uso de osciloscópios exige conhecimento técnico avançado. Programas de treinamento em instituições académicas e oficinas devem ser implementados, focando na configuração e análise de sinais, para elevar o nível técnico dos profissionais e incentivar a adoção dessa ferramenta.
4. **Avaliação de Soluções Híbridas com Viabilidade Económica:** Reconhece-se que já existem no mercado equipamentos de diagnóstico avançado que integram num único dispositivo as funcionalidades de um scanner e de um osciloscópio. No entanto, o elevado custo de aquisição destes equipamentos híbridos coloca-os fora do alcance da grande maioria das oficinas moçambicanas. Recomenda-se, portanto, a avaliação de modelos de negócio alternativos, como a aquisição consorciada ou a partilha de equipamentos entre pequenas oficinas.

6.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGILENT TECHNOLOGIES. Advanced Oscilloscope Technologies. 2020.
- ALMEIDA, V. R. Interpretação de Dados em Scanners Automotivos. Belo Horizonte: Editora Técnica, 2020.
- BRAUN, F. Contribuições ao desenvolvimento do osciloscópio de raios catódicos. 1897.
- FERREIRA, M. A. Inovação no Sector Automotivo: Ferramentas e Tendências. Porto Alegre: Editora Inovação, 2022.
- GARCIA, L. Sondas e Transdutores em Instrumentação. Editora Eletrônica, 2020.
- GOMES, H. S. et al. Aplicação de Osciloscópios em Veículos Híbridos e Elétricos.
- HOROWITZ, P.; HILL, W. The Art of Electronics. 3^a ed. Cambridge University Press, 2015.
- JOHNSON, R. Transdutores e Aplicações em Engenharia Mecânica. Editora Ciência e Tecnologia, 2019.
- MARTINS, R. T. et al. Limitações dos Scanners Convencionais e a Necessidade de Osciloscópios.
- NHAMBIU, J. Aula 23 – Diagnóstico de Motores. Universidade Eduardo Mondlane, 2023.
- NHAMBIU, J. Aula 23.2.3 – Protocolo OBD-II. Universidade Eduardo Mondlane, 2023.
- NHAMBIU, J. Aula 23.3 – Aquisição de Dados. Universidade Eduardo Mondlane, 2023.
- OLIVEIRA, A. S. Tecnologias Avançadas em Reparação Automotiva. Belo Horizonte: Editora Técnica, 2018.
- OLIVEIRA, M. A.; SANTOS, R. C. Evolução dos Scanners Automotivos: Do OBD-I ao Telemetria. Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 2019.
- OLIVEIRA, R. S. Scanners Automotivos: Funcionamento e Limitações. Curitiba: Editora Automotiva, 2019.
- PEREIRA, L. F. et al. Integração de Ferramentas para Diagnóstico Automotivo: Estudo de Caso.
- PEREIRA, L. F. Sistemas OBD-II: Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Editora Automotiva, 2020.

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos

PEREIRA, L. M. Tecnologias Avançadas para Diagnóstico de Veículos. Belo Horizonte: Editora Técnica, 2020.

RIBEIRO, F. C. Diagnóstico em Veículos Antigos. Rio de Janeiro: Editora Automotiva, 2018.

SILVA, J. R. et al. Aplicação de Osciloscópios no Diagnóstico de Sensores Automotivos. Revista de Engenharia Automotiva, v. 12, n. 3, p. 45-58, 2020.

SILVA, M. Conversores Analógico-Digitais: Teoria e Aplicações. Editora Tecnológica, 2019.

SILVA, P. R. Evolução do Diagnóstico Automotivo: Do Mecânico ao Eletrônico. São Paulo: Editora Técnica, 2020.

SILVA, R. M. Diagnóstico Automotivo: Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Editora Técnica, 2019.

SMITH, J. Instrumentação Eletrônica Moderna. 2ª ed. Editora Técnica, 2018.

Inovação no Diagnóstico Automotivo: Como o Osciloscópio Melhora a Análise de Componentes Mecânicos frente aos scanners automotivos