

CENTRO PAULA SOUZA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

André Vinícius de C. P Gurgel
Fabio Botter Farah
Vinicius de Souza Beraldo

DATALOGGER VIA OBD II

Santo André
2024

André Vinícius de C. P Gurgel

Fabio Botter Farah

Vinicius de Souza Beraldo

DATALOGGER VIA OBD II

Trabalho de conclusão do curso apresentado ao curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, orientado pelo professor Doutor Orlando de Salvo Junior, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Santo André

2024

LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 27 de junho de 2024.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA:
“DATALOGGER VIA OBD II” DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE
DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. ORLANDO DE SALVO JUNIOR _____

MEMBROS:

PROFª. MARCO AURÉLIO FRÓES _____

PROF. FERNANDO GARUP DALBO _____

ALUNOS:

ANDRE VINICIUS DE CARVALHO PEREIRA GURGEL _____

FABIO BOTTER FARAH _____

VINICIUS DE SOUZA BERALDO _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho minha família e amigos em especial a Minha mãe Maria Aparecida de Carvalho Pereira Gurgel e meu pai André Pereira Gurgel que me incentivaram a todo momento.

André Vinícius de Carvalho Pereira Gurgel

Dedico este trabalho primeiramente a Deus pois sem ele nada é possível. A todos membros da minha família que de alguma forma contribuíram para o meu desenvolvimento em especial a minha irmã Tânia Botter Gamarra e a minha mãe Maria do Carmo Botter, que sempre esteve comigo durante todos esses anos. Dedico este projeto também ao meu finado avô Fabio Olívio Botter, mecânico que me ensinou muito sobre mecânica e a vida, grato.

Fabio Botter Farah

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram em toda a trajetória do curso e a todos que me disseram palavras de incentivo.

Vinícius de Souza Beraldo

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar agradecemos a Deus que está diante de todos nós, e não podemos deixar de expressar nosso sentimento de gratidão a todos os professores e funcionários da FATEC Santo André que fazem parte dessa importante engrenagem, em especial aos excelentes profissionais Prof. Dr. Orlando Salvo Junior, Fernando Garup Dalbo e Prof. Dr. Edson Caoru Kitani por todo o suporte necessário para a execução desse trabalho, aos nossos colegas de curso e familiares que nos incentivaram a todo momento e não permitiram que desistíssemos.

EPÍGRAFE

“No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio-termo. Ou você faz uma coisa bem-feita ou não faz”.

AYRTON SENNA

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma ferramenta de aquisição de dados de funcionamento de motor via diagnose com amostra a cada um segundo. A aquisição de dados permite eles possam serem tratados e analisados com a finalidade de entender o comportamento dos veículos com diferentes aplicações seja para análise de emissões dos gases poluentes, diagnose veicular e monitoramento de frotas. Para tal execução utilizamos a plataforma *LabVIEW™* versão 2018 que proporciona facilidade para programar e permite criar uma interface para o usuário de fácil acesso e utilização o que torna a ferramenta mais prática e objetiva para o armazenamento dos dados obtidos no veículo via OBD II (*On Board Diagnostics II*) que quando selecionados pelo usuário podem ser salvos em formato .TXT para análises posteriores e comparações por amostragem, tem como principal contribuição a instituição Fatec Santo André na execução de novos estudos utilizando a ferramenta para a aquisição de dados veicular e auxiliar em simulação de RDE (*Real Driving Emissions*) monitorando a condição de falhas do sistema eletrônico do motor.

Palavras-Chave: *Datalogger*. OBD2. Banco de dados. Emissões. Diagnose.

ABSTRACT

This work aims to develop a tool for acquiring engine operation data via diagnosis with samples every one second. Data acquisition allows them to be processed and analyzed in order to understand the behavior of vehicles with different applications, whether for analyzing pollutant gas emissions, vehicle diagnosis, and fleet monitoring. For this purpose, we use the LabVIEW™ platform version 2018, which provides ease of programming and allows the creation of an easy-to-access and use user interface, which makes the tool more practical and objective for storing data obtained in the vehicle via OBD II (On Board Diagnostics II), which, when selected by the user, can be saved in .TXT format for later analysis and comparisons by sampling. Its main contribution is to the Fatec Santo André institution in the execution of new studies using the tool for vehicle data acquisition and to assist in RDE (Real Driving Emissions) simulation, monitoring the failure condition of the engine's electronic system.

Keywords: Datalogger. OBD2. Database. Emissions. Diagnosis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Quatro tempos do motor de ciclo Otto	19
Figura 2 –	Sistema de alimentação de combustível mecânico	19
Figura 3 –	Sistema de gerenciamento eletrônico do motor	20
Figura 4 –	Exemplo de arquitetura na rede CAN	23
Figura 5 –	Determinando prioridade para acesso no barramento da rede	24
Figura 6 –	Entendendo a combustão	26
Figura 7 –	Equipamentos de diagnóstico plataforma dedicada	30
Figura 8 –	Tela do <i>Notebook</i>	30
Figura 9 –	Conector de diagnóstico OBDII	32
Figura 10 –	Arquitetura centralizada	36
Figura 11 –	Arquitetura distribuída	37
Figura 12 –	Exemplo de protocolo KWP 2000	37
Figura 13 –	Acesso ao barramento via Gateway	38
Figura 14 –	Pinagem ELM 327	41
Figura 15 –	Fluxograma	45
Figura 16 –	Interface LabVIEW™	46
Figura 17 –	Interface OBD II	49
Figura 18 –	<i>Notebook</i>	49
Figura 19 –	Veículo de Teste	50
Figura 20 –	Conector de diagnóstico conforme esquema elétrico	50
Figura 21 –	Apresentação da interface do <i>Datalogger</i>	51
Figura 22 –	Configuração da porta serial	52
Figura 23 –	Transmissão dos dados via ELM327	52
Figura 24 –	<i>Clock</i> de 1 Hz para aquisição de dados	53
Figura 25 –	Conversão dos dados selecionados	54
Figura 26 –	Estrutura e legenda do banco de dados	54
Figura 27 –	Envio do conjunto de dados e fim da comunicação serial	55
Figura 28 –	Arquivo .TXT	56
Figura 29 –	Dados inseridos no Excell	56
Figura 30 –	Visão geral do programa	57

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Configurações de equipamentos de diagnóstico	29
Quadro 2 – Principais normas de comunicação	38
Quadro 3 – Principais protocolos de comunicação de diagnóstico.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AFR - *Air Fuel Ratio* – Relação Ar/Combustível

ASCII - *American Standard Code for Information Interchange*

CAN - *Controller Area Network*

CARB - *California Air Resources Board*

CO - Monóxido de Carbono

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CRC - *Cyclic redundancy check* – Verificação de redundância cíclica

CS - *Checksum*

CSMA/CR - *Carrier Sense Multiple Access with Collision Resolution* - Acesso múltiplo com sensoramento da portadora com arbitragem com resolução de colisão

DTC - *Diagnostic Trouble Code* - Código de Falha de Diagnóstico

ECM - *Engine Control Module* - Módulo de controle do Motor

ECU - *Electronic Control Unit* - Unidade de Controle Eletrônica

EGR - *Exhaust Gas Recirculation* - Recirculação dos gases de escape.

EOBD - *Europe On Board Diagnostics* – Diagnóstico a bordo Europeu

EOD - *End Of Data* – final do segmento de dados

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IC - *Integrated Circuit* – Circuito Integrado

ISO - *International Organization for Standardization* - Organização Internacional de Padrões

JOBD - *Japan On Board Diagnostics* – Diagnóstico a Bordo japonês.

Kbps - Kilobytes por segundo

KOBD - *Korea On Board Diagnostics*

KWP 2000 - *Keyword Protocol 2000*.

LabVIEW™ - *Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench*

LIM - Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento

MIL - *Malfunction Indicator Lamp*

mm - milímetros

OBD *On Board Diagnostics* - Diagnóstico de bordo

OBDBr-1 *On Board Diagnostics Brasil* - Fase 1

OBDBr- b2 *On Board Diagnostics* Brasil - Fase 2

OBDMID OBD - Monitor Identifiers - Identificadores de Monitor de OBD

PID - *Parameter Identification* - Parâmetro de Identificação

PROCONVE - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automóveis

PWM - *Pulse Width Modulation* - Modulação de Largura de Pulso

RDE - *Real Driving Emissions*

SAE - *Society of Automotive Engineers* - Sociedade dos Engenheiros Automotivos

SOF- *Start Of Frame* – início do segmento da mensagem

TID - *Test IDs* - Identificadores dos Testes

UART - *Universal asynchronous receiver/transmitter* – Transmissor/Receptor

Universal Assíncrono

USB - *Universal Serial Bus* - Barramento Serial Universal

VI - *Visual Instrument*

VIN - *Vehicle Identification Number* - Número de Identificação do Veículo

VPW - *Variable Pulse Width* - Largura de Pulso Variável

Wup - *Wake up*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivo.....	15
1.2 Motivação.....	16
1.3 Estrutura do trabalho	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 Motores a combustão interna ciclo Otto	18
2.2 Rede CAN.	23
2.3 Emissões de poluentes.....	25
2.4 Banco de dados.....	28
2.5 Diagnose.....	29
2.6 Equipamentos de diagnóstico	29
2.7 Diagnóstico de bordo OBDI	31
2.8 Diagnóstico de bordo OBDII	32
2.9 Padrão de comunicação OBDIII.....	35
2.10 Arquitetura Eletronica Veicular.....	36
2.11 Protocolos de comunicação	38
2.12 Circuito integrado ELM 327.....	41
3 MATERIAIS E METODOS.....	45
3.1 LabVIEW™.....	46
3.2 Comunicação serial RS232	47
3.3 ISO-9141	47
3.3.1 ISO-9141-2	48
3.4 Serviços de Diagnóstico.	48
3.4.1 Serviço \$01- Requisita informações do <i>powertrain</i>	48
3.5 Materiais	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
5 CONCLUSÕES.....	58
6 REFERENCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

As ferramentas de diagnóstico veicular como por exemplo os *scanners* fazem a coleta dos dados dos veículos em tempo real, porém muitos dos dados são perdidos por não serem gravados em um banco de dados, impossibilitando assim os usuários de fazerem uma análise mais completa e eficiente do comportamento do veículo.

Para fazermos aquisições dos dados utiliza-se *Datalogger's* que possuem custo elevado, dificultando assim o uso deles para diagnose veicular, análise de emissões e monitoramento de frotas, perante a esse cenário desenvolvemos uma ferramenta com baixo custo que proporciona coleta, análise de dados via *On Board Diagnostics 2^o generation* (OBD-II) podendo ser utilizada como ferramenta para desenvolver, aprimorar e até mesmo prever defeitos através dos dados de comportamento dos sensores e atuadores lidos do veículo.

A possibilidade de coleta de dados de veículos via OBD-II tem como diferencial a contribuição acadêmica para a instituição de ensino FATEC Santo André podendo ser utilizado como ferramenta para futuras análises e instrumentação dos veículos para desenvolvimento de novas soluções, tendo em mãos uma ferramenta de baixo custo e fácil manuseio.

1.1 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma ferramenta de aquisição de dados de funcionamento de motor via diagnose com amostra a cada um segundo.

No setor automotivo com a evolução das tecnologias e normas houve a padronização de sistemas indispensáveis para os veículos, ao longo do tempo diversas tecnologias surgiram para coletar e analisar dados visto uma necessidade de compreender o que se passa em tempo real ou até mesmo após acontecer.

Datalogger's cumprem esse papel de maneira satisfatória e são indispensáveis para um bom desenvolvimento de um produto ou até mesmo efetuar o reparo de

maneira eficiente, essas ferramentas possuem um alto custo e são de baixa viabilidade.

Visto esse cenário surgiu a necessidade em construir uma ferramenta de aquisição de dados de baixo custo com alta capacidade de coleta e armazenamento de dados via OBD II podendo utilizar dados armazenados em rotinas de teste veicular para estudo de seu comportamento, para aplicação acadêmica.

1.2 Motivação

A proposta do projeto surgiu com o intuito de coletar dados de funcionamento do motor para realização de estudos e análise de desempenho do veículo, ferramenta de aplicação acadêmica através dos dados coletados possibilita detectar falhas intermitentes ou esporádicas no trem de força do veículo, condições de trabalho dos componentes do veículo no momento da falha, eficiência dos sistemas de monitoramento de emissões, monitoramento de frotas, entre outras aplicações em que o *Datalogger* possa contribuir organizando as informações dos veículos.

Temos como alavanca construir uma ferramenta institucional de aquisição de dados do sistema de trem de força de veículos leves e comerciais via OBD II de baixo custo, que funcione em uma frequência de 1 Hz onde possibilita a sincronização com um analisador de gases e para novas contribuições acadêmicas

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho foi estruturado em 5 tópicos dos quais relatamos com documentos desde a idealização do projeto até a conclusão final. Foi de suma importância dividi-lo em processos estipulando pequenas metas para que conforme concluídas o projeto tomaria forma e conseqüentemente atingindo o objetivo do trabalho com respeito a aquisição de dados dos veículos em tempo real para criação de um banco de dados.

O primeiro capítulo teve como objetivo familiarizar os leitores sobre o tema escolhido, sobre as metas estipuladas e explicando nossas motivações que nos levaram a desenvolver este projeto. O segundo capítulo traz a proposta de informá-los de maneira sucinta sobre cada assunto que é pertinente ao trabalho, conforme foi pesquisado reunimos diversas informações técnicas e conceitos

científicos que colaboraram na realização do projeto com embasamento teórico através de trabalho de pesquisa utilizando fontes científicas que complementassem com conhecimento necessário para construção do *Datalogger*.

No terceiro capítulo abordamos quais foram os materiais e os métodos utilizados para realizarmos desde a comunicação, leitura e armazenamento dos dados dos veículos, ou seja, explicamos sobre a estrutura do projeto desenvolvido. Já no quarto capítulo é descrito os resultados obtidos com a linguagem de programação em blocos do *LabVIEW™* com o projeto após o realizarmos diversos experimentos, explicando os motivos do que identificamos durante cada etapa discutindo e buscando soluções na aquisição de dados via OBD II por meio da interface ELM 327 junto do software *LabVIEW™*, por fim no quinto capítulo concluímos com nossos resultados mais relevantes alcançados e os principais *Parameter Identification* (PID) selecionados no serviço 01 do protocolo J1979 e ISO 9141 durante as pesquisas e estudos na aquisição de dados do veículo de teste utilizado, e concluímos com a abertura para expansões futuras com a possibilidade de gerar análises a partir dos dados lidos e salvos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E REFERENCIAL TEÓRICO

Pesquisa com objetivo de reunir informações e conceitos que contribuíssem com a construção do *Dataloger*, e compreensão de conceitos utilizados no projeto.

2.1 Motores de Combustão Interna Ciclo Otto

Os Motores Ciclo Otto, também conhecido por motores de 4 tempos como ilustrado na Figura 1, são máquinas termodinâmicas que transformam energia química proveniente da combustão de uma mistura Ar/Combustível em energia mecânica que será usada para tracionar o veículo (MANAVELLA, 2012).

A seguir as definições dos tempos do motor que segundo Brunetti (2012) se completa por meio de duas voltas da árvore de manivelas:

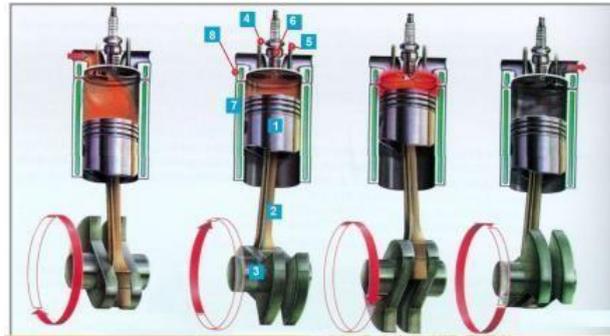
O 1º Tempo do motor é denominado de Admissão pois é nesta fase em que o conjunto Pistão e Biela desce do Ponto Morto Superior (PMS) para o Ponto morto inferior (PMI) admitindo a mistura Ar/Combustível formada no Coletor de Admissão do motor.

O 2º Tempo do motor é denominado de Compressão pois é nesta fase em que o conjunto Pistão e Biela subirá do PMI para o PMS comprimindo a mistura Ar/Combustível o que gera uma pressão interna na câmara de combustão do motor.

O 3º Tempo do motor é denominado de Combustão, o único dos tempos do motor em que se é gerado trabalho através da ignição para motores do ciclo Otto.

O 4º e último tempo do motor conhecido por Exaustão ou Escape. Durante esta fase o conjunto Pistão e Biela subirá do PMI rumo ao PMS expelindo por meio do conjunto de válvulas de escapamento os gases resultantes da combustão pelo escapamento para a atmosfera.

Figura 1 - Os quatro tempos do motor a combustão ciclo Otto

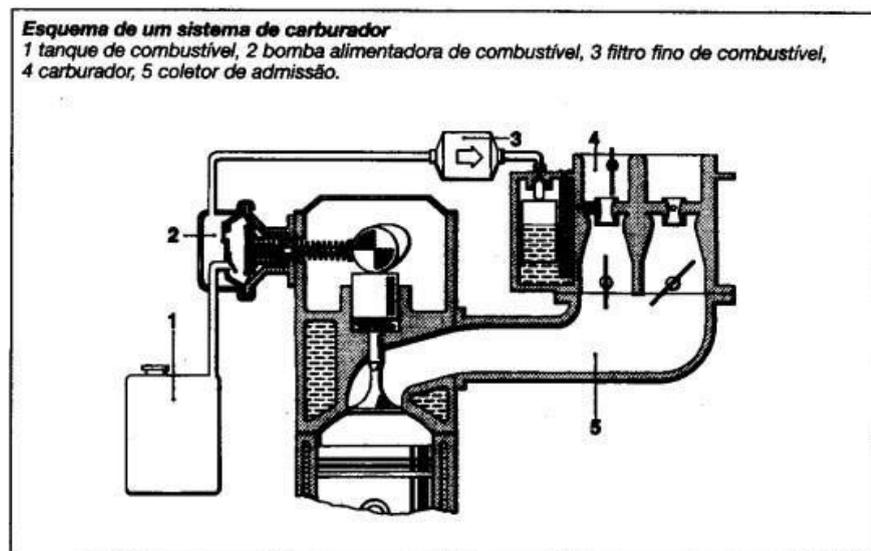


Fonte: Ribolla (2023).

No passado o controle da mistura Ar/Combustível e de potência do motor era realizado pelo sistema do carburador que realizava todos os ajustes necessários para obter-se uma combustão mais próxima possível da ideal (MANAVELLA, 2012).

Originando assim o sistema de alimentação de combustível e gerenciamento da mistura mecanicamente conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Sistema de alimentação de combustível mecânico

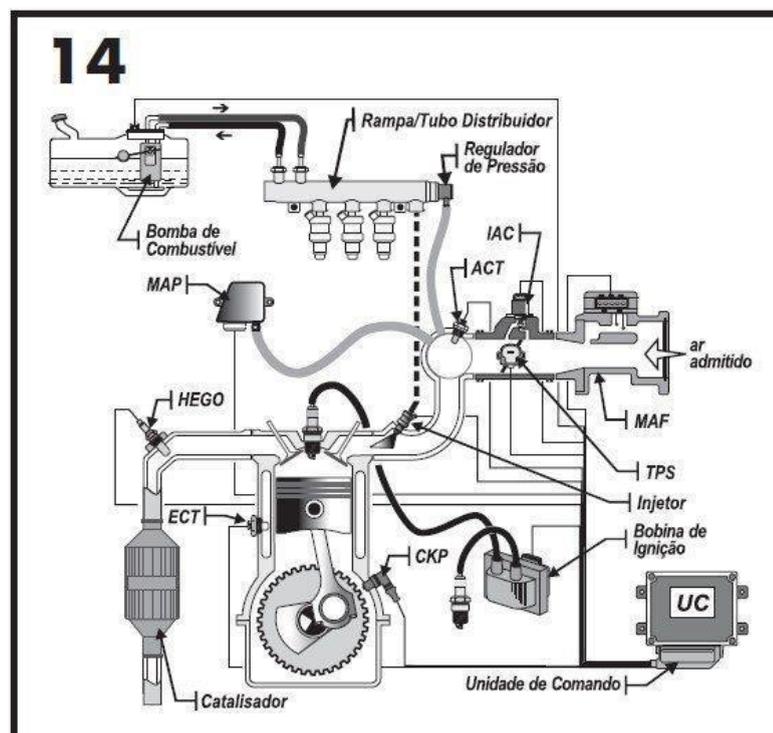


Fonte: Adaptado de BOSCH (2005).

Atualmente os motores são equipados com diversas tecnologias de controle da mistura Ar/Combustível, potência, torque e principalmente emissões como por exemplo: Injeção eletrônica, sistema canister, EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) (MANAVELLA, 2012).

Os sensores do motor realizam as medições respectivamente de cada grandeza física medida pelo mesmo e os convertem em sinais elétricos que posteriormente serão lidos pela ECU (*Engine Control Unit*). Após ler os dados sobre as condições do motor, a ECU calcula os valores de controle de torque e potência do motor, enviando assim sinais elétricos de comando para os atuadores, TBI (*Throttle Body Injection*) que realiza o controle do fluxo de ar do motor nos regimes de marcha lenta e aceleração, válvula injetora de combustível que dosa a massa de combustível a ser injetada de forma pulverizada no motor caracterizando o sistema de gerenciamento eletrônico do motor de acordo com a Figura 3 (MANAVELLA, 2012).

Figura 3 – Sistema de gerenciamento eletrônico do motor



Fonte: MTE-TOMSOM (2024).

Sobre eficiência energética os Motores a Combustão de Ciclo Otto não estão na lista dos motores mais eficientes, seu rendimento está em torno de 25% a 35% da energia gerada, ou seja, dos 100% da energia acumulada no

combustível, cerca de 65% a 75% desta será perdida por conta da dissipação de calor do motor pelo líquido de arrefecimento e gases de escape. Toda a combustão ideal necessita de 3 fatores, combustível (HC), oxigênio(O₂) e calor (Centelha) gerada pelo sistema de ignição do motor. A combustão é constantemente monitorada por um sensor de oxigênio, a sonda lambda que informa para a ECU a performance da queima (MANAVELLA, 2012).

A Relação Ar/Combustível refere-se às massas de ar e de combustível, calculada pela ECU para se obter uma combustão ideal, fator este usado também para realizar o controle da mistura através da dosagem das massas de ar e de combustível pelos atuadores TBI e válvula injetora de combustível. Existem três tipos de mistura segundo Manavella (2012) que são descritas a seguir:

Mistura Estequiométrica ou Ideal: É toda aquela que em sua composição possui ar o suficiente para inflamar o combustível presente na mistura seu valor pode variar de acordo com o tipo de combustível. Gasolina (14,7:1) Etanol (8,5 a 9:1). Diesel (14,5:1) Metano ou GNV (17,2:1) Gasolina Etanol (12,5 a 13:1).

Mistura Pobre: É toda aquela mistura que em sua composição possui um volume maior de oxigênio do que de combustível, sobrando moléculas de ar na mistura conseqüentemente dificultando assim a inflamação dos hidrocarbonetos.

Mistura Rica: É toda aquela que em sua composição há mais moléculas de hidrocarbonetos do que de oxigênio, elas não serão queimadas resultando excesso de combustível e aumentando a emissão dos gases poluentes por ter ocorrido uma queima incompleta.

O fator lambda é o fator calculado pela ECU através da informação recebida pela sonda lambda que monitora a combustão, por ele a ECU sabe se deve aplicar correções ou manter os sinais de controle do motor. Quando Lambda é maior que 1 a mistura foi identificada como mistura pobre, já quando o fator é menor que 1 a mistura está rica, por fim quando o fator é igual a 1 a mistura é ideal (MANAVELLA, 2012).

Convencionalmente a melhor faixa de trabalho dos motores ciclo otto com relação ao rendimento consumindo a menor quantidade de combustível conseqüentemente emitindo menos poluente possível, a faixa ocorre quando

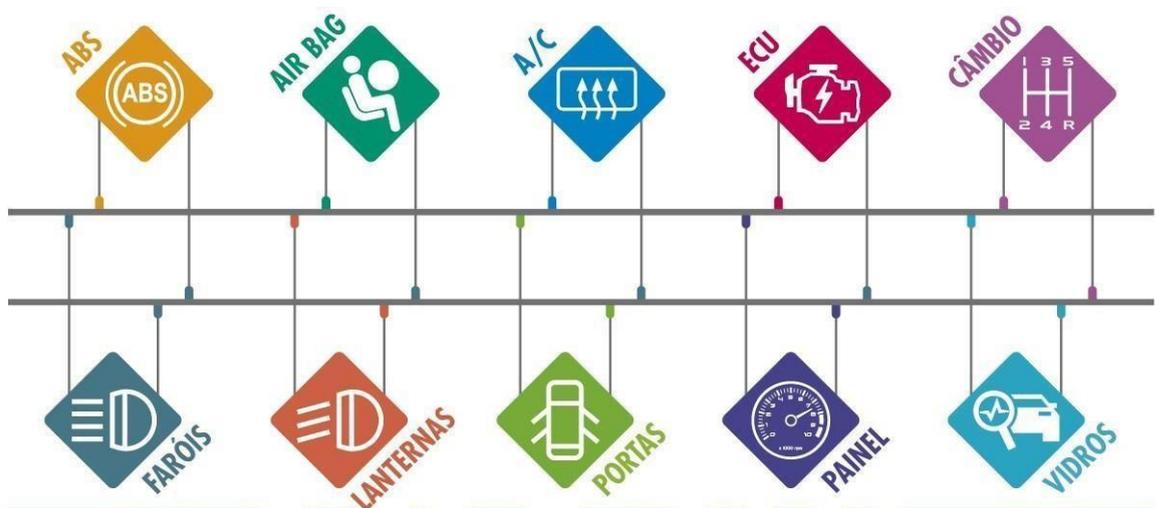
o fator lambda é igual a 1, ou seja, quando a mistura é estequiométrica. As massas de Ar e de combustível neste momento estão na proporção adequada encontrando-se todas estas moléculas de oxigênio reagiram com as moléculas dos hidrocarbonetos, obtendo uma mistura ideal, sem sobras de moléculas de hidrocarbonetos, sem sobras de moléculas de oxigênio. Formam-se assim um grande percentual de CO₂ (Dióxido de Carbono) e H₂O (Água) se porventura sobrar moléculas de Ar ou de Combustível na mistura a combustão acabará por incompleta originando assim muitos poluentes perigosos e agressivos ao meio ambiente e a saúde de todos os seres vivos deste planeta, gases como por exemplo CO (Monóxido de Carbono), HC (Hidrocarbonetos) Nox (Óxidos de Nitrogênio). Os motores de combustão interna não necessariamente precisam trabalhar no regime de $\Lambda = 1$, pois se o objetivo do carro é ser veloz nas pistas, o motor que o equipa tende a trabalhar com $\Lambda = 0.7$ a 0.9 já sua mistura estaria rica o motor buscará o máximo de potência com pressurização de ar para inflamar todo este excesso de combustível que demanda um carro de corrida já quando a missão do veículo é redução das emissões dos poluente, economia de combustível e eficiência, os motores ciclo otto podem trabalharem regimes em que $\Lambda = 1.1$ a 1.3 onde obtém-se ótimo rendimento com relação à eficiência energética e significativa redução dos gases poluentes que contribuem no efeito estufa consequentemente no aquecimento global (MANAVELLA, 2012).

Nos motores de ciclo Otto, a potência liberada é em função da carga admitida de ar, a qual depende da abertura da válvula de aceleração (borboleta). Esta nada mais é do que uma restrição variável com a qual se controla o rendimento volumétrico de 12% a 18% na marcha lenta, até 100% (em teoria) em plena carga. Isto, para motores aspirados. Os motores sobrealimentados superam esta marca de 100% (MANAVELLA, 2012).

2.2 Rede CAN (*Controller Area Network*)

A ISO 11898-1 é uma das normas que visam padronizar a comunicação entre duas ou mais unidades de gerenciamento eletrônico automotiva via rede através de um barramento como podemos observar na Figura 4 (BOSCH, 2005).

Figura 4 – Exemplo de arquitetura da rede CAN



Fonte: MTE-THOMSON (2022).

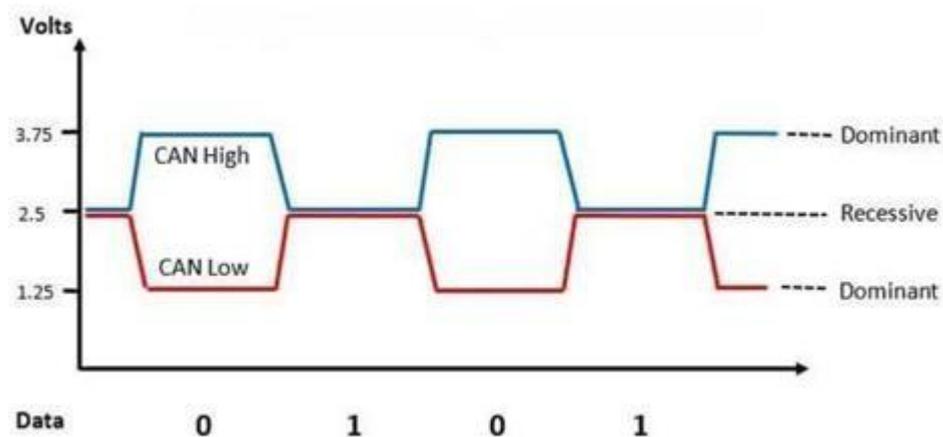
A comunicação da rede CAN é serial pois suporta o controle distribuído em tempo real e faz a multiplexação dos dados para o uso em veículos comerciais, rodoviários, leves e outras aplicações de controle de dados (BOSCH 2005).

Padronização da comunicação veicular com o protocolo CAN diminuiu a probabilidade de falhas de comunicação pois reduziram também o número de conexões elétricas na rede. As unidades de controle estão interligadas por uma estrutura linear de barramento, onde todas as unidades possuem o mesmo nível de prioridade, ao tentarem transmitir uma mensagem no barramento a unidade de controle fica querendo acessá-lo constantemente, porém somente quando o barramento estiver ocioso uma das unidades poderá transmitir a mensagem que será a ECU que for definida pelo mecanismo de atribuição de prioridades chamado também de processo de arbitragem (BOSCH, 2005).

São diversas unidades de controle que tentam acessar o barramento ao mesmo tempo buscando transmitir uma mensagem. Surge uma necessidade de

determinação de prioridade, a arbitragem é o processo que determina quem tem a maior prioridade de transmissão como indicado na Figura 4. O funcionamento da arbitragem depende da comparação bit a bit das mensagens recebidas, a unidade de gerenciamento que enviar um bit dominante (bit 0) terá mais prioridade sobre a que enviou um bit recessivo (bit 1). Comparando bit a bit das mensagens que as ECUs estão enviando, a arbitragem definirá qual unidade tem maior prioridade de transmissão no barramento CAN. A ECU que não conseguir acesso ao barramento para transmitir sua mensagem deve aguardar o fim da transmissão para tentar novamente o acesso ao barramento quando ele estiver ocioso ou em repouso. O mecanismo que atribui as prioridades sempre entrará em ação quando houver mais de uma ECU querendo acessar o barramento para efetuar uma transmissão como pode-se visualizar na Figura 5 (BOSCH, 2005).

Figura 5 – Determinando prioridade para o acesso no barramento de rede CAN ISO 11898-2.



Fonte: Embarcados (2024)

Todas as mensagens transmitidas no barramento CAN só podem conter até 2 formatos, ambos com diferente comprimento do identificador (ID). No formato padrão o ID da mensagem é composto por 11 bits já no formato expandido o ID possui 29 bits, de qualquer maneira o a mensagem a ser transmitida tem no máximo 130 bits nos dois padrões, assegurando que o tempo entre as transmissões seja mínimo. O registro de dados é composto por 7 campos dos quais cada um tem uma função no processo de comunicação, o início do registro sincroniza todas as estações indicando o começo da transmissão. No campo de “arbitragem” o identificador da mensagem e bits de controle, o emissor verifica se os bits detêm prioridade caso haja outra estação com maior prioridade a mesma será transmitida e são os bits de controle que classificam a mensagem como “registro de dados” ou “registro remoto”. O campo de controle possui a quantidade de todos bits de dados.

Já o campo de dados suporta até 8 bytes de dados que levam as informações. O campo CRC (*Cyclic Redundancy Check*) leva uma palavra usada para verificar interferências. O campo ACK (*Acknowledgement*) confirma se todos os receptores receberam a mensagem sem erros de comunicação. Por fim, o “fim do registro” marca o fim da mensagem (BOSCH, 2005).

2.3 Emissões de poluentes

De acordo com Bosch (2005) gases de escapamento são produto da queima de combustível de motores a combustão interna no qual há formação de gases poluentes e não poluentes.

Considerando o produto da combustão de um MCI ser considerado não ideal em todos os ciclos haverá resquícios de hidrocarbonetos não queimados seja na câmara de combustão e dutos de escapamento (BRUNETTI,2012).

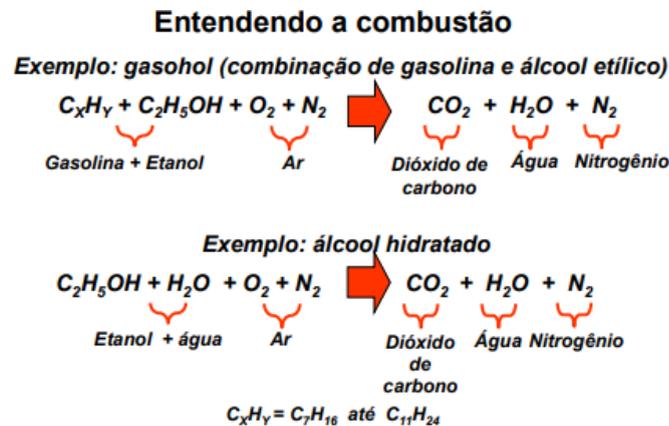
Segundo Câmara (2006) alguns fatores podem gerar a queima incompleta de combustível como:

- Período insuficiente para reação ar combustível;
- Formação de mistura heterogênea na câmara de combustão
- Lacunas na câmara de combustão que não são preenchidas na formação da frente de chama;
- Demanda de carga no motor e estratégias de controle (*Dash-pot, Clut off*) resultam em razões não estequiométricas
- Composição do combustível e do ar admitido que não são puros;

A combustão completa (teórica) tem como resultado o gás carbônico (CO₂), vapor d'água (H₂O) e o nitrogênio (N₂) (CARVALHO,2011).

Com base no equacionamento abaixo da Figura 6 temos as propriedades químicas da combustão:

Figura 6 – Equacionamento da combustão



Fonte: Ribolla (2023)

Conforme Carvalho (2011) as reações de combustão reais formam outros gases que são produtos de uma combustão incompleta como:

- Monóxido de carbono (CO);
- Oxido de Nitrogênio (No_x);
- Hidrocarbonetos (HC);
- COV's (Compostos orgânicos voláteis);
 - Composto de enxofre.
 - Aldeídos (CHO).

Considerando 100% da produção dos gases de escapamento apenas 1% são subprodutos considerados tóxicos e com emissão restrita e regulamentada pelo PROCONVE, podendo dividir como (CAMARA,2006).

Gases não poluentes

Correspondem a 99% do produto da combustão real e não são tóxicos para os seres vivos; Nitrogênio (N) corresponde a 71%, Vapor d'água (H₂O) representa 9% do produto da combustão e por fim Dióxido de carbono (CO₂) compões 18% que não afeta diretamente o ser humano, porém é um dos responsáveis pelo efeito estufa e sua produção, possui estreita relação com o consumo de combustível, devido a esse cenário estratégias para a redução do consumo de combustível tem crescido significativamente (BOSCH,2005).

Gases poluentes

Representam apenas 1% do produto da combustão, no entanto são extremamente nocivos ao ser humano e meio ambiente sendo necessário regulamentação e restrição de suas emissões por legislações ambientais a nível mundial, sendo os principais (SZWACFITER,2004):

Monóxido de carbono: Segundo Brunetti (2012) os monóxidos de carbono são formados por uma combustão incompleta de hidrocarbonetos é um gás inodoro que reage diretamente com a hemoglobina e reduz a capacidade de transporte de oxigênio.

Óxidos de Nitrogênio: Composto pela reação do Oxigênio com o Nitrogênio atmosférico em altas temperaturas próximas a frente de chama ou até mesmo nos componentes dos combustíveis, este gás é extremamente nocivo ao meio ambiente pois quando combinado com o vapor d'água na atmosfera formam ácido nítrico um dos componentes da chuva ácida (CAMARA,2006). A reação do No_x com raios UV (ultravioleta) produz Ozônio (O_3) que é nocivo a saúde quando próximo ao solo trazem complicações no sistema respiratório (BRUNETTI, 2012).

Hidrocarbonetos: Um dos produtos da combustão incompleta de acordo com Hirai (2009) grandes concentrações de HC podem intoxicar os rins e fígado, em menor volume causam incômodos como dor de cabeça, enjoo e vômitos além de ser um componente químico cancerígeno os hidrocarbonetos aromáticos podem causar alterações genéticas.

Aldeídos: Formados em sua maioria em baixas temperaturas durante a combustão como fase de aquecimento e baixas cargas no ciclo diesel causam mal cheiro e em veículos a etanol ou gasolina E27 geram irritação de mucosas e vias respiratórias (CAMARA, 2006).

Compostos de Enxofre: Gás de forte odor e incolor presente principalmente na composição do diesel a inalação pode causar irritação nas mucosas além de doenças cardiovasculares e respiratórias (GUERRA, 2016).

Material Particulado: Poluente presente na combustão de diversos veículos ciclo Otto e diesel com maior concentração em veículos a diesel e Otto com sistema de injeção direta, a condição de queima incompleta da mistura ar/combustível formam hidrocarbonetos aromáticos policíclicos formando pequenas partículas de fuligem tornando-as facilmente inaláveis trazendo riscos à saúde, já que as partículas possuem diversas substâncias e em sua maioria são cancerígenas (BRUNETTI, 2012).

2.4 Banco de dados

Desde o período paleolítico os homens das cavernas faziam pinturas rupestres com sangue na intenção de registrarem o que haviam presenciado ao longo de suas vidas. Desenhos deixavam informações de suas vivências e estes dados após anos são usados em pesquisas históricas, mesmo que esteja guardado nas cavernas as pesquisas só foram possíveis pois os dados foram conservados. Um banco de dados nada mais é do que formas de armazenamento de informações que devem ser conservadas pois as mesmas podem ser utilizadas para algum fim futuramente como por exemplo análise dos dados para tomada de decisão (ALVES,2003).

Recentemente o papel vinha sendo fundamental nos registros de informações importantes até a chegada da era da computação e a atual era da digitalização. Atualmente muitos sistemas estão sendo digitalizados acompanhando a automação de processos e outras tecnologias, logo os dados saem do papel e agora vão para algum servidor ou memória para serem armazenados o que facilita o manuseio, o controle e as análises dos dados que hoje estão em grande volume. Sistemas de análises de dados estão sendo implementados com o propósito de identificar o comportamento de um outro sistema, fazer análises precisas de um grande volume de informações de forma prática e rápida só se tornou possível após a chegada dos bancos de dados (ALVES,2003).

2.5 Diagnose

Diagnose veicular consiste em uma série de ferramentas *on-board* e *off board* que tem como objetivo a verificação das funcionalidades dos módulos eletrônicos que equipam os veículos atualmente (GUIMARÃES, 2007).

Sistemas de diagnóstico veicular depende de meios para de efetuar testes e comprovações das atribuições de cada sistema eletrônico veicular, tal objetivo exige a criação de protocolos de comunicação veicular, inicialmente utilizava-se UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) que exigiu a padronização devido a crescente utilização de diferentes fornecedores (AEA, 2003).

De acordo com Guimarães (2007) o protocolo contempla um grupo de regras e requisições para estabelecer comunicação e troca de dados entre o modulo eletrônico e o usuário na interface HMI (Homem Máquina Interface) e a rede possuem elementos básicos como; formato de dados, níveis de sinal coordenação e gerenciamento de erros das informações e tempo, possui como base e modelo OSI (*Open System Connection*) (AEA, 2003).

2.6 Equipamentos de diagnóstico

Conhecido como *Scanner* ou *Tester* segundo Guimarães (2007) este dispositivo pode ser do tipo *PC/Notebook* ou plataforma dedicada. Quando conectada ao veículo é possível ler códigos de falha, valores atuais, estado dos monitores, versão de software e número *VIN* (*Vehicle Identification Number*) do veículo, conforme o Quadro 1 temos duas configurações de equipamentos de diagnóstico.

Quadro 1 – Configurações de equipamentos de diagnóstico

Plataforma PC/Notebook	Plataforma dedicada
Kit com SW	Cabos
Licença de utilização	Adaptadores
Cabos e interface	

Fonte: Salvo (2024).

Segundo a Figura 7 mostra um equipamento dedicado que possui maior robustez e agilidade para o manuseio.

Figura 7 – Equipamento de diagnóstico plataforma dedicada



Fonte: ALFATEST (2024).

Na Figura 8 temos um equipamento de base PC/Notebook de fácil manutenção e possibilidade de troca de *hardware*.

Figura 8 – Equipamento de base PC/Notebook



Fonte: NAPRO (2024).

Essa modalidade de equipamentos de diagnóstico auxilia em manutenções e revisões periódicas, outro meio para diagnóstico visando a flexibilidade e o compromisso com a normativa de emissões. O diagnóstico EOL (*End-Of-Line*) garante esses requisitos e a plausibilidade dos sistemas eletrônicos conforme (GUIMARÃES,

2007) permitindo assim a execução de diferentes rotinas de mesmo sistema para veículos diferentes.

2.7 Diagnóstico de Bordo OBD I

On-Board-Diagnostic (OBD) é um padrão de comunicação que foi obrigatoriamente implantado nos veículos americanos fabricados após janeiro de 1996 nos EUA. Os americanos tinham como principal objetivo o controle de emissões de poluentes, porém encontraram no caminho um problema onde cada montadora tinha seus formatos de conexão e seu protocolo de comunicação (MANAVELLA, 2009).

O sistema OBD veio para padronizar a conexão e comunicação com os veículos, ele simplesmente monitora se o veículo possui códigos de falhas armazenados nas memórias das unidades de controle, lê os dados contidos na memória como por exemplo parâmetros do motor e da transmissão e concede todas as informações contidas nas centrais pela porta de comunicação OBD (GUIMARÃES, 2007).

O padrão OBD que se manteve nos EUA até 1995 tinha muitas limitações de diagnósticos como por exemplo: os fabricantes de automóveis possuíam diferentes nomenclaturas sobre os mesmos códigos de falhas, os conectores de diagnose e suas posições de localização eram diferentes, cada fabricante disponibiliza uma rotina de testes dos atuadores e o mesmo servia para parâmetros do modo contínuo. Não era muito comum ainda o conceito de equipamento genérico, logo cada montadora usava particularmente o seu protocolo de comunicação. A partir desses novos problemas surgiu a necessidade de uma nova geração do protocolo OBD (MANAVELLA, 2009).

Para OBD I adotou-se requisitos que iniciaram o processo de padronização da inspeção de componentes que afetassem as emissões de escapamento que conforme Bosch (2005) seguem os pontos:

- Monitores dos circuitos de sensores e atuadores da ECU quanto a sua plausibilidade.
- Lampada Indicadora de Falha instalada no painel de instrumentos para a visualização do motorista.
- Aviso sonoro e alertas através do piscar de luzes para indicar ao usuário a situação de falha.

No Brasil o sistema de diagnose de bordo OBDBr-1 foi implantado a partir de 01/01/2007 por meio da instrução normativa 126/2006 do IBAMA com detecção de

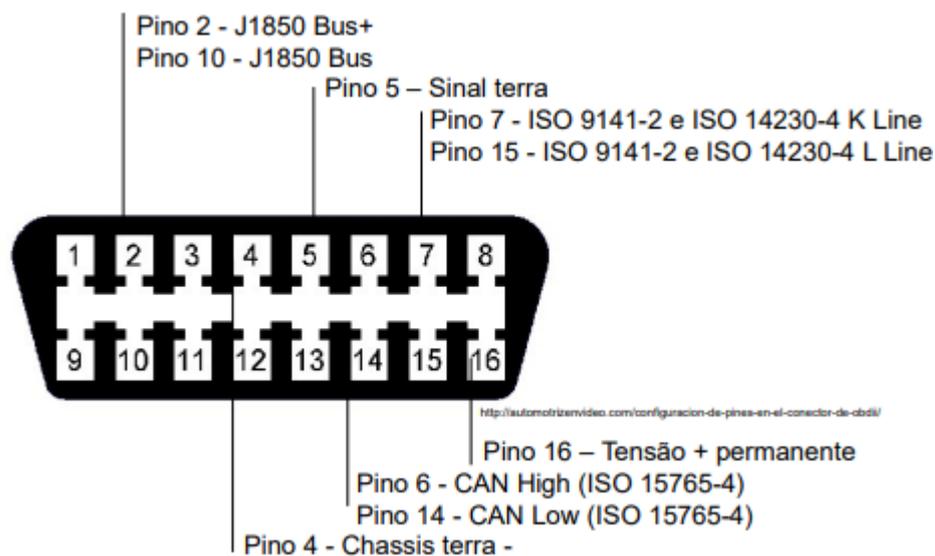
falhas nos sistemas de controle de emissões de poluentes: CKP, MAP, ECT, HO2S (pré-catalisador), VSS, CMP, EGR, KS, injetores de combustível, ignição, UC, LIM (Lâmpada Indicadora de Mal Funcionamento) (MANAVELLA 2, 2009).

2.8 Diagnóstico de Bordo OBD II

Refere-se a um padrão de conexão e comunicação entre os equipamentos de diagnóstico e os veículos mencionado na norma SAE J1962, que suporta no mínimo três diferentes protocolos de comunicação: SAE J1850, SAE J2284 e ISO9141-2. (GUIMARÃES, 2007).

A seguir as identificações de cada pino do conector de diagnóstico OBD2 conforme Figura 9.

Figura 9 – Conector de diagnóstico OBDII



Fonte: Salvo (2023).

Para Guimarães (2007) padrão de comunicação OBDII tem como 3 principais objetivos que são basicamente focados na redução de emissões de poluentes geradas pelos veículos, mas esse padrão também busca diminuir o tempo entre a ocorrência de falhas, sua detecção e o reparo, visando auxiliar no diagnóstico e manutenção do veículo. Só que esses objetivos só serão alcançados se os seguintes requerimentos de diagnóstico forem atingidos:

- Armazenar códigos de falhas.
- Capacidade de Diagnose.
- Supervisionar os dispositivos relacionados a emissões através dos monitores.
- Avisar sobre anomalias relacionadas a emissões ascendendo a LIM.

- Proteger completamente o Catalisador.

Lembrando que as rotinas de diagnóstico ou o programa de diagnose estão alocadas nas memórias das unidades de controle e assim que a comunicação é feita via tomada OBD a sessão de diagnose inicia e começa a trocar de informações entre o veículo e o equipamento de diagnóstico conforme o usuário do equipamento vai requisitando os dados (MANAVELA, 2009).

Houve também uma padronização no diálogo entre o equipamento de diagnóstico genérico e a unidade de controle equipada nos veículos, se o veículo foi projetado para emitir no máximo 3,4g/milha de CO, o programa de diagnose que é executado na unidade de comando deve acompanhar as emissões até o veículo atingir 5,1g/milha (1,5 vezes o limite máximo) (MANAVELA, 2009).

Deve-se então ser gerado um código de falha e a unidade de comando deve também gravar os parâmetros de funcionamento disponíveis pela aquela unidade de controle no momento da falha, informações estas que são disponibilizadas no modo \$02 de “Dados Congelados” ou “Quadro Instantâneo de Parâmetros”. O sistema veicular OBD II não mede as emissões de poluentes diretamente no escape do veículo o que seria uma medição precisa, ele estipula através de cálculos estatísticos baseado nas informações obtidas pelos sensores do veículo (MANAVELA, 2009).

No Brasil a partir de 2010, pela instrução normativa 24/2008 do IBAMA o sistema OBDBr-2 assumia o protagonismo como uma nova geração com melhorias relacionadas ao OBDBr-1 como por exemplo a adição de funções de detecção de falhas de combustão que geram um código de falha P-0300, deterioração dos sensores de oxigênio muito conhecidas como sonda pré-catalisador e sonda pós-catalisador, degradação do elemento de conversão catalítica, válvula de purga do *canister* (MANAVELA, 2009).

Inicialmente o objetivo da padronização por meio do sistema OBDBr-2 era determinar quais as condições de verificação dos sistemas veiculares que influenciam nas emissões do veículo e especificar um acesso idêntico aos resultados das verificações, isto por meio de um tipo de equipamento de diagnóstico “genérico” que se comunica com todos os veículos. A norma também possibilitou analisar as emissões do veículo que, como foi explicado, é baseada nas informações que o sistema recebe dos sensores. Essa Resolução estabelecida pelo IBAMA especifica também os protocolos de comunicação do equipamento de diagnóstico, suas interfaces e o padrão de dados armazenados pela UC (Unidade de Controle). Logo o IBAMA por meio das instruções normativas determinou que os critérios de verificação de funcionamento dos sistemas OBDBr-1 e OBDBr-2, conforme é especificado pela norma ISO 15031 (MANAVELLA, 2009).

Há um padrão sobre os códigos de falhas sobre anomalias nas emissões dos veículos, denominados de DTC, conhecidos também por “códigos genéricos”. A norma deixa um outro espaço para que as montadoras possam utilizar conforme seus critérios, que são os códigos de falhas conhecidos por “códigos proprietários”. A norma OBDII exige a adição de mais uma luz no painel de instrumentos a lâmpada de diagnóstico MIL (*Malfunction Indication Lamp*) que aqui no Brasil é especificada pela norma OBDBr-2 como LIM (Lâmpada Indicadora de Mau funcionamento) quando ela está acesa, mas sua cor não é vermelha ela está indicando que há falhas nos sistemas relacionados às emissões do veículo (MANAVELA, 2009).

Agora os conectores de diagnose também receberam um padrão no que diz respeito ao seu formato e a disposição dos terminais lembrando que há espaços para as montadoras usarem os terminais livres como quiserem, ele deve possuir fácil acesso e é identificado pela sigla DLC. A lâmpada LIM deve acender toda vez que um código de falha for armazenado na memória da UC, sempre que a UC perceber que o veículo está emitindo HC (hidrocarbonetos) acima do limite máximo de 1,5 vezes o limite do veículo. A Norma OBDII possibilitou o conhecer as condições do motor quando houve a falha armazenada, pois a UC grava junto ao DTC os parâmetros do motor no momento da falha, função esta conhecida como “*Freeze Frame*” ou “Dados Congelados”(MANAVELA, 2009).

Foi padronizado também o procedimento de como e quando a UC deve registrar as falhas de emissões, a denominação dos sistemas e de seus componentes que influenciam nas emissões de poluentes, a padronização dos protocolos de comunicação entre os equipamentos de diagnose e as Unidades de Controle que são os protocolos: VPW; PWM; ISO9141; KWP2000 e ISO 15765(CAN). Protocolos estes que a partir de 2008 nos Estados Unidos já eram obrigatórios. Com o tempo as montadoras e as sistemistas de tecnologias automotivas trabalharam em evoluções dos protocolos conforme surgia necessidades como por exemplo o caso do protocolo CAN ISO 11898-1 denominado CAN Clássico com 11 bits por mensagem e acompanhado em seguida da CAN 2.0 com 29 bits por mensagem (MANAVELA, 2009).

É importante destacar a necessidade do sensor MAF para uma correta medição da massa de ar admitida, logo a UC calcula a massa de combustível a ser injetada para cada regime de carga visando sempre consumo pois é onde se consegue

trabalhar na redução das emissões de poluentes, pois se a UC é programada para arrancar o máximo de potência daquele motor o que ocorre muito nas pistas, o motor queima muito combustível, então basicamente quanto menos combustível queimado ou seja quão menor o consumo menor as emissões de poluentes (MANAVELA, 2009).

Tendo em vista os requisitos citados do sistema OBD segue abaixo a definição de algumas funções, monitorando os dispositivos que impactam nas emissões do veículo, verificando a plausibilidade dos sinais recebidos dos sensores e dos comandos executados pelos atuadores geralmente. O catalisador tem sua eficiência acompanhada pelo sistema que julga a sua capacidade de conversão catalítica, comparando o sinal da segunda sonda pós-catalisador com o da primeira sonda pré-catalisador. Quando ocorre de a função não ser concluída, a UC então aplica testes ativos conhecidos também por testes intrusivos, ou seja, os sistemas e seus subsistemas são constantemente monitorados (MANAVELA, 2009).

O sistema sempre que a temperatura ambiente for menor que -7°C ou quando a altitude é maior que 2500 metros, o sistema deve ser desativado pois o resultado do monitoramento pode ser afetado. A UC do motor visando atingir as metas impostas pelo padrão OBDII supervisiona sempre que equipados no veículo os seguintes sistemas: PCV ("*blow-by*"), Válvula Termostática, Catalisador, Controle da Mistura, Ignição (detecção de falhas de combustão), Injeção de Ar Secundário (*AIR*), Recirculação dos Gases de Escape (EGR), Controle das Emissões Evaporativas (EVAP), todos os componentes, sensores e atuadores equipados no veículo que possua relação com as emissões do mesmo, até mesmo a Transmissão Automática pode gerar um defeito que afete as emissões. Por fim, o sistema realiza os testes ativos basicamente acionando os atuadores em condições específicas, o que lhe permite concluir precisamente uma linha de raciocínio acompanhando a mudança do comportamento do sistema que é medida pelos sensores (MANAVELA, 2009).

2.9 Padrão de comunicação OBD III

O Sistema OBDIII é capaz de transmitir os dados do veículo para um servidor tornando possível um monitoramento mais rigoroso por sem em tempo real. É a geração mais recente do sistema OBD que ainda passa por etapas de desenvolvimento, por meio desse sistema é possível que remotamente o fabricante

identifique um veículo que esteja apresentando falhas que impactam nas emissões. Esta versão já existe no mercado e será pouco abordada nesse estudo pois há poucas diferenças se comparado a última geração OBDII, o OBDIII tem da capacidade de trabalhar a conectividade entre os dispositivos, conceito muito discutido para o futuro, onde casa carro e celular de um usuário estão conectados trocando informações. (Tomioka e Souza, 2016)

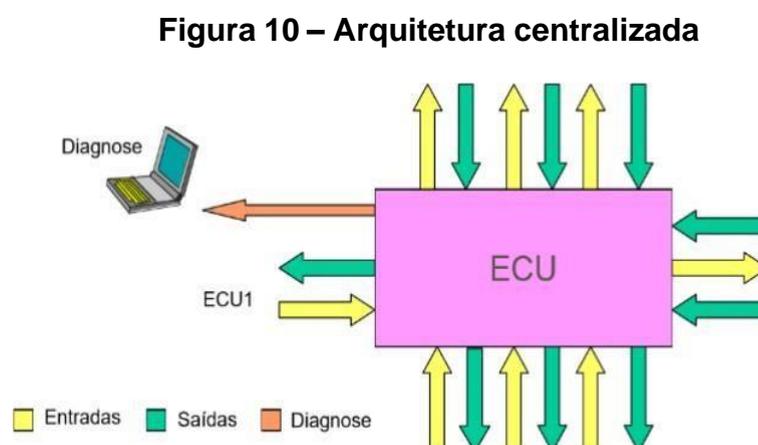
Segundo Tomioka e Souza (2016) o dispositivo é dotado de leitura de dados e é necessário que o veículo da mesma forma de serviço de tráfego de dados esteja vinculado com uma operadora de telefonia para transmissão ou via WIFI. Com a nova tecnologia é necessário o desenvolvimento de um sistema para atualizações de segurança e funcionalidade do sistema.

2.10 Arquitetura Eletrônica Veicular

Sistemas eletroeletrônicos automotivos possuem uma determinada organização de seus elementos que é denominada de arquitetura onde constitui-se de elementos que se conectam entre si como por exemplo sistemas de carga e partida, chicotes elétricos, centrais de comando e sensores e atuadores (JUNIOR,2012).

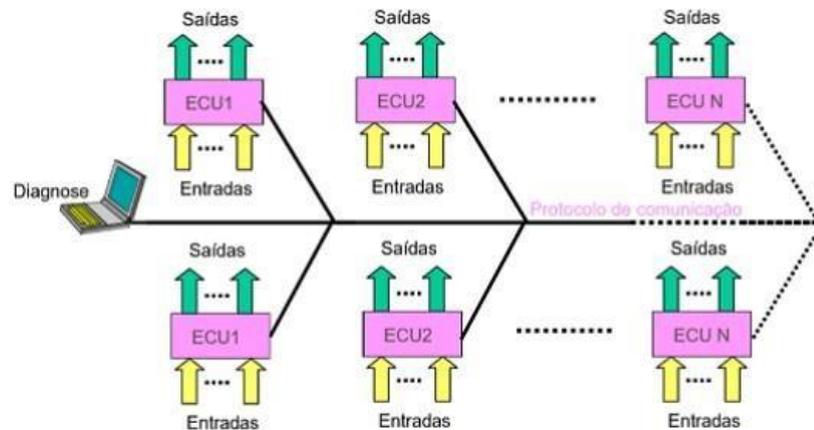
Usualmente há dois tipos de arquiteturas de protocolo único e a de protocolo distinto para a comunicação, que determina basicamente como as ECU's serão interligadas (GUIMARAES,2007).

Segundo Junior (2012) na arquitetura centralizada uma ECU é responsável por controlar atuadores baseado no sinal de sensores através de entradas e saídas respectivamente possuindo uma única linha para a comunicação e diagnóstico conforme ilustrado na Figura 10.



A arquitetura distribuída realiza a comunicação de diversas ECU's através de uma única linha de comunicação para uma função específica como por exemplo diagnóstico de acordo com a Figura 11 (JUNIOR,2012).

11 – Arquitetura distribuída

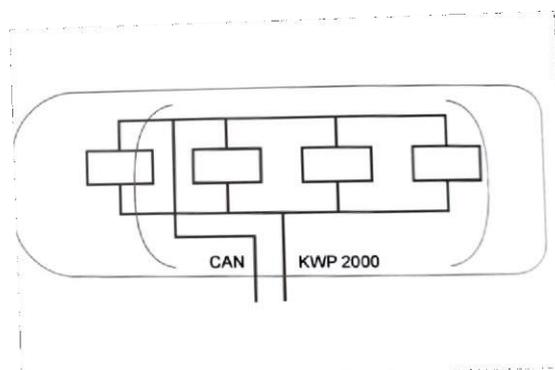


Fonte: Adaptado Santos (2023).

Além das construções mais usuais com a crescente incorporação de módulos eletrônicos nos veículos existe a preocupação com acesso aos barramentos e a proteção dos dados que circulam, visto tal cenário protocolos e arquitetura de protocolo há um específico para acesso ao barramento via gateway (GUIMARÃES,2007).

Guimarães (2007) exemplifica o KWP 2000 que como na Figura 12 proporciona um meio específico de acesso público ao barramento.

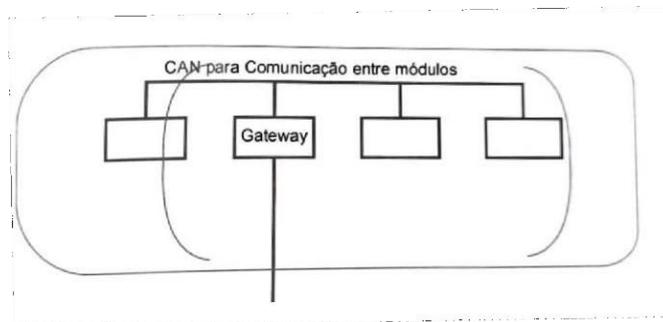
Figura 12 – Exemplo do protocolo KWP 2000



Fonte: Adaptado GUIMARÃES (2007).

Na arquitetura que possui o acesso via Gateway indicado pela Figura 13 possui maior nível de proteção onde é possível acessar o sistema somente pelo Gateway que fica responsável pela comunicação de diagnóstico (GUIMARÃES 2007).

Figura 13 – Acesso ao barramento via Gateway



Fonte: Adaptado GUIMARÃES (2007).

2.11 Protocolos de comunicação

Normas de comunicação automotiva necessitam preencher requisitos para que se obtenha êxito e constância na comunicação as principais organizações responsáveis por desenvolver os padrões são a ISO (*International Organization for Standardization*) e a SAE (*Society of Automotive Engineers*) o Quadro 2 elaborado por Guimarães cita as principais normas utilizadas na diagnose veicular que determinam especificações e regras para barramentos e suas respectivas velocidades (GUIMARÃES,2007).

Quadro 2 – Principais normas de comunicação de diagnóstico

Principais normas					
ISO	11519	11898	14229	14230	15765
SAE	J1708	J1850	J1939	J1979	J2284

Fonte: Adaptado GUIMARÃES,2007

Os protocolos de comunicação são meios definidos pelo modelo OSI de sete camadas que contemplam requisitos para estabelecer a transmissão de dados como por exemplo o tipo de barramento, codificação de sinais e detecção de erros entre outros como descrito por Guimarães (2007) no Quadro 3.

Quadro 3 – Principais protocolos de comunicação

	J1850 Class 2	J1850 SCP	J1850 PCI	ISO 9141	Keyword
Instituição diretamente relacionada	GM	Ford	Chrysler	ISO	ISO
Aplicação principal	Controle e diagnóstico	Controle e diagnóstico	Controle e diagnóstico	Diagnóstico	Diagnóstico
Tipo de barramento	Fio único	Par trançado	Fio único	Fio único	Fio único
Codificação dos sinais	VPW	PWM	VPW	NRZ (Non-Return to Zero)	NRZ (Non-Return to Zero)
Deteção de erros	CRC	CRC	CRC	Paridade	Check SUM
Quantidade de dados	0 - 8 Bytes	0 - 8 Bytes	0 - 10 Bytes	Não disponível na data de submissão deste artigo	0 - 85 Bytes
Taxa de transmissão	10,4 Kbps	41,6 Kbps	10,4 Kbps	10,4 Kbps	5 bps-10,4 Kbps
Comprimento máximo do barramento	35 metros	35 metros	35 metros	Não disponível na data de submissão deste artigo	Não disponível na data de submissão deste artigo
Quantidade máxima de nós na rede	32	32	32	Não disponível na data de submissão deste artigo	10

Fonte: Adaptado GUIMARÃES, 2007

Como complemento das informações nos quadros acima abaixo segue mais informações sobre as camadas do modelo OSI e algumas normas ISO mais utilizadas na diagnose veicular.

Os protocolos de comunicação apresentados acima seguem o padrão OSI de sete camadas e segundo Guimarães (2007) cada uma é definida:

Camada 1 – Camada Física: Responsável pela conexão física dos dispositivos através de chicotes e conectores que são ligados ao barramento.

Camada 2 – Camada de Enlace: Corrige erros e habilita a transmissão de dados dos dispositivos ligados a rede, sincroniza os frames de dados .

Camada 3 – Camada de Rede: Entrega pacotes de dados por meio de roteamento e garante a sua troca entre transmissores e receptores.

Camada 4 – Camada de Transporte: Garante a confiabilidade nas transmissões de dados da camada de rede detectando erros e os controlando.

Camada 5 – Camada de Sessão: Mantem gerencia e finaliza as ligações entre os dispositivos presentes na rede.

Camada 6 – Camada de Apresentação: Responsável por organizar e traduzir os dados que serão enviados a camada de aplicação.

Camada 7 – Camada de Aplicação: Principal canal entre o usuário e o sistema.

Tendo em vista vasta gama de aplicações dos protocolos e normas de comunicação veicular abaixo é apresentado breve complemento das normas utilizadas no diagnóstico de veículos terrestres.

SAE J1850: Conforme Guimarães (2007) a norma ISO J1850 determina requisitos de arbitragem para interface CAN de media velocidade aplicado a veículos terrestres.

ISO 9141: Atribui requisitos para estabelecer a comunicação e troca de informações entre as unidades eletrônicas de comando e *testers* (GUIMARAES,2007).

KMP 2000: De acordo com Santos (2010) o (*Keyword Protocol 2000*) tem como normativa base a ISO 14230 utilizada para diagnose através de *testers* e ECU's auxiliando na determinação de falhas e testes através de serviços solicitados da ferramenta de diagnóstico para a unidade de controle, também possibilita aplicações de interface de gravação de software em ECU's.

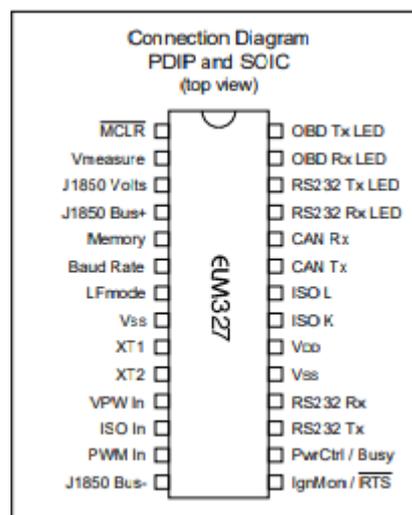
2.12 Circuito integrado ELM 327

Tem como principal *hardware* o PIC18F2480 da Microchip, é um circuito multiprotocolo que torna possível a comunicação com diversos veículos por meio dos protocolos mais comuns como SAE J1850 PWM, SAE J1850 VPW, ISO 9141-2, ISO14230-4, ISO15765-4. É suportado também pelo ELM327 protocolos que possuem uma certa variação na taxa de transferência dos dados como por exemplo o CAN clássico que hoje é limitado a uma taxa de 1Mbps e o CAN estendido que transmite até 8Mbps (ELM *Eletronics* ,2024).

Após ser conectado na tomada padrão OBDII do veículo o circuito integrado ELM327 usará de 2V a 5,5V da tensão elétrica da bateria do veículo para operar, utilizando o padrão de comunicação serial RS-232 (*Recomende Standard 232*) com capacidade de transmitir até 2048 bytes de dados, o ELM327 fará uma verificação de frequência CAN para automaticamente buscar o protocolo de comunicação do veículo (ELM *Eletronics*,2024).

Na Figura 14 pode-se observar a disposição dos pinos do microcontrolador conforme *Datasheet* do fabricante ELM *Eletronics* (2024):

Figura 14 – Pinagem ELM327



Fonte: Adaptado Manual ELM 327(2024).

O microcontrolador ELM327 além da disposição cada pino exerce uma função ou necessita de sinais de entrada para seu funcionamento correto abaixo segue a descrição dos respectivos pinos (ELM *Electronics*,2024).

Pino 1: Utilizado para fazer lógicas baixas e momentâneas, se não for utilizado este pino deverá estar ligado a um nível lógico alto (VDD).

Pino 2: Entrada analógica que mede uma variação de sinal entre 0V e 5V, se não utilizado o mesmo deve ser unido a VSS ou VDD.

Pino 3: Sinal de saída geralmente usados para comandar a fonte de tensão elétrica para J1850 Bus+, o pino irá mandar um sinal de alto nível lógico quando for preciso um 8V de trabalho para o protocolo J1850 VPW e irá enviar um de nível baixo para 5V quando o protocolo for J1850 PWM. Caso a aplicação não exija a comutação esta saída pode ficar em aberto.

Pino 4: Sinal de saída com nível lógico alto normalmente usados para comandar a linha Bus+ J1850 ativa.

Pino 5: Sinal de entrada usado para controle de operações de estado de memória. Em momentos de restauração ou *power-up* a função da memória será revelada, se estiver em um nível lógico baixo então a memória é desativada por omissão, a memória pode ser desativada e ativada através dos comandos AT M1 e AT M0.

Pino 6: Sinal de entrada usado para controle da taxa de transmissão de dados da comunicação RS-232, se durante o *power-up* ou reset o pino 6 estiver em nível lógico alto a taxa é definida para 38400, se estiver em nível lógico baixo a taxa será 9600.

Pino 7: Sinal de entrada que seleciona o modo de alimentação da linha padrão a ser usada após o *power-up* ou ao reiniciar o sistema, se o pino 7 estiver em nível lógico alto as mensagens enviadas serão encerradas com um caractere de alimentação e um retorno, se estiver em nível lógico baixo as linhas serão encerradas apenas por um retorno. É possível mudar esta configuração pelos comandos AT L1 ou AT L0.

Pino 8: Utilizado como VSS o circuito comum deve estar ligado ao pino.

Pino 9 XT1 e pino 10 XT2: o cristal oscilador que trabalha na frequência de 4.000 MHZ é interligado entre estes pinos, ao entrar em *standby* ou operar com baixa potência o oscilador será desligado.

Pino 11: sinal de entrada utilizado para ativar a transmissão dos dados do protocolo J1850 VPW, quando a comunicação entrar em repouso o sinal deve ser de baixo nível lógico.

Pino 12: esta entrada aciona a transmissão de dados dos protocolos ISO 9141 e

ISO 14230, proveniente da Linha K, ao entrar em repouso o sinal deve-se manter em nível lógico alto.

Pino 13: sinal de entrada que aciona os dados transmitidos por PWM J1850. Ao entrar em repouso o estado do pino deve ser nível alto.

Pino 14: Normalmente uma saída de nível lógico elevado é útil para se coordenar a linha BUS J1850, se não utilizada pode-se deixar o circuito em aberto.

Pino 15: possui duas funções, monitor de ignição ou interruptor do processamento OBD para o envio de um novo comando, se o bit 7 ou bit 2 de PP 0E for '1' ele atuará como monitor, se for '0' ele será um interruptor.

Pino 16: utilizado como saída têm duas funções, quando o bit 7 do PP 0E é um '1' que é padrão, o pino vai ser um controle de potência que é determinado pelo bit PP 0E 6, o pino se mantém no estado definido até que o ELM327 comece a operar em baixa potência que é perceptível quando a saída mudar para o outro nível lógico. Quando o bit 7 do PP 0E for '0' o pino 16 será uma saída '*Busy*' que indica que o ELM327 está organizando ativamente um comando, com isso a saída deve estar em nível lógico alto, ao entrar em nível lógico baixo significa que ele está ocioso preparado para receber um comando, logo este pino oferece a função *Power Control*.

Pino 17: transmissor da comunicação RS232, possui compatibilidade com diversos IC (*Integrated Circuit*), esta saída é alta quando ocioso e têm uma unidade de corrente capaz de permitir a interface proceder com um só transistor PNP, se for necessário.

Pino 18: receptor da comunicação RS232, seu nível de sinal possui uma ótima compatibilidade com os IC das interfaces, ao entrar em modo ocioso o seu nível lógico é alto.

Pino 19: pino disponível para ligação de circuitos comuns.

Pino 20: VDD alimentação positiva que deve ser o ponto mais intenso do circuito.

Pino 21 e Pino 22: usados ativamente em nível lógico alto para a coordenação dos barramentos de comunicação ISO 9141 e ISO 14230, diversos veículos recentes não fazem mais exigências do uso da Linha K, podendo então deixar o 22 em aberto.

Pino 23 e Pino 24: transmissor e receptor CAN estão ligados a um IC do transceptor da LATA. Se o pino 24 não for útil para a aplicação ele deve ser ligado ao VDD.

Pino 25: sinal que aciona um LED RX que indica que os dados estão sendo recebidos pelo receptor de RS232.

Pino 26: sinal que ativa um LED TX que sinaliza que os dados estão em transmissão por um transmissor de RS232.

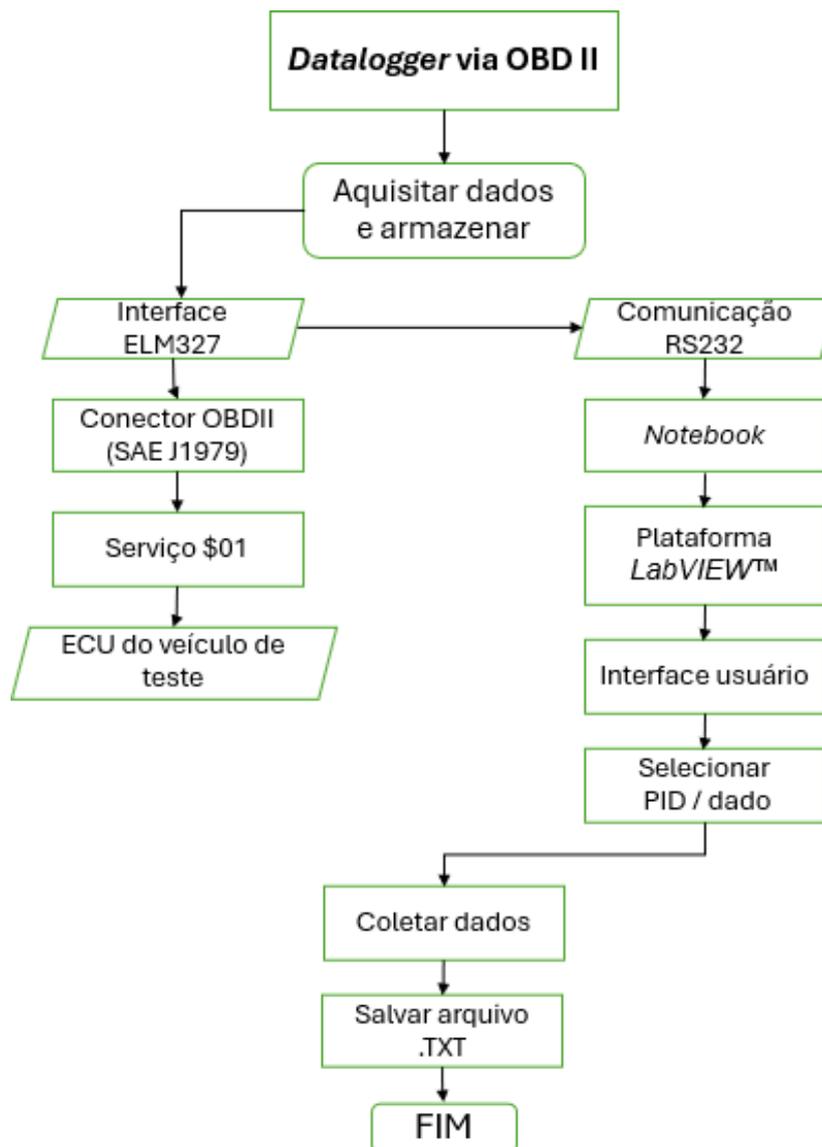
Pino 27: OBD RX LED é o indicador do receptor OBD. Pino 28: OBD TX LED é o indicador do transmissor OBD.

Dos pinos citados acima os quatro últimos, 25, 26, 27 e 28 são saídas comumente de nível lógico alto, comandadas para nível lógico baixo quando o ELM327 está recebendo ou transmitindo dados. Saídas próprias para serem úteis a boa parte dos diodos emissores de luz, quando não utilizadas estas saídas podem ficar em aberto (ELM Eletronics,2024).

3 MATERIAIS E METODOS

Na presente sessão aborda-se os ferramentais utilizados para a construção do Datalogger via LabVIEW™ além dos métodos utilizados para adquirir dados via OBD II como a utilização das normas ISO 9141 Linha K e o padrão SAE J1979, os subtópicos detalham respectivamente os materiais necessários e método utilizado. Segue o fluxograma representado na Figura 15 que detalha a construção dessa ferramenta.

Figura 15 – Fluxograma *Datalogger* via OBD II



3.1 LabVIEW™

LabVIEW™ é um espaço digital de programação visual onde podemos criar programas através de uma linguagem em blocos que possuem suas funções definidas e agrupadas separadamente conforme suas relações lógicas e matemáticas.

Esta plataforma de programação foi desenvolvida pela *National Instruments* com o intuito de possibilitar aos desenvolvedores realizarem códigos focados em medições, aquisições e análise de dados, sistemas de teste e sistemas de controle.

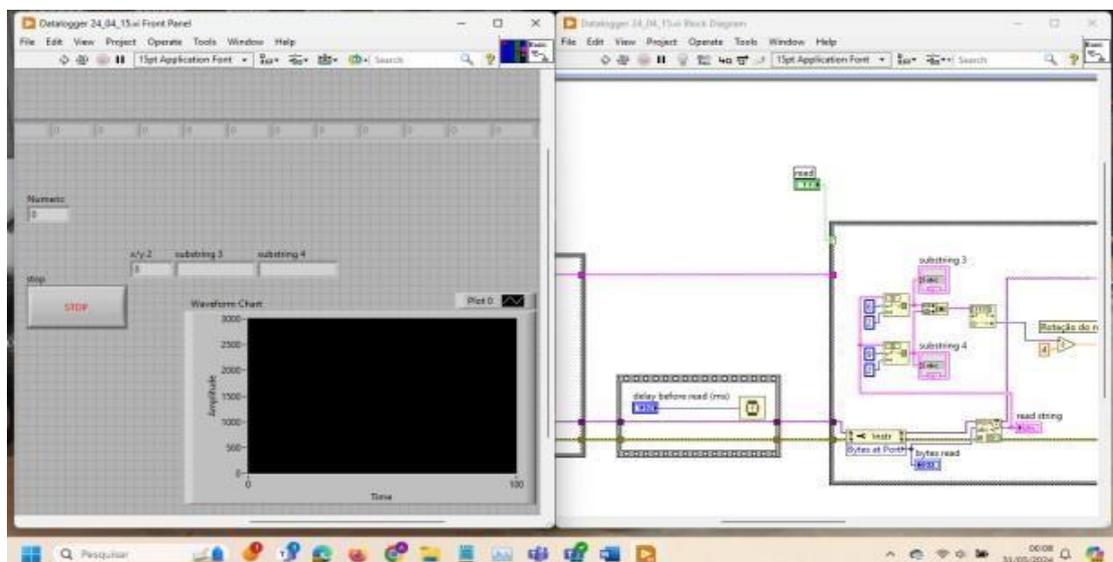
Permitindo assim a conexão com qualquer interface integrada em máquinas, veículos e aeronaves.

Abaixo uma lista de alguns dos muitos benefícios que a plataforma proporciona:

- Independente dos fornecedores de interface o LabVIEW™ se conectará.
- Para controle, testes e monitoramento de dados ele tem sua interface.
- Automatiza os processos
- Diversas funções de análises de engenharias
- Integração com outras linguagens C, Python e .NET
- Suporte técnico e plataforma de treinamentos.

A Figura 16 ilustra um exemplo das funcionalidades da interface do programa:

Figura 16 – Interface LabVIEW™



Fonte: Autores (2024).

Decidimos trabalhar nesta plataforma não só pela sua praticidade, mas também por ser uma ferramenta desenvolvida com o foco também na aquisição de dados que é o alvo do nosso projeto, ela nos possibilitou comunicar com o ELM 327 de forma objetiva, ampliando as possibilidades para futuras atualizações do projeto principalmente com relação à análise dos dados armazenados.

3.2 Comunicação serial RS232

A comunicação RS 232 (*Recommended Standart 232*) consiste em um barramento serial com dois fios para o envio e recebimento de dados denominados de Rx para receptor e Tx para o transmissor, sendo necessário o sincronismo entre os dispositivos (Raveon,2018).

Basicamente os bits são enviados em sequência singular devido a transmissão permitir um *bit* em cada direção. O sincronismo tem como incio o envio de um nível lógico 0 para o *wake-up* da comunicação entre os dispositivos (Raveon,2018).

3.3 ISO – 9141

A norma de comunicação ISO – 9141 tem como característica dois fios que representam a parte física dos dados, linhas K e L (*K-line* e *L-line*) que apontam níveis lógicos pelo valor de tensão atribuído (NETO,2009 apud ALMEIDA e FARIA,2013).

Segundo Guimarães (2007) as linhas consistem:

Linha K:

- Disponibiliza informação em bits de forma serial para *ECU*.
- Pode realizar testes através de comandos enviados por uma ferramenta de diagnóstico.
- Pode ser utilizada para iniciar a comunicação serial entre os dispositivos.

Linha L:

- Linha de comunicação unidirecional do *Tester* para a *ECU*.
- Pode inicializar a comunicação.
- Enviar comandos do testador para a *ECU*.

Para ambas a tensão de alimentação e massa deve ser disponibilizada pelo

conector OBD II ou pelo veículo.

3.3.1 ISO – 9141-2

A continuação da norma especifica requisitos de troca de informações entre as unidades de controle e as ferramentas de diagnóstico visa atender as normas de poluentes EPA (*Environment Protection Agency*) e CARB (*California Air Resources Board*) (AEA,2003)

Mantem-se as características anteriores da linha k e adotando-se uma estratégia de comunicação bidirecional quando disponível no conector J1962 (Figura 9) (AEA,2003).

3.4 Serviços de Diagnóstico

Serviços de diagnóstico define-se como rotinas de execução entre um *Tester* e uma *ECU*, informando ao usuário qual serviço será executado, e a resposta obtida (PEREIRA, 2012 apud ALMEIDA e FARIA, 2013).

3.4.1 Serviço \$01- Requisita informações do *powertrain*- Solicita os parâmetros de leitura do motor

Para executar cada serviço é necessário identificadores denominados de PID (*Parameter Identification*) (BASTOS,2012). Os identificadores apresentam informações específicas do veículo sendo algumas dados obrigatórios e outros opcionais pela norma, além dos PID's específicos conforme o fabricante determina (ALMEIDA E FARIA ,2013).

Segundo Bastos (2012) o Serviço \$01 acessa as informações de funcionamento do motor e transmissão, entradas e saídas. Na construção do *Datalogger* o Serviço \$01 foi pilar para aquisitar os dados enviados pelo veículo e os PID's especificados.

3.5 Materiais

Na construção da ferramenta de aquisição de dados via OBD II *Datalogger* utilizamos alguns materiais como indicado na Figura 17 a interface OBD II ELM 327 via *USB* que além do custo-benefício possui maior estabilidade na transmissão dos dados.

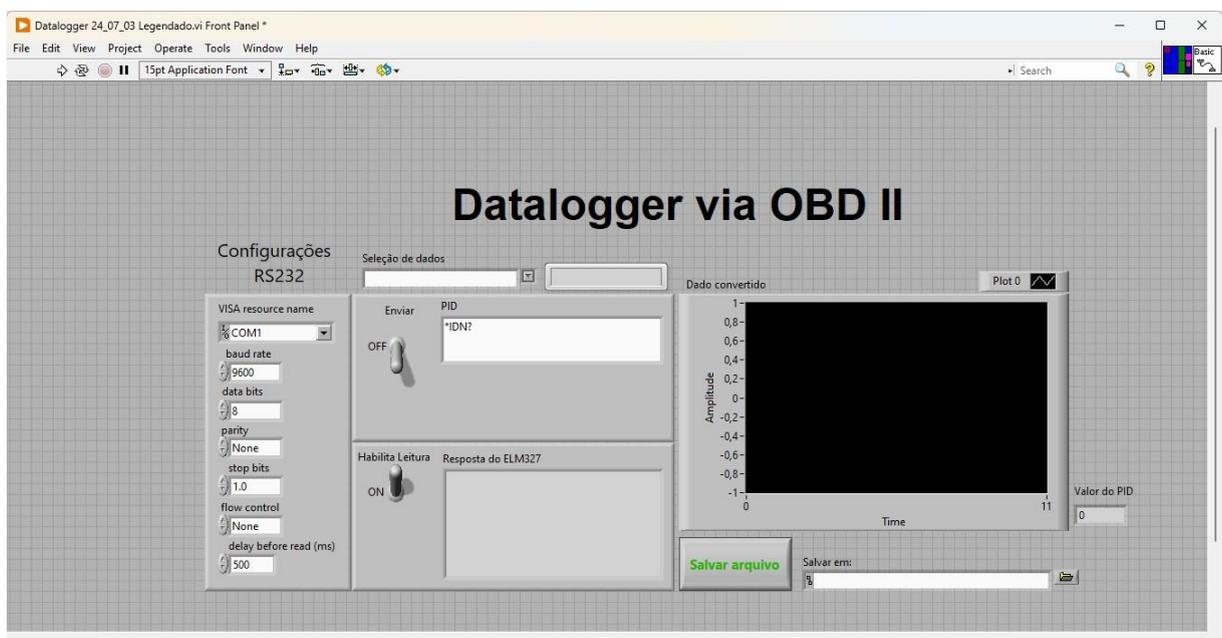
Figura 17 – Interface OBD II



Fonte: Autores (2024).

Para completar a comunicação é necessário um Notebook conforme a Figura 18 visto que as medições são feitas sempre dentro do habitáculo do veículo e seu sistema operacional possui memória não volátil e boa capacidade de armazenamento para salvar os dados lidos.

Figura 18 – Tela do Notebook



Fonte: Autores (2024).

O veículo de teste é intrínseco para a execução do projeto, foi utilizado Volkswagen Gol GV ano 2009 com motor 1.6 e central eletrônica do motor BOSCH MOTRONIC 7.5.30, conforme apresentado na Figura 19.

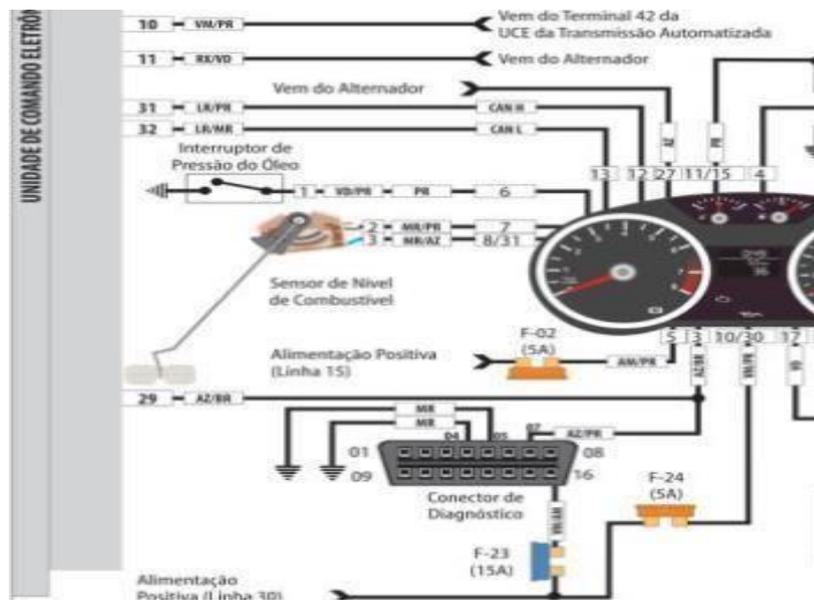
Figura 19 – Veículo de teste



Fonte: Autoes (2024).

O veículo utilizado para teste possui um conector de diagnostico padrão J1962 (OBD II) e linha de comunicação serial ISO 9141 (K-line) pelo pino 7 conforme Figura 20.

Figura 20 – Conector de diagnóstico conforme esquema elétrico.

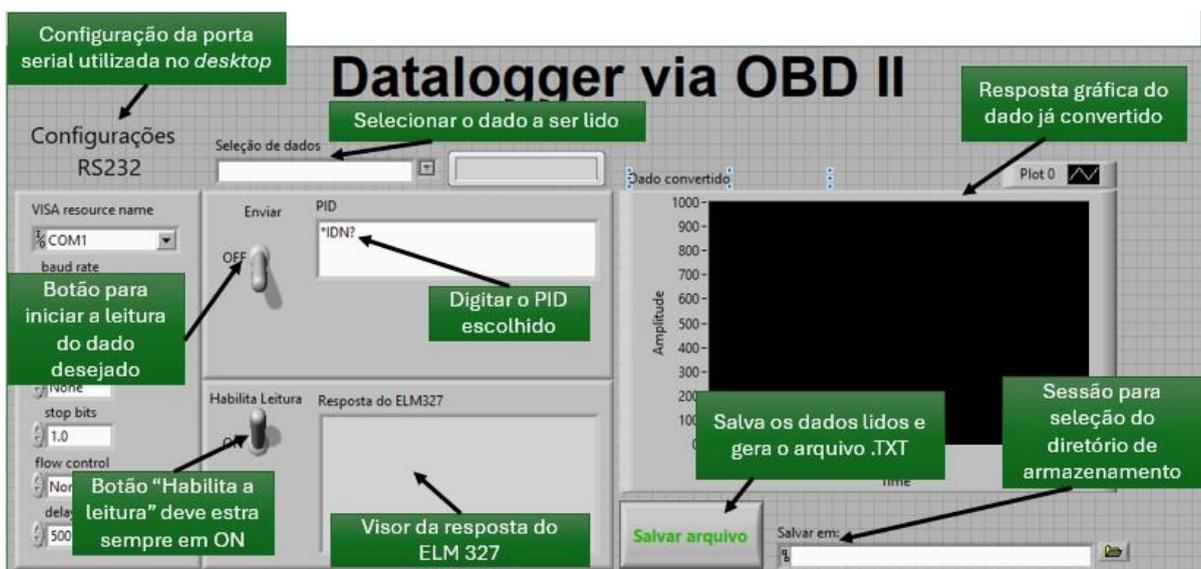


Fonte: Oficina Brasil,2024

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Neste capítulo será explanada a descrição da funcionalidade do *Datalogger* via OBDII, mostrando a visão geral da interface do usuário e a estrutura da programação feita em blocos através do *LabVIEW™* da *National Instruments*, na Figura 21 segue a visão geral da interface do programa e a visão do usuário.

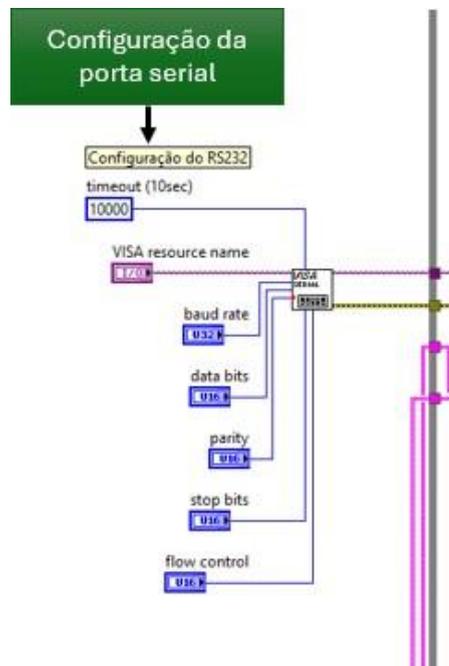
Figura 21 – Apresentação da interface do *Datalogger*.



Fonte: Autores (2024).

Um dos requisitos para o correto funcionamento do *Datalogger* é a configuração do portal serial utilizado, na Figura 22 mostra a configuração dos requisitos da porta serial para estabelecer comunicação com o ELM327 via RS232.

Figura 22 – Configurações da porta serial.



Fonte: Autores (2024).

Em seguida o programa entra em um laço de execução que inicialmente consiste no envio de dados para o ELM327 e após um delay para aguardar o tempo de resposta há uma sessão que recebe os dados solicitados, conforme a Figura 23 é apresentada uma sessão de blocos que compõe a transmissão de dados.

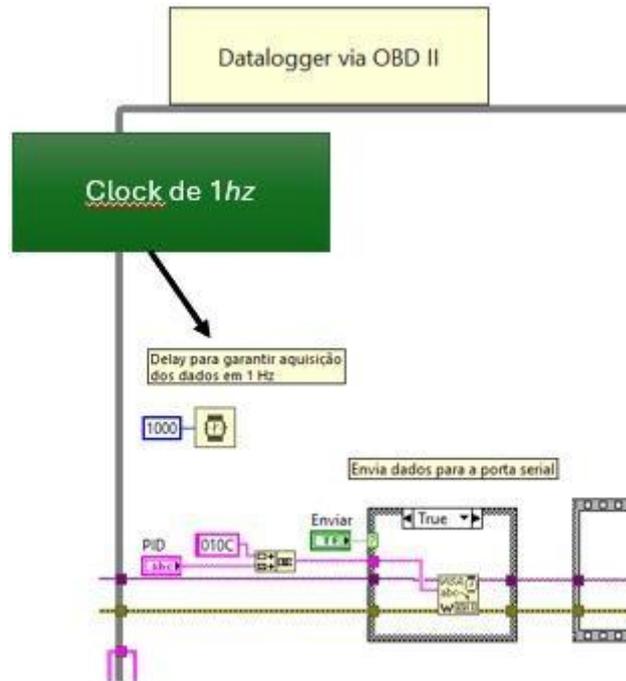
Figura 23 – Transmissão dos dados via ELM327.



Fonte: Autores (2024).

Uma das características dos programas é adquirir dados selecionados a cada 1 segundo isso é possível através de um *clock* de acordo com a Figura 24.

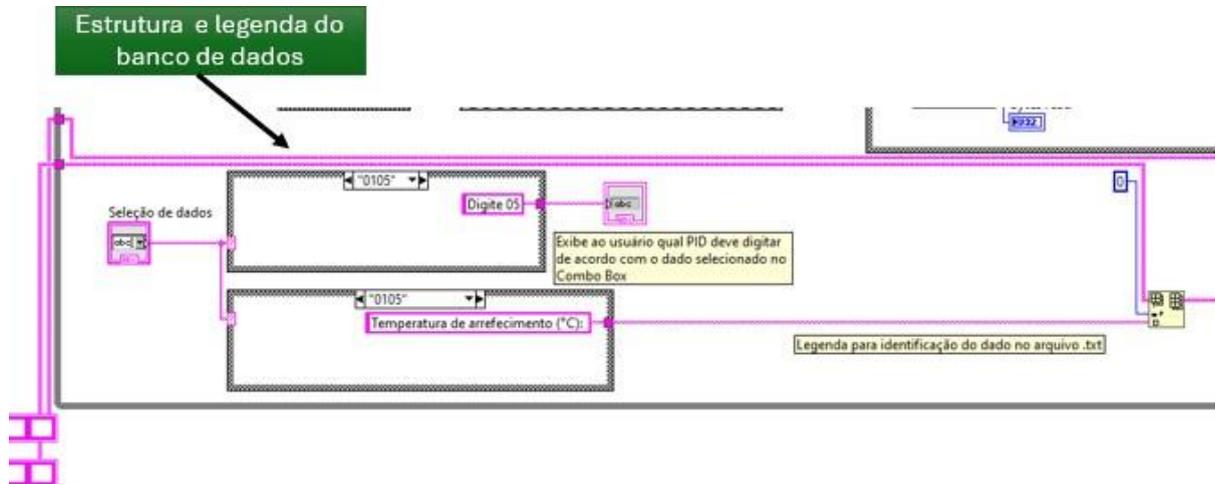
Figura 24 – Clock de 1 Hz para a aquisição de dados.



Fonte: Autores (2024).

Após o recebimento dos dados solicitados a partir do \$serviço 01 o programa possui como requisito a leitura do valor de rotação, e em seguida ocorre o tratamento do outro dado que o usuário deseja fazer a aquisição temos como exemplo na Figura 25 o PID 05 “temperatura do sistema de arrefecimento” que passa por uma sessão de conversão de valores hexadecimal para decimal.

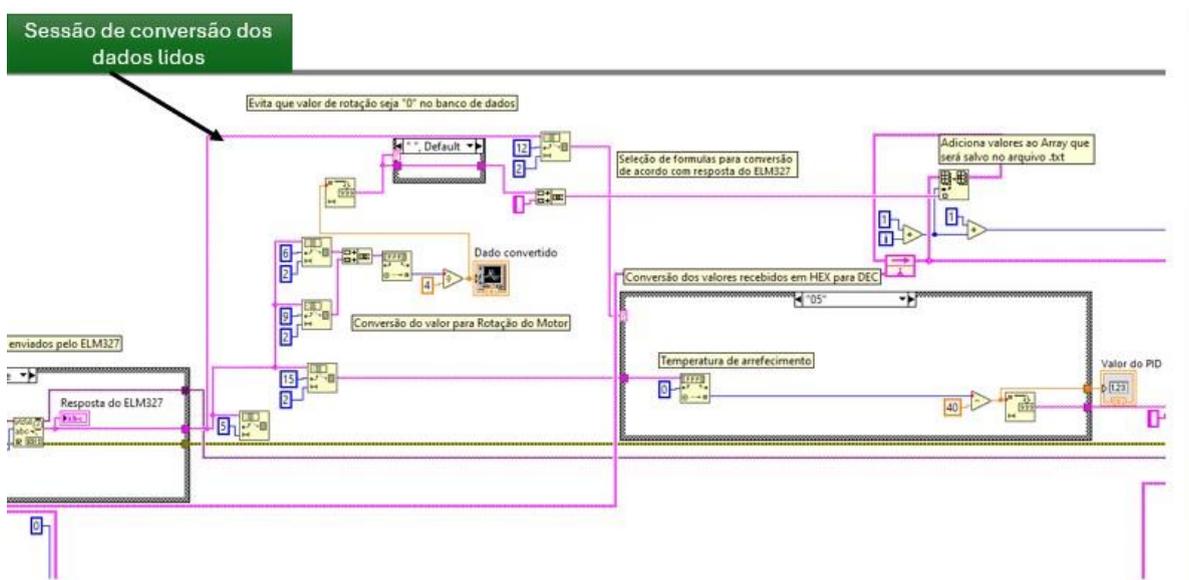
Figura 25 – Conversão dos dados selecionados.



Fonte: Autores (2024).

A seleção do dado ocorre previamente a conversão que é acompanhada pela estrutura do banco de dados e sua legenda e em seguida os valores adquiridos, na Figura 26 é apresentado a estrutura da seleção dos dados além da legenda no arquivo .TXT acompanhado por 2 *strings* que definem a sequência dos dados.

Figura 26 – Estrutura e legenda do banco de dados.

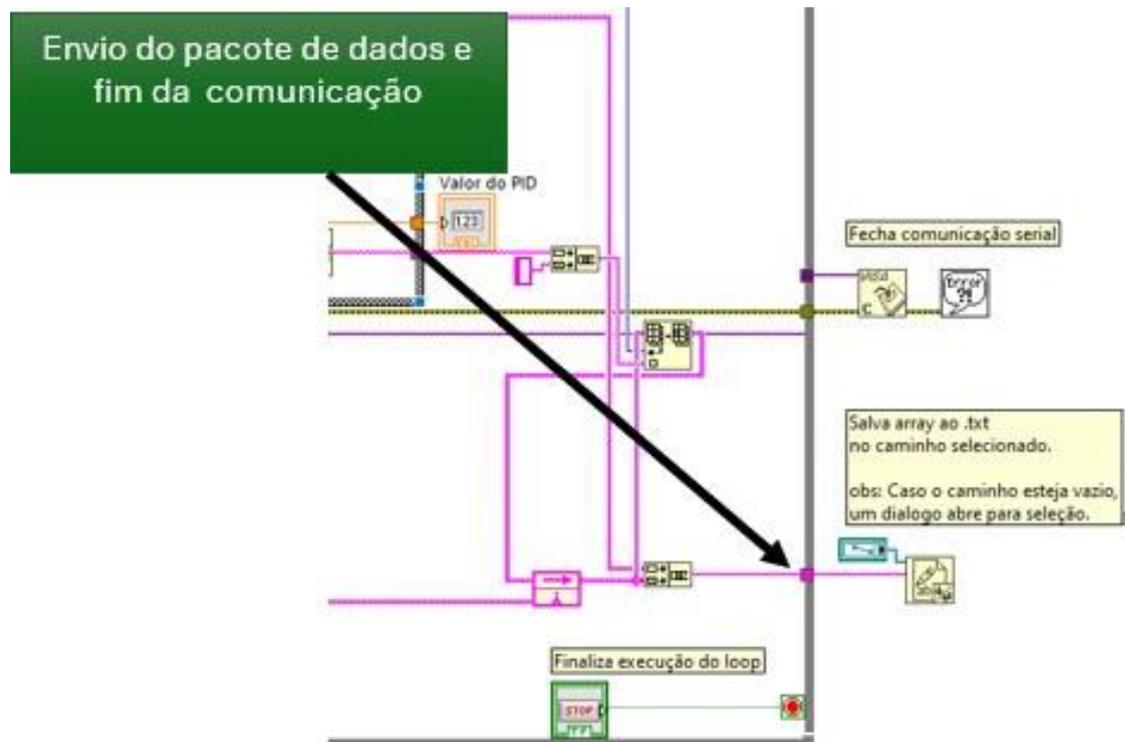


Fonte Autores (2024).

Após a seleção do dado pelo usuário a estruturação do banco de dados o laço

passa para o envio do pacote de dados lidos para o formato .TXT e encerra a comunicação do laço de acordo com a Figura 27.

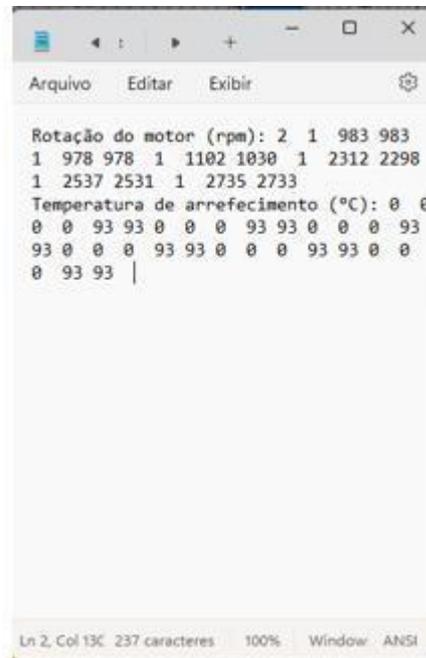
Figura 27 – Envio do conjunto de dados e fim da comunicação serial.



Fonte: Autores,2024

O *Datalogger* permite salvar os dados após a leitura gerando um arquivo do formato .TXT que possui grande versatilidade para utilizar com outros programas e permite tabulação por meio do Excell, na Figura 28 é apresentada uma amostra de leitura de dados do veículo sem formatação.

Figura 28 – Arquivo .TXT.



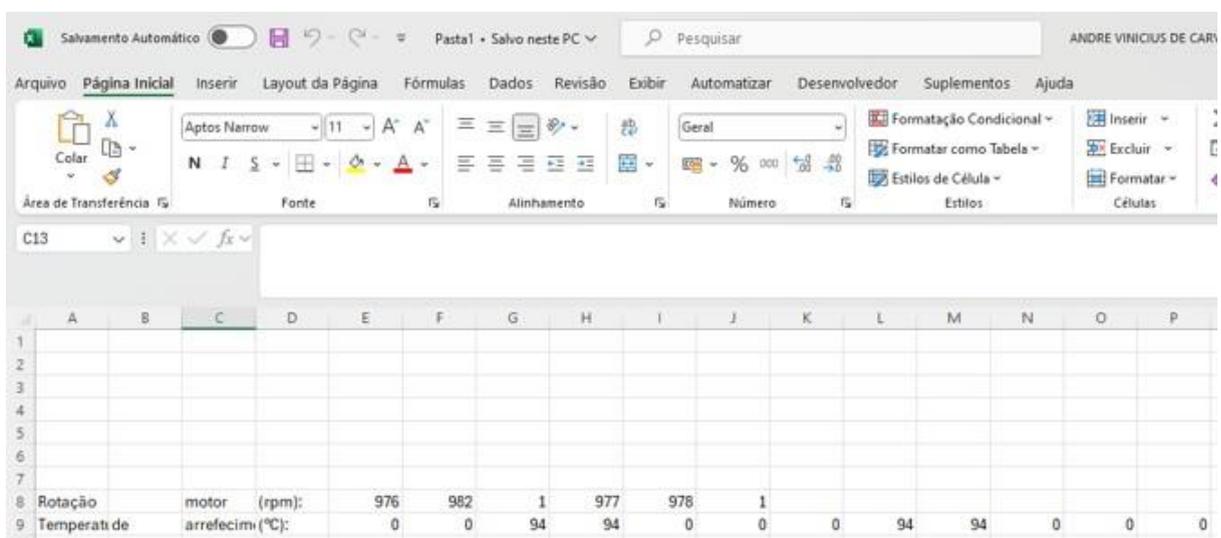
```

Rotação do motor (rpm): 2 1 983 983
1 978 978 1 1102 1030 1 2312 2298
1 2537 2531 1 2735 2733
Temperatura de arrefecimento (°C): 0 0
0 0 93 93 0 0 0 93 93 0 0 0 93
93 0 0 0 93 93 0 0 0 93 93 0 0
0 93 93 |
  
```

Fonte: Autores (2024).

Temos como exemplo de aplicação para estudo dos dados lidos sua utilização no programa Excell como indicado na Figura 29.

Figura 29 – Dados inseridos no Excell.

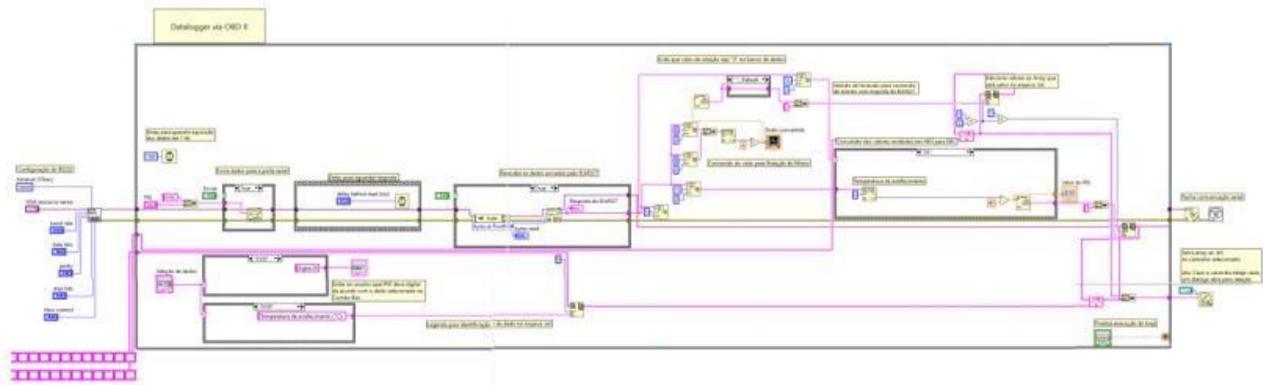


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
8	Rotação	motor	(rpm):		976	982	1	977	978	1						
9	Temperatura de	arrefecimento	(°C):		0	0	94	94	0	0	0	94	94	0	0	0

Fonte: Autores (2024).

A estrutura de programação do *Datalogger* consiste nos blocos definidos, com a estratégia adotada é possível adquirir dados de seleção livre pelo usuário e rotação como mandatórios, a Figura 30 apresenta a visão geral da estrutura em blocos do programa.

Figura 30 – Visão geral do programa.



Fonte: Autores (2024).

5 CONCLUSÃO

Concluimos nesse trabalho que o LabVIEW™ juntamente com o ELM327 possibilitam a construção de uma interface funcional para que o usuário, mesmo com pouco conhecimento técnico, consiga fazer aquisições em tempo real de um veículo que contenha OBD II.

Utilizando o serviço \$01, com conversões padronizadas pela norma ISO15031-5, conseguimos exportar os valores requisitados em formato .TXT, possibilitando a interpretação dos dados de forma mais aberta para o usuário utilizar o software que preferir e ocupando pouco espaço de arquivo, perfeito para utilizar com Pen-Drives e cartões SD.

O armazenamento dos dados em arquivo externo aumenta a confiabilidade do teste e facilita a análise e diagnóstico de um possível problema existente no veículo em testes monitorando as falhas e comportamento do sistema eletrônico do motor.

Propostas Futuras:

- Implementar aquisição de um pacote de PID's e fazer a leitura de forma simultânea, possibilitando o uso para giga de testes.
- Realizar análise com os dados aqisitados do ELM327.

REFERÊNCIAS

AEA, Associação de Engenheiros Automotivos. **V SEMINÁRIO SOBRE A ELETRO-ELETRONICA APLICADO A MOBILIDADE – DIAGNOSE VEICULAR**. São Paulo, 27 junho de 2003. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4302742/mod_resource/content/3/AEA_Diagnose_Veicular.pdf> Acessado em 15 fev. 2024.

ALMEIDA e FARIA, Eduardo Luciano de; Felipe Freitas de. **Scanner OBD-II em plataforma LabVIEW™**, Santo André, 2013. Disponível em <https://fatecspgov.sharepoint.com/sites/TCCDatalogger/Shared%20Documents/General/TC_C232.pdf?CT=1717556410944&OR=ItemsView&wdOrigin=TEAMSFILE.FILEBROWSER.DO_CUMENTLIBRARY> Acesso em 01 ago 2023.

ALTUS. **O que é e para que serve um datalogger. 2024**. Disponível em: <<https://www.altus.com.br/post/397/o-que-e-um-datalogger-e-por-que-voce-deveria-utiliza-lo-em-sua-aplicacao#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20e%20para,a%20uma%20determinada%20posi%C3%A7%C3%A3o%20geogr%C3%A1fica.>> Acessado em 15 Mar. 2024.
ALTUS

ALVES, William Pereira; **Fundamentos de Bancos de Dados**, São Paulo: Erica, 2003.

BASTOS, Eduardo. **Estudo das Diferenças dos Requerimentos das Principais Legislações de On Board Diagnostics para Padronização de Testes de Desenvolvimento e Validação de Transmissão Automática de Automóveis**. São Caetano do Sul - SP. 2012. Disponível em <<https://maua.br/files/monografias/estudo-das-diferencas-dos-requerimentos-das-principais-legislacoes-de-on-board.pdf>> Acessado em 15 abr, 2024.

BOSCH, Robert; **Manual de Tecnologia Automotiva**, São Paulo: Blucher, 2005.

BRUNETTI, Franco; **Motores de Combustão Interna (Volume 1)**, São Paulo: Blucher, 2012.

CÂMARA, Júlio Cesar Chaves; **Monitoramento eletrônico da mistura ar/combustível em motores de combustão interna ciclo otto**, Salvador,2006. Disponível em < <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/23031/1/Monitoramento%20eletr%C3%B4nico%20da%20mistura%20ar%20combust%C3%ADvel%20em%20motores%20de%20combust%C3%A3o%20interna%20ciclo%20otto.pdf> > Acesso em 08 nov.2023

CARVALHO, Marcio Augusto Sampaio de. **Avaliação de um motor de combustão interna ciclo otto utilizando diferentes tipos de combustíveis**, Salvador,2011. Disponível em < <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/18744> > Acesso em 12 nov. 2023.

ELM, Eletronics. **Datasheet ELM 327 v2.3**, 2023. Disponível em < <https://www.elmelectronics.com/obdic.html#ELM327v23> > Acesso em Mar 24 mar. 2024.

GUERRA, Lucas Luchi **ANÁLISE DE EMISSÃO DE GASES HIDROCARBONETOS E MONÓXIDO DE CARBONO NO TRANSPORTE FLORESTAL**, Espirito Santo,2016. Disponível em < https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/tcc_lucas_luchi_guerra.pdf > Acesso em 20 nov. 2023.

GUIMARÃES,Alexandre de Almeida.**Eletronica Embarcada Automotiva**,São Paulo:Érica, 2007.

HIRAI, Edegar Yoshio. **Estudo comparativo das emissões de aldeídos originados pelo veículo à Diesel com o uso de óleo diesel comercial,biodiesel e suas misturas**,São Carlos, 2009.

JUNIOR, Helio Taliani.**Estudo dos protocolos de comunicação das arquiteturas eletroeletronicas automotivas, com foco nas suas características e respectivas aplicações, visando direcionamento para o uso adequado e customizado em cada categoria de veiculo**,São Caetano do Sul, 2012

LabVIEW™ Manual, National Instrumets,2021

MANAVELLA , Humberto José. **Controle Integrado de Motor**, Rio de Janeiro: Fundação Biblioteca Nacional, 2003.

MANAVELLA , Humberto José. **Diagnóstico Automotivo Avançado**, Rio de Janeiro: Fundação Biblioteca Nacional, 2009.

MANAVELLA , Humberto José. **Emissões Automotivas: Sistemas de Controle Diagnóstico**, Rio de Janeiro: Fundação Biblioteca Nacional. 2012.

Notas de aula do Profº Adriano Ribolla – Disciplina: Motores II.2023

Notas de aula do Profº Glaucio Santos – Disciplina: Redes de Comunicação.2023

Notas de aula do Profº Orlando Salvo Junior – Disciplina: Diagnose veicular.2023

Raveon, Techonlgies Corp,**Technical Brief AN236**. 2018. Disponível <
<https://fatecspgov.sharepoint.com/sites/TCCDataLogger/Shared%20Documents/General/TC232.pdf?CT=1717556410944&OR=ItemsView&wdOrigin=TEAMSFILE.FILEBROWSER.DOCUMENTLIBRARY>> Acesso em 20 mai. 2024

SZWARCFITER, Lila. **OPÇÕES PARA O APRIMORAMENTO DO CONTROLE DE EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS POR VEÍCULOS LEVES NO BRASIL: UMA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PROGRAMAS DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO E DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA**,

Rio de Janeiro,2004.Disponível em <
https://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Lila_Szwarcfiter.pdf> Acesso em 12 dez. 2023

TOMIOKA,Jorge; SOUZA,Marcelo Pires de. **OBDIII: Tendências e Perpectivas**.

Disponível em

<<https://pdf.blucher.com.br/engineeringproceedings/simea2016/PAP74.pdf> >.Acesso em: 28 mar. 2024.