

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

José Ferreira de Mattos Neto

Giovanni Bianchi

Wagner Fuentes Léo

**SISTEMA DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE
PARA TESTE DE RODAGEM PARA MOTOCICLETAS**

Santo André
2020

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

José Ferreira de Mattos Neto

Giovanni Bianchi

Wagner Fuentes Léo

**SISTEMA DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE
PARA TESTE DE RODAGEM PARA MOTOCICLETAS**

Trabalho de Conclusão de Curso entregue à Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Orientador: Prof. Orlando de Salvo Junior

Santo André
2020

José Ferreira de Mattos Neto

Giovanni Bianchi

Wagner Fuentes Léo

**SISTEMA DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE
PARA TESTE DE RODAGEM PARA MOTOCICLETAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a FATEC SANTO ANDRÉ como requisito parcial à obtenção de título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

BANCA EXAMINADORA

Local: Fatec Santo André

Horário: 17:30

Data: 17/07/2020

Prof. Dr. Orlando de Salvo Junior
Presidente da Banca
Fatec Santo André

Prof. Me. Cleber Willians
Primeiro membro da Banca
Fatec Santo André

Prof. Fernando Garup Dalbo
Segundo Membro da Banca
Fatec Santo André

M444s

Mattos Neto, José Ferreira de
Sistema de medição de velocidade para teste de rodagem para motocicletas / José Ferreira de Mattos Neto, Giovanni Bianchi, Wagner Fuentes Léo. - Santo André, 2020. 94f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2020.

Orientador: Prof. Orlando de Salvo Junior

1. Eletrônica. 2. Motocicletas. 3. Medição de velocidade. 4. Emissão de poluentes. 5. Desenvolvimento. 6. Tecnologia embarcada. 7. Inspeção. 9. Controle. 10. Manutenção. 11. Legislação. I. Bianchi, Giovanni. II. Léo, Fuentes Wagner. III. Sistema de medição de velocidade para teste de rodagem para motocicletas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente à Deus, aos nossos familiares e aos professores da Fatec Santo André, pelas forças que nos deu para nunca desistir dos nossos sonhos, pela paciência e dedicação em nos ensinar e transmitir o conhecimento.

O nosso orientador, Professor Orlando de Salvo Junior, por dar o total apoio, orientar e dirigir nossas pesquisas e desenvolvimento.

Ao Professor Fernando Garup Dalbo, por dar opinião, sempre estar disposto a ajudar no que foi necessário e sempre auxiliando nas pesquisas.

E todos os professores da instituição de ensino FATEC Santo André por contribuírem de alguma forma para a conclusão do nosso trabalho, pois sem eles seria muito difícil de termos chegados ao fim desta jornada com esses amplos conhecimentos que adquirimos durante esses anos nessa instituição de ensino.

RESUMO

A legislação para o controle de emissões veiculares está ficando cada vez mais rigorosa, ajustando a tolerância para novos produtos e intensificando a inspeção e controle da manutenção de veículos em circulação para que não excedam os limites máximos determinados. No atual cenário mundial como citado acima não só os utilizadores finais estão sendo forçados a melhorar os níveis de emissões em seus veículos, zelando pela manutenção do produto, mas, e principalmente as montadoras são desafiadas a melhorar suas tecnologias embarcadas e processos produtivos de forma a atender as metas propostas de emissões, bem como certificar-se de sua eficiência ao longo do ciclo de vida do mesmo com a aplicação de métodos de diagnóstico avançados em ambiente de laboratórios e em ciclos reais de condução. A aquisição de dados reais da eficiência dos produtos devem atender especificações rígidas e detalhadas cumprindo a necessidade de confiabilidade e recorrência, sendo desta forma vital o desenvolvimento de tecnologias de inspeção que acompanhem os avanços observados para a execução de programas de controle e desenvolvimento de produtos, com este objetivo procuramos desenvolver um conjunto de medição de velocidade para aplicação em testes de rodagem em ciclos reais para aplicação em motocicletas, confiável, adequadamente dimensionado e competitivo economicamente.

Palavras-chave: Eletrônica. Motocicletas. Medição de velocidade. Emissão de poluentes. Desenvolvimento. Tecnologia embarcada. Inspeção. Controle. Manutenção. Legislação.

ABSTRACT

Legislation for the control of vehicle emissions is becoming increasingly strict, adjusting the tolerance for new products and intensifying inspection and control of the maintenance of vehicles in circulation so that they do not exceed the maximum limits determined. In the current world scenario as mentioned above, not only end users are being forced to improve the levels of emissions in their vehicles, ensuring the maintenance of the product, but, and mainly, the automakers are challenged to improve their embedded technologies and production processes in order to meet the proposed emission targets, as well as ensure their efficiency throughout the life cycle of the same with the application of advanced diagnostic methods in the laboratory environment and in real driving cycles. The acquisition of real data on the efficiency of the products currently employed must meet rigid and detailed specifications, fulfilling the need for reliability and recurrence, being therefore vital the development of inspection technologies that follow the advances observed for the execution of control programs and products development, with this objective we seek to develop a set of speed measurement for application in rolling tests in real cycle for application in motorcycles, reliable, adequately sized and economically competitive.

Keywords: Electronics. Motorcycles. Speed measurement. Pollutant emission. Development. Embedded technology. Inspection. Control. Maintenance. Legislation.

Lista de Figuras

Figura 1 - Adaptadores do Sistema OBD I.....	22
Figura 2 – Padronização do cabo e do Plug no Sistema OBD II.....	22
Figura 3 – Pinagem do Conector padronizado no sistema OBD II	24
Figura 4 – Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento (LIM).....	25
Figura 5 – Padrão Brasil/USA – Ciclo FTP-75.....	28
Figura 6 – Padrão Europeu – Ciclo ESC.....	29
Figura 7 – Padrão Europeu – Ciclo transitório ETC	29
Figura 8 – Padrão Europeu – Ciclo de condução Urbana NEDC.....	30
Figura 9 – Padrão USA – Ciclo de teste de economia em estrada HWFET.....	30
Figura 10 – Laboratório de emissões: dinamômetro de bancada	36
Figura 11 – Ensaios de emissões de poluentes em laboratório	36
Figura 12 – Sistema de Medição Portátil de Emissões (PEMS)	37
Figura 13 – Módulo ECOSTAR – Processamento de dados.....	37
Figura 14 – Módulo ECOSTAR em uso	37
Figura 15 – Primeiro PEMS comercial	38
Figura 16 – Teste PEMS em máquinas móveis não rodoviárias	44
Figura 17 – Aplicação com mini-PEMS	45
Figura 18 – Visão geral esquemática do PEMS	46
Figura 19 – Sistema de medição mini-PEMS desenvolvido pela MAHA-AIP.....	46
Figura 20 – WMTC drive cycle	47
Figura 21 – Controle de emissões	49
Figura 22 – Processo de sensoriamento	50
Figura 23 – Esquema de funcionamento do sensor indutivo.....	51
Figura 24 – PIC 18F4550.....	52
Figura 25 – Diagrama de Pinagem do PIC 18F4550.....	53
Figura 26 – Funcionalidade do LabVIEW	55
Figura 27 – Sensor de Velocidade de Rotação / Óptico / Sem Contado	57
Figura 28 – Sensor de Velocidade de Rotação / Magneto-Resistivo / Sem Contato.....	57
Figura 29 – Sensor de Velocidade de Rotação / Efeito Hall / Sem Contato	58
Figura 30 – Sensor de Velocidade de Rotação / Indutivo / Sem Contato	58
Figura 31 - Sinal de tensão de saída de um sensor indutivo.....	58
Figura 32 - Alojamento do pinhão	59
Figura 33 – Sensor de Velocidade Indutivo	59
Figura 34 – Circuito Condicionador do sensor de relutância variável	60
Figura 35 - Conversão de sinal senoidal em sinal retangular.....	60

Figura 36 – Layout Placa CPU Acadêmica FATEC Santo André	61
Figura 37 – Fluxo do Projeto.....	64
Figura 38 – Diagrama em Bloco do Fluxo do Projeto	65
Figura 39 – Diagrama de pesquisas do projeto	66
Figura 40 – Sensor de Velocidade Automotivo	67
Figura 41 - Princípio de funcionamento do sensor de velocidade de roda.....	68
Figura 42 – Mock-Up para desenvolvimento do protótipo	69
Figura 43 - Circuito condicionador do sensor de relutância variável.....	70
Figura 44 – Oscilograma característico do LM1815.....	71
Figura 45 – Diagrama de pinos PIC 18F4550.....	73
Figura 46 – Diagrama Bloco de Comunicação	73
Figura 47 – Gerenciamento de Dados Técnicos.....	74
Figura 48 – Representação Simplificada do Modelo Base LabVIEW	75
Figura 49 - Sinal do sensor indutivo em função da velocidade.....	76
Figura 50 – Mock-Up para desenvolvimento do suporte do sensor.....	77
Figura 51 – Suporte modelo para o Sensor Indutivo.....	78
Figura 52 – Alojamento do Pinhão CB 500	78
Figura 53 – Diagrama em Bloco PIC 18F4550.....	79
Figura 54 – Placa ECU FATEC	80
Figura 55 – Ferramentas de Controle e de Funções LabVIEW.....	81
Figura 56 – Diagrama em Blocos da programação em LabVIEW.....	82
Figura 57 – Tipos de Dados com LabVIEW	82
Figura 58 – Painel Frontal LabVIEW	83
Figura 59 – Sensor de Velocidade da Roda Dianteira Yamaha YZF-R1	85

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Limites atualizados para emissões de gases por automóveis e motocicletas.....	27
Tabela 2 – Estimativa da frota circulante em 2018	33
Tabela 3 – Limites máximos de emissões de gases estabelecidos durante as fases	40
Tabela 4 – Especificações de um sensor de velocidade de rodas automotivo.....	68
Tabela 5 – Principais características elétricas do CI – LM1815	70

Lista de Quadros

Quadro 1 – Características comparativas dos sistemas OBD I e OBD II	23
Quadro 2 – Descrição da funcionalidade dos pinos do conector OBD II	24
Quadro 3 - Limites máximos de emissões para motocicletas e similares estabelecidos por fases	35
Quadro 4 – Linha do Tempo de Conformidades e Recall da EPA.....	42
Quadro 5 – Histórico dos Testes PEMS no Joint Research Center (JRC)	44
Quadro 6 – Resumo do dispositivo PIC 18F4550.....	72

Lista de Equações

Equação 1 - Cálculo da Velocidade Angular do Eixo do Pinhão.....	61
Equação 2 – Cálculo da Velocidade Angular da Roda	62
Equação 3 – Cálculo da Velocidade Tangencial da Roda.....	62
Equação 4 – Velocidade para mudança de marcha em aceleração $v1 \rightarrow 2$	63
Equação 5 – Velocidade para mudança de marcha em aceleração $v_i \rightarrow i+1$	63
Equação 6 – Cálculo da largura do pulso do LM 1815	71

Lista de Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEA	Associação Brasileira de Engenharia Automotiva
CAA	<i>Clear Air Act</i>
CAN	<i>Controller Area Network</i>
CAP	<i>Compliance Assurance Program</i>
CARB	<i>California Air Resources Board</i>
CATI	<i>Clean Air Technologies International Inc.</i>
CCP	<i>Compare, Capture, PWM</i>
CCPR	<i>Compare, Capture, PWM Register</i>
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CLP	Controlador Lógico Programável
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CPU	<i>Central Process Unit</i>
ECE	<i>Economic Commission for Europe</i>
ECU	<i>Electronic Control Unit</i>
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read Only Memory</i>
EGR	<i>Exhaust Gas Recirculation</i>
ELR	<i>European Load Response</i>
EOBD	<i>European On Board Diagnostic</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
ESC	<i>European Stationary Cycle</i>
ETC	<i>European Transient Cycle</i>
EUDC	<i>Extra Urban Driving Cycle</i>
FTP	<i>Federal Test Procedure</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HC	Hidrocarboneto
HDDE	<i>Heavy Duty Diesel Engine</i>
HDE	<i>Heavy Duty Engine</i>
HDV	<i>Heavy Duty Vehicle</i>
HWFET	<i>Highway Fuel Economy Test Cycle</i>
I ² C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICCT	<i>International Council on Clean Transportation</i>
IHM	<i>Interface Homem Máquina</i>
ISC	<i>In Service Conformity</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JRC	<i>Joint Research Center</i>

KMH	<i>Kaohsiung Driving Cycle</i>
LCM	Licença para Uso da Configuração
LDV	<i>Light Duty Vehicle</i>
LIM	Luz Indicadora de Mau Funcionamento (MIL em inglês)
LIN	<i>Local Interconnect Network</i>
MCI	Motor de Combustão Interna
MP	Material Particulado
MSSP	<i>Master Synchronous Serial Port</i>
NEDC	<i>New European Driving Cycle</i>
NI	<i>National Instruments</i>
NMEA	<i>National Marine Eletronics Association</i>
NMHC	Gases Hidrocarboneto não Metano
NO _x	Óxido de Nitrogênio
NTE	<i>Not-To-Exceed</i>
OBD	<i>On Board Diagnostic</i>
OBD I	<i>On Board Diagnostic I</i>
OBDBr	<i>On Board Diagnostic Brasil</i>
OBDII	<i>On Board Diagnostic II</i>
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
ONU	Organização da Nações Unidas
PC	<i>Personal Computer</i>
PEMS	<i>Portable Emissions Measurement System</i>
PIC	<i>Programmable Interface Controller</i>
PLL	<i>Phase Locked Loop</i>
PN-PEMS	<i>Particle Number Portable Emissions Measurement System</i>
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição de Emissões Veiculares
PROMOT	Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RDE	<i>Real Driving Emissions</i>
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computer</i>
ROVER	<i>Real-Time On-Road Vehicle Emissions Reporter</i>
RSD	<i>Remote Sensing Device</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
SEA	<i>Strategic Environmental Assessment</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SPP	<i>Streaming Parallel Port</i>
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>
TDMS	<i>Techincal Data Management Streaming</i>
TG2	Trabalho de Graduação 2
TMR	<i>Timer</i>
TNO	<i>Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek</i>
TU Graz	<i>Techische Universtät Graz</i>
UDC	<i>Urban Driving Cycle</i>
UNECE	<i>United Nations Economic Commission for Europe</i>

USART	<i>Universal Synchronous Receiver Transmitter</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
V2X	<i>Vehicle-to-Infrastructure Communication</i>
WLTP	<i>Worldwide Light-Duty Vehicles Test Procedure</i>
WMTC	<i>Worldwide Motorcycle Test Cycle</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Motivação	17
1.2	Objetivos	18
1.3	Justificativa	19
1.4	Organizações do Trabalho	20
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	21
2.1	Sistema OBD	21
2.1.1	Vantagem do OBD II	22
2.1.2	Diferença entre OBD I e OBD II	23
2.1.3	Luz de Sinalização de Anomalia no Motor.....	24
2.1.4	Reparo do Motor com Sistema OBD	25
2.1.5	Inspeção do Veículo com Sistema OBD.....	26
2.1.6	Futuras Evoluções	26
2.1.7	OBDBr	26
2.2	Medição Portátil de Emissões - PEMS	27
2.2.1	PROMOT – Controle da Poluição do Ar por Motocicletas	31
2.2.2	Primeira Aplicação do PEMS	41
2.3	Tecnologias para Aquisição e Tratamento de Dados.....	49
2.3.1	Aquisição de Dados por Sensores.....	50
2.3.2	Condicionamento de Sinais com Microcontrolador.....	52
2.3.3	Depuração dos Dados com LabVIEW	55
3	MATERIAIS e MÉTODOS.....	57
3.1	Elemento Sensor	57
3.2	Circuito condicionador do Sinal	59
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	66

4.1	Procedimentos Iniciais	66
4.1.1	Sensor Indutivo com Imã Permanente	67
4.1.2	Circuito Condicionador	69
4.1.3	Microcontrolador PIC 18F4550	71
4.1.4	Plataforma LabVIEW	74
4.2	Testes Finais.....	75
5	CONCLUSÃO	84

1 INTRODUÇÃO

A indústria automotiva está em constante crescimento tecnológico, lançando novos sistemas e aperfeiçoando sistemas já integrados para melhorar a eficiência dos veículos automotores e reduzir suas emissões de gases.

Além de uma forma concreta de competitividade no mercado, trata-se de uma exigência das legislações dos países, investindo na preservação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida de seus habitantes.

O número crescente das frotas veiculares e a precariedade da manutenção destes veículos provocaram o crescente acúmulo de gases poluentes na atmosfera, de maior ou menor toxicidade, porém de impactos relevantes no meio ambiente e na saúde de forma geral de seus sistemas biológicos. Esta problemática levou à elaboração de programas para controle e desenvolvimento de tecnologias para a redução das emissões de poluentes e para a inspeção dos veículos novos e em circulação, até mesmo de uma matriz energética mais eficiente para a redução dos impactos causados ao meio ambiente.

O desafio demonstrou a necessidade de um trabalho conjunto dos órgãos públicos, montadoras e fabricantes, reparadores e a sociedade em geral, para pesquisa e análise de dados, desenvolvimento de novas soluções, além da monitoração dos resultados.

1.1 Motivação

Com base nos modelos aprovados para o desenvolvimento e controle dos produtos e processos já atendidos e entendendo que as participações da frota de motocicletas no mercado brasileiro e mesmo mundiais representam uma importante parcela significativa na massa de gases poluentes emitidos, entendemos a relevância da pesquisa e desenvolvimento de tecnologias com o objetivo de atender os procedimentos para controle e desenvolvimento das mesmas.

Como coletar e processar informações deste veículo apresentou um desafio, já que o padrão *On Board Diagnostics II* (OBDII) é adotado por regulamentação por diversos fabricantes, porém há os que ainda optam por sistemas personalizados, portanto próprios de seus produtos. A aplicação do *Portable Emissions Measurement System* (PEMS) deve estar sob as orientações do *Real Driving Emissions* (RDE), que determina a validação do percurso de teste por aquisição correta de parâmetros considerados mandatórios como, por exemplo, valores

limites da composição da viagem, dinâmica da viagem, ganho de elevação. A velocidade do veículo deve ser por isto capturada em duplicata exemplificando pelo *Global Positioning System* (GPS), também pela *Eletronic Control Unit* (ECU) e na ausência de um destes por um sensor individual indutivo ou de outro princípio.

Desta forma o desenvolvimento da aquisição, tratamento análise e controle de parâmetros como velocidade do veículo e do motor, temperatura de operação, valores de emissões entre outros necessitam de pesquisa de soluções práticas e eficientes de hardwares e softwares.

1.2 Objetivos

Como objetivo, procuramos desenvolver um conjunto de medição de velocidade para aplicação em testes de rodagem em ciclos reais para aplicação em motocicletas, confiável, adequadamente dimensionado e competitivo economicamente.

O objetivo deste trabalho é realizar o a captação, tratamento para adequação do sinal coletado, registro e disponibilizar a informação da velocidade da motocicleta, permitindo seu uso em sistema informatizado para composição de registros compostos úteis no diagnóstico dos parâmetros de rodagem durante a fase de medição de emissões em ciclo real de condução.

Neste projeto abordaremos a aquisição e tratamento do parâmetro velocidade para uso em sistema de diagnóstico portátil de motocicletas em ciclo real de condução.

Para atingir este objetivo foi definida uma série de etapas descritas a seguir para compreensão e desenvolvimento do protótipo prático adequado.

Etapas do projeto:

- Pesquisa e estudo de soluções aplicadas no mercado para hardware (sensores, processadores, etc.);
- Pesquisa e estudo de soluções aplicadas no mercado para software (plataformas, linguagens, etc.);
- Seleção do tipo de sensor e do processador a ser utilizado (hardware, captador);
- Seleção do software a ser utilizado;
- Desenvolvimento de um protótipo para:
 - ✓ Aquisição, tratamento e condução do sinal (hardware, layout);
 - ✓ Transmissão e disponibilização do sinal obtido, com aplicabilidade na máxima amostragem de veículos atuais e que possa ser integrada a um sistema PEMS,

portanto compromissado com a versatilidade e transportabilidade do método além da segurança e confiabilidade dos dados capturados por software e viabilidade de desenvolvimento comercial.

- Observação dos resultados obtidos revendo distorções observadas para utilização mais adequada à aplicação desejada, corrigindo eventuais desvios de funcionalidade.
- Definição do circuito e plataforma adequados para o tratamento e a transmissão do sinal obtido.
- Execução da instalação, desenvolvendo o circuito de condicionamento integrado ao sensor, o tratamento do sinal, o software para registro e processamento de dados.

1.3 Justificativa

O sistema OBDII, *European On-Board Diagnostics* (EOBD) e OBDBr, utilizados nas indústrias automotivas de forma padronizada, adquirem, tratam e fornecem importantes parâmetros para diagnóstico de sistemas eletrônicos embarcados, possibilitando ainda a análise e desenvolvimento de tecnologias mais eficazes no tratamento de eficiência e controle de emissões dos veículos leves, comerciais, pesados urbanos e rodoviários, entretanto não são adotados pela maioria dos fabricantes de motocicletas.

O *scanner* é o equipamento utilizado para acessar o diagnóstico executado pelas diversas centrais eletrônicas, entre elas a central do motor, produzindo velocidade em reparos e parâmetros de funcionamento do motor para análise. Este equipamento popularizou-se com a evolução da tecnologia veicular, principalmente quando a partir da década de 80 o sistema *On Board Diagnostic* (OBD) foi inicialmente aplicado em veículos da *General Motors* (POSADA e BANDIVADEKAR, 2015).

A padronização OBD surgiu com o objetivo de disponibilizar informações importantes de maneira normatizada para realizar o diagnóstico de componentes em situação de falha, visando à manutenção. Conforme Seedam et al. (2015), Machado e Oliveira (s.d.) e He e Jin (2017), o desenvolvimento de procedimentos de avaliação da segurança, eficiência e emissões tem sido alvo frequentemente de fabricantes e órgãos ambientais ou governamentais.

Com o sistema OBDII, definido nos serviços de diagnóstico relacionados a emissões pela norma *Society of Automotive Engineers* (SAE) J1979, desenvolvido e adotado de forma quase global, adotado no Brasil a partir de 2007, no padrão da segunda geração em 2010 conforme disposto pela *International Organization for Standardization* (ISO) 15031, segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA, 2011), a

princípio seria uma tendência sua integração em motocicletas, entretanto que não se confirmou completamente, sendo utilizados sistemas independentes de diagnóstico por diversos fabricantes.

Além deste inconveniente da falta de padronização dos sistemas, os testes de laboratório visando à homologação de produtos demonstraram não refletirem absolutamente o desempenho em condições reais de uso (SEEDAM et al., 2015)

1.4 Organizações do Trabalho

Este projeto está dividido em seis Capítulos.

1º Capítulo apresenta uma breve introdução ao tema, com o objetivo e motivações, justificativas e a metodologia sobre a escolha do tema.

2º Capítulo apresenta a base teórica sobre os sistemas OBD e PEMS, relatando seu funcionamento, os equipamentos utilizados para fazer a medição dos gases, tipos e categorias, leis, também serão mostrados o sensor indutivo utilizado inicialmente para capturar a velocidade da motocicleta junto com um programa desenvolvido em LabVIEW, e principalmente passando informações técnicas para ter um melhor entendimento do que serão divulgados nos capítulos posteriores.

3º Capítulo apresenta o desenvolvimento do trabalho na parte prática, onde estão divulgados os testes feitos, os equipamentos utilizados nesse projeto e relatado os resultados encontrados, através de tabelas, gráficos e outros métodos adequados e pertinentes.

4º Capítulo apresenta Resultados e Discussões da execução deste projeto.

5º Capítulo apresenta as conclusões desse projeto, relatando os prós e contras, se o projeto é viável ou não e se atingiu as expectativas esperadas.

6º Referências bibliográficas.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A pesquisa e estudo dos parâmetros de controle de emissões de poluentes em veículos automotores, das particularidades do diagnóstico com o sistema PEMS aplicado em motocicletas e da legislação aplicada em controle e inspeção de veículos para redução de emissões de gases poluentes, definiram as necessidades para o desenvolvimento correto deste trabalho.














Inicialmente uma breve abordagem sobre o que vem a ser o sistema OBD, e qual é a sua importância nos veículos, depois uma compreensão do que vem a ser o PEMS, é porque é tão importante para os testes de rodagem.

Posteriormente a descrição do sensor, do micro controlador e da plataforma de programação LabVIEW, com suas características, funções e sua aplicação, para um melhor entendimento do leitor.

2.1 Sistema OBD

Conforme Júlian (2014), o início do desenvolvimento do OBD I, Figura 1, foi na Califórnia em 1966, pois nesta época a qualidade vida da população estava diminuindo devido à grande quantidade de gases poluentes emitidos pelos veículos então em forma desesperada o governo local criou um protocolo estabelecendo limites máximos de gases nocivos emitidos pelos veículos, fazendo assim com que as montadoras obrigatoriamente desenvolvem-se novas tecnologias que ajudassem a controlar estes gases. Ainda Júlian (2014), explica que o resultado foi tão satisfatório que o mesmo protocolo foi estendido para resto do país em 1968, devido à grande proporção tiveram que criar uma agência responsável por toda parte de regulamentação e inspeções de gases dos veículos, e assim nasceu a agencia de proteção ambiental em 1970 *Environmental Protection Agency (EPA)*.

Figura 1 - Adaptadores do Sistema OBD I

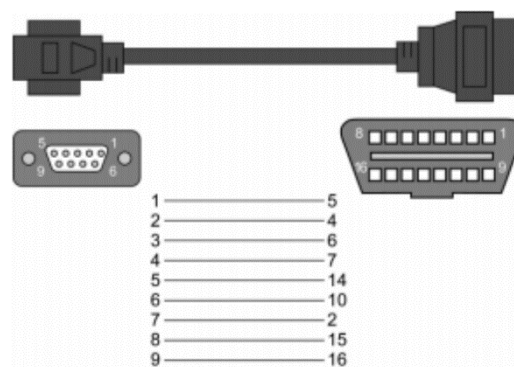
	3.02.03.191 CABO ADAPTADOR FIAT 3PIN		
	3.02.03.192 CABO ADAPTADOR GM 10PIN		3.02.03.199 CABO ADAPTADOR BMW 20PIN
	3.02.03.194 CABO ADAPTADOR GM 12PIN		3.02.03.201 CABO ADAPTADOR HYU KIA 20PIN
	3.02.03.195 CABO ADAPTADOR FORD VW 7PIN		3.02.03.203 CABO ADAPTADOR FORD VW 3PIN
	3.02.03.196 CABO ADAPTADOR RENAULT 12PIN		3.02.03.206 CABO ADAPTADOR HONDA 3PIN
	3.02.03.197 CABO ADAPTADOR PSA 2PIN		3.02.03.207 CABO ADAPTADOR HYU_MIT 12PIN
	3.02.03.198 CABO ADAPTADOR PSA 3PIN		3.02.03.216 CABO ADAPTADOR TOY_LEX 17PIN

Fonte: Alfatest – Tabela Kaptor (2015).

2.1.1 Vantagem do OBD II

Então 1996, segundo Machado e Oliveira (2007), e Silva (2017), foram feitas atualizações do sistema que passou a ser denominado OBD II, houve à padronização do conector, como pode ser visto na Figura 2, e do local onde seria instalado para possibilitar a conexão como sendo no painel central do veículo dentro do habitáculo do mesmo em uma região central ou próximo ao condutor do veículo com fácil acesso, porém protegido.

Figura 2 – Padronização do cabo e do Plug no Sistema OBD II



Fonte: Instituto Superior de Engenharia do Porto (2007).

Outra padronização que houve foi a dos códigos de erros segundo Machado e Oliveira (2007), por exemplo, quando ocorre uma anomalia no sensor de oxigênio, esta seria interpretada pela ECU do veículo e exibida no painel do veículo para o condutor ou inspetor uma sinalização

de falha, o código significativo referente a anomalia acontecida pelo sensor pode ser consultado por meio de equipamento ligado ao conector de diagnóstico, isso facilitaria a localização do problema (*COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA*, 2018).

- Redução dos gases poluentes emitidos pelos veículos;
 - Maior controle sobre o veículo, consumo e ignição;
 - Melhorar a qualidade de vida da população principalmente na região urbana devido à grande quantidade de concentração de veículos.
 - Ajuda a preservação da fauna e da flora.
 - Próprio veículo facilitando a comunicação com seu condutor;
 - Diminuição de problemas causadores de doenças respiratórias
- (*INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO*, 2007).

2.1.2 Diferença entre OBD I e OBD II

Em 1970, conforme Machado e Oliveira (2007) com a criação da *Environmental Protection Agency* (EPA), um maior controle dos veículos passa a serem exigidos, tornando-se padrão novos parâmetros que deveriam ser medidos, Quadro 1.

Quadro 1 – Características comparativas dos sistemas OBD I e OBD II

OBD I	OBD II
Sensor de Oxigênio	Sensor de Oxigênio
Sistema <i>Exhaust Gas Recirculation</i> (EGR)	Sistema EGR
Sistema de Combustível	Sistema de Combustível
Componentes Elétricos	Componentes Elétricos
Sistemas Eletrônicos	Sistemas Eletrônicos
Informação de Diagnóstico	Informação de Diagnóstico
Código de Erros	Código de Erros
	Eficiência do Catalisador
	Aquecimento do Catalisador
	Sistema de controle de Evaporação
	Sistema de Ar Secundário
	Parâmetros do Motor
	Memorização de Avarias
	Estandarização das ligações

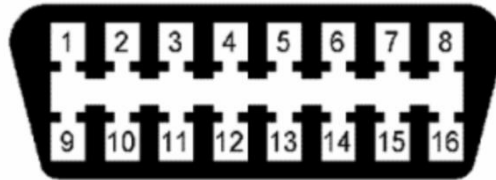
Fonte: adaptado de O Sistema OBD - Instituto Superior de Engenharia do Porto (2007).

Com a determinação de valores mais rígidos os construtores passaram a buscar novos sistemas e equipamentos de forma a atenderem a nova legislação. A *Society of Automotive Engineers* (SAE), em 1988, conforme Machado e Oliveira (2007), emitiu então uma regulamentação sobre os sistemas de controle, padronizando-os, Figura 3, de forma a controlar

o impulso de enorme diversidade que se observava entre os sistemas dos fabricantes e seus produtos, Quadro 2.

Pinagem do conector padronizado Figura 3, onde:

Figura 3 – Pinagem do Conector padronizado no sistema OBD II



Fonte: *Comisión Nacional Para El Uso Eficiente de la Energía* (2018).

Quadro 2 – Descrição da funcionalidade dos pinos do conector OBD II

Fabricante;																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Positivo (SAE-J1850);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Chassis (Aterramento);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Sinal de Aterramento;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante.</td> </tr> </table> </td></tr></table></td></tr></table>								<i>Bus</i> Positivo (SAE-J1850);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Chassis (Aterramento);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Sinal de Aterramento;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante.</td> </tr> </table> </td></tr></table>								Fabricante;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Chassis (Aterramento);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Sinal de Aterramento;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Chassis (Aterramento);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Sinal de Aterramento;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Sinal de Aterramento;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Fabricante;								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante.</td> </tr> </table>								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Voltagem da Bateria;								Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);								<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);								Fabricante;								Fabricante;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Fabricante;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table>								Fabricante;								<i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);								Fabricante.							
<i>Bus</i> Positivo (SAE-J1850);																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Chassis (Aterramento);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Sinal de Aterramento;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante.</td> </tr> </table> </td></tr></table>								Fabricante;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Chassis (Aterramento);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Sinal de Aterramento;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Chassis (Aterramento);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Sinal de Aterramento;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Sinal de Aterramento;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Fabricante;								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante.</td> </tr> </table>								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Voltagem da Bateria;								Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);								<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);								Fabricante;								Fabricante;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Fabricante;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table>								Fabricante;								<i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);								Fabricante.																							
Fabricante;																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Chassis (Aterramento);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Sinal de Aterramento;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Chassis (Aterramento);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Sinal de Aterramento;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Sinal de Aterramento;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Fabricante;																																																																																																																																																																							
Chassis (Aterramento);																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Sinal de Aterramento;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Sinal de Aterramento;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Fabricante;																																																																																																																																																																																							
Sinal de Aterramento;																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Fabricante;																																																																																																																																																																																																							
<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Fabricante;																																																																																																																																																																																																																							
Linha K (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Fabricante;																																																																																																																																																																																																																																							
Fabricante;																																																																																																																																																																																																																																															
1	2	3	4	5	6	7	8																																																																																																																																																																																																																																								
9	10	11	12	13	14	15	16																																																																																																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante.</td> </tr> </table>								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Voltagem da Bateria;								Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);								<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);								Fabricante;								Fabricante;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Fabricante;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table>								Fabricante;								<i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);								Fabricante.																																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Voltagem da Bateria;								Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);								<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);								Fabricante;																																																																																																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Voltagem da Bateria;</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> </table>								Voltagem da Bateria;								Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);								<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);								Fabricante;																																																																																																																																																																																																															
Voltagem da Bateria;																																																																																																																																																																																																																																															
Linha L (ISO 9141-2 e ISO 14230-4);																																																																																																																																																																																																																																															
<i>CAN High</i> (ISO 15765-4 e SAE-J2234);																																																																																																																																																																																																																																															
Fabricante;																																																																																																																																																																																																																																															
Fabricante;																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>								Fabricante;								<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table>								Fabricante;								<i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);																																																																																																																																																																																																															
Fabricante;																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="8">Fabricante;</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);</td> </tr> </table>								Fabricante;								<i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);																																																																																																																																																																																																																															
Fabricante;																																																																																																																																																																																																																																															
<i>Bus</i> Negativo (SAE-J1850);																																																																																																																																																																																																																																															
Fabricante.																																																																																																																																																																																																																																															

Fonte: adaptado de *Comisión Nacional Para El Uso Eficiente de la Energía* (2018).

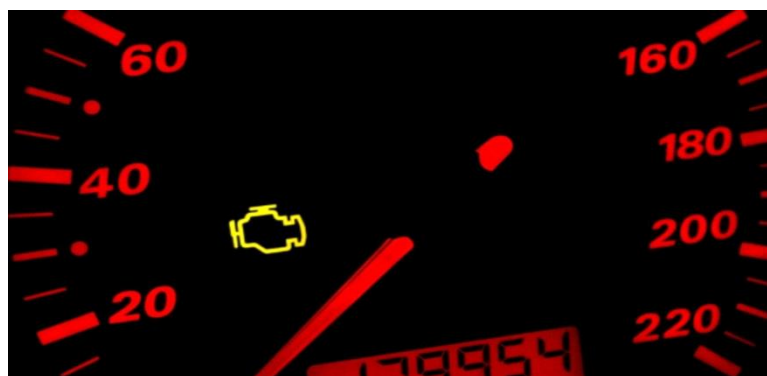
2.1.3 Luz de Sinalização de Anomalia no Motor

Conforme Machado e Oliveira (2007), após a atualização para OBD II foi implantada a Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento (LIM) no painel do veículo, permitindo ao

condutor detectar uma falha do motor, Figura 4. Ainda segundo os mesmos existem 03 tipos de diferentes de acionamento da lâmpada, tais como:

- Pode ficar intermitente em uma pequena fração de tempo que significa que teve uma anomalia momentânea, mas o sistema do motor acabou corrigindo ou a anomalia deixou de existir.
- Pode ficar acesa continuamente que significa que tem um problema de emissões, ou seja, ou veículo não está dentro dos limites pré-estabelecidos.
- Pode ficar intermitente constantemente significa que o motor apresenta uma anomalia muito severa que o veículo deve ser parado imediato, pois isso demonstra um perigo na integridade do veículo e segurança do condutor.

Figura 4 – Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento (LIM)



Fonte: Razão Automóvel (2006).

2.1.4 Reparo do Motor com Sistema OBD

Para fazer uma inspeção completa no sistema OBD, adaptado de Machado e Oliveira (2007), necessita que;

- A ignição seja mantida desligada por uma pequena fração de tempo;
- Localizar no painel central do veículo o plug de encaixe do conector;
- Conectar o aparelho de diagnóstico no veículo;
- Verificar se a LIM está acesa no painel o que pode indicar defeito na conexão;
- Virar a ignição do veículo sem dar partida, até que o equipamento de diagnóstico comunique com veículo;
- Verificar se a ligação está correta;

- Analisar no equipamento o motivo da ocorrência;
- Fazer a respectiva manutenção;
- Limpar a memória de avaria do veículo;
- Desligar o equipamento de diagnóstico;
- Dar partida no motor e certificar se a LIM está apagada.

2.1.5 Inspeção do Veículo com Sistema OBD

Para realizar uma inspeção em veículo equipado com o sistema OBD, certificando-se da funcionalidade do mesmo, conforme Machado e Oliveira (2007) há um procedimento a seguir:

- Teste frio certificar-se que luz de arrefecimento está entre temperatura permitida (06°C até 50° C);
- Deixar o veículo ligado por um determinado tempo, com ar-condicionado ligado e desembaçador traseiro ligado;
- Acelerar o veículo até que atinja 88 km/h;
- Manter a velocidade constante em 88 km/h por um determinado tempo;
- Desacelerar o veículo até que atinja uma velocidade 32 km/h sem encostar-se a nenhum pedal do veículo;
- Acelerar novamente com pedal na posição de $\frac{3}{4}$ de curso até que o veículo atinge entre 88 km/h e 96 km /h;
- Manter esta velocidade por um determinado tempo;
- Desacelerar o veículo até que atinja a velocidade 0 km /h sem frear o veículo evitando com que o veículo não venha desligar

(INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO, 2007).

2.1.6 Futuras Evoluções

Com leis mais rigorosas a tendência que não exista mais veículos com combustão interna, porém até então, com as exigências aumentando, a tecnologia continua evoluindo e adaptando-se para atendimento as legislações (WILLIAN GOMES, 2019).

2.1.7 OBDBr

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA, 2011), a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o OBDBr I foi introduzido no Brasil entre os anos de 2007 até 2009, com um planejamento de integração ao mercado determinando que em 2007, 40% da frota nacional e importados possuíssem este sistema, já em 2008 a porcentagem atingiria 70% contando com carros nacionais e importados e por fim em 2009 com 100% da frota já equipado com este sistema. Com base ao mercado mundial o sistema de OBDBr I já aproveitou a atualização do OBD II, ou seja, já foi introduzido com a padronização do *Plug* de comunicação e do modelo de protocolo, conforme o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA, 2016). Já o OBDBr II entrou em vigor de 2010 até 2011 aplicado para todos os veículos nacionais e importados sendo que 2010 cerca de 60% da frota já havia passado pela atualização e em 2011, 100% da frota trabalha com o sistema, nesta atualização teve a introdução de um segundo sensor de oxigênio sendo um antes do catalisador e outro após e a diminuição dos limites máximos de emissão de gases poluentes, Tabela 1 (IBAMA, 2016).

Tabela 1 – Limites atualizados para emissões de gases por automóveis e motocicletas

Emissões	Un.	Automóveis	Motocicletas
Monóxido de Carbono (CO)	g/km	1,30	2,0
Hidrocarbonetos (HC)	g/km	0,30	0,25
Hidrocarbonetos não Metanos (NMHC)	g/km	0,05	-
Óxido de Nitrogênio (NOx)	g/km	0,08	0,17
Aldeídos (RCHO)	g/km	0,02	-
Evaporativa	g/teste	1,5/2,0	1,0

Fonte: IBAMA (2016).

2.2 Medição Portátil de Emissões - PEMS

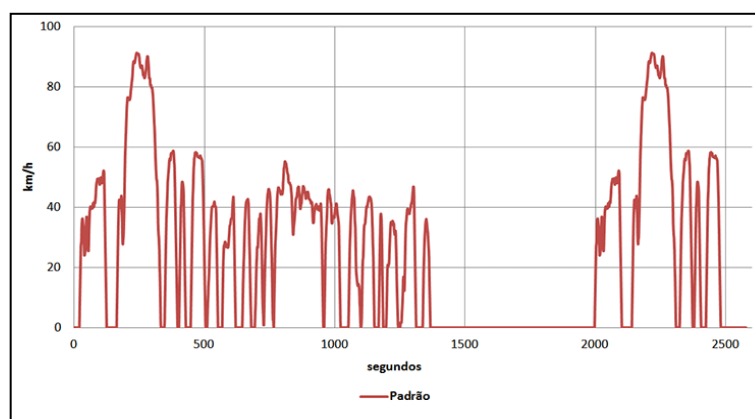
Segundo o IBAMA (2017), em sua publicação sobre o Programa de Controle de Emissões Veiculares (PROCONVE), o controle de emissões de gases por veículos automotores tornou-se um tópico essencial com o aumento da frota de veículos e sua concentração em grandes centros urbanos, impactando no tráfego, na concentração dos gases de emissão veiculares, na degradação do meio ambiente por ruído e gases, nos custos socioeconômicos e na saúde humana.

Em afirmação, Vojtsek-Lorn (2016), estima que morra na Europa cerca de 400.000 pessoas prematuramente por efeitos de emissões veiculares contra cerca de 39.000 mortes causados por acidentes de trânsito.

Os métodos aplicados no Brasil para homologação dos veículos automotores atualmente, com o objetivo de validar entre outros requisitos os níveis de emissões de gases poluentes como o óxido de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), hidrocarbonetos (HC), e materiais particulados (MP), aplicam para esta etapa diversos ciclos de condução normalizados (CETESB, 2016).

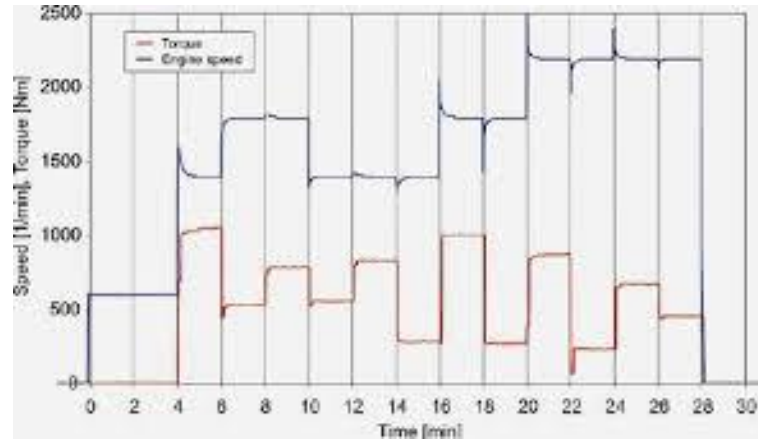
É adotado no Brasil o *Federal Test Procedure* (FTP) 75, Figura 5, padronizado pela EPA, conforme Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 7024 como procedimento para veículos e comerciais leves, e o *European Stationary Cycle* (ESC), Figura 6, e *European Transient Cycle* (ETC), Figura 7, são os testes padronizados para motores e veículos pesados, sendo o ciclo de teste *European Load Response* (ELR) em dinamômetro de veículos pesados conforme Norma ABNT NBR 15634 (Ciclos de Conduções) padronizados e com medições precisas que pressupõe uma proximidade satisfatória com o uso destes veículos em condições reais e a garantia de reincidência dos procedimentos adotados (CETESB, 2016).

Figura 5 – Padrão Brasil/USA – Ciclo FTP-75



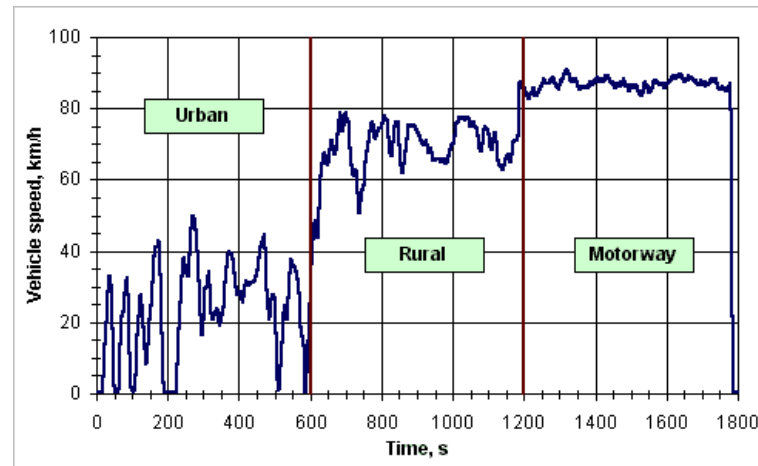
Fonte: Best Car (2017).

Figura 6 – Padrão Europeu – Ciclo ESC



Fonte: Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA) (2015).

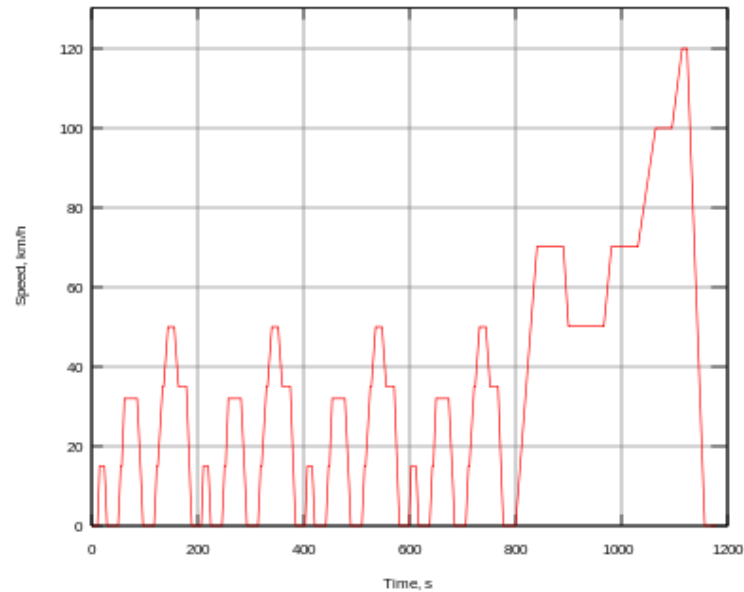
Figura 7 – Padrão Europeu – Ciclo transitório ETC



Fonte: DieselNet (2017).

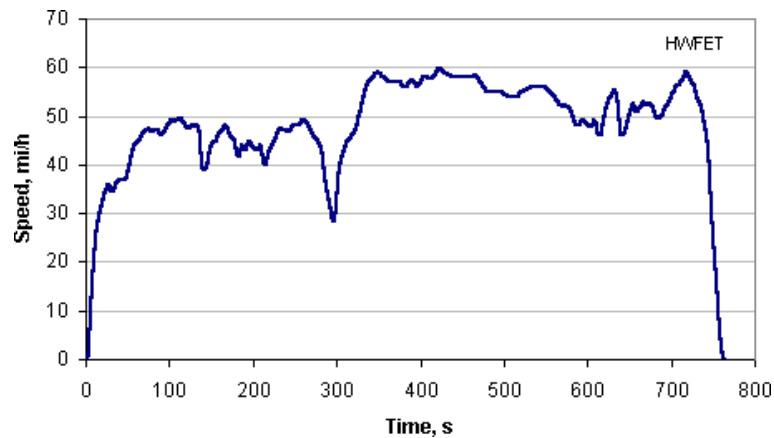
Outros ciclos foram desenvolvidos com o objetivo de obter-se maior relevância com a utilização em ciclos reais de condução conforme Miller (2018), estes avaliam os níveis de emissão e economia de combustível em automóveis de passageiros, excluindo veículos comerciais, em condução urbana, *Urban Driving Cycle* (UDC) e extra urbana, *Extra Urban Driving Cycle* (EUDC) compondo o *New European Driving Cycle* (NEDC), Wikimedia Commons (2006), Figura 8, ou ciclo de teste de economia de combustível em rodovias, *Highway Fuel Economy Test Cycle* (HWFET), Figura 9, da EPA, completando o ciclo de classificação em cidade FTP-75 citado acima (DIESELNET, 2020).

Figura 8 – Padrão Europeu – Ciclo de condução Urbana NEDC



Fonte: By Orzetto, CC BY-SA 4.0 (2006).

Figura 9 – Padrão USA – Ciclo de teste de economia em estrada HWFET



Fonte: DieselNet (2020).

As condições de teste em laboratório são relativamente restritas à utilização em campo real de condução, segundo Miller (2018) fazendo com que as emissões observadas em circuito de trânsito variem expressivamente, por esta constatação um dispositivo portátil de medição de emissões passou a ser um objetivo imediato conforme Cadle et al. (2011), e como citado por Giechaskiel et al. (2016), composto com um circuito que possibilite a reprodutibilidade e comparabilidade de resultados obtidos.

Contudo, já em 1995, o *Real-Time On-Road Vehicle Emissions Reporter* (ROVER) produzido pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), identificou além das

variações previsíveis das emissões de veículos leves e utilitários leves diesel, o uso de “chips trapaceiros” (*cycle-beating*) por fabricantes de veículos em veículos de produção de forma a obterem a homologação sem o devido desempenho previsto na legislação vigente (KAGESON, 1998).

O ROVER segundo Johnson (2002), constituía-se de um dispositivo portátil desenvolvido para utilizar dados do motor e uma porta do OBD ou com um conjunto específico de sensores do motor, que possibilitava a medição e análise real de emissões direta do motor, com baixo custo, baixo peso, disponibilidade fora de um ambiente de laboratório, porém, consistentes com as medições realizadas em condições controladas. A terminologia “PEMS” segundo Cadle et al. (2011), foi adotada partindo de um projeto realizado na cidade de Nova York pelo Sr. David W. Miller, co-fundador do *Clean Air Technologies International* (CATI) Inc. desenvolvedor do projeto.

Vários fatores são precursores do desenvolvimento do PEMS conforme Giechaskiel et al. (2016), e também He e Jin (2017), na Revisão Histórica da Conformidade das Emissões Veiculares com o Programa de Controle dos EUA, como controles mal projetados, baixa qualidade de componentes ou seu uso diferente na produção, a deterioração do produto ao longo do tempo e a impossibilidade de em laboratório serem reproduzidas variáveis reais como;

- Variáveis climáticas – dissipação de poluentes, umidade, temperatura, altitude, vento, outros fatores contaminantes;
- Variáveis de perfil de estradas – aclives, declives, curvas, sinalização;
- Variáveis do comportamento do condutor – agressividade, suavidade, solicitação de carga;
- Variáveis do layout geográfico – altitude, flora local, circuito urbano, rural e autoestrada etc...

2.2.1 PROMOT – Controle da Poluição do Ar por Motocicletas

O Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), criado pelo CONAMA, por meio de Resolução nº 297 (2002), estabelece diretrizes, diretivas referenciando métodos de ensaio, prazos e padrões legais de emissões admissíveis para veículos de duas rodas e assemelhados baseados em experiências internacionais para veículos automotores leves e pesados, motocicletas e veículos assemelhados. A mesma Resolução em seu Art.2º, p.407, e na Seção 1, p. 86-88, estabelece limites para emissões de gases poluentes, requisitos para importação, produção e

comercialização de ciclomotores, motocicletas e veículos similares em todo território nacional através da obtenção da Licença para Uso da Configuração de Ciclomotores, Motociclos e Similares (LCM), e conforme o Art.17 – I e II, p.617, com os objetivos de atender os padrões nacionais para qualidade ambiental, promover o desenvolvimento tecnológico de projeto, fabricação, métodos e equipamentos de medição, tecnologia de medições de emissões, propor critérios e limites para inspeção e manutenção, e promover a conscientização da população com relação à poluição ambiental (CONAMA, 2002).

Conforme o IBAMA (2011), exposto no Manual Proconve / Promot, 3ª edição, os seguintes estágios de implantação para veículos automotores, incluindo-se motociclos e veículos similares estão sequenciados na forma adequada à realidade brasileira baseada na experiência internacional:

- Estágio 1: Homologação de Protótipo comprovando a aplicação de conceitos de projeto que assegurem baixo potencial poluidor e baixa deterioração das emissões no ciclo de vida útil. Etapa realizada através da análise técnica de especificações de engenharia e teste em laboratório de ensaios, conforme Livro CONAMA_1984_2012, 2012, Art. 2º, § 1ª a §5ª, p. 614 até Art. 6º, § 1ª a 7ª, p. 615.
- Estágio 2: Controle estatístico de produção para evitar alta dispersão dos índices de emissões aprovados, conforme Livro CONAMA 1984_2012, 2012, Art. 18 e 19, p. 617 e 618.
- Estágio 3: Responsabilização do fabricante pela observação das especificações homologadas, e re-homologação de produtos modificados, conforme Manual Proconve_Promot, Nov 2011, Art. 18, § 1ª a § 3ª, Art. 19, p. 211,212.
- Estágio 4: Recomendação pelos fabricantes para a correta manutenção de seus produtos em atendimento à conservação dos limites máximos especificados, disponibilizando especificações técnicas e serviços de assistência técnica aos mesmos, conforme Livro CONAMA 1984_2012, 2012, Art. 16 e 17, p. 617.
- Estágio 5: Fiscalização pelos órgãos públicos de forma descentralizada, dos produtos em uso, para avaliação da manutenção, através da implementação da Programas de Inspeção e Manutenção (I/M), conforme Manual Proconve / Promot, 3ª Edição (2011) - Resolução CONAMA 18/86, Resolução CONAMA nº 297/2002, Art. 15, III, p. 210, Art. 20, p. 212, Resolução CONAMA nº 342/2003, Art. 4, p. 246, Resolução CONAMA nº 418/2009, p. 279 de Planos de Controle de Poluição Veicular (PCPV) e outros condicionamentos. Nesta etapa em diversos países, em conjunto com a homologação do projeto, se enquadra o PEMS

comprovado pela regulamentação *Real Driving Emissions* (RDE), coibindo as adulterações do projeto, verificação das características homologadas pelos fabricantes, observação dos planos de manutenção preventiva recomendada e levantamento de informações estatísticas da frota circulantes em amostragem significativa. Este estágio favorece o fornecimento de realimentação de dados aos órgãos responsáveis CONAMA / IBAMA com relação à eficiência do PROCONVE e eventuais necessidades de melhorias.

- Estágio 6: Adequação das etapas acima às características próprias de cada categoria veicular, Automóveis Leves, veículos Pesados, Tratores, Máquinas Agrícolas e claro Veículos de Duas Rodas e Assemelhados, já que segundo Brito (2018), com a evolução da frota de motocicletas atingindo 26,4 milhões, uma para cada 7,86 habitantes, e em 2.487 municípios de um total de 5.568 estando a circulação destes veículos superando a de carros.

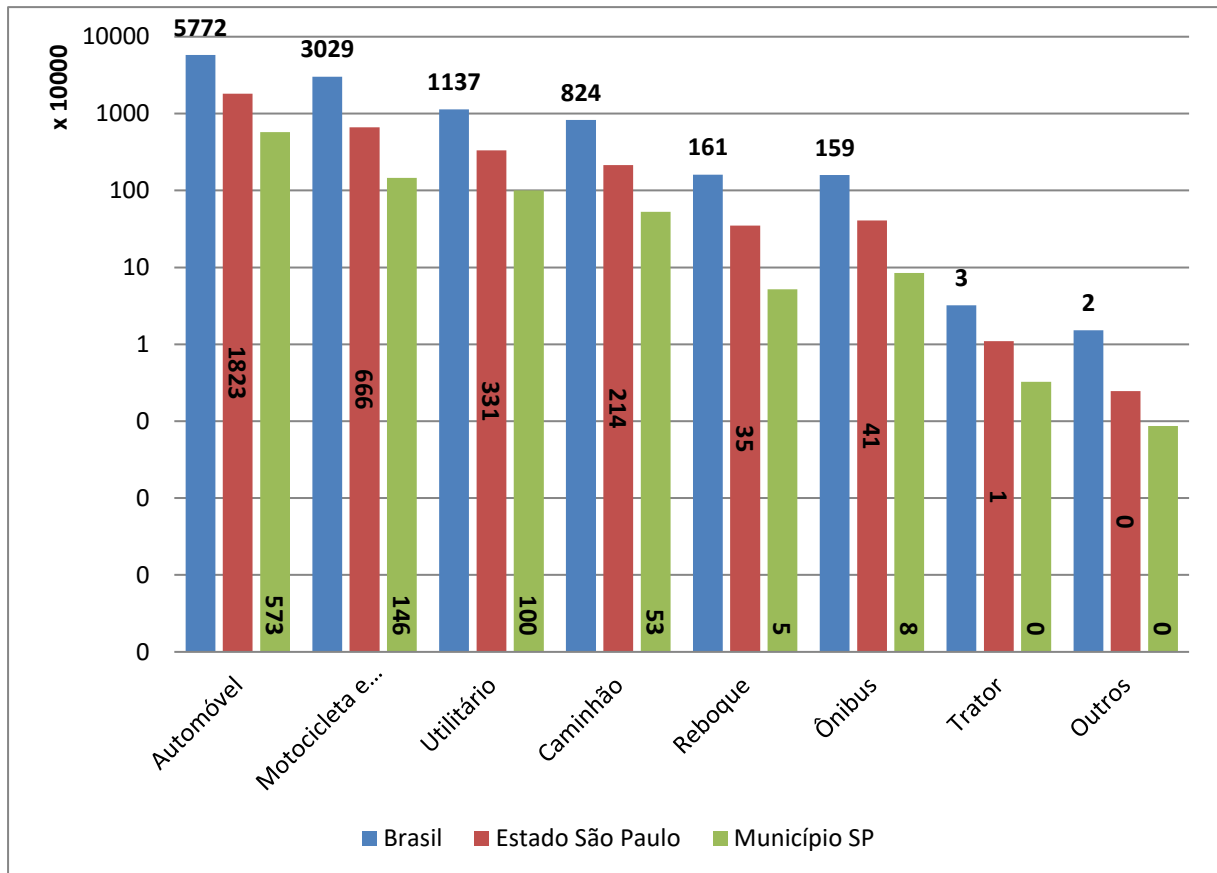
Como apresentado esta previsão já superada, Tabela 2 e Gráfico 1, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), nos faz entender que a adoção do PEMS atenderá as expectativas de evolução no controle da qualidade do meio ambiente, bem como demonstra ser necessária e urgente.

Tabela 2 – Estimativa da frota circulante em 2018

Frota estimada em 2018	Brasil	Estado de São Paulo	Município de São Paulo
Automóvel	57715488	18230138	5729252
Motocicleta e veículos similares	30292149	6656600	1463449
Utilitário	11368978	3312237	1001220
Caminhão	8244932	2141560	526184
Reboque	1608279	349585	52011
Ônibus	1587410	409697	84393
Trator	32156	11030	3238
Outros	15177	2473	866

Fonte: IBGE (2018).

Gráfico 1 – Estimativa da frota circulante em 2018



Fonte: IBGE (2018).

Os estágios citados já compõem a realidade brasileira pelas estratégias de controle expostas acima e começaram com o aprimoramento dos projetos, controle de emissões em automóveis e utilitários leves a partir de 1994 e com o controle das emissões de ruídos incluindo-se as motocicletas, porém apenas em 2003, o controle de emissão de gases poluentes pelo escapamento de ciclomotores, motocicletas e similares foi iniciado com a implantação da Fase M-1, a Fase M-2 em 2005, a Fase M-3 em 2009 e a Fase M-4 em 2011 de acordo com o IBAMA (2011) em seu Manual Proconve / Promot, Quadro 3.

Em abril de 2019, ficou aprovada em plenário do CONAMA a proposta da resolução estabelecendo a fase M-5, Quadro 3, também baseada na legislação europeia, conforme a Informação Técnica nº 02/19/ETH/ET da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), estabelecendo novos limites de homologação e com três importantes modificações, primeiro a emissão de HC passa a ser medida como gases hidrocarbonetos não metano (NMHC), outra mudança é a medição de material particulado em veículos equipados com sistema de injeção direta e a terceira modificação é a adoção de limites de aldeídos totais, a

partir de 2023 para novos modelos e a partir de 2025 para todos modelos a serem comercializados (CETESB, 2019).

Quadro 3 - Limites máximos de emissões para motocicletas e similares estabelecidos por fases

Fases		M -1		M -2		M -3		M -4	
		2003 – 2005		2006 – 2008		2009		2014	2016
Ciclomotores	CO [g/km]	6,0				-		1,00	
	HC + NOx [g/km]	3,0				-		HC – 0,80	
								NOx – 0,15	
Cilindradas		≤ 250 cc	> 250 cc	< 150 cc	≥150 cc	< 150 cc	≥ 150 cc		
Motociclos e Similares	CO [g/km]	13,0		5,50		2,00		2,00	2,00
	HC [g/km]	3,0		1,20	1,00	0,80	0,20	(1) 0,80 (2) 0,30	(1) 0,56 (2) 0,25
	NOx [g/km]	0,30		0,30		0,15		(1) 0,15 (2) 0,15	(1) 0,13 (2) 0,17
	CO corrigido [% volume]	6,00	4,50	-	-	-	-		
Fonte: IBAMA (2003).									
Fonte: IBAMA (2018).							(1) - <130 km/h (2) - ≥ 130 km/h		

Com as configurações dos equipamentos de controle dos Motores de Combustão Interna (MCIs) quase exclusivamente mecânicos, os ensaios em laboratórios, Figura 10, eram aceitos como suficientemente rigorosos para a medição dos gases emitidos pelo escapamento ou por evaporação, Figura 11 e atendiam às propostas de redução dos gases poluentes produzidos e lançados no meio ambiente (KOUSOULIDOU, 2013).

Figura 10 – Laboratório de emissões: dinamômetro de bancada



Fonte: CETESB (2017).

Figura 11 – Ensaio de emissões de poluentes em laboratório



Fonte: CETESB (2020).

Para atendimento às novas metas de emissões, novas tecnologias acabaram adotadas em especial com a utilização da eletrônica embarcada em sistemas de controle da combustão, (HE e JIN, 2007). Esta solução, a utilização da eletrônica embarcada, acabou criando a oportunidade para alguns fabricantes desenvolverem sistemas que identificam as condições de testes padronizadas, forçando um funcionamento dentro das normas estabelecidas e permitindo níveis muito mais elevados quando em uso real, estes procedimentos só foram denunciados segundo Edelstein (2016), quando pesquisadores da *West Virginia University* e do *International Council on Clean Transportation (ICCT)* resolveram confirmar os resultados de laboratório com testes de emissões em estrada, quando foram encontrados valores divergentes dos homologados em especial de NOx.

Como solução, para evitar o uso indevido de tecnologia, Estados Unidos e Europa revisaram suas legislações e introduziram em seus métodos de homologação o uso do PEMS, Figura 12, que permite medir as emissões reais de poluentes, Figura 13, nas condições normais de condução em vias públicas, Figura 14, expondo o procedimento de reconhecimento do ciclo de teste (*cycle-beating*) e os algoritmos definidos para atuarem no funcionamento do sistema de forma a adequarem os valores das emissões em teste (*defeat device*), além de acompanhar o desempenho do produto em todo seu ciclo de vida útil, *In Service Conformity*, (ISC) (PATRASCU, 2018).

Figura 12 – Sistema de Medição Portátil de Emissões (PEMS)



Foto: Millbrook Proving Ground (2016).

Figura 13 – Módulo ECOSTAR –
Processamento de dados



Fonte: DieselNet (2019).

Figura 14 – Módulo ECOSTAR
em uso



Fonte: DieselNet (2019).

Os desafios para o desenvolvimento e adoção de um sistema eficiente na Europa e *United States of America* (USA) logo surgiram, pois segundo Schuchmann (2017), deveriam

operar em tempo-real, serem portáteis, duráveis, resistentes aos fatores de exposição (temperatura, trepidação, umidade, particulados), instalação simplificada, não interferir com as especificações do produto testado e acima de tudo adquirir e armazenar as variáveis medidas com alto grau de repetibilidade, confiabilidade e pertinência.

Em 1999, segundo Cadle et al. (2011), um dispositivo criado por Michal Vojtisek-Lom, desenvolvido por David Miller da CATI (Tecnologia Internacional para Ar Limpo) foi disponibilizado comercialmente, Figura 15. Este dispositivo ainda adquiria dados a partir do sistema OBD embarcado, eventualmente de forma direta de sensores do motor (*JUSTIA PATENTS*, 1999).

Figura 15 – Primeiro PEMS comercial

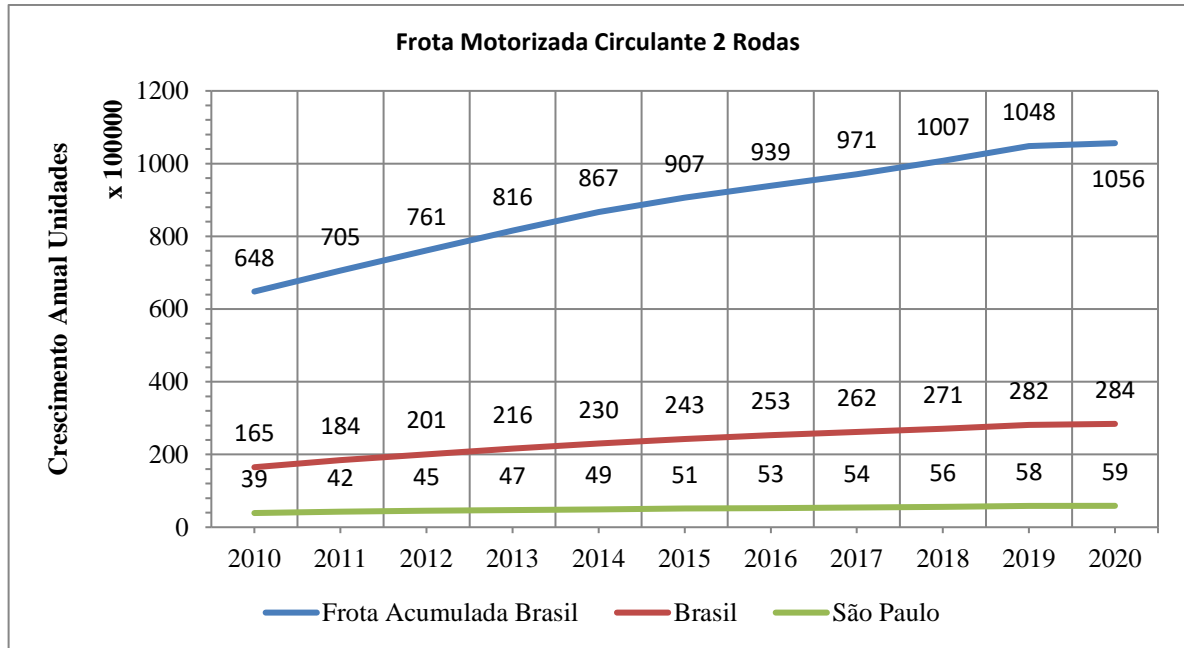


Fonte: FREY H.C. *North Carolina State University* (2017).

Animados pelos resultados devido ao equilíbrio demonstrado entre alta precisão, baixo custo, disponibilidade e relações físicas (peso, dimensões) adequadas, grupos governamentais e universidades intensificaram pesquisas sobre a proposta, conforme Cadle et al. (2011), e começou a realizarem-se diversas avaliações, obtendo atualmente como resultado estações embarcadas com registro meteorológico de temperatura ambiente, umidade, pressão, segundo a *Automotive Industry Products* (AIP) (2015), *Interface Integrated Calibration and Application Tool* (INCA) (ASAP3), *Interface Control Area Network* (CAN), *Interface OBD*, *Interface AK*, gravação de vídeo incluindo sobreposição de dados de medição, registro CSV, *Interface GPS* compatível com NMEA-0183, exportação de dados de teste para arquivos MDF4, Relatórios on-line com indicação de operação para o condutor, em reduzidas dimensões de 570 mm de largura, 400 mm de altura e 250 mm de profundidade, com apenas 20 quilos (AIP, 2016).

No Brasil, com o crescimento da frota de motocicletas, Gráfico 2, e sua concentração nas grandes metrópoles, percorrendo em média distâncias que superam 150 km/dia segundo Szwarc e Branco (2012), tornaram o controle de emissões deste transporte, objeto para controle.

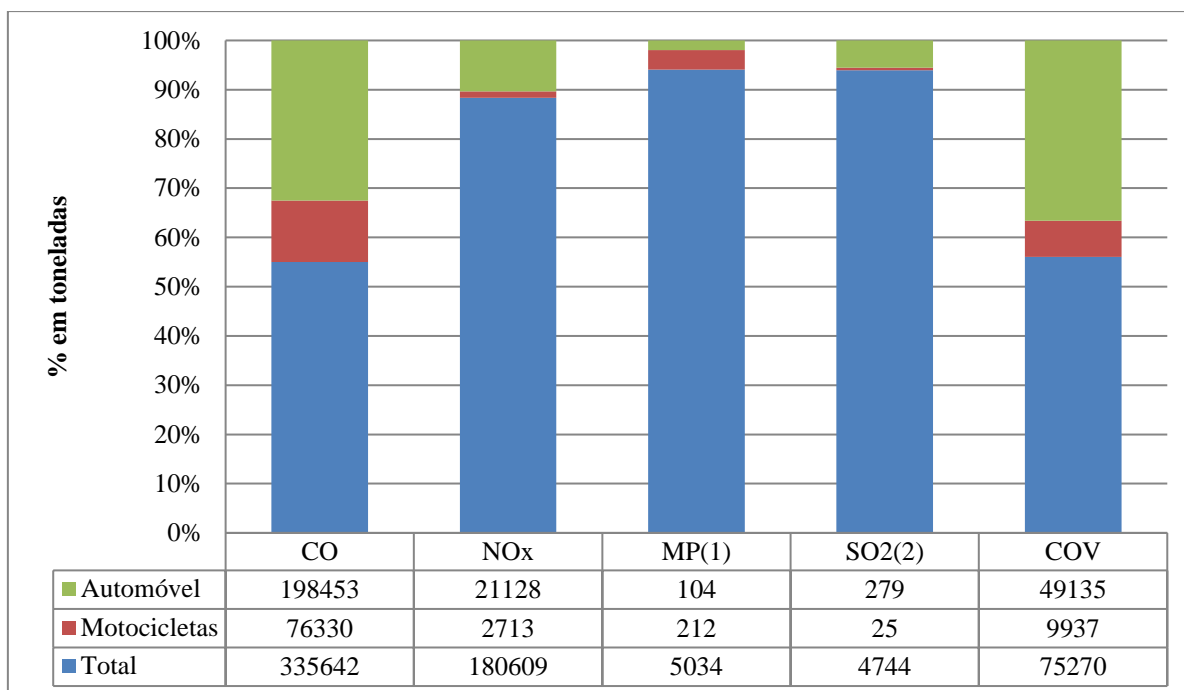
Gráfico 2 – Frota Circulante Motorizada em 2 Rodas



Fonte: Abraciclo (2020).

Por meio do PROMOT introduzido pela RESOLUÇÃO CONAMA nº 297/2002, completando o objetivo do PROCONVE, na redução da contribuição deste veículo poluição do ar, com especial relevância como fonte do Monóxido de Carbono (CO) e nos poluentes formadores de ozônio, Compostos Orgânicos Voláteis (COV) representando as emissões de Hidrocarbonetos não Metanos (NMHC) provenientes do escapamento, da evaporação e do abastecimento dos veículos somada com a emissão de aldeídos, Gráfico 3 (CETESB, 2017).

Gráfico 3 – Contribuição de Emissões Veiculares



Fonte: CETESB (2017).

Nossa legislação de base para veículos ciclomotores e similares foi adotada da Europa, principalmente a Diretiva das Comunidades Europeias nº 97/24/EC equivalentes à EURO I, propondo limites de emissão para a fase M-1 a partir de 2003 conforme CETESB, que culminou na Resolução CONAMA nº 297 de 2002 propondo um período até 2006 para adequação da fase M-2 correspondente à EURO II. Ainda conforme a CETESB (2016), a resolução CONAMA 342 de 2003 estabeleceu os limites da fase M-3 equivalente à EURO III para o ano de 2009, Tabela 3 e a Resolução CONAMA 432 de 2011 e 456 de 2013 estabelecendo procedimentos para a fase M-4. Para adequação as características nacionais, ajustes foram realizados determinando a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6601 (CETESB, 2016).

Tabela 3 – Limites máximos de emissões de gases estabelecidos durante as fases

Fase	Implantação		Característica: Ciclomotores até 50 cm ³
	Início	Término	
M-1	2003	2005	CO = 6,00 [g/km]
			HC + NO _x = 3,00 [g/km]
			Motocicletas
			CO = 13,00 [g/km]
			HC = 3,00 [g/km]
			NO _x = 0,30 [g/km]
			CO _{CORR} = 6,00 %
			CO = 5,50 [g/km]

M-2	2006	2008	HC =	1,20 [g/km]	$\geq 150 \text{ cm}^3 =$	1,00 [g/km]
			NO _x =	0,30 [g/km]		
			CO _{CORR} =	4,50 %		
M-3	2009		CO =	2,00 [g/km]	$\geq 150 \text{ cm}^3 =$	0,20 [g/km]
			HC =	0,80 [g/km]		
			NO _x =	0,15 [g/km]		
			CO _{CORR} =	- %		

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2011).

Conforme a experiência vivida na Europa e Estados Unidos com relação ao aproveitamento da tecnologia utilizada para alterar os resultados homologados em laboratório, e a disponibilidade de mecanismos de forma a obstar esta prática, a comunidade internacional, especialmente a europeia e a americana, passaram a adotar para homologação de novos produtos a tecnologia PEMS / RDE, conforme Dilara (2018), e He e Jin (2007), estes procedimentos contidos em protocolos de teste, evidenciaram sua importância na melhoria da qualidade do meio ambiente, qualidade do produto, desenvolvimento de programas de manutenção eficientes e na economia do estado e da sociedade bem como dos próprios fabricantes afirmam He e Jin (2007), citando como exemplo o aprimoramento introduzido após o caso Toyota OBD em 2003 e o teste PEMS para veículos pesados.

2.2.2 Primeira Aplicação do PEMS

Em 1955, o *smog* em Los Angeles motivou as autoridades americanas a adotarem medidas de forma a conter a progressiva degradação do ar nos Estados Unidos (MACHADO e OLIVEIRA, 2007).

A legislação do ar limpo, *Clear Air Action* (CAA), órgãos reguladores como o *California Air Resources Board* (CARB), o *U.S. Environmental Protection Agency* (USEPA), estabelecem, atualizam, propõem e controlam orientações, regulamentos e leis para procedimentos de homologação de veículos leves, pesados, motocicletas e motores, como ensaios em laboratórios, testes em ciclos determinados (FTP) e em condições reais de condução (PEMS) adotados a partir de 1998 com adoção do *Not-to-Exceed* (NTE), estabelecimento de limites de emissão de gases tóxicos emitidos por escapamento ou evaporados, gases de impacto na formação de ozônio, *Greenhouse Gaz* (GHG), recalls, multas e penalidades para transgressões das normas segundo He e Jin (2017), e demonstrado no Quadro 4 a seguir:

Quadro 4 – Linha do Tempo de Conformidades e *Recall* da EPA

Data	Conformidade e <i>Recall</i> da EPA
1965	A Lei de Controle de Poluição do Ar por Veículos Motorizados estabelece os primeiros padrões federais de emissões.
1966	Os primeiros padrões de emissões da Califórnia tornam-se eficazes.
1968	Os primeiros padrões de emissões de veículos leves (LDVs) tornam-se efetivos. Ações iniciais de conformidade são iniciadas para veículos leves.
1970	Alterações da Lei do Ar Limpo (CAA) estabelecem padrão de emissões que forçam os veículos a adotarem o primeiro catalisador. Formação oficial da Agência de Proteção do Meio Ambiente (EPA).
1972	Apresentada a Circular Consultiva preventiva contra dispositivos de mascaramento de emissões.
1974	Implementados os primeiros padrões para motores diesel pesados (HDE)
1975	Primeiro catalisador no controle de emissões torna-se eficaz
1977	Alterações na CAA autorizam a EPA a adotarem medidas de Inspeção e Manutenção (I/M) em estados com índices severos de poluição. Regra de relatório de falhas é estabelecida.
1978	Programa de garantia de emissões é iniciado na Califórnia. <i>Recall</i> veículos Chrysler
1981	Iniciado o programa de garantia de eficiência de emissões da EPA para veículos diesel leves (LDVs)
1982	Inspeção de conformidade em uso é iniciada na Califórnia.
1983	Programa de Inspeção e Manutenção passa a ser obrigatório em todos estados
1986	É iniciado o programa <i>Strategic Environmental Assessment</i> (SEA) pela EPA. Normalizada a regra de conversores catalíticos de reposição.
1987	EPA inicia um programa de vigilância limitada sobre motores diesel pesados.
1988	Programas de relatórios de garantia de conformidade estabelecidos na Califórnia Desenvolvimento do OBD I na Califórnia Padrões para motores diesel de veículos pesados começam a sofrer alterações
1990	Programa de relatório de garantia de conformidade é implementado. As alterações da CAA passam a exigir verificações via OBD para I/M.
1991	OBD I obrigatório em veículos novos na Califórnia Padrões de emissão Nível 1 finalizados
1992	EPA inicia testes em uso de veículos-pilotos
1994	Novas regras da EPA passam a conformar o OBD II
1995	<i>Recall</i> veículos GM, dispositivos de mascaramento de emissões.
1996	Início de implantação do OBD II. Padrões requisitados em 1990 pela CAA são estabelecidos no OBD I para I/M.
1997	Padrões para motores diesel pesados são finalizados para 2004/2006.
1998	Norma Não Exceder, <i>Not to Exceed</i> (NTE), para HDE é estabelecida. Equipamentos Originais de Fabricantes (OEM), incorporam teste de dispositivos de emissões para motores diesel de serviços pesados (HDDE). <i>Recall</i> de Motores Diesel Pesados com falhas em dispositivos de controle.
1999	Programa de Garantia de Conformidade (CAP) 2000 é estabelecido pela EPA e pelo Conselho de Recursos do Ar da Califórnia (CARB).
2000	Finalizado o padrão para Motores Diesel Pesados (HDE) de 2007.
2001	Início da implementação do CAP 2000.
2003	<i>Recall</i> Toyota, OBD.
2004	Início da implementação dos padrões 2004 / 2006 para HDE. Califórnia implementa requisitos para OBD em veículos pesados a diesel (HDV's).
2005	Limites para Motores Diesel Pesados (HDE) começam a sofrer modificações. Novos procedimentos nos equipamentos originais de fabricantes para dispositivos de controle de emissões de Motores Diesel de Serviços Pesados (HDDE).
2006	Término do relatório de defeitos da Mercedes-Daimler.
2007	Início dos padrões dos HDV's previstos. Limites NTE para HDEs totalmente implantados.
2010	Estendidos os requisitos de OBD para HDVs.
2014	Padrões de emissões Nível 3 finalizados.

2015	Introdução nos equipamentos originais de fabricantes (OEM) para teste de detecção de dispositivos de manipulação de resultados de emissões. <i>Recall Volkswagen – Dieselgate.</i>
2017	Início da adoção dos padrões de Nível 3.

Fonte: *The International Council on Clean Transportation (ICCT) (2017).*

Claramente conscientizado sobre a necessidade de identificação de mecanismos de identificação das condições de teste e adoção de métodos de disfarce de emissões no escândalo do *Dieselgate* da VW, na Europa, segundo Bernard et al. (2019), os membros da comunidade encontram dificuldades para provarem a existência de tais dispositivos.


Enquanto na Europa o *New European Driving Cycle (NEDC)* tenha sido a referência por mais de duas décadas, apenas com as normas Euro V, VI foi apresentada uma evolução significativa com o PEMS e RDE integrados juntamente com o *Worldwide Harmonized Light-duty Vehicles Test Procedure (WLTP)*, segundo Giechaskiel et al. (2016), enquanto, nos Estados Unidos, conforme He e Jin (2017), a percepção dos custos financeiros e de credibilidade da marca impeliaram os fabricantes a adotarem controles de emissões não apenas para certificação dos produtos, mas também para permanecerem funcionais com os veículos em uso no mundo real. Desde 1963 com a promulgação da *Clean Air Act (CAA)* e nos anos subsequentes com os reguladores ambientais EPA e CARB, He e Jin (2017), afirmam que vários subprogramas para detectar e verificar problemas de emissão foram incluídos, destacando o pioneirismo das medidas adotadas pela CARB no estado da Califórnia. Ainda de acordo com a Revisão Histórica dos programas de conformidade para controle de emissões apresentada por He e Jin (2017), em 1982 foram iniciados os testes de conformidade em uso, após uma década o EPA dá início aos testes de fabricantes pilotos de dispositivos para avaliação em uso de veículos, nos anos 90 houve a finalização pelo EPA dos níveis 1 e 2 para controle de emissões, a introdução dos requisito *Not-to-Exceed (NTE)* e em meados da década do PEMS para veículos pesados a diesel, invenção do engenheiro Leo Berton, segundo Johnson (2002), intitulado inicialmente *Real-time On-road Vehicle Emissions Reporter (ROVER)* e utilizado à época para estabelecer novos regulamentos sobre sistemas de recirculação de gases (EGR), ocasião em que foram observados emissões muito diferentes do que o esperado nos veículos em teste, o resultado foi maior investimento do EPA em programas de controle forçando a aceleração do desenvolvimento do PEMS conforme He e Jin (2017) e a pontuais atualizações do FTP 75 como condução agressiva em alta velocidade (US06) desde 2000, o impacto do uso do ar condicionado (SC03), um ciclo de condução em estrada, em inglês *Highway Driving*

Cycle (HWFET) e outros de acordo com Hooftman et al. (2018), formando um modo de teste de cinco ciclos a partir de 2008.

Reafirmando a expectativa sobre a aplicação destas metodologias de controle aplicadas pela legislação europeia, conforme Dilara (2018), as medidas técnicas adotadas, Quadro 5, devem garantir que as emissões de escapamento e as evaporativas permaneçam limitadas durante o ciclo de vida do produto, portanto em circulação, sendo verificadas periodicamente por cinco anos ou 100.000 km, o que ocorrer primeiro. Assim os sistemas de medição PEMS, mini-PEMS podem ser usados de forma limitada para verificação de leituras de emissão *Remote Sensing Device* (RSD) e como verificação de eficácia do OBD segundo Durbin et al. (2019).

Quadro 5 – Histórico dos Testes PEMS no Joint Research Center (JRC)

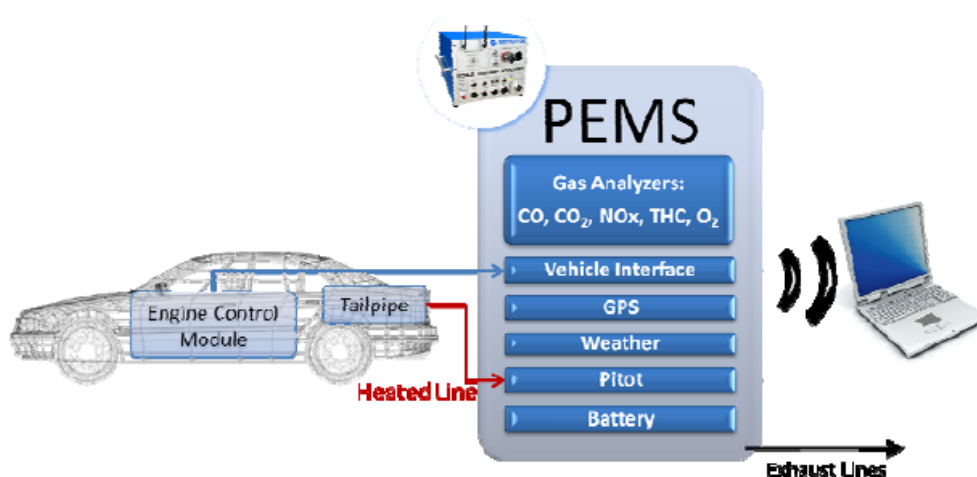
2004 PEMS foi testado em veículos de serviço leves pelo Centro de Pesquisa Comum (JRC).	
	2007
Testes com o PEMS em veículos de serviço leves para Euro III e IV. Foco em veículos diesel devido alto índices de NO ₂ na atmosfera.	
2008 Testes com o PEMS em máquinas móveis não rodoviárias. Figura 16	Figura 16 – Teste PEMS em máquinas móveis não rodoviárias
	
	Fonte: wiki.unece.org, s.d..
	2009 – 2010
Primeiro teste em Estrada de um veículo de serviço leve Euro V. Fim da fase experimental Euro III e V com um total de 12 veículos diesel e gasolina testados. Apresentação dos resultados aos estados membros e outras partes interessadas.	
2011 Relatório aponta elevadas emissões de NO _x em estrada para veículos diesel. Reunião inicial do grupo de trabalho de <i>Real-Driving Emissions</i> (RDE).	
	2011 e 2012
Avaliação de quatro procedimentos candidatos: Ciclos de condução fixos complementares Modelagem de emissões Ciclos de condução aleatórios Testes em estradas PEMS (JRC)	
Avaliação aprofundada dos ciclos de testes aleatórios e dos testes PEMS na estrada	
Outubro de 2012	

<p>Testes PEMS na estrada escolhido para o desenvolvimento completo de um procedimento RDE regulamentar</p>	
	<p style="text-align: right;">2012 – 2015</p> <p>Avaliação de três métodos de avaliação de dados: Classificação de velocidade proposta pelo <i>Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek</i> (TNO). Análise da janela de média móvel (proposta pelo JRC) Distribuição de energia (proposta por <i>Technische Universtät Graz</i> (TU Graz)) Desenvolvimento de janelas médias móveis (JRC) e conservação de energia (TU Graz) Desenvolvimento de um protocolo de teste PEMS; Programa piloto para avaliar a viabilidade do <i>Particle Number</i> PEMS (PN-PEMS)</p>
<p>2015 Testes com veículos leves (categoria L- Motocicletas, Triciclos, Quadriciclos, etc..) com mini-PEMS. Figura 17</p>	<p style="text-align: right;">Figura 17 – Aplicação com mini-PEMS</p>  <p style="text-align: right;">Fonte: UNECE, s.d..</p>
	<p style="text-align: right;">2016</p> <p>Desenvolvimento dos regulamentos RDE 2016/427 (RDE1) e 2016/646 (RDE2) como primeiro procedimento de teste de emissão em estrada para aprovação em todo mundo. Fator de conformidade NO_x 2.1 – aplicável a partir de setembro de 2017/2019 (novos modelos / todos veículos). Fator de conformidade NO_x 1.5 – aplicável a partir de janeiro de 2020/2021 (novos modelos / todos veículos). Conformidade durante a condução urbana em todo teste RDE.</p>
<p>2017 Terceiro grupo de regulamentos da União Europeia para RDE, 2017/1554 (RDE 3), foi introduzido como parte do regulamento 2017/1151, regulamento WLTP. Teste de veículos híbridos, cobertura de eventos e partida a frio e regeneração, emissões de PN. Fator de conformidade PN 1.5 – Aplicável a partir de setembro de 2017/2018 (modelos novos / todos veículos).</p>	
	<p style="text-align: right;">2018</p> <p>Quarto grupo RDE, regulamento EU 2018/1832 (RDE 4), segundo Suarez-Bertoa et al. (2019): Provisões para conformidade em serviço com fator de conformidade 2.1 para emissões de NO_x mediante solicitação do fabricante Revisão dos procedimentos RDE 4, com fator de conformidade 1,43 aplicável a partir de 2020 / 2021. Adaptação das disposições para garantir a praticidade e eficácia dos testes de emissões Novos critérios de validação funcional com veículos híbridos Novos métodos de avaliação simples e transparente. Aprovação da RDE 4 pelo Comitê Técnico, que além dos requisitos de aprovação de produtos novos introduziu: Procedimento de conformidade com os limites (ISC) durante 5 anos ou 150.000 km, o que vencer primeiro a partir de 2019.</p>

Fonte: *European Commission* (2018).

O PEMS, Figura 18, valida os valores observados em laboratório contemplando um maior número de veículos pesquisados com custo inferior aos de um laboratório padrão e em condições amplamente interessantes sob o espectro ambiental, com uma metodologia adequadamente desenvolvida para medições (AIP, 2015).

Figura 18 – Visão geral esquemática do PEMS



Fonte: *SENSORS INC.* (2011).

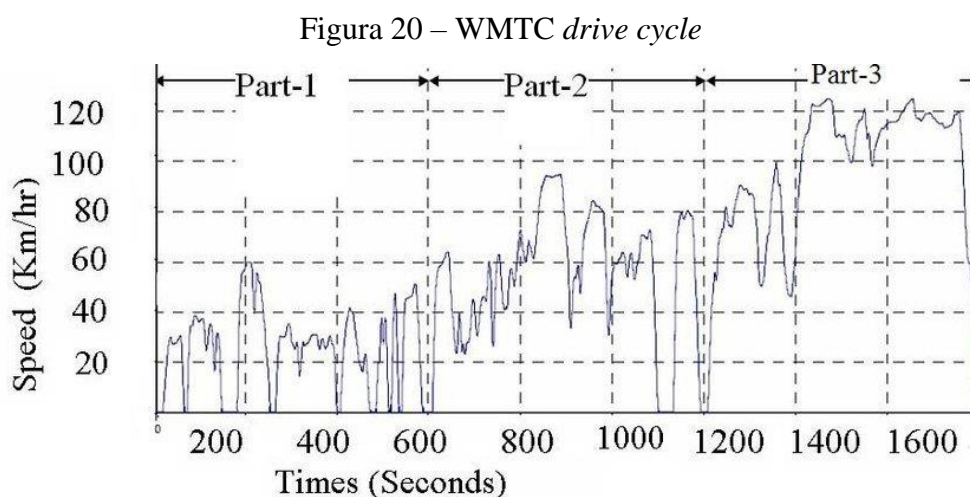
Figura 19 – Sistema de medição mini-PEMS desenvolvido pela MAHA-AIP



Fonte: MAHA-AIP (2015).

O Mini-PEMS, Figura 19, e o *World-wide Motorcycle Test Cycle* (WMTC), Figura 20, adotado como referência do RDE para motocicletas e veículos similares, mais recentes nas

legislações adotadas, tem, segundo Hiesmayr et al. (2017), seu desenvolvimento cada vez mais próximo de uma definição sobre a dinâmica de condução de motocicletas a ser adotado através de medições em estradas e em banco de provas dinâmico para motos. Segundo estudo de efeito ambiental citado por Zardini et al. (2016), e a *European Commission* (2017), que incluíram uma avaliação preliminar do RDE, as medições com um sistema portátil apresentou uma discrepância para os resultados em laboratório de mais de 50% nos valores de hidrocarbonetos, decorrente da diferença da técnica de medição aplicada, detector de ionização de chama com cilindro de hidrogênio em laboratório e infravermelho não dispersivo no veículo, em razão da segurança relacionada ao transporte do cilindro de hidrogênio no veículo.



Fonte: UNECE (2019).

O desafio, já que provado a eficiência e utilidade do PEMS, é estender sua aplicabilidade aos veículos de duas e três rodas, avaliando as emissões de escape em motocicletas sob condições do mundo real, abrangendo as características que se impõem para a correlação com os testes efetuados em laboratório e permitam a efetiva observação em condução, refletindo as condições reais particulares de cada região conforme Tsai et al. (2005), como demonstrado a seguir.

O desenvolvimento dos ciclos de direção (RDE) são importantes para o sucesso de um programa de controle de emissões e eficiência de consumo segundo Tsai et al. (2005), uma comparação entre os ciclos *Kaohsiung Driving Cycle* (KHM), *Economic Commission of Europe Driving Cycle* (ECE), EUA (FTP 72/75), Japão e *Hong Kong Cycles*, bem como o *World-wide Motorcycle Test Cycle* mostraram parâmetros de condução, fatores de emissão e consumo de combustível totalmente diferentes. Consequentemente alguns padrões devem ser

observados para representarem verdadeiramente o padrão de tráfego ideal segundo Steven (2002), fatores como estilo de condução (velocidade máxima, acelerações e estratégias de troca de marchas), ambiente (temperatura, altitude, atrito de estrada, etc.), condições gerais do veículo (pressão de pneus, peso adicional, etc..) são apontados por Weiss et al. (2011), precisam ser tratadas com muito cuidado, afinal no conceito aceito e promovido pela própria *European Commission* (2017), é de que esta classe de veículo, afirmam Zardini et al. (2016) deve ser limpa e eficiente em cada ponto de sua faixa de operação.

Conforme Giechaskiel et al. (2014) e Vojtisek-Lorn et al. (2020), são requisitos para o sistema PEMS aplicado em Motocicletas e veículos similares:

- Peso e dimensões reduzidas
- Medições de HC, CO, CO₂ – Infravermelho não dispersivo,
- Medições de NO, NO₂, O₂ – célula eletroquímica
- Medições de PM e NP, nefelômetro integrador
- Eficiente para monitoramento de emissões
- Correspondência com os testes de laboratório
- Aplicável no desenvolvimento de programas de inspeção e manutenção
- Compacto e resistente às intempéries
- Segurança e facilidade de instalação e manuseio, custo adequado.
- Componentes de medição contínua para cruzamento de dados
 - ✓ Temperatura do ar de admissão e dos gases de escapamento
 - ✓ Velocidade do motor (RPM)
 - ✓ Pressão absoluta do coletor
 - ✓ Fluxo (mássico) de escape – calculado com dados do motor e das emissões
 - ✓ Velocidade do veículo testado e distância percorrida
 - ✓ GPS latitude, longitude, altitude, velocidade do veículo e distância.

De acordo com a *Car Emissions Testing Facts* (2016), o sistema deve permitir a execução de testes compatíveis com os executados nos laboratórios de emissões, Figura 21, permitindo a correlação de valores com erro máximo por equipamento ou procedimento de 4%, ainda que mantida sua dinâmica própria de aplicabilidade em campo real, com diferenças de velocidades, dinâmica de acelerações e desacelerações, condições do veículo (observando a originalidade), diferenças de condução, tráfego e clima.

Figura 21 – Controle de emissões



Fonte: AVL M.O.V.E (s.d.)

A discussão sobre esta aplicabilidade se estende desde 2010 sem uma proposta agregar a maioria dos atores envolvidos e o uso de fatores incorretos derivados de um determinado ciclo de condução incompatível, o que segundo Lyons et al. (1986), Chen (1998) e Tonget et al. (1999) certamente causaria o fracasso da estratégia de controle da poluição pelo veículo.

Szwarc e Branco (s.d.), comentam que a legislação brasileira que fundamenta o PROMOT é baseada na legislação europeia, e sancionada em 2017, a regulamentação que passou a atender os limites de emissões da norma Euro V e em 2020 os novos limites da Euro VI para motocicletas, com a certificação observando o Ciclo de Teste Mundial para Motociclos (WMTC) e a normalização para adoção do sistema OBD, que deverão ser igualmente adotados no Brasil, com os respectivos ajustes, importantes como já citados.

As pesquisas acadêmicas e fabricantes de sistemas de controle de emissões, conforme Johnson (2002), e Demuynck; Favre; Bosteels (2016) continuam a oferecer opções cada vez mais eficazes para pôr ponto final na discussão.

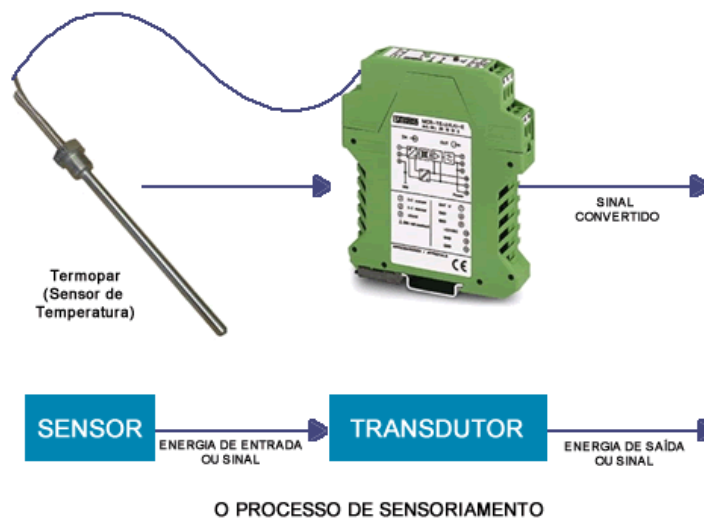
2.3 Tecnologias para Aquisição e Tratamento de Dados

Sensores ou transdutores são dispositivos eletromecânicos que segundo Silveira (s.d.), fazem a detecção e respondem com eficiência a alguma entrada proveniente do ambiente físico como luz, calor, movimento, umidade, pressão ou qualquer outra variável detectável, considerados como entradas e produzem uma saída que geralmente é um sinal capaz de ser convertido e interpretado por outros dispositivos, que podem ser um Controlador Lógico Programável (CLP) ou uma *Interface* Homem Máquina (IHM), capaz de mostrar esta informação em uma tela por exemplo. No que tange a um sistema elétrico, este sinal pode ser lido por um processador ou ser transmitido eletronicamente por uma rede de dados.

2.3.1 Aquisição de Dados por Sensores

Um detector de movimento possui várias aplicações onde podemos citar a detecção de um motor ou de uma engrenagem, conforme Silveira (s.d.), a forma do sinal de saída, depende do tipo de sensor utilizado produzindo muitas vezes um sinal análogo ao sinal de entrada, Figura 22, embora algumas vezes haja apenas a proporcionalidade à frequência da entrada que contenha a informação desejada.

Figura 22 – Processo de sensoriamento



Fonte: CITISYSTEMS (s.d.)

De acordo com a Mte-Thomson (s.d.), e Laganá (2018), um sensor de rotação está sempre associado a uma roda dentada, também denominada fônica ou impulsora, ou a um disco magnetizado alternadamente, os tipos mais utilizados são os de relutância magnética variável, os magneto-resistivos e os de efeito Hall.

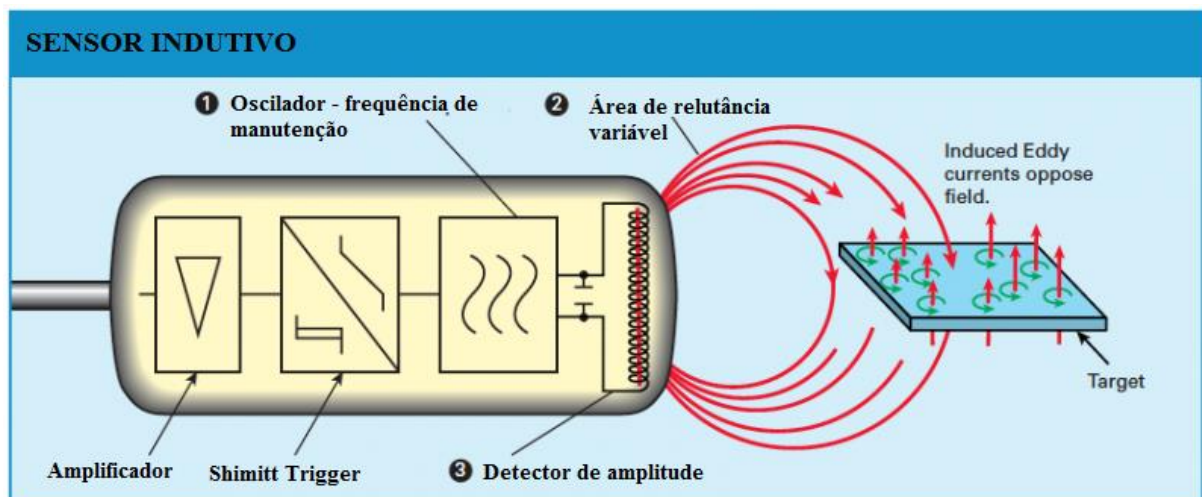
O sensor de efeito Hall é constituído por uma pastilha de material semicondutor, pastilha de efeito Hall, por onde circula uma corrente contínua, que tem por característica uma resistência elétrica sensível à presença de campo magnético, conforme demonstrado por Laganá (2018), assim variando-se o campo magnético de exposição, obtém-se a variação da corrente circulante produzindo-se um sinal de saída de onda quadrada e frequência correspondente à variação do disco ou roda impulsora.

Com o sensor de tipo magneto-resistivo observamos que o disco magnetizado de forma alternada, interfere com a resistividade do material sensor instalado próximo ao disco e integrado a um circuito eletrônico, assim explicado por Laganá (2018), com modificação da resistência

pela variação da intensidade do campo magnético obtém-se na saída do circuito um sinal de onda quadrada com frequência igual à interposição dos elementos magnéticos do disco impulsor, com tensão constante dentro da calibração do sensor.

O sensor indutivo é composto por um núcleo de ferrite envolto por uma bobina, um circuito oscilador, por fim, um circuito disparador em conjunto com um amplificador, toda vez que um dente da roda impulsora aproxima-se do sensor é produzida uma alteração no campo magnético, a relutância do circuito diminui nos vales e aumenta na proximidade das cristas dos dentes, produzindo um sinal de frequência igual à variação da velocidade dos dentes e de tensão variável conforme *Citisystems* (2017), um disparador de *Schmitt*, segundo Braga (s.d.), integrado ao sensor, converte o sinal produzido de tipo senoidal, dente de serra ou triangular em um sinal de onda quadrada ou retangular com amplitude constante e frequência variável, Figura 23.

Figura 23 – Esquema de funcionamento do sensor indutivo



Alvos ferrosos produzem alterações na relutância do circuito magnético, portanto criam oscilação na frequência do sistema. Quando a frequência muda também a amplitude do sinal detectado é alterada.

Fonte: CITISYSTEMS (2017).

O princípio de funcionamento do sensor indutivo se dá a partir de um campo eletromagnético variável que é gerado pelo oscilador em conjunto com a bobina na extremidade do dispositivo. Quando um material metálico penetra este campo, são induzidas pequenas correntes parasitas. Com a indução no metal, ocorre uma diminuição na energia do campo e, conseqüentemente na amplitude do sinal proveniente do oscilador. Quando este sinal se torna muito baixo, o circuito de disparo percebe a mudança e altera a tensão de saída. Fornecendo uma resposta lógica, de nível alto ou baixo, que pode ser utilizada no controle do processo,

conforme a *Citisystems* (2017), devido a suas características e custo, nós optamos pela sua utilização.

Os sensores indutivos podem ser aplicados em diferentes funções relacionadas à percepção de proximidade (*CITISYSTEMS*, 2017).

- Detecção de presença ou ausência de um material metálico;
- Detecção de passagem de material;
- Detecção de fim de curso;
- Contagem e reconhecimento de pulsos por meio de componente mecânico dentado;
- Identificação de materiais metálicos;
- Leitura de posição (longa distância).

O sensor indutivo é um dispositivo que apresenta versatilidade, oferece segurança nas aplicações de automação e, portanto, possui grande utilidade na indústria.

2.3.2 Condicionamento de Sinais com Microcontrolador

O microcontrolador, *Programmable Interface Controller* (PIC) 18F4550 da Microchip Figura 24, apresenta diversas vantagens quando se trata de comunicação, entre estas, o mesmo possibilita realizar uma comunicação com o computador via USB.

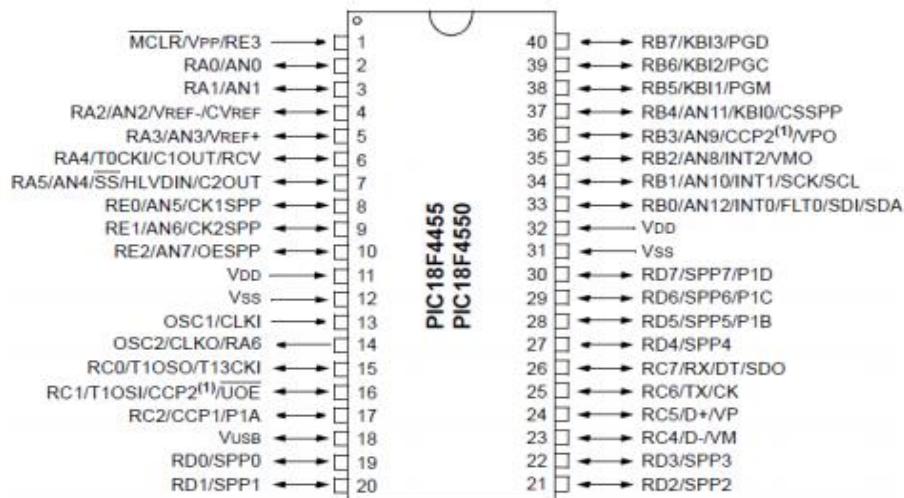
Figura 24 – PIC 18F4550



Fonte: MICROCHIP (2019).

O PIC 18F4550, Figura 25, é utilizado na FATEC Santo André, nas disciplinas de microcontroladores do terceiro semestre, onde é estudada toda a sua estrutura interna e desenvolvida aplicações com o mesmo.

Figura 25 – Diagrama de Pinagem do PIC 18F4550



Fonte: MICROCHIP ® DATA SHEET (2009).

Também é utilizado em outras disciplinas para realizar laboratórios e projetos que promovem a qualificação profissional.

São características do PIC18F4550 conforme MICROCHIP (s.d.):

- Recursos de barramento serial universal
 - ✓ Compatível com *Universal Serie Bus* (USB) V2.0
 - ✓ Baixa velocidade 1,5Mb/s e velocidade total 12Mb/s
 - ✓ Suporta transferências de controle, interrupção, simultâneas.
 - ✓ Suporta até 32 saídas sendo 16 bidirecionais
 - ✓ Interface para transceptor USB sem chip
 - ✓ Porta paralela para transmissão de dados, em inglês *Streaming Parallel Port* (SPP) para transferências via USB de 8 bits.
- Modos gerenciadores de energia
 - ✓ Em execução – *Central Process Unit* (CPU) e periféricos ativados.
 - ✓ Modo ocioso – CPU desligada, periféricos ligados, até 5,8 μ A.
 - ✓ Modo suspensão – CPU e periféricos desligados, até 0,1 μ A.
 - ✓ Oscilador 1, *Timer* 1: 1,1 μ A, 32 kHz, 2 V.
 - ✓ Duas velocidades de início do oscilador.
- Estrutura flexível do oscilador
 - ✓ Quatro modos, incluindo *Phase Locked Loop* (PLL) de alta precisão para USB
 - ✓ Dois modos de *clock* externo, até 48 Mhz.
 - ✓ Oito frequências selecionáveis, de 31 kHz até 8 MHz.

- ✓ Oscilador secundário usando o *Timer 1* a 32 kHz.
- Destaques periféricos
 - ✓ Entrada / Saída de alta corrente de 25 mA / 25 mA.
 - ✓ Três interrupções externas.
 - ✓ Quatro módulos de *timer*.
 - ✓ Até dois módulos de Captura / Comparação / *Pulse width modulation* (PWM) (CCP):
 - Captura, 16 bits, máxima resolução 5,2 ns – Permite a medição do tempo de duração de um evento.
 - Comparação, 16 bits, máxima resolução 83,3 ns – compara valores entre os registros do *timer* (TMR1) e *Capture/Compare/PWM Register* (CCPR).
 - PWM resolução de 1 a 10 bits – gera sinais de frequência e variáveis.
 - ✓ Módulo *Universal Synchronous Receiver Transmitter* (USART) aprimorado.
 - Suporte de barramento *Local Interconnect Network* (LIN).
 - ✓ Módulo de porta serial síncrona mestre (MSSP) com suporte *Serial Peripheral Interface* (SPI) e modos mestre e escravo, *Inter-Integrated Circuit* (I2C).
- Recursos especiais
 - ✓ Memória FLASH para armazenamento de programa: 32 Kbytes;
 - ✓ Memória, *Static Random Access Memory* (SRAM) para armazenamento de dados: 2 kbytes;
 - ✓ Memória, *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* (EEPROM) de dados: 256 bytes;
 - ✓ Portas configuráveis como entradas ou saídas digitais: 35;
 - ✓ Portas configuráveis como canais de entradas analógicas: 13;
 - ✓ Temporizadores de 8 e 16-bits: 4;
 - ✓ *Watchdog Timer*;
 - ✓ Frequência de operação de até 48 MHz;
 - ✓ Múltiplas fontes de interrupção (20);
 - ✓ Arquitetura Harvard, tecnologia, *Reduced Instruction Set Computer* (RISC) com um conjunto de 75 instruções;
 - ✓ Pilha de 31 níveis;

Mais informações e especificações técnicas podem ser encontradas no *data sheet* do PIC18F4550 (MICROSHIP, s.d.).

2.3.3 Depuração dos Dados com LabVIEW

Por mais de 40 anos, a *National Instruments* (NI) desenvolve sistemas de teste e medição automatizados ajudando engenheiros e estudantes a resolverem vários desafios dos mais difíceis do mundo, buscando a combinação certa de *hardware*, *software* e serviços. Segundo a NI (s.d.), suas soluções são aplicadas em testes dos sistemas *powertrain* de veículos diesel, de ignição por centelha e híbridos desde o início de projetos, integrando entradas e saídas, em sistemas avançados de assistência, aumentando a cobertura do teste e reduzindo seu custo. Ainda com base nas declarações da NI (s.d.), teste de componentes automotivos e industriais em geral garantem produtos de alta qualidade e maximiza a velocidade de produção, a presença de *softwares* da NI manifesta-se também em sistemas *Vehicle-to-Infrastructure Communication* (V2X), testes de unidades de controle de motor em ambiente virtual e na padronização e análise de grandes quantidades de dados com a criação inclusive de relatórios.

Concluimos que o programa da *National Instruments* tem aspectos desejáveis para os objetivos por ser extremamente utilizado no setor automotivo entre outros, é um ambiente de desenvolvimento altamente produtivo para a criação de aplicações que interagem com os dados ou sinais do mundo real, Figura 26 (*NATIONAL INSTRUMENTS CORP*, s.d.).

Figura 26 – Funcionalidade do LabVIEW



Fonte: Adaptado de *National Instruments*, (s.d.).

O ambiente de desenvolvimento contém inúmeras ferramentas e componentes que são necessários para aplicações de testes, medições ou controle (*NATIONAL INSTRUMENTS CORP*, s.d.).

3 MATERIAIS e MÉTODOS

Para desenvolver um protótipo e testar o modelo inicial com a captação de sinal senoidal, seu condicionamento, a aquisição e análise deste sinal e a disponibilização do mesmo para uso do registro de velocidade real do veículo foram previstas as soluções seguintes.

3.1 Elemento Sensor

O mercado pode oferecer algumas possibilidades para a aplicação na detecção da velocidade de rotação, como o sensor óptico, Figura 27, sensor magneto-resistivo, Figura 28, sensor de efeito Hall, Figura 29 e o sensor indutivo, Figura 30 (LAGANÁ, 2018).

Entretanto a escolha do sensor indutivo apresenta como vantagens, atendimento a todas as especificações com uma ótima precisão, custo acessível e a facilidade de execução futura de manutenção no dispositivo (*MONARCH INSTRUMENT*, s.d.).

Figura 27 – Sensor de Velocidade de Rotação / Óptico / Sem Contato



Fonte: *Monarch Instrument* (s.d.).

Figura 28 – Sensor de Velocidade de Rotação / Magneto-Resistivo / Sem Contato



Fonte: *Electro-Sensors* (s.d.).

Figura 29 – Sensor de Velocidade de Rotação / Efeito Hall / Sem Contato



Fonte: MTE-Thomson (2017).

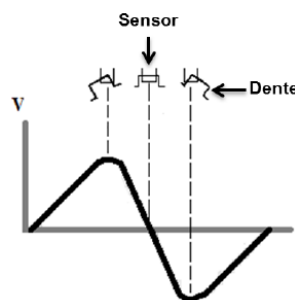
Figura 30 – Sensor de Velocidade de Rotação / Indutivo / Sem Contato



Fonte: MTE-Thomson (2017).

Para o estudo, optou-se então pelo uso de um sensor indutivo, capaz de operar gerando um campo eletrostático e detectando mudanças nesse campo gerado, o que acontece quando um alvo ferromagnético ou magnético se aproxima Figura 31 (LAGANÁ, 2018).

Figura 31 - Sinal de tensão de saída de um sensor indutivo



Fonte: Albaladejo (2013).

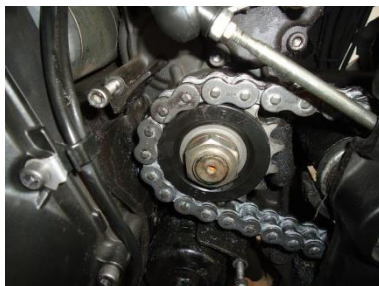
A escolha deste sensor deve contemplar suas dimensões físicas, facilidade e flexibilidade de fixação, frequência de trabalho, tensão de trabalho, faixa de temperatura de trabalho, capacidade de suportar vibrações e permeabilidade à interferência magnética.

Para a aplicação desejada foram considerados os parâmetros de uma das mais velozes motocicletas do mercado, Kawasaki Ninja H2R, como as especificações da razão de

transmissão, i_t , os valores típicos de pinhão aplicados, z_1 , e velocidade de rotação de motores, n_1 , determinando desta forma as especificações desejáveis para o sensor.

O suporte dedicado prevê versatilidade no ajuste de distância para o posicionamento do sensor no alojamento de cobertura do pinhão, Figura 32.

Figura 32 - Alojamento do pinhão



Fonte: i8.photobucket.com (s.d.).

3.2 Circuito condicionador do Sinal

Com a combinação da informação deste sensor indutivo, Figura 33, portando no sinal senoidal produzido, frequência e amplitude, tornam-se possível sua decomposição em período e sua interpretação em velocidade.

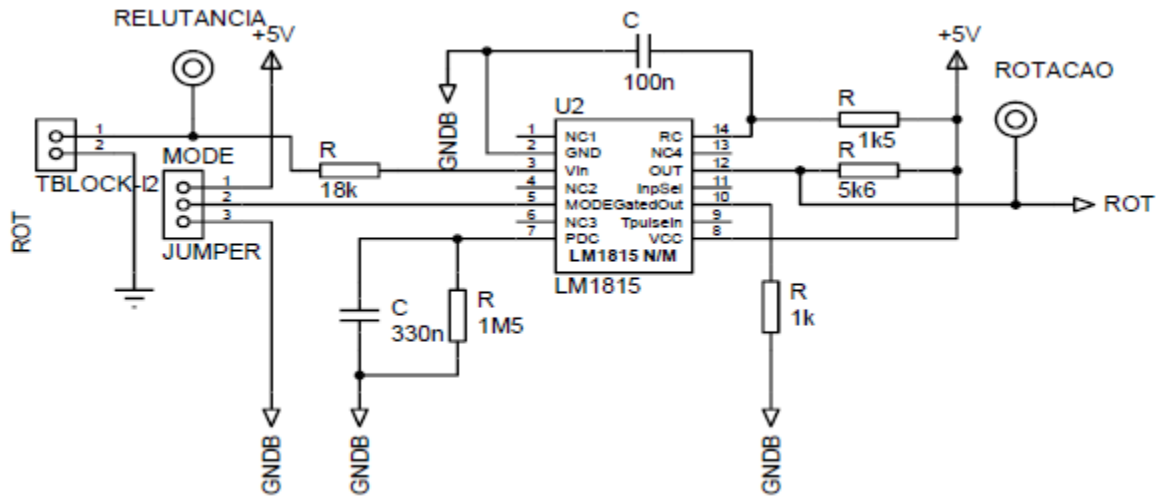
Figura 33 – Sensor de Velocidade Indutivo



Fonte: Robert Bosch Automotive Handbook (2000).

A utilização do microprocessador, entretanto necessitam de um circuito condicionador do sinal, Figura 34, segundo Albaladejo (2013) é possível obter-se um sinal correspondente à velocidade do veículo, desta maneira possibilitando através de software adequado a produção de registros de dados, relatórios e informações para análise como velocidade e distância.

Figura 34 – Circuito Condicionador do sensor de relutância variável

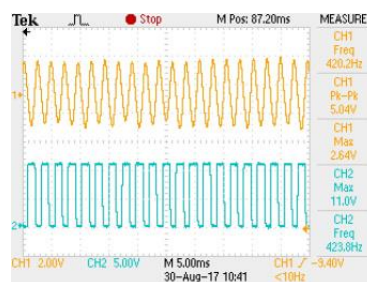


Fonte: Albaladejo (2013).

A aplicação do circuito condicionador transforma o sinal de relutância senoidal de frequência e amplitude variável em um sinal retangular com a frequência variando proporcionalmente à rotação e a tensão limitada a um valor máximo de aproximadamente 5 V.

O circuito integrado LM1815 é essencial, pois o microcontrolador poderia ser danificado com as tensões sinodais produzidas pelo sensor, produz o sinal digital retangular Figura 35, apropriado para o funcionamento do microprocessador segundo Oshiro; Kague (2012), além de reduzir ruídos do circuito.

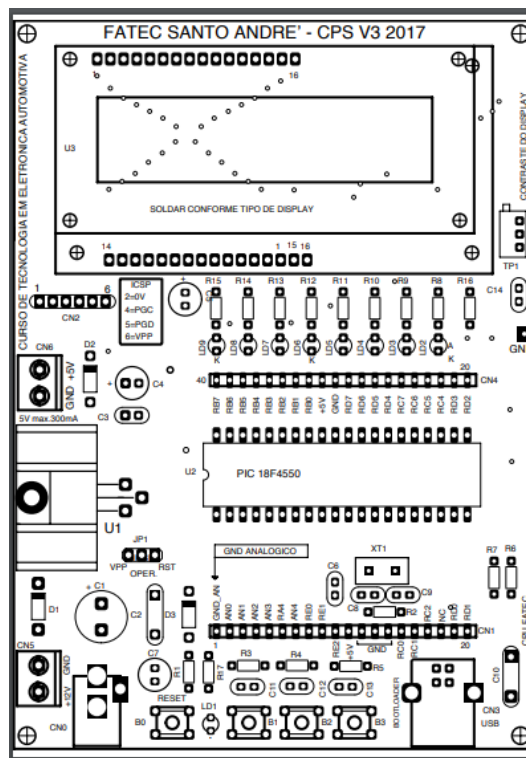
Figura 35 - Conversão de sinal senoidal em sinal retangular



Fonte: Tecktronix Enabling Innovation (s.d.).

A utilização da placa desenvolvida pelo mestre Edson Caoru Kitani, CPU Fatec 2017 V3, Figura 35, foi determinada pelo amplo conhecimento do seu funcionamento pois essa placa é aplicada em diversas práticas das disciplinas do curso superior de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva na FATEC Santo André e sua integração com o PIC 18F4550.

Figura 36 – Layout Placa CPU Acadêmica FATEC Santo André



Fonte: Kitani (2017).

O registro da entrada do sinal na placa será realizado por interrupção externa, através do pino RB0 do PIC, correspondente na placa CPU ao pino 33 do barramento.

O sinal condicionado tem uma frequência proporcional à velocidade de rotação e o microcontrolador pode determinar o período entre dois pulsos produzidos, em um determinado período de amostragem t_a , portanto possibilitando a contagem de rotações em um minuto, (KITANI, 2018).

Segundo Kitani (2018), a Equação (1) calcula a velocidade de rotação do eixo do pinhão, aplicando-se um tempo de amostragem t_a , para um número de interrupções z_i .

Equação 1 - Cálculo da Velocidade Angular do Eixo do Pinhão

$$n_1 [rpm] = \left(\frac{1000}{t_a [ms]} \times 60 \right) \quad (1)$$

Fonte: FATEC SANTO ANDRÉ (2018).

Onde:

n_1 velocidade angular do eixo do pinhão [rpm]

t_a tempo da amostragem [ms]

Conforme a Equação (2), segundo João (2020), será obtida a velocidade angular da coroa.

Equação 2 – Cálculo da Velocidade Angular da Roda

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} \therefore n_2 = \frac{n_1 \times z_1}{z_2} \quad (2)$$

Fonte: FATEC SANTO ANDRÉ (2020).

Onde:

i razão de transmissão
 $d_{1,2}$ diâmetro primitivo do pinhão (1 - motora), coroa (2 - movida) [m]
 $z_{1,2}$ número de dentes do pinhão (1 - motora), coroa (2 - movida)
 $n_{1,2}$ velocidade angular do pinhão (1 - motora), coroa (2 - movida) [rpm]

Para o cálculo, serão utilizados como parâmetros de rotação do eixo de saída da transmissão n_1 , os valores de número de dentes do pinhão z_1 , relacionado à roda impulsora, e dentes da coroa z_2 , ambos fornecido pelas especificações do produto.

Com valor da velocidade angular do pinhão n_1 através da Equação (1), e a razão de transmissão i do conjunto, segundo Aparecido João (2020), determinamos a velocidade angular da coroa n_2 .

Conforme João (2020), a velocidade angular da roda, n_2 , possibilita o cálculo da velocidade do veículo, v_f , conforme a Equação (3).

Equação 3 – Cálculo da Velocidade Tangencial da Roda

$$v_f \left[\frac{km}{h} \right] = [(2 \times \pi \times r_d) \times n_2] \times (0,06 \times 10^{-3}) \quad (3)$$

Fonte: FATEC SANTO ANDRÉ (2020).

Onde:

v_f velocidade tangencial da roda [km/h]
 r_d raio dinâmico do conjunto roda/pneu [m]

Obtida a velocidade angular da coroa (n_2), a razão de transmissão (i), especificados o diâmetro da roda e pneu do veículo, o cálculo da velocidade ($v[km/h]$) é feito através da Equação (3), segundo João (2020).

Podemos citar a aplicabilidade do sistema detector da velocidade do veículo que é proposto, por exemplo, para o cálculo das velocidades para mudança de marcha durante os testes do veículo, na fase de aceleração, de acordo com a *Economic Commission for Europe* (ECE) 2009.

Equação 4 – Velocidade para mudança de marcha em aceleração $v_{1 \rightarrow 2}$

$$v_{1 \rightarrow 2} = \left[\left(0,5753 \times e^{\left(-1,9 \times \frac{P_n}{m_k + 75} \right)} - 0,1 \right) \times (s - n_{idle}) + n_{idle} \right] \times \frac{1}{ndv_1} \quad (4)$$

Fonte: ECE (2009).

Onde:

$v_{1 \rightarrow 2}$	velocidade para troca de marcha de 1 ^a \rightarrow 2 ^a marcha
E	constante (número de Euler)
P_n	potência nominal [kW]
m_k	massa do veículo em ordem de marcha [kg]
S	velocidade nominal do motor [m^{-1}]
n_{idle}	velocidade de marcha lenta [m^{-1}]
ndv_1	razão entre rotação do motor [m^{-1}] e velocidade do veículo [km/h]

A Equação (4) para mudança $v_{1 \rightarrow 2}$ e a Equação (5) para mudança de $v_i \rightarrow i+1$ ambas calculadas em km/h, estas especificações devem ser observadas durante as fases de homologação e inspeção dos veículos no controle de eficiência energética e emissões de poluentes.

Equação 5 – Velocidade para mudança de marcha em aceleração $v_i \rightarrow i+1$

$$v_{1 \rightarrow i+1} = \left[\left(0,5753 \times e^{\left(-1,9 \times \frac{P_n}{m_k + 75} \right)} \right) \times (s - n_{idle}) + n_{idle} \right] \times \frac{1}{ndv_1}, i = to ng - 1 \quad (5)$$

Fonte: ECE (2009).

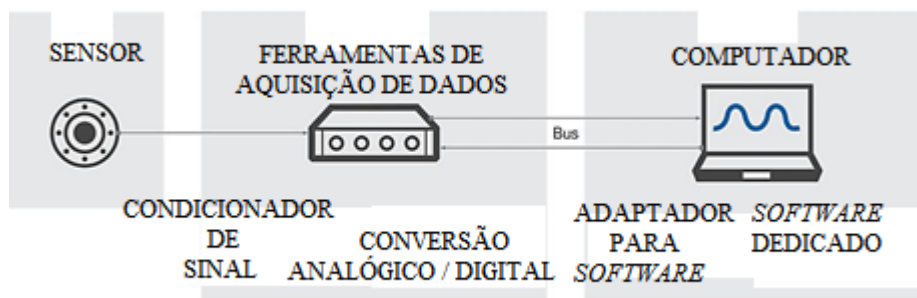
Onde:

I	número de engrenagens (≥ 2)
Ng	número total de marchas a frente
P_n	potência nominal [kW]
m_k	massa limite do veículo em ordem de marcha [kg]
n_{idle}	velocidade de marcha lenta [m^{-1}]

S velocidade nominal do motor [m^{-1}]
 ndv_i razão entre velocidade do motor [min^{-1}] e a velocidade do veículo [km/h] na marcha i

O projeto prevê basicamente o fluxo de dados, Figura 37, composto do bloco sensor para captação do sinal, o bloco para aquisição de dados, seu condicionamento e conversão e o bloco de análise, exposição e arquivamento dos dados.

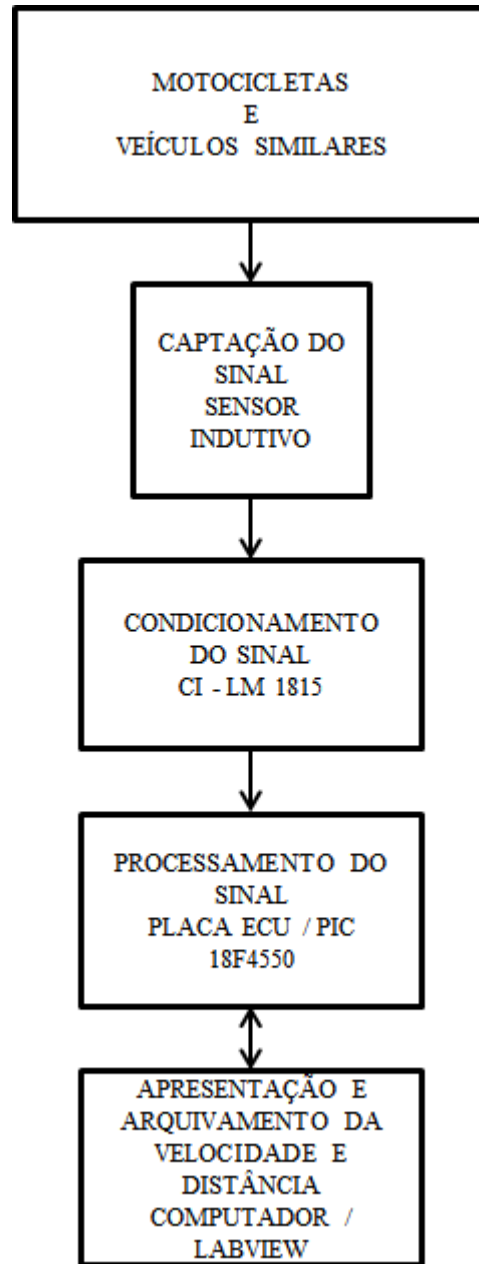
Figura 37 – Fluxo do Projeto



Fonte: Adaptado de *National Instruments Corp.* (s.d.).

O método aplicado para o desenvolvimento do projeto incluiu a compreensão das particularidades do veículo a ser utilizado, motocicleta e veículos similares, o elemento sensor incluindo a roda impulsora ou roda fônica e sua fixação, definindo o primeiro bloco, o segundo bloco foi estabelecido com o circuito condicionador com o CI LM 1815 e a placa ECU com o microcontrolador PIC 18F4550, enquanto o terceiro bloco ficou dividido entre a placa ECU e o microcontrolador, parte de comunicações, o computador e o *software* da *National Instruments*, Figura 38.

Figura 38 – Diagrama em Bloco do Fluxo do Projeto



Fonte: Autor (2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão descritos os procedimentos executados para a produção do protótipo proposto.

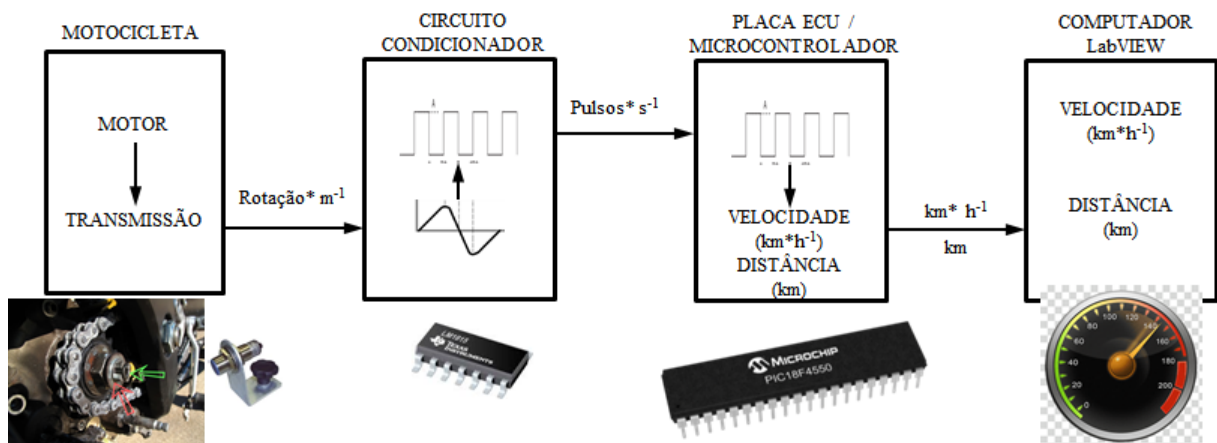
4.1 Procedimentos Iniciais

Inicialmente foram realizadas pesquisas para determinar o melhor posicionamento do sensor, considerando as características físicas do sensor e da roda impulsora, neste caso o pinhão, o layout mais adequado para os cabos de conexão.

Com relação à utilização da placa ECU do projeto, como a mesma integra o PIC 18F4550 e este corresponde à utilização pretendida, nos procedimentos foram feitas apenas as confrontações de resultados obtidos e os pretendidos, não tendo sido observadas necessidades maiores do que a integração de um filtro para redução de ruídos eletromagnéticos detectados, provavelmente pela proximidade do conjunto rotor / estator do sistema de carga.

O software da *National Instruments*, LabVIEW, por sua grande versatilidade de integração em plataformas de desenvolvimento e facilidade por possibilitar uma programação por gráficos também é uma opção praticamente direta, Figura 39.

Figura 39 – Diagrama de pesquisas do projeto



Fonte: Adaptado de *Microsoft* (2016), *National Instruments* (s.d.), e *i8.photobucket.com* (s.d.), Autor (2020).

4.1.1 Sensor Indutivo com Imã Permanente

O sensor a ser utilizado permaneceu entre duas formas de funcionamento, o sensor indutivo e o sensor de efeito *Hall*, por serem confiáveis, precisos, robustos e duráveis. Segundo Ripka et al. (2019), são também baratos e por isso muito populares em aplicações automotivas e outras. Ao contrário de sensores ópticos, são imunes à contaminação por óleo, graxa e poeira.

Estes sensores podem possuir a saída digital, simples pulsos (sensores incrementais) ou modulação por largura de pulso PWM.

Os dois tipos exigem um alvo, o indutivo um material ferromagnético, o de efeito Hall um marcador magnético passivo como um ressonador LC ou produzido por uma bobina (RIPKA et al., 2019).

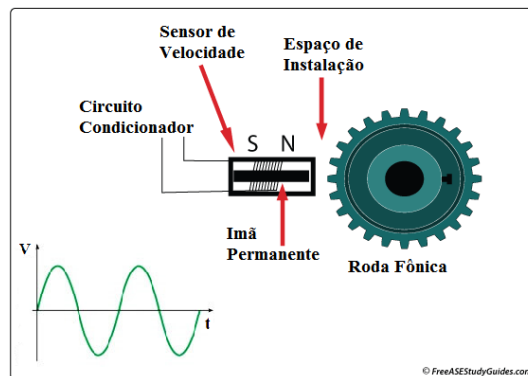
O sensor indutivo, com imã permanente escolhido, Figura 40, tem como vantagem, em seu princípio de funcionamento Figura 41, uma sensibilidade independente da frequência, segundo Ripka et al. (2019), que continua explicando como uma possível desvantagem a dependência de características do alvo, tais como condutividade, permeabilidade e tamanho, mantendo entretanto repetibilidade de 150 nm e precisão de 0,15%, se a medição for feita dentro de uma distância G relativamente pequena entre 1mm e 3mm, se comparada à sensores com transformadores como fonte de indução (RIPKA et al., 2019).

Figura 40 – Sensor de Velocidade Automotivo



Fonte: MTE Thomson (2017).

Figura 41 - Princípio de funcionamento do sensor de velocidade de roda



Fonte: *FreeAseStudyGuides.com* (2020).

O sensor deve possuir as seguintes especificações conforme a publicação *Book_Bosch Sensor Complete* (2002), Tabela 4:

Tabela 4 – Especificações de um sensor de velocidade de rodas automotivo

Especificações Técnicas		Unidades	Valores
Faixa de velocidade de rotações		min^{-1}	20 \rightarrow 7000
Faixa de temperatura	área do cabo	$^{\circ}\text{C}$	-40 \rightarrow +120
Faixa de temperatura	área da bobina	$^{\circ}\text{C}$	-40 \rightarrow +150
Stress vibração		m^*s^{-2}	1200
Frequência		Hz	50 \rightarrow 30k
Resistência do cabo	(20 $^{\circ}\text{C}$)	Ω	860 \pm 10%
Indutância	(1 kHz)	Mh	370 \pm 15%
Graus de proteção			IP67
Tensão de saída		V	0 \rightarrow 200

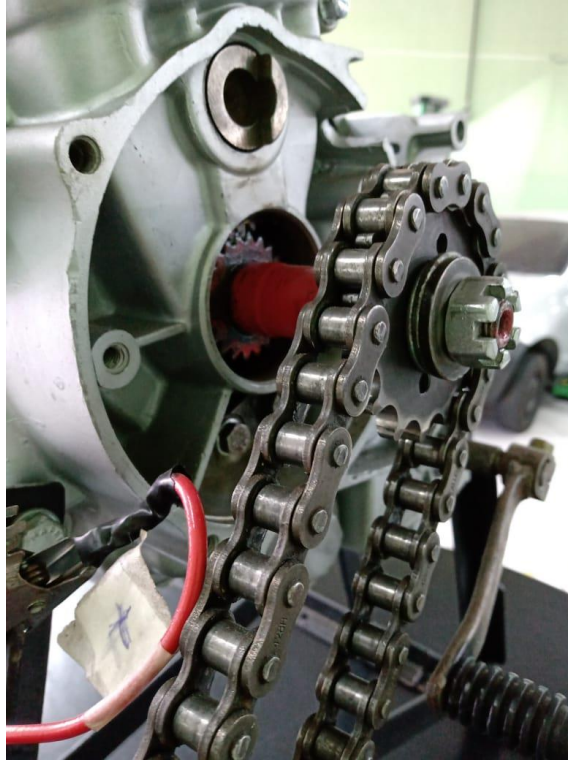
Fonte: Robert Bosch (2002).

Quanto ao sensor Hall, Ripka et al. (2019), referenciam como inadequado a estabilidade do campo primário, sua sensibilidade a campos magnéticos externos e a pequenas incompatibilidades angulares causadas por dilatações de temperatura.

A necessidade de testar o modelo de fixação e o funcionamento do sensor em motocicletas com diferentes particularidades implica na disponibilidade de equipamentos para levantamento de eventuais dificuldades mesmo que não apenas físicas, mas também de calibrações, pois são manifestamente conhecidas conforme Pujatti (2007), diferenças como nível de vibrações, ruídos internos e externos de interferências eletromagnéticas, além do próprio layout dos produtos.

Com o apoio da Escola do Mecânico em São Bernardo do Campo, a utilização do *Mockup*, Figura 42, funcional demonstra ótima opção para o desenvolvimento inicial do protótipo.

Figura 42 – *Mockup* para desenvolvimento do protótipo



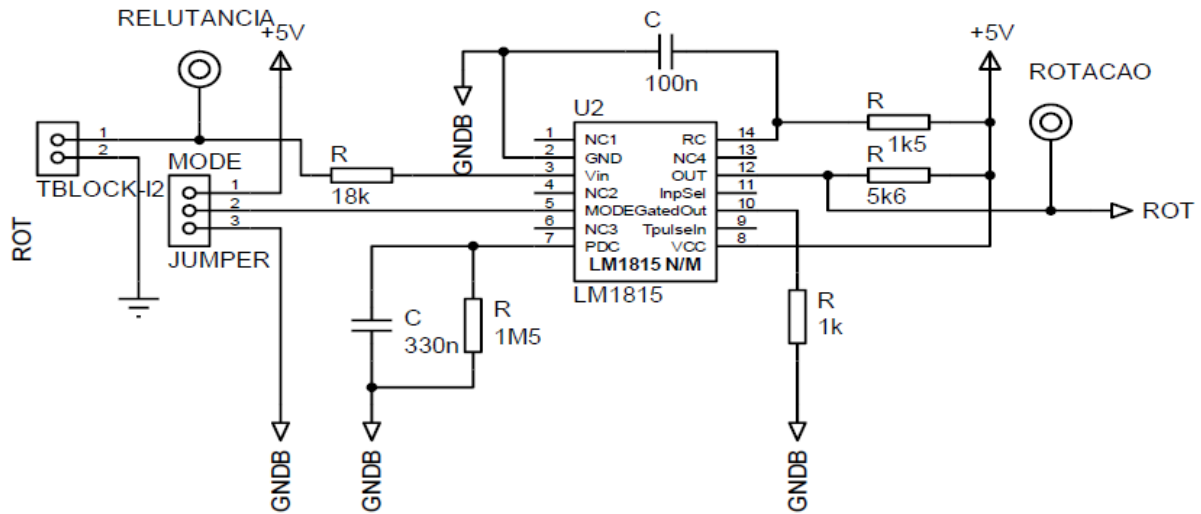
Fonte: Escola do Mecânico São Bernardo do Campo (2020).

4.1.2 Circuito Condicionador

Neste circuito Figura 43, a entrada de sinal senoidal do sensor é atenuada através do resistor de $18\text{ k}\Omega$ antes da conexão com o LM1815 pino 3, tensão de entrada, permitindo um pico de corrente de $\pm 3\text{ mA}$, para entradas de até $\pm 54\text{ V}$, enquanto a tensão deste fica limitada internamente com um valor típico de -350 mV para entradas negativas.

As entradas positivas são fixadas por resistor de $1\text{ k}\Omega$ e diodo em série com internamente, pino 8.

Figura 43 - Circuito condicionador do sensor de relutância variável



Fonte: Albaladejo (2013).

O CI LM 1815 com suas características, Tabela 5, conforme *Texas Instruments Corp.* (2013) recebe o sinal senoidal do circuito condicionador e o converte para um sinal digital de onda retangular completando o condicionamento do sinal.

Tabela 5 – Principais características elétricas do CI – LM1815

Parâmetro	Condição	Min.	Típico	Máx.	Un.
Tensão de alimentação		2,5	10	12	V
Corrente de alimentação	Pin3 = - 0,1V Pin 9 = 2 V Pin 11 = 0,8 V		3,6	6	mA
Largura do pulso de Referência	f_{in} = 1 kHz a 2kHz R = 150 k Ω C = 0,001 μ F	70	100	130	μ s
Corrente de polarização da entrada lógica	V_{in} = 2 V, Pin 9 e 11			5	μ A
Corrente de polarização do sinal de entrada	V_{in} = 0 V DC, Pin 3		- 200		nA
Limite Lógico	Pin 9 e 11	0,8	1,1	2,0	V
V_{OUT} Alta	R_L = 1k Ω , Pin 10	7,5	8,6		V
V_{OUT} Baixo	I_{SINK} = 0,1 ma, Pin 10		0,3	0,4	V
Limite de cruzamento zero	Todos modos, $V_{SINAL} = 1$ V pk-pk	- 25	0	25	mV ⁽¹⁾
Limite mínimo de preparação de entrada	Modo 1, Pin 5 = Aberto	30	45	60	mV ⁽¹⁾
	Modo 2, Pin 5 = Vcc	200	300	450	mV ⁽¹⁾
	Modo 3, Pin 5 = GND	-25	0	25	mV ⁽¹⁾
Limite de preparação da entrada adaptativa	Modo 1, Pin 5 = Aberto $V_{SINAL} \geq 230$ mV pk-pk	40	80	90	% ⁽¹⁾
	Modo 1, Pin 5 = Vcc $V_{SINAL} \geq 1,0$ V pk-pk		80		% ⁽¹⁾
	Modo 1, Pin 5 = GND		80		% ⁽¹⁾

	$V_{SINAL} \geq 150 \text{ mV pk-pk}$				
(1) Os valores Min / Típicos são relativos à tensão de pico positiva observada no pin 3 (V_{IN})					

Fonte: *Texas Instruments* (2013).

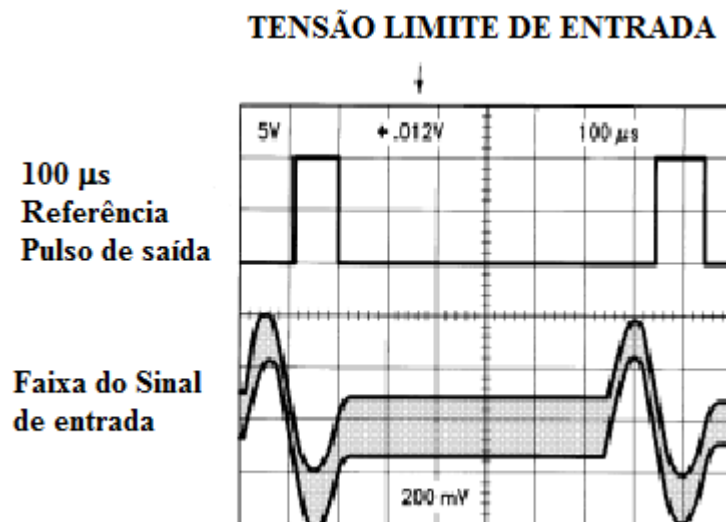
Este CI opera como um detector de cruzamento zero, gerando um sinal retangular a partir do cruzamento do sinal do positivo para o negativo, Figura 44, sendo a largura do pulso estabelecida por um circuito resistivo / capacitivo (RC), a largura do pulso pode ser obtida pela Equação (6).

Equação 6 – Cálculo da largura do pulso do LM 1815

$largura \text{ do pulso} = 0,673 \times R \times C$	(6)
--	-----

Fonte: *Texas Instruments* (2013).

Figura 44 – Oscilograma característico do LM1815



Fonte: *Texas Instruments* (2013).

4.1.3 Microcontrolador PIC 18F4550

O microcontrolador escolhido é um dispositivo conforme Quadro 6

Quadro 6 – Resumo do dispositivo PIC 18F4550

Memória de Programa		Memória de Dados		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EAUSART	Comparadores	Timers 8/16-Bit
Flash (bytes)	Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C			
32k	16384	2048	256	35	13	1/1	Sim	Sim	Sim	1	2	1/3

Fonte: *Microsoft Technology Inc.* (2006).

Em operação com 20 MHz apresenta funcionamento sem problemas no processamento.

O *PORT B* do PIC recebe o sinal condicionado do sensor de velocidade no RB0, Figura 45, configurado como Entrada Digital. O registrador INTCON2 define a interrupção externa pela detecção da borda de subida do sinal, esta interrupção externa determinada pela passagem do dente do pinhão programada determinará o estouro do *Timer 0*, configurado para 16 bits.

Uma sub-rotina “conta_dente” incrementa a variável “dente” e habilita a interrupção do *Timer 0*, com a função de determinar a rotação do pinhão, variável “rotação_pinhao”.

A variável “z1_pinhao” é atualizada no pino RB1, com a inicialização do programa detectada pelo sinal “liga_teste”, tensão de alimentação 12 V pino AN0.

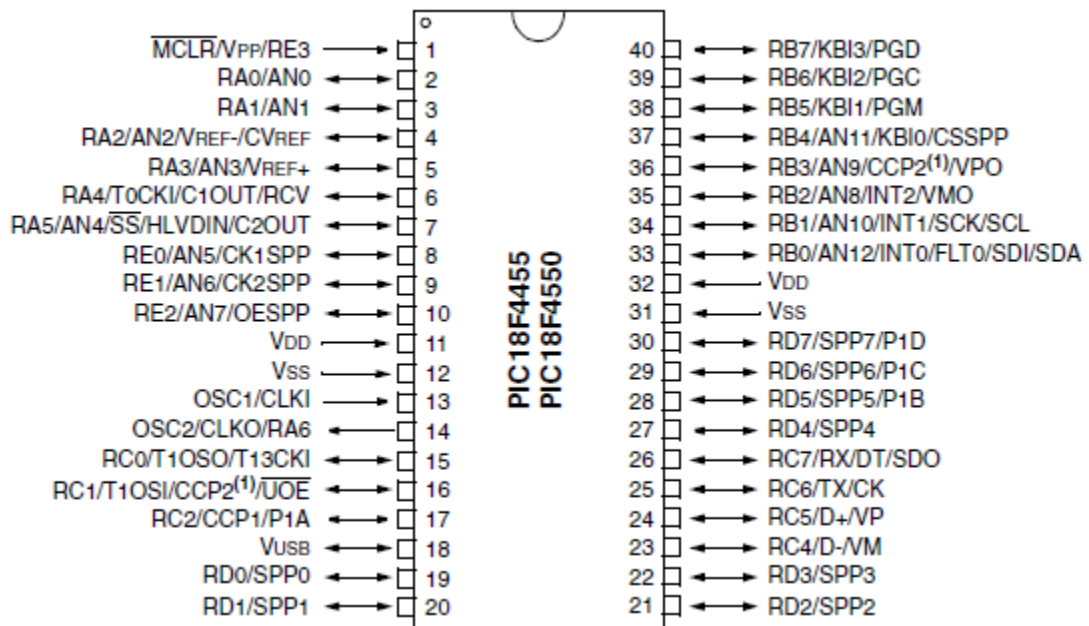
A variável “z2_coroa” é atualizada no pino RB1, com a inicialização do programa e o acionamento da chave B1 no pino RF0 por tempo de acionamento $400 \text{ ms} \geq t_{ac} < 600 \text{ ms}$ com o objetivo de apresentar a velocidade do veículo no display LCD da placa ECU.

A variável “Raio_din” também é atualizada através do pino RB1, após o incremento da variável “z2_coroa” e está prevista para complementar o cálculo de velocidade instantânea, velocidade média e distância percorrida.

A função “display_LCD” para envio e apresentação da informação velocidade ao display da placa ECU será desenvolvida em outro trabalho.

A saída do sinal processado pelo PIC 18F4550, para o notebook utilizado como arquivo de dados e processamento cruzado será feita através do pino RA4 / RCV.

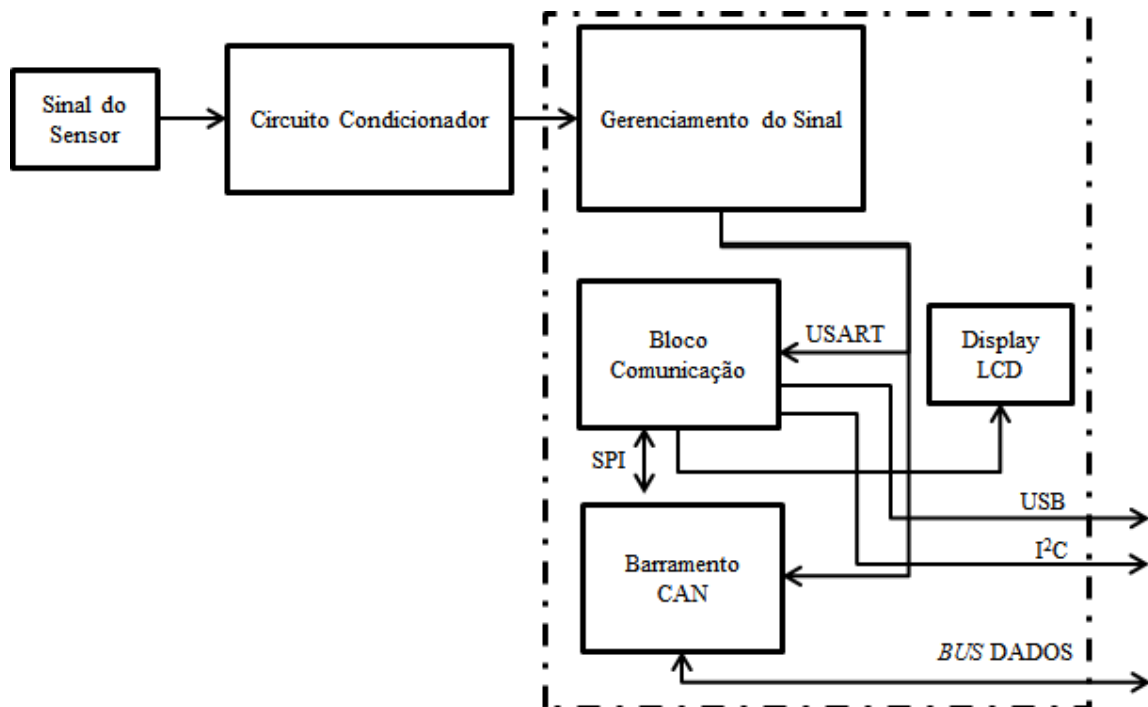
Figura 45 – Diagrama de pinos PIC 18F4550



Fonte: Microchip Technology (2006).

O microcontrolador processa o sinal recebido do circuito condicionador e através do bloco de comunicação disponibiliza a informação ao display da placa ECU e para o adaptador do software no computador através da conexão USB, *PORT B*, pino RB2, Figura 46.

Figura 46 – Diagrama Bloco de Comunicação

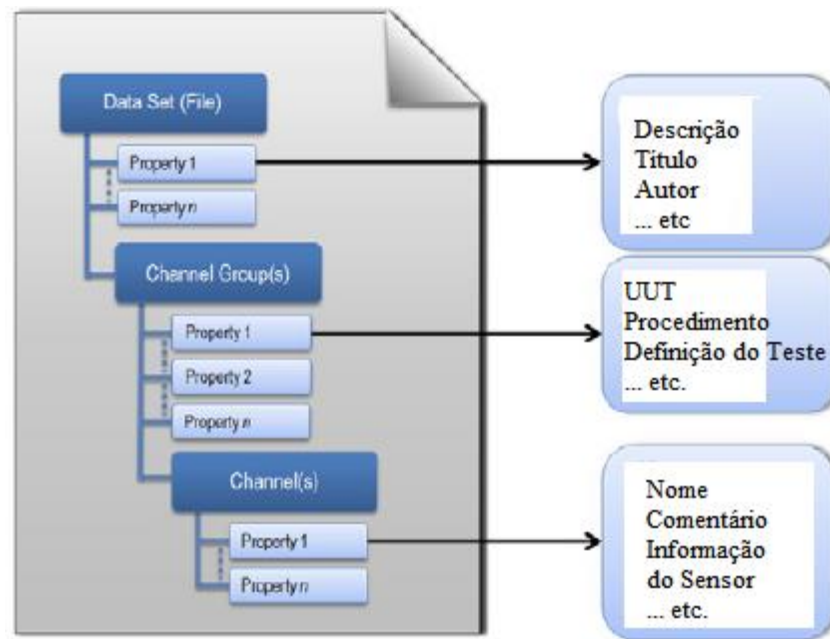


Fonte: Autor (2020).

4.1.4 Plataforma LabVIEW

O LabVIEW é um software de sistemas criado especificamente para execução de testes, medições e controles, acessando à hardwares diversos da *National Instruments* bem como de terceiros. Esta integração é também traduzida em facilidade de programação possibilitando a visualização rápida de resultados conforme a necessidade. O software LabVIEW, instalado no notebook dedicado, por meio de algoritmos para análise de dados, controle avançado e processamento de sinais recebe da placa ECU / PIC 18F4550, via USB, as informações e a partir da variedade de ferramentas oferecidas procede seu arquivamento Figura 47 e produção de relatórios gráficos ou digitais para análise (*NATIONAL INSTRUMENTS*, 2020).

Figura 47 – Gerenciamento de Dados Técnicos



Fonte: *National Instruments* (2020).

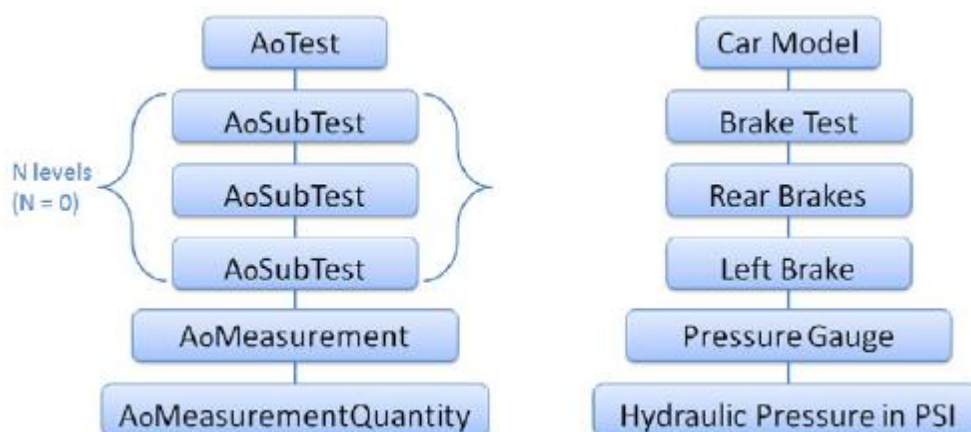
Outras opções viáveis como formato ASCII, Binário, XML ou *DataBase*, podem mostrar-se inadequados pela velocidade de leitura, espaço de memória consumida, estrutura complexa ou mesmo necessidade de atualizações periódicas o que os tornam menos adequados à visualização e mesmo à análise dos dados coletados.

Outro importante aspecto segundo a *National Instruments* (2020), é a necessidade de representação dos dados em gráficos confiáveis mesmo com um volume expressivo de pontos a serem plotados, o LabVIEW possibilita a representação em 3D ou o uso gráficos polares que um relatório pode exigir.

A *National Instruments* (2020), informa ainda a automatização de relatórios quando estes são repetitivos, o que agiliza o processo oferecendo uma dinâmica atraente.

Os padrões de teste do LabVIEW, conforme a *National Instruments* (2020), oferecem um conjunto de estruturas para armazenamento e análise de dados básica que podem ser alteradas com facilidade para adequação às particularidades do projeto, Figura 48.

Figura 48 – Representação Simplificada do Modelo Base LabVIEW



Fonte: *National Instruments* (2020).

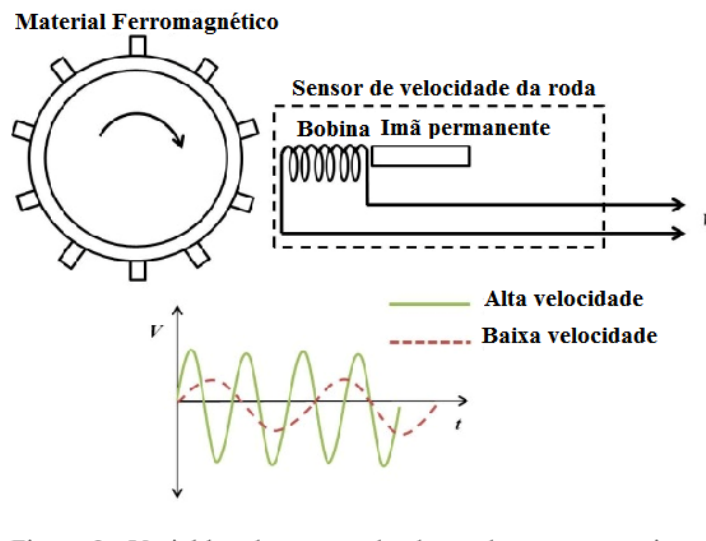
No projeto com os dados recebidos da placa ECU serão compostos os *Virtual Instruments* (VIs), a apresentação da velocidade do veículo, tempo de análise em funcionamento, tempo total do percurso, distância percorrida, além do armazenamento de dados para possível análise. Vale notar que o RDE com as fases determinadas para os testes em motocicletas ainda não estão definidos neste trabalho, carecendo, portanto de informações complementares ou definição de legislação, desta forma as informações de relatórios declaradas prestam-se tão somente a título não oficial de aplicação.

4.2 Testes Finais

Usando como parâmetros os testes realizados em veículos automotivos equipados com sistema de freios ABS pelo autor, em treinamentos para mecânicos autônomos e de

concessionárias, na Escola SENAI Conde José Vicente de Azevedo (1998), conforme Apostila Desenvolvimento da Rede VW (2018), os testes finais em medida direta na conexão do sensor apresentam uma saída de tensão alternada com frequência e amplitude variando proporcionalmente à rotação imposta à roda impulsora, Figura 49, ou alvo. Desta forma admitimos o mesmo funcionamento com a rotação do pinhão de 9 a 20 dentes, conforme Catálogo Vaz (2020).

Figura 49 - Sinal do sensor indutivo em função da velocidade

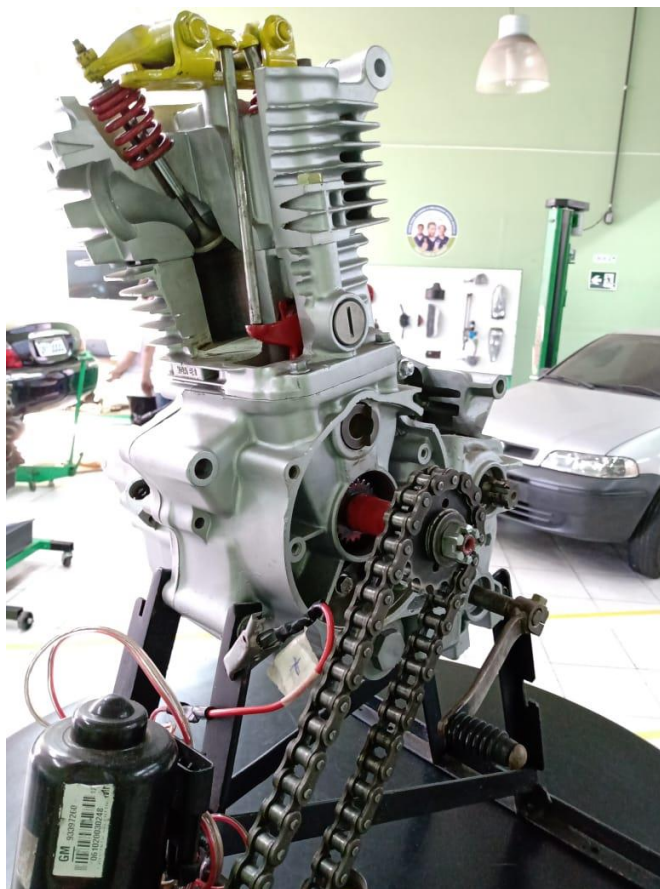


Fonte: IEEE (2012).

O posicionamento do sensor em relação ao alvo que se mostrou mais adequado esteve em alinhamento ao eixo de rotação do pinhão, com uma aproximação de cerca de 0,8 mm até 1,1 mm.

A parte prática deste projeto prevê o desenvolvimento de um suporte ajustável para colocação do sensor indutivo junto ao pinhão da motocicleta, o *Mockup* da Escola do Mecânico em São Bernardo do Campo, Figura 50, serve como modelo de desenvolvimento.

Figura 50 – *Mockup* para desenvolvimento do suporte do sensor



Fonte: Escola do Mecânico de São Bernardo do Campo (2020).

Em verificações preliminares fica evidente o ótimo desempenho didático do *Mockup* e a pouca eficiência para o desenvolvimento pretendido com relação à similaridade com um produto comercial.

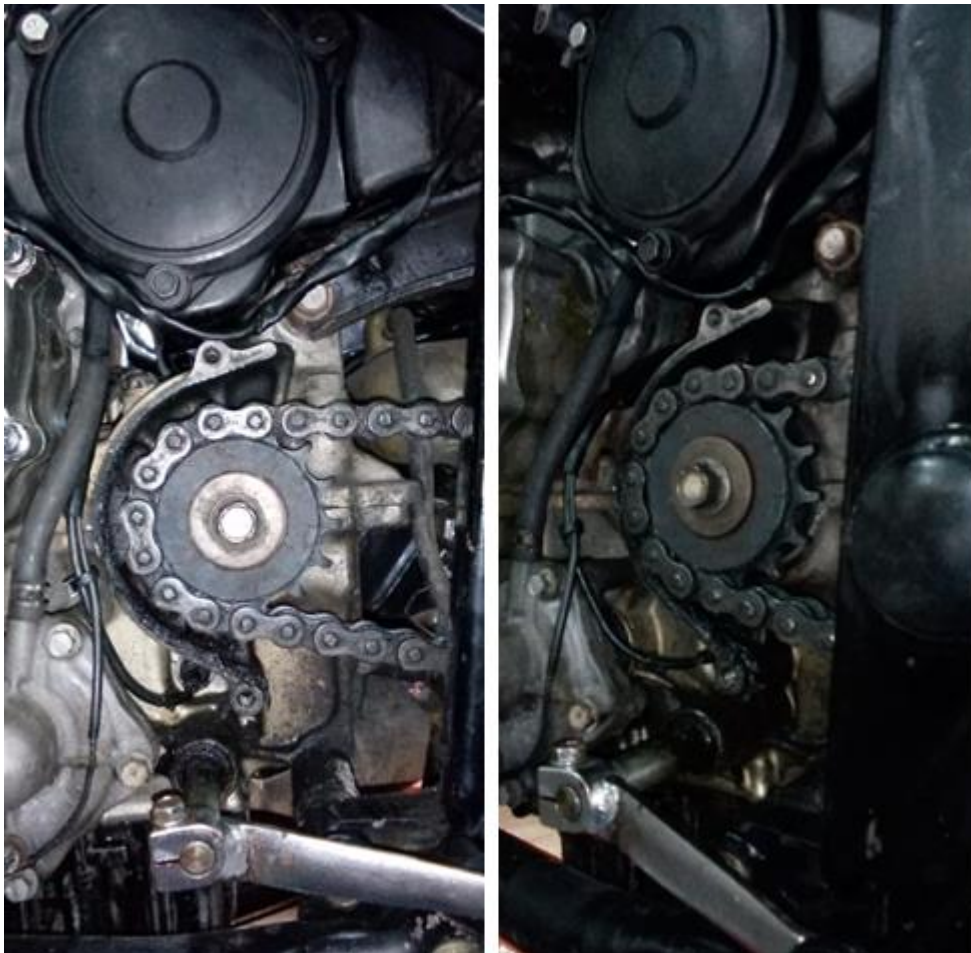
O experimento da funcionalidade do suporte e do sensor, Figura 51, deveria ser realizada em uma motocicleta operacional, para isto contaríamos com a praça técnica da FATEC Santo André e da oficina Ativa Moto Center com a disponibilização de uma motocicleta CB 500, Figura 52, para o teste prático.

Figura 51 – Suporte modelo para o Sensor Indutivo



Fonte: *Monarch Instruments* (s.d.).

Figura 52 – Alojamento do Pinhão CB 500

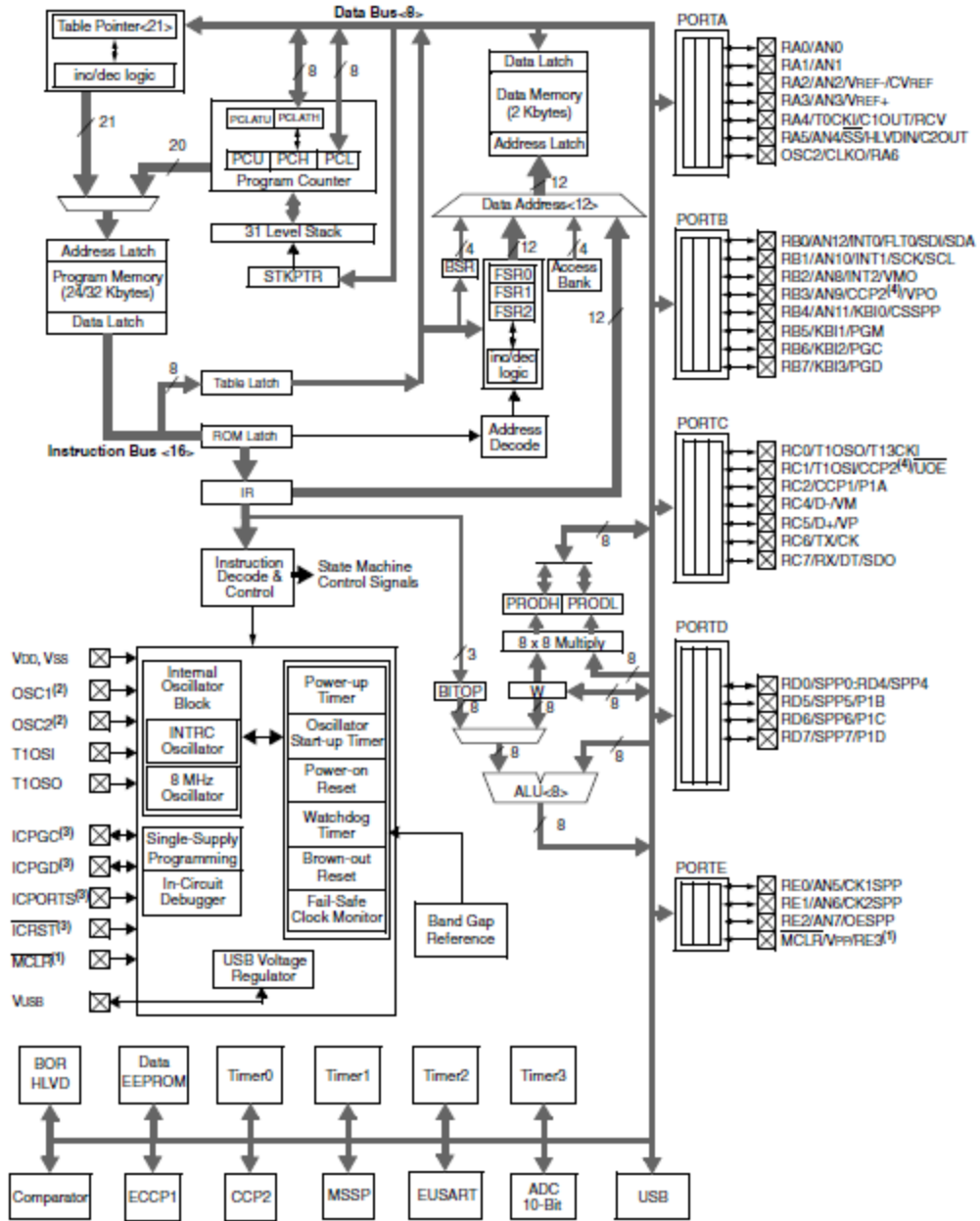


Fonte: *Ativa Moto Center* (2020).

A formatação do circuito condicionador de sinal em uma placa com o CI 1815 integrado, com o micro controlador PIC 18F4550, Figura 53, integrado à placa ECU, Figura 54, que irá

proporcionar os valores lidos através do sensor para o *Personal Computer (PC)* com *software* LabVIEW.

Figura 53 – Diagrama em Bloco PIC 18F4550



Fonte: *Microchip Technology Inc.* (2006).

Figura 54 – Placa ECU FATEC

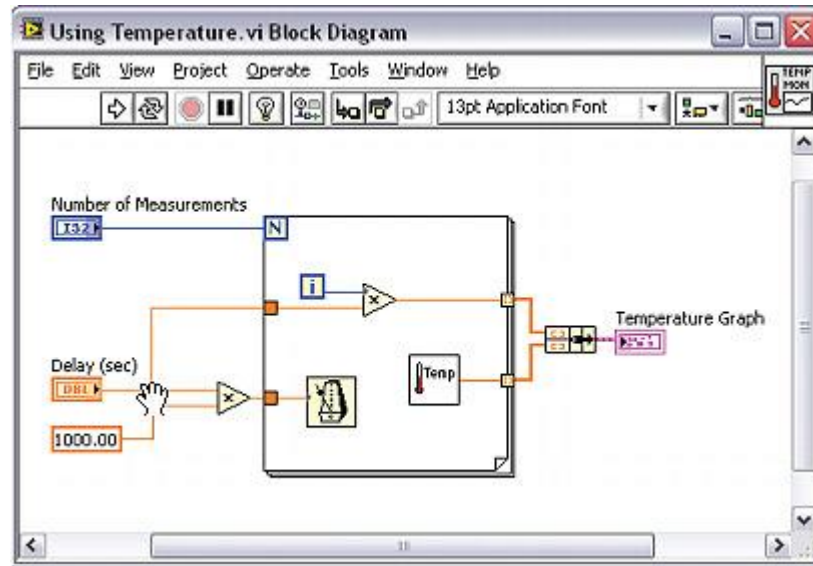


Fonte: Autor (2020).

Este sinal poderá ser disponibilizado para comparação com dados da *Electronic Control Unit* (ECU) da motocicleta se esta dispuser de gerenciamento eletrônico e obtido através de conexão com o sistema OBD do veículo ou das informações de GPS, esta análise poderá ser feita através de recursos disponibilizados na plataforma LabVIEW, não sendo este a proposta deste trabalho.

A versatilidade de ferramentas de controle e de funções, oferecidos pelo LabVIEW, Figura 55, sua simplicidade como ambiente de programação gráfica, Figura 56, permitem o desenvolvimento rápido em eventuais manutenções ou alterações desejadas.

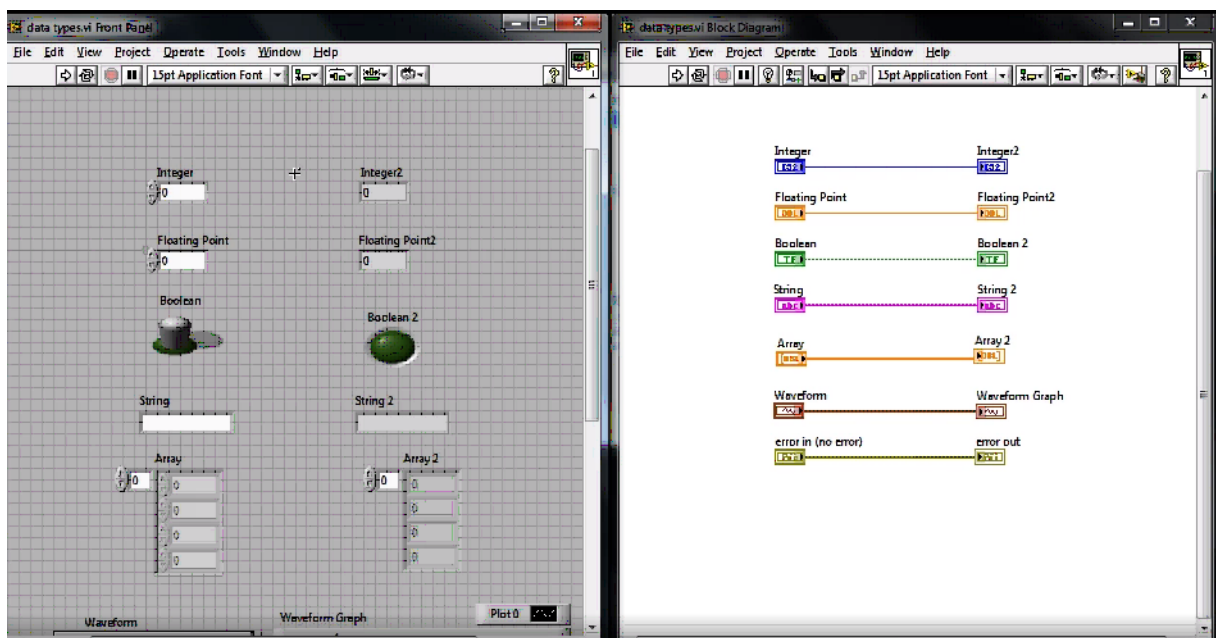
Figura 56 – Diagrama em Blocos da programação em LabVIEW



Fonte: National Instruments (s.d.).

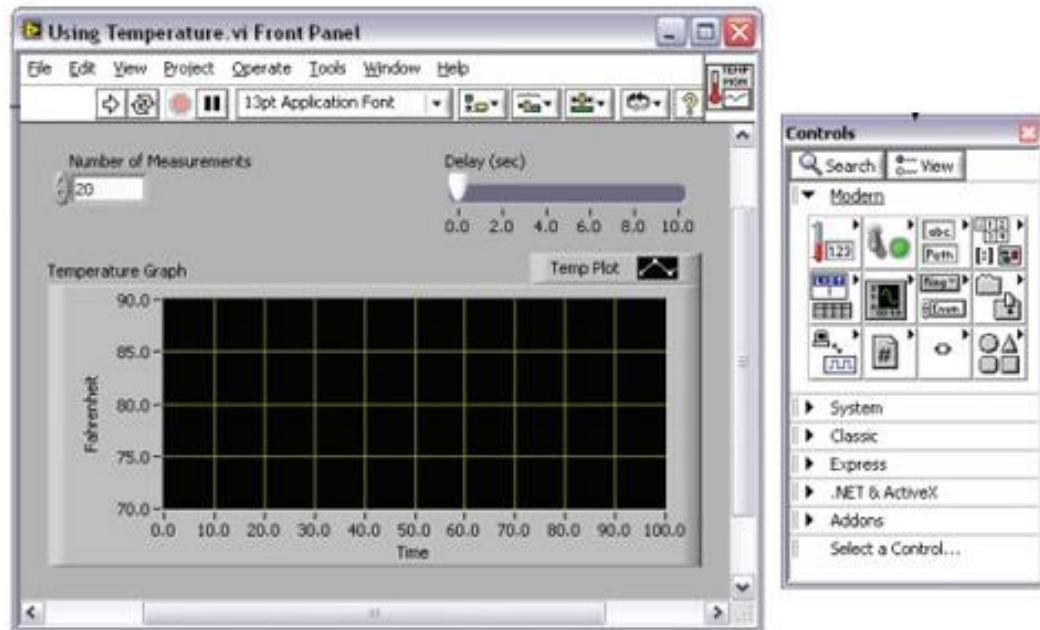
O LabVIEW trabalha com praticamente todos os tipos de variáveis, Figura 57, e pode apresentar painéis interativos otimizados para análise imediata e / ou futura, Figura 58.

Figura 57 – Tipos de Dados com LabVIEW



Fonte: National Instruments (s.d.).

Figura 58 – Painel Frontal LabVIEW



Fonte: *National Instruments* (s.d.).

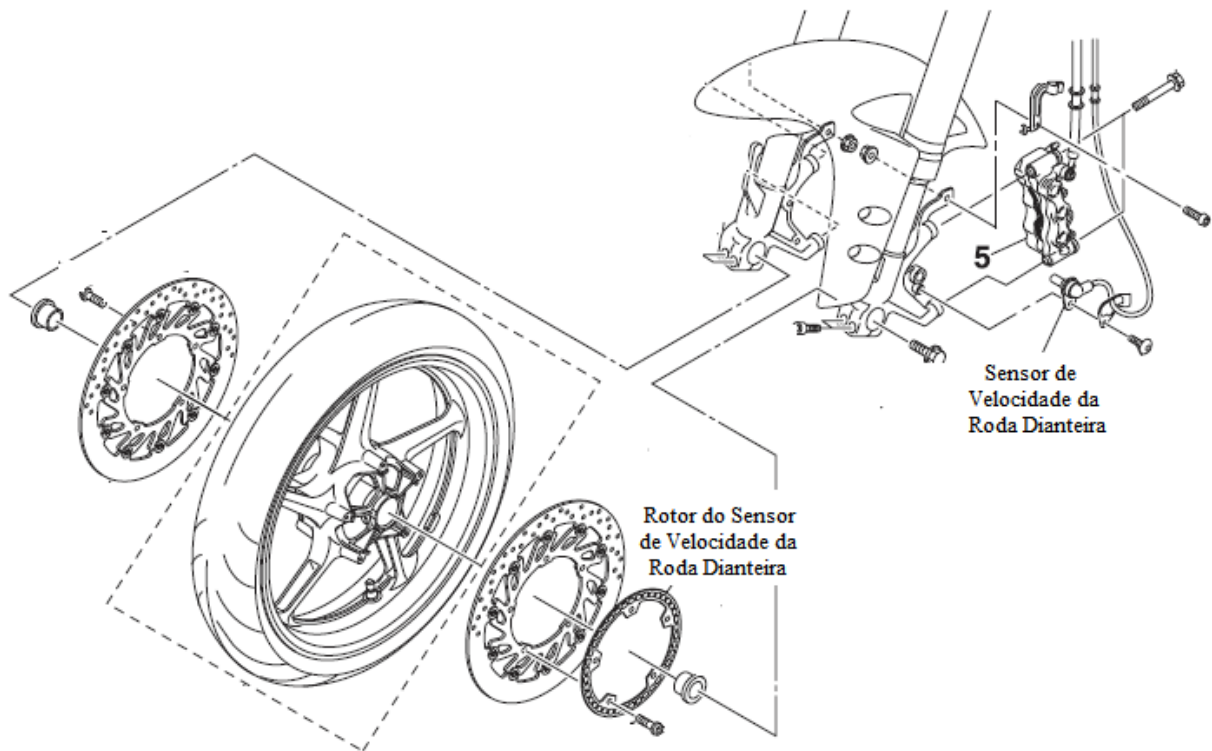
5 CONCLUSÃO

Observamos a grande importância do conhecimento de micro controladores, software de LABView, dos fundamentos de sensores, sistema de transmissão, eletrônica digital e analógica entre tantos outros adquiridos durante o curso de Eletrônica Automotiva da FATEC Santo André, que são fundamentais neste trabalho de graduação TG2.

Em atendimento aos aspectos socioeconômicos nacionais e as expectativas de desenvolvimento tecnológico e científico dos grupos discentes da FATEC, o desenvolvimento da base de dados, em especial dos dados relativos à velocidade do veículo (motocicleta), captação, condicionamento, disponibilização e armazenamento do sinal para futura composição de um sistema PEMS, tornou-se nossa motivação. A informação da velocidade do veículo através de um sensor independente é adequada e necessária para a validação dos testes conduzidos durante a homologação do produto, testes em condução real, tanto como para aplicação em inspeções regulares de manutenção de resultados como citado, pois torna sua obtenção não detectável por eventuais dispositivos de reconhecimento em teste e possíveis interferências no sistema para mitigar valores de emissão, bem como possibilitando o diagnóstico do sistema OBD. Através deste estudo poderemos colaborar com futuros trabalhos para mensurar os níveis de poluição causados pelas motocicletas.

A opção pelo sensor indutivo por atender todos os nossos requisitos iniciais, e pelo seu preço, pois ele apresenta um baixo custo em relação a outros sensores pesquisados durante o desenvolvimento, não descartou, entretanto aplicações compostas por sensores do tipo *Hall* e elemento impulsor ou roda fônica para adaptação junto ao cubo de rodas dianteira, Figura 59, e / ou traseira, ao disco de freios e mesmo na caixa de transmissão do veículo, no caso motocicletas, entretanto com as restrições impostas ao acesso a áreas de desenvolvimento e testes, esta opção ficou delegada para trabalhos futuros.

Figura 59 – Sensor de Velocidade da Roda Dianteira Yamaha YZF-R1



Fonte: Manual de Serviços Yamaha YZF-R1 (2013).

Optamos na instalação do sensor indutivo próximo ao pinhão da motocicleta, pois esta localização permitiria o fácil acesso em grande número de motocicletas, a instalação oferece pouca interferência com o layout do produto e possibilita uma coleta de dados segura para o valor da velocidade real da motocicleta nos padrões normalizados, disponibiliza facilidade para a construção e eventual instalação de uma roda fônica se necessário e dos algoritmos para o desenvolvimento da programação a ser aplicada para os testes finais do trabalho atendendo as expectativas iniciais e podendo gerar futuros trabalhos acadêmicos.

Infelizmente não conseguimos realizar e testes práticos devido as restrições de acesso junto à praça técnica da Faculdade de Tecnologia de Santo André, ao pátio técnico da Escola do Mecânico e à oficina Ativa Motos Center e aos softwares disponibilizados nos laboratórios da FATEC Santo André deixaram propostos para futuros formandos finalizarem este trabalho incluindo a realização dos testes práticos:

- Instalação do suporte ajustável para a fixação e posicionamento do sensor indutivo na caixa do pinhão da motocicleta.
- Desenvolver o circuito condicionador do sinal indutivo com o CILM 1815.

- Desenvolver o circuito de processamento do sinal condicionado com a placa ECU-FATEC / PIC 18F4550 e software.
- Desenvolver o software de apresentação e coleta de dados com a integração do software LabVIEW.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACICLO – Frota Circulante Duas Rodas a Motor. Disponível em: <https://www.abraciclo.com.br/images/pdfs/Motocicleta/Frota/2020_3_Frota.pdf>. Acesso em: 13/06/2020.

APARECIDO JOÃO; Apresentação Transmissão por Engrenagens; CENTRO PAULA SOUZA – FATEC SANTO ANDRÉ; 2019.

ASE CERTIFICATION PRACTICE TESTS – Wheel Speed Sensors. Disponível em: <<https://www.freeasestudyguides.com/wheel-speed-sensors-types-of.html>>. Acesso em: 08/07/2020.

BASTOS; PIC18F4550 Curso Engenharia de Controle e Automação; DECOM; s.d.. Disponível em: <<http://www.decom.ufop.br/alex/arquivos/bcc425/slides/PIC18f4550.pdf>>. Acesso em: 14/05/2019.

BRITO; Número de motos é maior que o de carros em 45% das cidades; AGENCIA BRASIL; 2018. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-07/numero-de-motos-e-maior-que-o-de-carros-em-45-das-cidades>>. Acesso em: 12/06/2020.

CADLE et al.; Real-World Vehicle Emissions: A Summary of the Ninth Coordinating Research Council On-Road Vehicle Emissions Workshp; JOURNAL OF THE AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION. Volume 50 – 2000 –. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10473289.2000.10464000>>. Acesso em: 8/6/2020.

CETESB. Classificação da Qualidade de Ar – Relação de Municípios e Dados de Monitoramento. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/relatorio-ar-2016.pdf>>. Acesso em: 09/03/2019.

CETESB. Emissões veiculares no Estado de São Paulo 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2017/11/EMISS%C3%95ES-VEICULARES_09_nov.pdf>. Acesso em: 09/03/2019.

CETESB. Informação Técnica – 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/17.pdf>>. Acesso em: 05/06/2020.

CETESB. Informação Técnica – 2019. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2019/05/An%C3%A1lise-proposta-M5-aprovada-no-CONAMA.pdf>>. Acesso em: 12/06/2020.

CETESB. Plano de Controle de Poluição Veicular (2017 – 2019). Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/relatorios-e-publicacoes/>>. Acesso em: 13/06/2020.

CETESB. Plano de Controle de Poluição Veicular. 2017-2019. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/pcpv-2014.pdf>>. Acesso em: 14/03/2019.

DEMUYNCK, FAVRE, BOSTEELS; Euro 6 Vehicles' RDE-PEMS Data Analysis with EMROAD and CLEAR; AECC; 2016 -. Disponível em: <<http://www.aecc.eu/wp-content/uploads/2016/08/160622-AECC-MinNOx-PEMS-analysis.pdf>>. Acesso em: 16/09/2020.

DIESELNET – Emission Test Cycles. Disponível em: <<https://DieselNet.com/standards/cycles/index.php>>. Acesso em: 03/07/2020.

DIESELNET. Feature article: Sensors expanding PEMS emission analyzer lineup. Disponível em: <<https://www.DieselNet.com/news/2011/09sensors.php>>. Acesso em: 05/03/2019.

DOS SANTOS e LUCCAS; Sistema detector de embasamento; FATEC SANTO ANDRÉ; 2017. Disponível em: <<http://fatecsantoandre.edu.br/arquivos/TCC476.pdf>>. Acesso em: 15/04/2019.

EDELSTEIN; Volkswagen fights demands for Dieselgate documents, Bosch joins too; GREEN CAR REPORTS; 2016 Disponível em: <https://www.greencarreports.com/news/1106396_volkswagen-fights-demands-for-dieselgate-documents-bosch-joins-too>. Acesso em: 16/09/2020.

ELECTRO-SENSORS – Sensor de Velocidade de Rotação Magnético Sem Contato. Disponível em: <<https://www.directindustry.com/pt/prod/electro-sensors/product-12082-970415.html>>. Acesso em: 22/06/2020.

ELSEVIER – Renewable & Sustainable Energy Reviews. Disponível em: <<https://www.journals.elsevier.com/renewable-and-sustainable-energy-reviews>>. Acesso em: 15/06/2020.

ENTLER; Osciloscópio Didático via LabVIEW; FATEC SANTO ANDRÉ; 2018. Disponível em: <<http://fatecsantoandre.edu.br/arquivos/TCC/135-Eletronica/135-TCC0017.pdf>>. Acesso em: 18/05/2019.

EPA. Clean Cars for Clean Air: Inspection and Maintenance Programs. 1994. Disponível em: <<https://www.epa.gov/vehicles-and-engines>>. Acesso em: 09/03/2019.

GALASSI e MARTINI; Durability Demonstration Procedures of Emission Control Devices for Euro 6 Vehicles; EU.SCIENCE.HUB; 2014. Disponível em:

<<https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/durability-demonstration-procedures-emission-control-devices-euro-6-vehicles>>. Acesso em: 09/03/2019.

GIECHASKIEL et al.; Implementation of Portable Emissions Measurement Systems (PEMS) for the Real-driving Emissions (RDE) Regulation in Europe; JOVE.– Edição 118 – 2016. Disponível em: <<https://www.jove.com/video/54753/implementation-portable-emissions-measurement-systems-pems-for-real>>. Acesso em: 8/6/2020.

HE e JIN; A historical review of the U.S. vehicle emission compliance program and emission recall cases; ICCT. White Paper; 2017. Disponível em: <<https://theicct.org/publications/historical-review-us-vehicle-emission-compliance-program-and-emission-recall-cases>>. Acesso em: 12/06/2020.

IBAMA. Diário Oficial da União – Portaria nº 473, 2003. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0342-250903.PDF>>. Acesso em: 8/6/2020.

IBAMA. Programa de controle de emissões veiculares (PROCONVE). Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/emissoes/veiculos-automotores/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve>>. Acesso em: 16/05/2019.

IBAMA. Programa de Controle de Emissões Veiculares (PROCONVE). Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/emissoes/veiculos-automotores/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve>>. Acesso em: 18/04/2019.

IBGE. Pesquisas, Frota de Veículos. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12/06/2020.

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO. Sensores e Actuadores. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1970943312293406/Folhas%20de%20Sensores%20e%20Atuadores.pdf>>. Acesso em: 13/05/2019.

JRC SCIENTIFIC AND TECHNICAL REPORTS – Analyzing on-road emissions of light-duty vehicles with Portable Emission Measurement Systems (PEMS). Disponível em: <https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/2011_pems_jrc>. Acesso em: 19/06/2020.

JUSTIA PATENTS – Patent number 6308130. Disponível em: <<https://patents.justia.com/inventor/michal-vojtisek-lom>>. Acesso em: 12/06/2020.

KAPTOR V3 –Tabela Kaptor Packs Abril 2015. Disponível em: <http://efautomotiva.com.br/uploads/files/15-04-41tabela_kaptor_packs_abril_2015_sp58.pdf>. Acesso em: 28/06/2020.

KITANI; Eletrônica Automotiva Mecatrônica Industrial; FATEC SANTO ANDRÉ; 2019. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/profedsonfatecsa/Home>>. Acesso em: 18/04/2019.

KOUSOULIDOU; Experimental and theoretical investigation of European road transport emissions evolution with the use of conventional fuels and biofuels – PhD Thesis; ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI; 2011. Disponível em: <<http://ikee.lib.auth.gr/record/127384/files/GRI-2011-7376.pdf>>. Acesso em: 16/09/2020.

KOUSOULIDOU; Use of portable emissions measurement system (PEMS) for the development and validation of passenger car emission factors; SCIENCEDIRECT. Atmospheric Environment. V64, pg 329-338. Jan 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231012009363>>. Acesso em: 13/05/2019.

LAGANÁ, Armando Antônio Maria. Nota de aula de Sensores e Atuadores, FATEC Santo André, 2028).

MACHADO e OLIVEIRA; O Sistema OBD (On-Board Diagnosis); INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO. 2007 Disponível em: <http://ave.dee.isep.ipp.pt/~mjf/act_lect/SIAUT/Trabalhos%202007-08/Trabalhos/SIAUT_OBD.pdf>. Acesso em: 27/04/2019.

MICROCHIP. PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet 28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology. Acesso em: 06/03/2019. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>>. Acesso em: 06/03/2019

MICROCHIP. PIC18F4550. Disponível em: <<https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F4550>>. Acesso em: 06/03/2019.

MILLER; The Democratization of Vehicles Emissions Testing; 3DATX; 2018. Disponível em: <<https://3datx.com/2018/06/the-democratization-of-vehicle-emissions-testing/>>. Acesso em: 16/09/2020.

MONARCH INSTRUMENTS – Sensor de Velocidade de Rotação Óptico sem Contato. Disponível em: <<https://www.directindustry.com/pt/prod/monarch-instrument/product-7418-29133.html>> . Acesso em: 21/06/2020.

MTE-THOMSON – Sensor de Velocidade de Rotação Hall Sem Contato. Disponível em: <<https://www.mte-thomson.com.br/produtosmte/sensor-de-rotacao/>>. Acesso em: 22/06/2020.

NATIONAL INSTRUMENTS. O que é o Labview?. Disponível em: <<http://www.ni.com/newsletter/51141/pt/>>. Acesso em: 16/04/2019

ORZETTO; NEW_EUROPEAN_DRIVING_CYCLE.svg; WIKIMEDIA COMMONS; 2006. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8916963>>. Acesso em: 20/06/2020.

OSHIRO e KAGUE; Uso do CI LM1815; DINAMOMETRO DE MOTORES; 2012. Disponível em: <<https://dinamometrodemotores.wordpress.com/2017/08/29/uso-do-ci-lm1815/>>. Acesso em: 07/07/2020.

PATRASCU; How Portable Emissions Measurement Systems Work; AUTOEVOLUTION'S PORSCHE MONTH; 2018. Disponível em: <<https://www.autoevolution.com/news/how-portable-emissions-measurement-systems-work-127086.html>>. Acesso em: 16/09/2020.

PROMOT. Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/promot_163.pdf>. Acesso em: 30/04/2019.

RBF Automação Soluções inteligentes em automação industrial. O que é LabVIEW? Disponível em: <<http://www.rbfautomacao.com.br/o-que-e-labview.html>>. Acesso em: 16/04/2019.

RIPKA et al.; Inductive Position and Speed Sensors; MDPI; 2019 . Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/1/65/pdf>>. Acesso em:08/07/2020

SAE. In-Use Emissions Testing with Portable Emissions Measurement Systems (PEMS) in the Current and Future European Vehicle Emissions Legislation: Overview, Underlying Principles and Expected Benefits. 01.04.2014. Disponível em: <<https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2014-01-1549/>>. Acesso em: 01/04/2019.

SAE. PEMS Light Duty Vehicles Application: Experiences in Downtown Milan. Disponível em: <<https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2007-24-0113/>>. Acesso em: 20/03/2019.

SCHUCHMANN; PEMS IN THE UNITED STATES: And a Board Look at its Applications; SGS; 2017. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/SGSgroup/pems-in-the-united-states>>. Acesso em: 16/09/2020.

SEEDAM et al.; Development of an Onboard System to Measure the On-road Driving Pattern for Developing Motorcycle Driving Cycle in Khon Kaen City, Thailand; RESEARCHGATE; 2015. Disponível em: <<https://researchgate.net/publication/277089338>>. Acesso em: 16/09/2020

SGS GROUP. PEMS in the United States and a Broad Look at its Applications. Disponível em: <<https://www.sgsgroup.us.com/-/media/global/documents/>>. Acesso em: 12/06/2020.

SILVEIRA: Sensor Indutivo: o que é e como funciona; CITISYSTEMS; s.d.. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/sensor-indutivo/>>. Acesso em: 05/04/2019.

SUAREZ-BERTOIA et al.; On-Road emissions of passenger cars beyond the boundary conditions of the real-driving emissions test; ELSEVIER; 2019. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S001393511930369X?token=EEADFBDF861404E393117E41DEEB6577CF454C8BF544B6B38BC516AAE06ACD0F125F2B8E14627535991E8FB455D04ED6>>. Acesso em: 18/06/2020.

SZWARC e BRANCO; Avanços na Legislação Européia para Motociclos e a Situação no Brasil; AFEEVAS.ORG.BR; s.d.. Disponível em: <http://www.afeevas.org.br/intranet/arquivos/leis/avancos_na_legislacao_europeia_para_motociclos.pdf>. Acesso em: 16/09/2020.

TAN; Heavy-duty On-Road Vehicle Inspection and Maintenance Program; CARB; 2019. Disponível em: <<https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic//research/apr/past/15rd022.pdf>>. Acesso em: 20/06/2020.

TEXAS INSTRUMENTS – LM1815 Adaptive Variable Reluctance Sensor Amplifier. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1815.pdf?ts=1594268171889&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F>. Acesso em: 09/07/2020

TSAI et al.; Development of a local real world driving cycle for motorcycles for emission factor measurements; SCIENCEDIRECT. Atmospheric Environment. 39 (2005) 6631 – 6641. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231005006746>>. Acesso em: 16/09/2020

TSAI et al.; Development of a local real world driving cycle for motorcycles for emission factor measurements; SEMANTIC SCHOLAR; 2005. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Development-of-a-local-real-world-driving-cycle-for-Tsai-Chiang/ae3bff80fd66dc86b05bc1f7a5546dad376c2647>>. Acesso em: 18/06/2020.

UNECE – Procedimento de Medição para Motocicletas com duas rodas equipadas com motor de ignição por centelha ou por compressão em relação à emissão de poluentes, emissão de CO₂ e consumo de combustível. Disponível em: <<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29registry/>>

UNECE – Procedimento de Medição para Motocicletas com duas rodas equipadas com motor de ignição por centelha ou por compressão em relação à emissão de poluentes, emissão de CO₂ e consumo de combustível. Disponível em: <<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29registry/ECE-TRANS-180a2c2e.pdf>>. Acesso em: 21/06/2020.

UNECE – Proposal for Amendment 4 to UN GTR N° 2. Disponível em: <https://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/grpedoc_2019.html>. Acesso em: 19/06/2020.

UNECE Wiki – The development of RDE in Europe. Disponível em: <<https://wiki.unece.org/download/attachments/64291426/RDE%20in%20the%20EU.pdf?api=v2>>. Acesso em: 17/06/2020.

UNECE, Worldwide harmonized Motorcycle emissions Certification/Test procedure (WMTC) informal group. Disponível em: <<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/wmtc.html>>. Acesso em: 23/07/2020.

WEISS et al.; In_use testing in the European vehicle emissions legislation; EUROPEAN COMMISSION; 2014. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/cert-2014.pdf>>. Acesso em: 12/03/2019.

WENDLING; Sensores; UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA; 2010.. Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em: 15/04/2019.

WILLIAN GOMES; Nota de aula de Gerenciamento de Motores II, FATEC Santo André, 2019.