

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

**ESTUDO DAS DIFERENÇAS DOS REQUERIMENTOS DAS PRINCIPAIS
LEGISLAÇÕES DE *ON BOARD DIAGNOSTICS* PARA PADRONIZAÇÃO DE
TESTES DE DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE TRANSMISSÃO
AUTOMÁTICA DE AUTOMÓVEIS**

São Caetano do Sul

2012

EDUARDO BASTOS

**ESTUDO DAS DIFERENÇAS DOS REQUERIMENTOS DAS PRINCIPAIS
LEGISLAÇÕES DE *ON BOARD DIAGNOSTICS* PARA PADRONIZAÇÃO DE
TESTES DE DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE TRANSMISSÃO
AUTOMÁTICA DE AUTOMÓVEIS**

Monografia apresentada ao curso de pós-graduação
em Engenharia Automotiva do Centro Universitário
do Instituto Mauá de Tecnologia, para obtenção do
título de Especialista.

Orientador: Leonardo Macarrão Junior, M.Sc.

São Caetano do Sul

2012

Bastos , Eduardo

Estudo das diferenças dos requerimentos das principais legislações de *on board diagnostics* para padronização de testes de desenvolvimento e validação de transmissão automática de automóveis / Eduardo Bastos. — São Caetano do Sul, SP: CEUN-EEM, 2012.

58p.

Monografia (Especialização em Engenharia Automotiva) — Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2012.

1. Diagnóstico de bordo
 2. Transmissão Automática
 3. Testes de Validação
 4. Emissão de Poluentes
- I. Instituto Mauá de Tecnologia. Centro Universitário.
Escola de Engenharia Mauá. II. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Odair Bastos e Neide Baptista Bastos por acreditarem em minha carreira profissional. Aos meus irmãos Evandro Bastos e Elaine Bastos, por me auxiliarem nos estudos. E à minha namorada Joice Sampaio, pela compreensão durante o período de pós-graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos amigos da General Motors do Brasil, especialmente aos times de Diagnóstico e Transmissão Automática, e também, aos técnicos do Laboratório de Emissões Veiculares do Campo de Provas da Cruz Alta, por colaborarem com esta pesquisa e com a execução dos testes necessários.

Agradeço à Cristina Cassim, pela correção deste trabalho.

Agradeço à Elaine Bastos, pelo pronto auxílio e colaboração na elaboração deste trabalho.

"O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário".

Albert Einstein

"O paraquedas é o único meio de transporte que ao enguiçar, chega-se mais rápido".

Jô Soares

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo estudar as diferenças dos requerimentos das principais legislações de *On Board Diagnostics* para padronização de testes de desenvolvimento e validação de transmissão automática de automóveis. A pesquisa foi realizada através do estudo das normas ISO/SAE, desde a conceituação de um sistema OBD, composto de conector, protocolo de comunicação, padrão de dados e serviços de diagnóstico, padrão de DTCs, ferramenta de *scanner* genérica e lâmpada de mau funcionamento, até os ciclos de emissões utilizados, como os ciclos americano FTP-75 e europeu NEDC, além de estudar também os requerimentos específicos à transmissão automática. Foi realizado também o levantamento de dados através da execução de testes dos ciclos de emissões em dinamômetro de chassis em quatro veículos. Através dos dados coletados, foram gerados gráficos sobre tempo decorrido em cada marcha, quantidade de *upshifts* e *downshifts*, tempo decorrido na faixa de rotação do motor e tempo decorrido na faixa do pedal de acelerador. A partir do resultado obtido foi possível concluir que os testes de validação não poderão ser eliminados por completo, mas poderão ser minimizados, contribuindo para o ganho de tempo na validação de uma transmissão automática devido à execução de menos testes.

Palavras-chave: Diagnóstico de bordo. Transmissão Automática. Testes de Validação. Emissão de Poluentes.

ABSTRACT

This work is dedicated to study the differences of the requirements of the main laws of On Board Diagnostics for standardization of development and validation testing of automobile automatic transmission. The research was conducted through the study of ISO/SAE standards, since the concept of an OBD system, composed of connector, communication protocol, data standard and diagnostic services, DTCs standard, generic scan tool and malfunction illumination lamp, until the emission cycles used, like the cycles US FTP-75 and European NEDC, also it was studied the specific requirements to automatic transmission. Data acquisition was conducted through emissions cycles tests in a chassis dynamometer in four vehicles. Graphics were generated using the data collected showing driving time in each gear, the total amount of upshifts and downshifts, driving time in engine speed range and driving time in accelerator pedal range. Result showed that was not possible to eliminate validation tests completely, but it can be minimized and contributes to reduce timing in automatic transmission validation work due to running fewer tests.

Keywords: *On-Board Diagnostics. Automatic Transmission. Validation Tests. Vehicle Emissions.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - EXEMPLOS DE CONECTORES ALDL (USB E SERIAL).....	17
FIGURA 2 - EXEMPLO DE FALTA DE PADRONIZAÇÃO DE CONECTOR OBD-I.....	18
FIGURA 3 - CONECTOR MACHO OBD-II	19
FIGURA 4 - CONECTOR FÊMEA OBD-II COM INDICAÇÃO DE PINOS	19
FIGURA 5 - PINOS PARA UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO J1850 PWM.....	22
FIGURA 6 - PINOS PARA UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO J1850 VPW	23
FIGURA 7 - PINOS PARA UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO ISO 9141-2.....	23
FIGURA 8 - PINOS PARA UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO ISO 14230	24
FIGURA 9 - PINOS PARA UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO ISO 15765	24
FIGURA 10 - FERRAMENTA DE SCANNER GENÉRICA CANOBD2 3100A	29
FIGURA 11 - ESTRUTURA DO PADRÃO DE DTC	30
FIGURA 12 - SÍMBOLO DA MIL	32
FIGURA 13 - SISTEMA OBD COM PADRÕES ISO/SAE.....	34
FIGURA 14 - DINAMÔMETRO DE CHASSIS DO LABORATÓRIO DE EMISSÕES VEICULARES DA VOLVO	36
FIGURA 15 - DIAGRAMA DE VELOCIDADE (km/h) X TEMPO (s) DO CICLO FTP-7538	
FIGURA 16 - DIAGRAMA DE VELOCIDADE (km/h) X TEMPO (s) DO CICLO NEDC.	39
FIGURA 17 - GRÁFICO DO TEMPO DECORRIDO EM DETERMINADA MARCHA (s)	45
FIGURA 18 - GRÁFICO DA RELAÇÃO DO TEMPO DECORRIDO EM DETERMINADA MARCHA	46
FIGURA 19 - GRÁFICO DE QUANTIDADE DE <i>UPSHIFTS</i>	47
FIGURA 20 - GRÁFICO DE QUANTIDADE DE <i>DOWNSHIFTS</i>	48
FIGURA 21 - GRÁFICO DO TEMPO DECORRIDO NA FAIXA DE ROTAÇÃO	50
FIGURA 22 - TEMPO DECORRIDO NA FAIXA DO PEDAL DE ACELERADOR	52

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – IDENTIFICAÇÃO DE PINOS DO CONECTOR OBD-II	20
QUADRO 2 - CORRELAÇÃO ENTRE NORMAS ISO E SAE	35
QUADRO 3 - DIFERENÇA DE NORMAS E CICLOS ENTRE OBD-II, EOBD E OBDBR-2	42
QUADRO 4 - ESPECIFICAÇÕES DA TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA 6T30.....	44
QUADRO 5 - VEÍCULOS UTILIZADOS NO ESTUDO DE CASO.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ac.	Acelerador
ALDL	<i>Assembly Line Diagnostic Link</i> - Conexão de Diagnóstico da Linha de Montagem
CAL ID	Identificação de Calibração
CAN	<i>Controller Area Network</i>
CARB	<i>California Air Resources Board</i>
CO	Monóxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRC	<i>Cyclic redundancy check</i> – Verificação de redundância cíclica
CSMA/CR	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Resolution</i> - Acesso múltiplo com sensoriamento da portadora com arbitragem com resolução de colisão
CVN	<i>Calibration Verification Number</i> - Número de verificação de calibração
DTC	<i>Diagnostic Trouble Code</i> - Código de Falha de Diagnóstico
ECE	<i>Economic Commision for Europe</i> - Comissão de Economia da Europa
ECM	<i>Engine Control Module</i> - Módulo de controle do Motor
ECU	<i>Electronic Control Unit</i> - Unidade de Controle Eletrônica
EOBD	<i>Europe On Board Diagnostics</i>
EUDC	<i>Extra Urban Driving Cicle</i> - Ciclo de Condução Extra Urbano
FTP	<i>Federal Test Procedure</i> - Procedimento de Teste Federal
gas.	Gasolina
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GM	<i>General Motors</i>
GNV	Gás Natural Veicular
HP	<i>Horse-Power</i>
HWFET	<i>HighWay Fuel Economy Test</i> - Teste de Economia de Combustível em Estrada
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> - Organização Internacional de Padrões
JOBD	<i>Japan On Board Diagnostics</i>
kbps	Kilobytes por segundo
kg	Kilograma
km/h	Quilômetros por hora
KOBD	<i>Korea On Board Diagnostics</i>
KW2000	<i>Keyword 2000</i>
l	Litros
LIM	Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento
Máx.	Máxima
MIL	<i>Malfunction Indicator Lamp</i> - Luz indicadora de mau funcionamento
Mín.	Mínima
mm	Milímetros
NBR	Norma Brasileira

NEDC	<i>New European Driving Cycle</i> - Novo ciclo de condução Europeu
Nm	Newton metro
OBD	<i>On Board Diagnostics</i> (Diagnóstico de bordo)
OBDBr-1	<i>On Board Diagnostics</i> Brasil - Fase 1
OBDBr-2	<i>On Board Diagnostics</i> Brasil - Fase 2
OBDMID	<i>OBD Monitor Identifiers</i> - Identificadores de Monitor de OBD
PCI	<i>Programmable Communication Interface</i> - Interface de Comunicação Programável
PCM	<i>Powertrain Control Module</i> - Módulo de Controle do Trem de Força
pct	Percentual
Ped.	Pedal de Acelerador
PID	<i>Parameter Identification</i> - Parâmetro de Identificação
PROCONVE	Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automóveis
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> - Modulação de Largura de Pulso
Rot.	Rotação
rpm	Rotações por minuto
s	segundos
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i> - Sociedade dos Engenheiros Automotivos
SCP	<i>Standard Corporate Protocol</i> - Protocolo Padrão Corporativo
TCM	<i>Transmission Control Module</i> - Módulo de Controle da Transmissão
TID	<i>Test IDs</i> - Identificadores dos Testes
UART	<i>Universal asynchronous receiver/transmitter</i> – Transmissor/Receptor Universal Assíncrono
US EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i> - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
USB	<i>Universal Serial Bus</i> - Barramento Serial Universal
V	Volt
VIN	<i>Vehicle Identification Number</i> - Número de Identificação do Veículo
VPW	<i>Variable Pulse Width</i> - Largura de Pulso Variável

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.3 HIPÓTESE	16
2 INTERFACES	17
2.1 ASSEMBLY LINE DIAGNOSTIC LINK (ALDL).....	17
2.2 OBD-I.....	17
2.3 OBD 1.5.....	18
2.4 OBD-II.....	18
2.5 EOBD	20
2.6 OBDBr-2	21
3 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO OBD-II	22
3.1 SAE J1850 PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>).....	22
3.2 SAE J1850 VPW (<i>Variable Pulse Width</i>)	22
3.3 ISO 9141-2	23
3.4 ISO 14230.....	24
3.5 ISO 15765.....	24
4 PADRÃO DE DADOS DE DIAGNÓSTICO	25
4.1 SERVIÇOS DE DIAGNÓSTICO PARA ISO 15765	25
4.1.1 Serviço \$01 – Requisita as informações de <i>Powertrain</i>	25
4.1.2 Serviço \$02 – Exibe dados do <i>Freeze Frame</i>	26
4.1.3 Serviço \$03 – Lista os DTCs confirmados que impactam emissões	26
4.1.4 Serviço \$04 – Limpa informações de diagnóstico	26
4.1.5 Serviço \$05 – Requisita resultados do teste de sensor de oxigênio.....	26
4.1.6 Serviço \$06 – Requisita resultados dos testes de bordo de sistemas monitorados...	27
4.1.7 Serviço \$07 – Requisita os DTCs detectados no ciclo de condução completo vigente ou anterior que impactam emissões	27
4.1.8 Serviço \$08 – Requisita controle do sistema de bordo, teste ou componente.....	27
4.1.9 Serviço \$09 – Requisita informações do veículo	27
4.1.10 Serviço \$0A – Requisita DTCs que impactam emissões com status permanente..	28
5 FERRAMENTA DE SCANNER GENÉRICA.....	29
6 PADRÃO DE DTC	30

7 MAU FUNCIONAMENTO	31
8 LÂMPADA INDICADORA DE MAU FUNCIONAMENTO	32
9 SISTEMA DE DIAGNÓSTICO OBD	34
10 ENSAIOS DE EMISSÕES VEICULARES	36
10.1 CICLO AMERICANO FTP-75.....	37
10.2 CICLO EUROPEU NEDC	38
10.3 O PADRÃO BRASILEIRO	39
11 REQUERIMENTOS ESPECÍFICOS À TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA	40
11.1 OBD-II.....	40
11.2 EOBD	40
11.3 ODBBr-2	41
11.4 DIFERENÇAS ENTRE LEGISLAÇÕES	41
12 ESTUDO DE CASO	43
12.1 TEMPO DECORRIDO EM CADA MARCHA	45
12.2 QUANTIDADES DE <i>UPSHIFTS</i> E <i>DOWNSHIFTS</i>	47
12.3 TEMPO DECORRIDO NA FAIXA DE ROTAÇÃO.....	50
12.4 TEMPO DECORRIDO NA FAIXA DE PEDAL DE ACELERADOR.....	51
13 CONCLUSÃO.....	53
14 REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE A – Tabelas dos dados coletados	57

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, uma das maiores preocupações da humanidade com o meio-ambiente está relacionada à poluição atmosférica, pois além de causar diversos problemas à saúde, também é responsável pelo aquecimento global. Uma das maiores fontes poluidoras são os veículos automotores, responsáveis por lançar gases na atmosfera através da queima de combustíveis ou evaporação (LIMA, 2009).

Ao longo do tempo, foram estabelecidos limites legais de emissão de poluentes, que a cada ano, tornam-se mais rigorosos e para o seu cumprimento, tornou-se necessário a introdução da eletrônica embarcada para o gerenciamento de funcionamento dos motores dos automóveis.

Junto com a introdução destes sistemas computadorizados de controle do motor, surgiram processos para facilitar o trabalho de monitoramento da deterioração de componentes que pudessem causar aumento de emissões de gases poluentes, para assegurar que o veículo continuasse limpo durante sua vida útil e que também facilitasse a inspeção e manutenção de veículos. Sendo este chamado de diagnóstico de bordo ou simplesmente *On Board Diagnostics* (OBD) (PARISI, 2011).

A primeira geração de requerimento de OBD foi desenvolvida pelo *California Air Resources Board* (CARB) e chamada de OBD I, tendo sido implementada inicialmente nos Estados Unidos, em 1988. Com o aumento da tecnologia e do desejo de expandir a capacidade do diagnóstico, desenvolveram-se os requerimentos da segunda geração, sendo este chamado de OBD-II, e implantado, conforme *Clean Air Act Amendments* de 1990, nos veículos leves e caminhões modelos 1996 vendidos também fora do estado da Califórnia. Em 2004, o sistema de OBD-II foi implantado em veículos pesados (EUA, 2011).

A Europa adotou o padrão chamado *Europe On Board Diagnostics* (EOBD), introduzido a partir do ano 2000 nos veículos equipados com motores ciclo Otto a gasolina. Posteriormente, em 2003, o sistema foi implantado nos veículos a diesel e GLP¹/GNV² e para os veículos pesados somente em 2005 (PARISI, 2011).

¹ GLP: Gás Liquefeito de Petróleo - uma mistura de gases de hidrocarbonetos principalmente propano e butano utilizado como combustível em veículos e aplicações de aquecimento (fogões) (LIQUIGÁS, 2012).

² GNV: Gás Natural Veicular ou Gás Natural Comprimido – uma mistura de hidrocarbonetos principalmente metano e etanol (COPAGÁS, 2012).

No Brasil, a implementação de sistemas de diagnóstico de bordo foi chamada de *On Board Diagnostics* Brasil - Fase 1 (OBDBr-1) e teve início em 2007, sendo requisitado ter o sistema implementado em no mínimo 40% do total anual de veículos leves de passageiros produzidos ou importados para o mercado interno. A partir de 2008, a meta foi de 70% e a sua totalidade ocorreu no ano de 2009 (CONAMA, 2004).

A segunda fase da implementação dos sistemas OBD no Brasil foi chamada de *On Board Diagnostics* Brasil - Fase 2 (OBDBr-2) e começou em 2010, com no mínimo 60% do total anual de veículos leves de passageiros produzidos ou importados para o mercado interno e a sua totalidade de implementação ocorreu no ano de 2011 (CONAMA, 2004).

Diversos países adotam o mesmo padrão americano ou o padrão europeu. Alguns países têm suas legislações específicas, como é o caso do Japão que adotou uma variação denominada *Japan OBD* (JOBD) e a Coréia que adotou o *Korean OBD* (KOBD).

Este trabalho aborda as principais normas para conceituação de um sistema OBD, composto de conector, protocolo de comunicação, padrão de dados, ferramentas genéricas de *scanner* e padrão de DTC³. Além de apresentar os ciclos de emissões utilizados para a certificação de um veículo, sendo este último analisado em um estudo de caso através de ensaios em dinamômetros de chassis para avaliar as diferenças específicas na validação de transmissão automática de automóveis.

1.1 JUSTIFICATIVA

As indústrias automobilísticas estão trabalhando com projeto de veículos globais, no qual o mesmo veículo que foi concebido em uma determinada região do mundo será vendido em diversos outros países, com requerimentos legais diferenciados. O grande desafio para as montadoras é validar este produto em diversos mercados no menor tempo e custo possíveis.

Atualmente, as informações sobre OBD de transmissões automáticas são muito restritas ou inexistentes, fazendo com que os diferentes centros de engenharia do mundo executem testes similares, com resultados aproximados que, provavelmente, poderiam ser eliminados ou minimizados.

³ DTC – *Diagnostic Trouble Code*: Códigos de Falha utilizados para identificar o problema, possui 5 dígitos iniciados por uma letra: P para motor e transmissão (powertrain), B para carroceria (body), C para chassis e U para rede. São definidos pelas normas SAE J2012 e ISO 15031-6.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho enfoca o estudo comparativo dos requerimentos específicos à transmissão automática de cada legislação (OBD-II, EOBD e OBDBr-2), para melhor entender os testes de validação necessários (ex.: detecção de falha no ciclo *Federal Test Procedure 75* (FTP-75) e ciclo *New European Driving Cycle* (NEDC)) para garantir a plena certificação e homologação do veículo para venda no mercado a que se destina, bem como estudar uma correlação entre os ciclos para que seja possível validar o produto para diversos mercados, com menor quantidade de testes, em menos tempo.

1.3 HIPÓTESE

Com o estudo proposto é pretendido correlacionar os procedimentos dos testes exigidos nas diversas legislações, através de dados como, por exemplo, máximo pedal de acelerador utilizado, quantidade de trocas de marcha exigidas de acordo com o mapa de trocas, tempo decorrido em cada marcha. Com isso, verificar se é possível garantir que um veículo validado em um determinado ciclo de condução⁴ não necessite executar os mesmos testes para outro ciclo exigido.

⁴ Ciclo de condução: Os procedimentos de ensaios de emissões veiculares também são chamados de ciclos de condução, que possuem perfil de acelerações, desacelerações, paradas e velocidades constantes em função do tempo (LIMA, 2009).

2 INTERFACES

2.1 ASSEMBLY LINE DIAGNOSTIC LINK (ALDL)

O padrão ALDL foi criado pela *General Motors* (GM) em 1981 e é considerado o predecessor ou uma versão proprietária do OBD-I. Chrysler, Ford, Honda e Nissan criaram as suas versões proprietárias em 1983. Não havia padronização de porta, pinos e comunicação e diferia de acordo com os módulos eletrônicos de gerenciamento do motor (ECM⁵) de cada montadora. As versões mais antigas usam taxa de transmissão de 160 *baud*⁶, enquanto as versões mais modernas chegam até 8192 *baud* e usam comunicação bidirecional com o módulo ECM (MCCORD, 2011).

A figura 1 exibe exemplos de cabos com conector ALDL e interfaces USB e serial.

FIGURA 1 - EXEMPLOS DE CONECTORES ALDL (USB E SERIAL)



FONTE: ALDL CABLE (2012)

2.2 OBD-I

A regulamentação de OBD-I teve como principal objetivo motivar os fabricantes de automóveis a projetar veículos com controles confiáveis de emissões de poluentes, que permanecessem efetivos durante a sua vida útil (MCCORD, 2011).

⁵ ECM: *Engine Control Module* – Módulo de controle do motor que controla atuadores de um motor de combustão interna para ter seu pleno funcionamento. Este controle acontece baseado nos valores de leitura de múltiplos sensores instalados no motor, posterior tratamento dos dados e ajuste dos valores dos atuadores de acordo com a necessidade. Também pode ser chamado de *Powertrain Control Module* (PCM) ou *Electronic Control Unit* (ECU).

⁶ *baud* – A taxa de transmissão de dados é o número de eventos ou mudanças de sinal, que ocorrem em um segundo (TECH-FAQ, 2012).

O sistema OBD-I não teve muito sucesso, pois não contava com a padronização entre os fabricantes de veículos, como pode ser observado na figura 2, e pela falta de informações específicas de cada sistema. As dificuldades técnicas de se obter as informações corretas de todos os tipos de veículos inviabilizaram o plano de inspeções veiculares (MCCORD, 2011).

FIGURA 2 - EXEMPLO DE FALTA DE PADRONIZAÇÃO DE CONECTOR OBD-I



FONTE: MCCORD (2011)

2.3 OBD 1.5

O padrão OBD-1.5 foi criado antes do padrão OBD-II, constituindo-se do padrão OBD-I com uma implementação parcial do padrão OBD-II, como por exemplo, o conector padrão SAE J1962 sendo utilizado em alguns veículos da GM modelos 1994 a 1996. Ainda não existia padronização pela *International Organization for Standardization* (ISO) ou *Society of Automotive Engineers* (SAE) dos códigos de falha utilizados. Um veículo com padrão OBD 1.5 pode ter conexões de alimentação diferentes do padrão OBD-II, sendo que em alguns casos poderá danificar a ferramenta de *scanner* (MCCORD, 2011).

2.4 OBD-II

O padrão OBD-II é a evolução do OBD-I com melhor padronização e capacidade, especificando o tipo de conector utilizado, pinos, sinais elétricos e formato de comunicação. Também é determinada a lista de parâmetros do veículo a serem monitorados e os dados que devem ser armazenados (SAE, 2002a).

Este conector possui um pino dedicado a transmitir a energia da bateria para alimentar a ferramenta de *scanner*⁷, não havendo necessidade de uma fonte de energia para utilizar o dispositivo (SAE, 2002a).

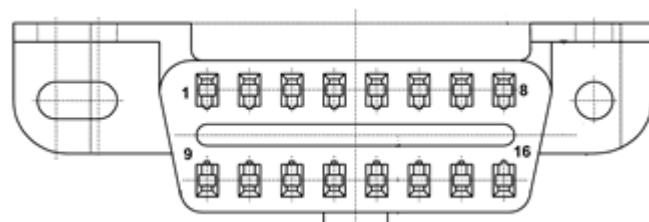
A especificação de OBD-II determina a padronização do conector de diagnóstico, como sendo uma interface de 16 pinos (2x8), conforme figuras 3 e 4, de acordo com a norma SAE J1962 ou ISO 15031-3. Ao contrário do conector de OBD-I, muitas vezes localizado no compartimento do motor do veículo, o conector de OBD-II deve estar localizado até 0,61 m do volante, ao alcance do motorista (SAE, 2002a).

FIGURA 3 - CONECTOR MACHO OBD-II



FONTE: CARPLUGS (2012)

FIGURA 4 - CONECTOR FÊMEA OBD-II COM INDICAÇÃO DE PINOS



FONTE: SAE J1962 (2002a)

⁷ Scanner: Ferramenta utilizada para fazer a leitura das informações de OBD, podendo ser um sistema dedicado ou um computador portátil, celular, *tablet*.

A norma SAE J1962 (2002a) define a identificação de pinos para o conector OBD-II, conforme quadro 1.

QUADRO 1 – IDENTIFICAÇÃO DE PINOS DO CONECTOR OBD-II

Contato	Alocação
1	Reservado ao fabricante
2	Sinal Positivo do SAE J1850 PWM e VPW
3	Reservado ao fabricante
4	Terra de Carroceria
5	Terra do Sinal
6	Rede CAN-High da ISO 15765-4 e SAE J2284
7	Rede K Line da ISO 9141-2 e ISO 14230-4
8	Reservado ao fabricante
9	Reservado ao fabricante
10	Sinal Negativo do SAE J1850 PWM
11	Reservado ao fabricante
12	Reservado ao fabricante
13	Reservado ao fabricante
14	Rede CAN-Low da ISO 15765-4 e SAE J2284
15	Rede L Line da ISO 9141-2 e ISO 14230-4
16	Voltagem de Bateria

FONTE: SAE J1962 (2002a)

Além disso, o padrão OBD-II estabelece uma lista padronizada de DTCs, no qual é possível que apenas uma única ferramenta genérica de *scanner* possa ler qualquer veículo compatível, independente de qual seja o fabricante (MCCORD, 2011).

2.5 EOBD

O padrão técnico da regulamentação EOBD é essencialmente o mesmo do padrão OBD-II, com o mesmo conector de diagnóstico ISO 15031-3 e protocolos utilizados. Alguns fabricantes utilizam canais adicionais para comunicação, assim o sistema é chamado de EOBD2, neste caso o “E” significa *Enhanced* (aprimorado) e utiliza-se a notação do número dois em algarismos arábicos (OMITEC, 2012).

2.6 OBDBr-2

O padrão OBDBr-2 é uma combinação dos requerimentos da legislação de EOBD, porém utiliza-se o ciclo de emissões dos Estados Unidos chamado de FTP-75, que será visto no capítulo 10 deste trabalho. Com relação ao conector, é utilizado o mesmo padrão da norma europeia ISO 15031-3 (IBAMA, 2006).

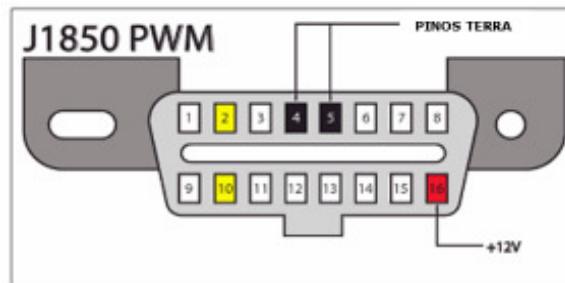
3 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO OBD-II

Existem cinco protocolos de sinais possíveis para serem utilizados em sistemas OBD-II, porém os quatro primeiros já não são mais utilizados desde os veículos modelo 2008, sendo que, atualmente, apenas o ISO 15765 é utilizado.

3.1 SAE J1850 PWM (*Pulse Width Modulation*)

O protocolo SAE J1850 PWM é o padrão utilizado pela Ford Motors, com o nome de *Standard Corporate Protocol* (SCP) e possui taxa de transferência de 41.6 kbps⁸, utiliza 2 pinos do conector SAE J1962 para seu sinal, sendo pino 2 (sinal positivo) e 10 (sinal negativo), conforme figura 5. Tem a voltagem de +5V, o tamanho de sua mensagem é de 12 bytes, incluindo CRC⁹ e emprega um sistema de controle de acesso ao meio do tipo CSMA/CR¹⁰ (OLIVER, 2012).

FIGURA 5 - PINOS PARA UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO J1850 PWM



FONTE: MCCORD (2011)

3.2 SAE J1850 VPW (*Variable Pulse Width*)

O protocolo SAE J1850 VPW é o padrão que possui um único fio para comunicação, por isso é considerado de baixo custo. É utilizado tanto pela General Motors, com o nome de GM *Class 2*, como também pela Chrysler, com o nome de *Programmable Communication Interface* (PCI). Possui taxa de transferência de 10.4 kbps, utiliza apenas o pino 2 do conector SAE J1962 como sinal positivo, conforme figura 6. Tem a voltagem de +7V, com ponto de decisão de +1.5V, o tamanho de sua mensagem é de 12 bytes incluindo CRC e emprega um

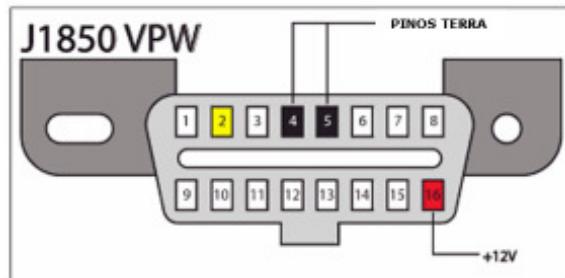
⁸ kbps: *kilobits* por segundo – mede a quantidade de *kilobits* (1024 bits) transferidas por segundo.

⁹ CRC: *Cyclic Redundancy Check* – Verificação de redundância cílica que tem finalidade de detectar erros de transmissão.

¹⁰ CSMA/CR: *Carrier Sense Multiple Access with Collision Resolution* - Acesso múltiplo com sensoriamento da portadora com arbitragem de resolução de colisão.

sistema de controle de acesso ao meio do tipo CSMA/CR. Seu cabo pode possuir até 35 metros de comprimento, com no máximo 32 nós¹¹ (OLIVER, 2012).

FIGURA 6 - PINOS PARA UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO J1850 VPW

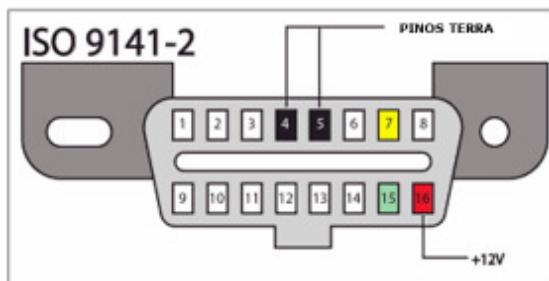


FONTE: MCCORD (2011)

3.3 ISO 9141-2

O protocolo de comunicação ISO 9141-2 tem comunicação de forma serial assíncrona UART¹², com taxa de transmissão de 10.4 kbps, mensagens de 5 a 11 bytes incluindo CRC, em uma única linha com sinal bidirecional sem sinais adicionais de *handshake*¹³. Este protocolo é utilizado pela Chrysler, por fabricantes europeus e asiáticos. Usam-se até dois pinos do conector SAE J1962, sendo os pinos 7 (K-Line) e 15 opcional (L-Line), conforme figura 7 (ISO, 1994a).

FIGURA 7 - PINOS PARA UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO ISO 9141-2



FONTE: MCCORD (2011)

¹¹ Nó: Conexão de dois ou mais elementos em um circuito elétrico.

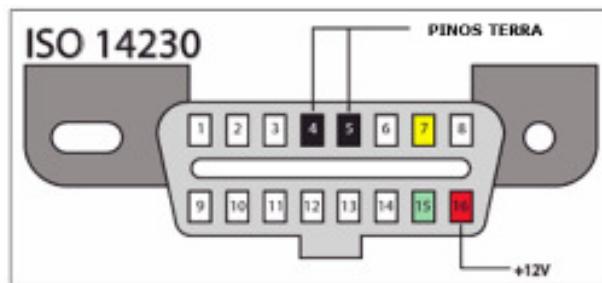
¹² UART: *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* – Transmissor/Receptor Universal Assíncrono.

¹³ *Handshake*: O método utilizado por dois dispositivos para estabelecer contato entre eles e determinar a taxa de transferência, correção de erros e protocolo de compressão.

3.4 ISO 14230

O protocolo ISO 14230, popularmente chamado de *Keyword 2000* (KW2000), é apenas um link de diagnóstico e não pode ser usado para transmitir mensagens entre controladores. Foi muito utilizado mesmo antes do OBD-II pela Opel, Bosch e outros fabricantes europeus que pressionaram os órgãos reguladores a viabilizar a utilização deste link na década de 90, pois a regulamentação original de OBD-II não permitia o uso de KW2000. Sua liberação ocorreu apenas por ter o protocolo e os requerimentos de *hardware* quase idênticos ao da ISO 9141-2, com velocidade entre 1.2 e 10.4 kbps, podendo suas mensagens conter até 255 bytes. São utilizados os mesmos pinos do conector SAE J1962, os pinos 7 (K-Line) e 15 opcional (L-Line), conforme figura 8 (ISO, 1994b).

FIGURA 8 - PINOS PARA UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO ISO 14230

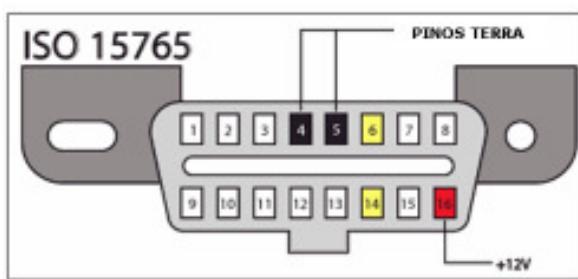


FONTE: MCCORD (2011)

3.5 ISO 15765

O protocolo ISO 15765 é mais conhecido como *Controller Area Network* (CAN) e foi desenvolvido pela Bosch. O link de dados serial já é usado pela indústria automotiva por anos e existem muitas versões de CAN, porém o padrão ISO 15765-4 determina precisamente os requerimentos para aplicação em OBD. Sua velocidade é de até 500 kbps e são utilizados os pinos 6 (CAN High) e 14 (CAN Low) do conector SAE J1962, conforme figura 9 (ISO, 2004).

FIGURA 9 - PINOS PARA UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO ISO 15765



FONTE: MCCORD (2011)

4 PADRÃO DE DADOS DE DIAGNÓSTICO

Com o padrão OBD-II é possível obter dados diversos da *Electronic Control Unit* (ECU) de um veículo, como as informações relativas a problemas presentes no veículo, códigos de falha e também parâmetros de funcionamento e performance em tempo real (SAE, 2007a).

As normas SAE J1979 e ISO 15031-5 definem como será feita a requisição de dados entre o veículo (*on-board*) e o equipamento de *scanner* genérico externo ao veículo (*off-board*), além dos serviços de diagnóstico e diversos parâmetros, como rotação por minuto (rpm) do motor, velocidade do veículo, temperatura do fluído de arrefecimento, entre outros. Estes parâmetros, por sua vez, recebem o nome de *Parameter Identification* (PID), sendo alguns obrigatórios pela norma e outros opcionais, além de ser permitida a implementação de outros PIDs proprietários que não constam na norma (SAE, 2007a).

A norma SAE J1979 foi desenvolvida para suprir as necessidades da legislação de OBD dos EUA, enquanto a norma ISO 15031-5 foi baseada na SAE J1979 com a intenção de combinar os requerimentos da norma dos EUA com os requerimentos específicos da Europa (SAE, 2007a).

4.1 SERVIÇOS DE DIAGNÓSTICO PARA ISO 15765

Este trabalho aborda apenas os serviços para o protocolo de comunicação ISO 15765, pois os outros protocolos não são mais utilizados. Existem, atualmente, 10 serviços disponíveis, porém nem todos os sistemas suportam todos os serviços e cada veículo ou módulo de motor/transmissão automática deverá ser configurado para atender aos serviços suportados de acordo com o requerimento de sua legislação.

4.1.1 Serviço \$01 – Requisita as informações de *Powertrain*¹⁴

O serviço \$01 permite o acesso às informações vigentes de dados relacionados ao *powertrain*, dentre eles sinais de entradas/saídas analógicas e digitais e também informações do sistema. Nem todos PIDs são suportados para todos os sistemas, por isso o PID \$00 indica quais são os PIDs suportados por cada ECU.

Alguns exemplos de informações do serviço \$01 são: PID \$05 – temperatura do fluído de arrefecimento (°C), PID \$0D – velocidade do veículo (km/h), PID \$11 – posição da borboleta

¹⁴ *Powertrain*: Trem de força: São os componentes responsáveis por gerar potência para entregar às rodas, sendo composto pelo motor, transmissão, eixo cardã e diferencial.

do acelerador (%), PID \$1C – padrão de legislação vigente no veículo (OBD-II, OBDBr-2 ou EOBD).

Sendo que a lista completa de PIDs poderá ser consultada no apêndice B da especificação SAE J1979 (SAE, 2007a).

4.1.2 Serviço \$02 – Exibe dados do *Freeze Frame*

Este serviço armazena as informações do veículo no momento que aconteceu uma falha, por isso o nome de *Freeze Frame* (Quadro Instantâneo de Parâmetro), pois os dados ficam armazenados, não sendo alterados após a ocorrência de outro evento. O PID \$02 do serviço \$02 indica o DTC que causou o *Freeze Frame*, sendo que cada DTC pode armazenar informações diferentes para poder ajudar o técnico no momento do diagnóstico e reparo do componente, porém a regulamentação exige um mínimo de PID para o serviço \$02 (SAE, 2007a).

4.1.3 Serviço \$03 – Lista os DTCs confirmados que impactam emissões

O serviço \$03 permite à ferramenta de *scanner* listar todos os DTCs de 5 dígitos que estão presentes no momento ou que já iluminaram a MIL¹⁵ recentemente. São listados somente os códigos de falha que impactam a emissão de poluentes (SAE, 2007a).

4.1.4 Serviço \$04 – Limpa informações de diagnóstico

Este serviço é utilizado para que a ferramenta de *scanner* possa comandar as ECUs para limpar as informações de diagnóstico, incluindo os DTCs armazenados, dados de *Freeze Frame*, distância desde que ocorreu uma falha, além de reiniciar todos os contadores de diagnóstico e retirar as ações de degradação do sistema. Este serviço só deverá funcionar com a ignição ligada e motor desligado, sendo aplicado a todos os controladores ECUs simultaneamente. O serviço \$04 não apaga as informações do serviço \$09 e \$0A (SAE, 2007a).

4.1.5 Serviço \$05 – Requisita resultados do teste de sensor de oxigênio

O serviço \$05 não é suportado pela CAN e sua funcionalidade está implementada no serviço \$06 (SAE, 2007a).

¹⁵ MIL: *Malfunction Indicator Lamp*: Luz Indicadora de Mau funcionamento que é acesa no painel de instrumentos do veículo para alertar ao motorista. Esta luz somente deverá ser acesa para falhas presentes no sistema que impactam emissões de poluentes.

4.1.6 Serviço \$06 – Requisita resultados dos testes de bordo de sistemas monitorados

Este serviço permite o acesso a resultados dos testes de monitoramento de componentes e sistemas específicos que são continuamente monitorados (ex.: *misfire* ou falha de combustão) e sistemas não contínuos de monitoramento (ex.: catalisador). O resultado deverá exibir o último valor vigente do teste e também os limites máximo e mínimo (SAE, 2007a).

Cada regulamentação específica quais diagnósticos devem suportar o serviço \$06 e deverão ser organizados por OBD *Monitor Identifiers* (OBDMID) de acordo com o apêndice D da norma SAE J1979. Para cada OBDMID, os testes específicos são chamados de *Test IDs* (TIDs) definidos no apêndice E da norma SAE J1979. Um único OBDMID poderá ter múltiplos TIDs e também cobrir múltiplos DTCs (SAE, 2007a).

4.1.7 Serviço \$07 – Requisita os DTCs detectados no ciclo de condução completo vigente ou anterior que impactam emissões

O serviço \$07 permite à ferramenta de *scanner* verificar os DTCs pendentes de acender a MIL no ciclo de condução vigente e anterior, sendo requerido para todos os DTCs e é independente do serviço \$03, porém com mesmo formato (SAE, 2007a).

O seu principal objetivo é ajudar o técnico durante o serviço de reparo do componente, que após sua substituição e posterior limpeza das informações de diagnóstico, poderá verificar os resultados e determinar se o problema foi solucionado (SAE, 2007a).

4.1.8 Serviço \$08 – Requisita controle do sistema de bordo, teste ou componente

Este serviço permite que a ferramenta de *scanner* controle as operações do sistema de bordo, faça testes e opere componentes, porém, atualmente, não é requerido por nenhuma das legislações estudadas neste trabalho (SAE, 2007a).

4.1.9 Serviço \$09 – Requisita informações do veículo

O serviço \$09 permite que a ferramenta de *scanner* requisite informações relacionadas ao veículo como Identificação de Calibração (CAL ID) e *software* utilizado na ECU, *Vehicle Identification Number* (VIN¹⁶), *Calibration Verification Number* (CVN¹⁷), sendo algumas

¹⁶ VIN: Número de identificação do veículo – é o número do chassi do veículo contendo 17 algarismos (letras e números).

¹⁷ CVN: Número de verificação de calibração – é o número calculado utilizado para verificar a integridade do software (*checksum*).

informações mandatórias devido à legislação e outras apenas desejáveis, devendo seguir o padrão definido no apêndice G da norma SAE J1979 (SAE, 2007a).

4.1.10 Serviço \$0A – Requisita DTCs que impactam emissões com status permanente

Este serviço permite que a ferramenta de *scanner* requisite todos os DTCs com o status permanente, que são códigos confirmados e retidos na memória não volátil até que o monitor apropriado determine que não exista mais a falha presente e não comandará a MIL para ser acesa. Assim sendo, este não poderá ser apagado pelo serviço \$04 (SAE, 2007a).

O serviço \$0A começou a ser implementado em veículos modelo 2010 para prevenir que burlassem a inspeção de emissões apagando os códigos de falha com uma ferramenta de *scanner* ou simplesmente desconectando a bateria antes da ocorrência da inspeção (SAE, 2007a).

A evidência de um código armazenado no serviço \$0A sem a MIL estar iluminada, significa que o sistema de bordo não conseguiu verificar se o reparo do problema ocorreu efetivamente (SAE, 2007a).

5 FERRAMENTA DE SCANNER GENÉRICA

As legislações de OBD determinam que os veículos equipados com esta tecnologia devam suportar comunicação com uma ferramenta de *scanner* genérica externa ao veículo, podendo ser um computador de mão (*handheld*) ou até mesmo um computador portátil (*notebook*), que será conectado, via interface OBD-II, com conector SAE J1962 (SAE, 2002b).

Os padrões adotados para a ferramenta de *scanner* genérica são SAE J1978, desenvolvido para atender os requerimentos dos EUA e a sua equivalência ISO 15031-4, adotada para os países europeus (SAE, 2002b).

A ferramenta de *scanner*, exibida na figura 10, deve ser capaz de suportar os serviços de diagnóstico definidos na norma SAE J1979, bem como comunicação com qualquer protocolo citado no capítulo 3 deste trabalho (SAE, 2002b).

FIGURA 10 - FERRAMENTA DE SCANNER GENÉRICA CANOBD2 3100A



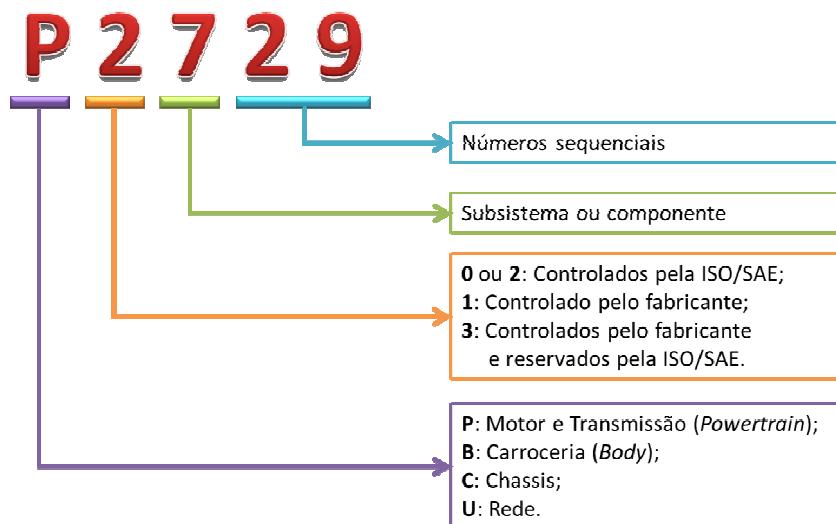
FONTE: CanOBD2 (2012)

6 PADRÃO DE DTC

As legislações de OBD determinam que os veículos equipados com esta tecnologia reportem os códigos de falha para mau funcionamento de maneira padronizada. As normas que determinam este padrão são a SAE J2012, desenvolvida para atender os requerimentos dos EUA e a ISO 15031-6, desenvolvida para os países europeus (SAE, 2007b).

Os códigos de falha são também chamados de *Diagnostic Trouble Code* (DTC) e possuem 5 dígitos. Seu padrão de nomenclatura, conforme SAE J2012, é exibido na figura 11.

FIGURA 11 - ESTRUTURA DO PADRÃO DE DTC



FONTE: o autor (baseado em SAE J2012, 2007b)

As descrições dos DTCs para cada subsistema e o tipo de falha que é apresentada são determinadas no apêndice A0 da norma SAE J2012 (SAE, 2007b).

Um exemplo de aplicação de DTC para uma falha onde a solenoide de controle de pressão de uma embreagem da transmissão automática está em curto-circuito com terra (0V) é exibido o DTC P2729 (*Pressure Control Solenoid "E" Control Circuit Low*) (SAE, 2007b).

7 MAU FUNCIONAMENTO

Conforme IBAMA (2009), a definição de mau funcionamento é: “a falha em um componente do sistema de controle de emissões que resulta em níveis de emissões acima do prescrito ou se o sistema OBD for incapaz de completar os requisitos de monitoramento básicos”.

Além de impactar as emissões de poluentes, as falhas podem ocasionar o aumento de consumo de combustível, a perda de potência do motor e também podem afetar a segurança e dirigibilidade do veículo.

As falhas podem ser divididas em dois tipos:

- Falha elétrica: é causada por curto-circuito para terra (0V) ou para tensão bateria (12V), também pode ocorrer por mau contato ou rompimento dos chicotes de alimentação do componente.
- Falha de plausibilidade: é causada quando o componente continua funcional, porém o sinal de saída de um sensor não é coerente com a atual condição de operação ou quando o estado físico de um atuador não responde ao valor comandado pelo módulo de controle (IBAMA, 2009).

Algumas falhas não são perceptíveis ao condutor (exceto pelo acendimento da MIL), pois não impactam a dirigibilidade e o sistema consegue utilizar valores de referência para manter o motor e/ou transmissão funcionais.

Por outro lado, existem falhas que colocam o veículo em modo degradado de emergência ou “*limp-home*”. Neste modo de operação o veículo fica com seu uso limitado (geralmente através de intervenção na rotação do motor, velocidade do veículo ou inibição de troca de marcha). Isto acontece para garantir condições mínimas e seguras de funcionamento para que o veículo chegue a uma concessionária ou oficina e também para proteger outros componentes de serem danificados (IBAMA, 2009).

8 LÂMPADA INDICADORA DE MAU FUNCIONAMENTO

A Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento (LIM), também conhecida por *Malfunction Indicator Lamp* (MIL), deve ficar localizada no painel de instrumentos do veículo e ter fácil visibilidade, tendo objetivo de alertar o motorista sobre falhas presentes no sistema que impactem a emissões de gases poluentes. A LIM deve ser representada por um símbolo específico, conforme norma SAE J2402 ou ISO 2575 (SAE, 2010).

A LIM deverá utilizar um símbolo produzido por figura, conforme figura 11, ou outro meio que transmita a sua informação, independente da língua; deverá possuir a cor amarela ou âmbar e ser visível em qualquer condição de iluminação (diurna ou noturna) (IBAMA, 2009).

FIGURA 12 - SÍMBOLO DA MIL

Symbol number	Symbol form/shape
F.01	

FONTE: SAE (2010)

Segundo IBAMA (2009), a LIM poderá ser ativada por apenas dois motivos:

- Acender quando o sistema de controle do motor for ligado, ou seja, posição da chave em ignição, e apagar após o motor entrar em funcionamento, caso não seja detectada nenhuma falha;
- Quando um código de falha que impacta emissões for detectado, a LIM poderá ficar acesa de modo constante ou intermitente, dependendo do tipo de falha. Ela só será apagada após o problema não ser mais detectado no veículo ou através de uma ferramenta de *scanner*.

O sistema poderá adotar estratégias para acendimento da LIM com mais de um ciclo de condução, sendo estipulado um valor máximo de ciclos de condução para seu acendimento de acordo com cada legislação, ficando a critério do fabricante determinar o número de ciclos de

condução que será utilizado, sem ultrapassar o valor máximo definido. Do mesmo modo, a legislação poderá estipular o número de ciclos de condução que a LIM será apagada caso uma falha não seja mais detectada.

Para a legislação OBDBr-2, a LIM poderá demorar até 10 ciclos de condução para acendimento. E no caso de desativação, são utilizados 3 ciclos de condução consecutivos nos quais a falha responsável pelo seu acendimento não foi detectada (IBAMA, 2009).

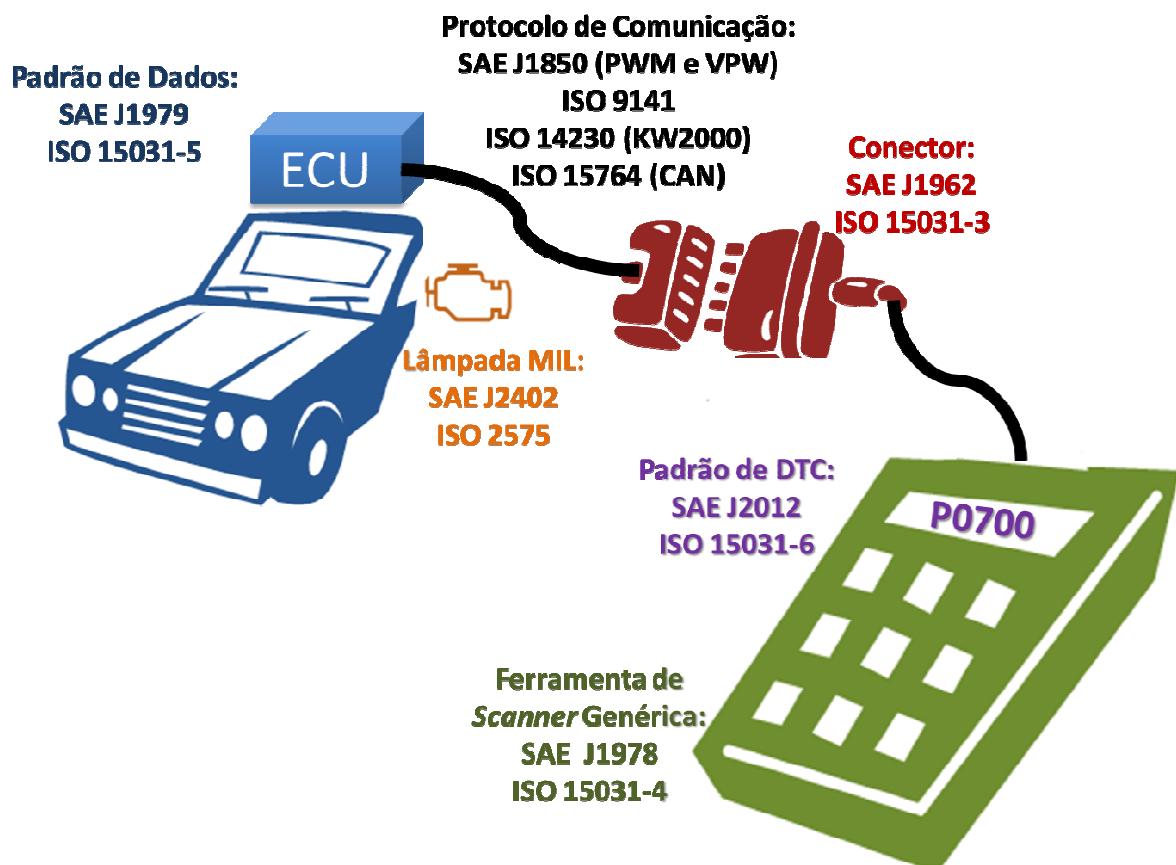
Conforme *Office of Administrative Law* (2010), na legislação de OBD-II para o mercado americano, a LIM deverá exibir as frases “*Check Engine*” (Checar Motor) ou “*Service Engine Soon*” (Efetuar Serviço do Motor em Breve) e, alternativamente, o símbolo do padrão ISO poderá ser substituído pela palavra “*Engine*” ou pela frase completa.

9 SISTEMA DE DIAGNÓSTICO OBD

Para compor um sistema OBD é necessário que o veículo possua uma ou mais ECUs com determinado padrão de dados e DTCs que sejam capazes de se comunicarem com uma ferramenta de *scanner* genérica através de um conector padrão e um protocolo de comunicação, além de informar ao motorista sobre as possíveis falhas, através de uma lâmpada específica.

A figura 12 exemplifica a aplicação dos padrões e normas de um sistema OBD e a equivalência entre ISO e SAE.

FIGURA 13 - SISTEMA OBD COM PADRÕES ISO/SAE



FONTE: o autor

Os padrões e normas da SAE foram desenvolvidos para satisfazer os requerimentos norte americanos, enquanto os padrões e normas ISO foram desenvolvidos para atender países europeus (SAE, 2002b). O quadro 2 exibe a equivalência entre as normas.

QUADRO 2 - CORRELAÇÃO ENTRE NORMAS ISO E SAE

Sistema	SAE	ISO
Protocolo de comunicação	-	-
Termos, definições, abreviações e acrônimos	J1930	15031-2
Conektor	J1962	15031-3
Ferrameta genérica de <i>scanner</i>	J1978	15031-4
Padrão de dados	J1979	15031-5
Padrão de DTC	J2012	15031-6
Lâmpada MIL	J2402	2575

FONTE: o autor (baseado em SAE (2002b) e SAE (2010))

Para o protocolo de comunicação não existe uma correlação direta entre normas SAE e ISO, pois apenas um tipo de protocolo deve estar presente no veículo.

Além das normas e padrões já citados neste trabalho, existem normas importantes para serem consultadas como SAE J1699 (*OBD Compliance Test Cases*), SAE J2186 (*Diagnostic Data Link Security*) e ISO 15031-1 (*General Info*).

10 ENSAIOS DE EMISSÕES VEICULARES

De acordo com Lima (2009), os ensaios de emissões de poluentes em automóveis devem retratar as condições normais de uso. Porém, existem diversos fatores que influenciam na quantidade de poluentes emitidos, como por exemplo, o trajeto utilizado, tráfego urbano intenso, viagens em rodovias, características dos motoristas. Deste modo, é praticamente impossível obter uma repetibilidade destes fatores durante ensaios, por isso um procedimento padrão para avaliação de emissões de poluente é utilizado para obtenção de resultados possíveis de serem analisados e comparados.

Os procedimentos de ensaios de emissões também são chamados de ciclos de condução, que possuem perfil de acelerações, desacelerações, paradas e velocidades constantes em função do tempo. Os testes geralmente acontecem em dinamômetros de chassis, localizados em um laboratório com temperatura e umidade controladas, exemplificado na figura 13. O ciclo é exibido em um monitor, de tal forma que o motorista deverá dirigir o veículo (utilizando apenas pedais de acelerador e freio), aproximando-se ao máximo do ciclo, com uma margem de erro pré-estabelecida (LIMA, 2009).

No caso de carros equipados com transmissão automática, o motorista não deverá se preocupar com trocas de marcha, pois serão feitas automaticamente, de acordo com o exigido pelo mapa de trocas (em função de velocidade e pedal de acelerador) (LIMA, 2009).

**FIGURA 14 - DINAMÔMETRO DE CHASSIS DO LABORATÓRIO DE EMISSÕES
VEICULARES DA VOLVO**



FONTE: CarType (2012)

Até os dias atuais, os órgãos de controle de emissões veiculares não adotaram um padrão único de ciclo. Diversos ciclos estão em uso e não existe correlação para a conversão de um

para o outro, do ponto de vista de emissões de gases poluentes (DEGOBERT, 1995 *apud* LIMA, 2009). Estes testes são demorados, complexos e caros e por isso as certificações estão limitadas a sistemas de motores (GODISH, 2004 *apud* LIMA, 2009).

Além da avaliação dos gases de escapamento, outros procedimentos são utilizados para medir o consumo de combustível do veículo (LIMA, 2009). No caso do desenvolvimento de transmissão automática, os ciclos são utilizados para detecção de uma falha que possa impactar na emissão de gases poluentes.

São abordados a seguir apenas os ciclos FTP-75 e NEDC, que foram objetos de estudo do trabalho, porém existem outros ciclos disponíveis para serem utilizados com propósitos diferenciados como, por exemplo, o *Highway Fuel Economy Test* (HWFET).

10.1 CICLO AMERICANO FTP-75

Os EUA desenvolveram o primeiro ciclo de emissões a ser utilizado em larga escala para garantir a conformidade das emissões como norma estabelecida no *Clean Air Act Amendments* de 1970. Foram criados testes chamados de FTP pela *United States Environmental Protection Agency* (US EPA), de modo a testar os veículos em condições idênticas, simulando rodovias e zonas urbanas da cidade de Los Angeles (COBURN, 2004 *apud* LIMA, 2009).

O FTP-75 foi criado no ano de 1975, pela agência EPA, por isso o sufixo 75, e estabelece o limite máximo para emissões de monóxido de carbono (CO) no arranque a frio (LIMA, 2009).

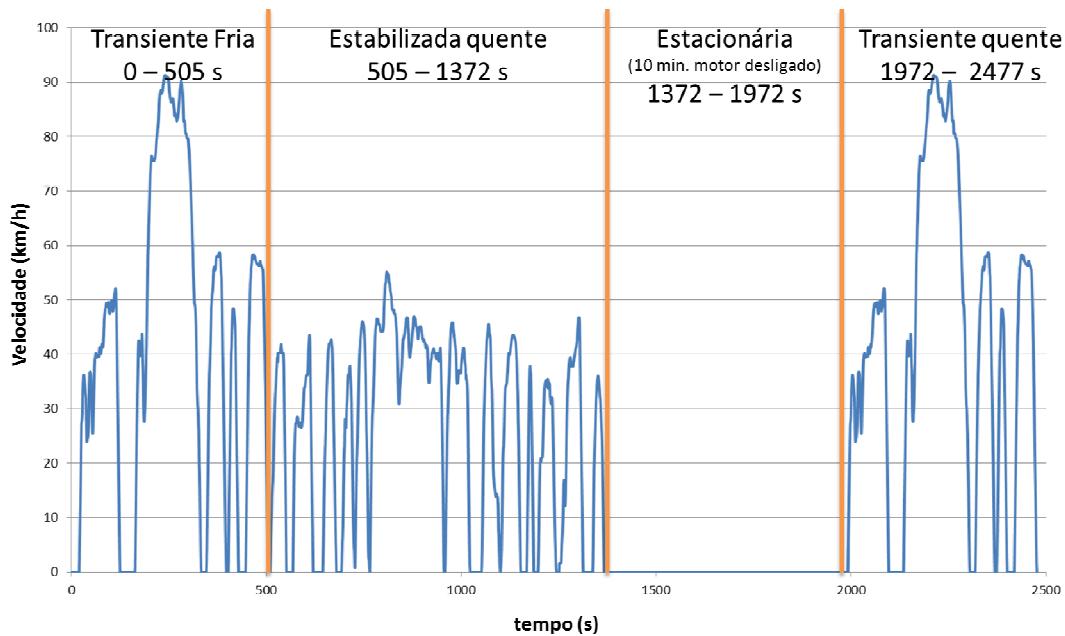
Conforme Lima (2009), o ciclo FTP-75, apresentado na figura 14, representa um trajeto de 17,86 km, com velocidade média de 34,3 km/h e velocidade máxima de 91,3 km/h, com duração total de 41 minutos e 17 segundos. É composto por 4 fases:

- Primeira fase: transiente fria – é efetuado o arranque a frio depois de período de 12h do veículo estacionado, à temperatura de 20° C. Seu trajeto possui 5,78 km com velocidade média de 41,2 km/h, com 505 segundos de duração;
- Segunda fase: estabilizada quente – seu trajeto possui 6,3 km, com velocidade média de 25,7 km/h, com 867 segundos de duração;
- Terceira fase: estacionária – motor desligado e capô fechado por 10 minutos e não é medido nível de emissões;

- Quarta fase: transiente quente - é efetuado o arranque a quente depois do período de 10 minutos, com o motor desligado. Seu trajeto é idêntico ao da fase 1.

Os valores de massa de poluentes são medidos em g/km ou g/milha e, posteriormente, ajustados por diferentes fatores: 0,43 para a fase fria, 1,0 para a segunda fase e 0,57 para a quarta fase (DEGOBERT, 1995 *apud* LIMA, 2009).

FIGURA 15 - DIAGRAMA DE VELOCIDADE (km/h) X TEMPO (s) DO CICLO FTP-75



FONTE: o autor (baseado em LIMA, 2009)

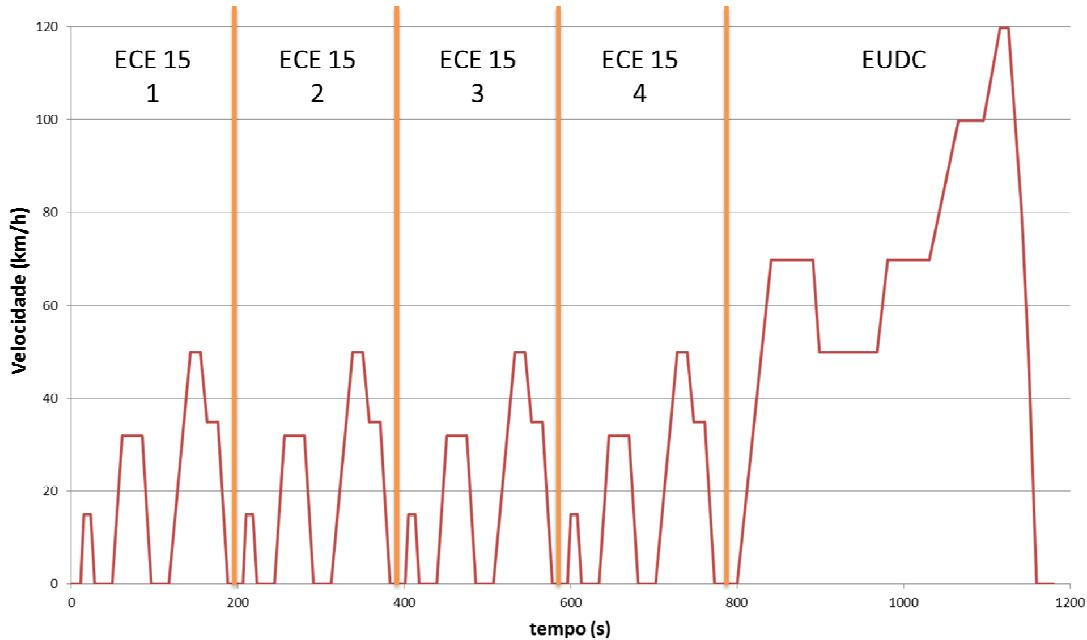
10.2 CICLO EUROPEU NEDC

O ciclo NEDC, apresentado na figura 15, é composto pelos ciclos *Economic Commision for Europe 15* (ECE-15) repetido 4 vezes e pelo ciclo *Extra Urban Driving Cycle* (EUDC), tendo um trajeto total de 11,007 km, com velocidade média de 33,6 km/h e velocidade máxima de 120 km/h. Tem duração total de 19 minutos e 40 segundos (LIMA, 2009).

O ciclo ECE-15 representa um trajeto urbano, caracterizado por baixa velocidade e baixa carga, seu trajeto possui 4,052 km, com velocidade média de 18,7 km/h, com 780 segundos de duração (LIMA, 2009).

O ciclo EUDC representa os modos mais agressivos de direção, com maior velocidade. Seu trajeto possui 6,955 km, com velocidade média de 62,6 km/h, com 400 segundos de duração (LIMA, 2009).

FIGURA 16 - DIAGRAMA DE VELOCIDADE (km/h) X TEMPO (s) DO CICLO NEDC



FONTE: o autor (baseado em LIMA, 2009)

10.3 O PADRÃO BRASILEIRO

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) criou, em 1996, o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) com prazos e limites de emissão de poluentes baseados em testes de dinamômetro de chassis, de acordo com a Norma Brasileira NBR 6601 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Essa norma adota o ciclo de condução idêntico ao FTP-75, além de determinar exigências tecnológicas para os veículos, utilizando metodologias internacionais adaptadas à necessidade brasileira (LIMA, 2009).

11 REQUERIMENTOS ESPECÍFICOS À TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA

11.1 OBD-II

A legislação de OBD-II especifica que os veículos deverão seguir os padrões SAE J1962, SAE J2012, SAE J1978, SAE J1979, ISO 2575¹⁸ e o ciclo de emissões adotado para detecção de falhas é o FTP-75 (OFFICE OF ADMINISTRATIVE LAW, 2010).

Na legislação de OBD-II, não existe distinção entre módulos de gerenciamento do motor ou da transmissão automática. Ambos são citados apenas de uma forma genérica, utilizando o termo ECU. Portanto, todo e qualquer requerimento à ECU, deverá ser aplicado para os módulos do motor e da transmissão automática. Por exemplo, o acendimento da MIL por perda de comunicação com a TCM¹⁹, dados de *Freeze Frame*, CAL ID e CVN (OFFICE OF ADMINISTRATIVE LAW, 2010).

Além disso, é requerido também o monitoramento de mau funcionamento dos componentes da transmissão automática, como sensores, módulos e solenoides que possam impactar nas emissões de gases poluentes, sendo de responsabilidade do fabricante determinar se o componente/sistema poderá afetar emissões (OFFICE OF ADMINISTRATIVE LAW, 2010).

11.2 EOBD

A legislação de EOBD especifica que os veículos deverão seguir os padrões ISO 15031, partes 3, 4, 5 e 6 e a ISO 2575. O ciclo de emissões adotado para detecção de falhas é o NEDC (THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, 2011).

É determinado na legislação de EOBD que um sistema OBD deve ser capaz de identificar a área de mau funcionamento que impacte o controle de emissões de poluentes, armazenando códigos de falha em uma memória computacional. O fabricante de automóveis deve projetar, construir e montar componentes que, em uso normal, atendam à regulamentação EOBD e suas devidas medições (idem).

¹⁸ Alternativamente, o símbolo do padrão ISO poderá ser substituído pela palavra “Engine” ou pelas expressões “Check Engine” ou “Service Engine Soon”.

¹⁹ TCM: *Transmission Control Module* - Módulo de controle da transmissão, que recebe os diversos sinais dos sensores da transmissão automática e controla os atuadores (como solenoides), de acordo com a necessidade atual do veículo.

É requerido também o monitoramento da interface entre ECM e qualquer outro módulo, por exemplo, TCM, que possa influenciar o controle de emissões, caso ocorra uma desconexão (idem).

A legislação de EOBD não determina diretamente um requerimento específico à transmissão automática. Deste modo, está implícito na legislação de EOBD que o fabricante deverá desenvolver uma transmissão automática capaz de não impactar a emissão de gases poluentes. Portanto, faz-se necessária a implementação dos mesmos requisitos do motor para alcançar este objetivo.

11.3 OBDBr-2

A legislação OBDBr-2 especifica que os veículos deverão seguir os padrões internacionais ISO 15031, partes 3, 4, 5 e 6 e a ISO 2575 até que nenhum padrão brasileiro seja definido, e que o ciclo de condução utilizado é o definido na norma ABNT NBR 6601, idêntico ao procedimento norte americano FTP-75 (IBAMA, 2009).

Atualmente, fica a critério do fabricante aplicar os requisitos de diagnóstico para transmissão automática, com intuito de facilitar o reparo dos veículos em serviço e também diminuir custos de garantia, pois não existe um requerimento específico para transmissão automática na legislação do Brasil, conforme CONAMA (2004):

O sistema OBDBr-2, complementarmente às funções e características do Sistema OBDBr-1, deve detectar e registrar a existência de falhas de combustão [...], bem como apresentar características mínimas para a detecção de falhas nos seguintes componentes, quando aplicável [...], **e outros componentes que o fabricante julgue relevantes para a correta avaliação do funcionamento do veículo e controle de emissões de poluentes.**

11.4 DIFERENÇAS ENTRE LEGISLAÇÕES

Baseado em todo o estudo efetuado, foi possível sumarizar as diferenças dos requerimentos entre as principais legislações do ponto de vista da implementação de um sistema OBD e do ciclo de emissões utilizado, conforme apresentado no quadro 3.

QUADRO 3 - DIFERENÇA DE NORMAS E CICLOS ENTRE OBD-II, EOBD E OBDBR-2

	OBD-II	EOBD	OBDBr-2
Países	EUA	Europa/Argentina	Brasil
Conektor	SAE J1962	ISO 15031-3	ISO 15031-3
DTC	SAE J2012	ISO 15031-6	ISO 15031-6
Scanner	SAE J1978	ISO 15031-4	ISO 15031-4
Dados	SAE J1979	ISO 15031-5	ISO 15031-5
MIL	ISO 2575 ²⁰	ISO 2575	ISO 2575
Ciclo de Emissões	FTP-75	NEDC	FTP-75

FONTE: o autor

Observe-se que no quadro 3 não consta o protocolo de comunicação, pois existe a possibilidade de adotar qualquer um dos citados anteriormente, porém o protocolo dominante é o padrão ISO 15765 (CAN).

Os padrões SAE e ISO são equivalentes, porém existem pequenas diferenças de requerimentos. Por exemplo, o conector padrão ISO 15031-3 foi feito para atender aos países europeus e inclui funcionalidades não requeridas e não permitidas pelos EUA. Neste caso, os EUA exigem que o conector deva ter sua localização mais restrita e não deva possuir um sinal maior do que 20V. As diferenças entre os outros itens poderão ser consultadas em detalhes diretamente em cada norma (SAE, 2002a).

²⁰ Alternativamente, o símbolo do padrão ISO poderá ser substituído pela palavra “*Engine*” ou pelas expressões “*Check Engine*” ou “*Service Engine Soon*”.

12 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso tem a proposta de executar ensaios em dinamômetro de chassis, simulando os ciclos de emissões FTP-75 (referenciado como FTP) e NEDC (referenciado como Euro) para aquisição de dados, análise e tentativa de correlação entre os diferentes ciclos e entre o mesmo ciclo, em diferentes veículos.

O principal objetivo é antecipar as condições diversas às quais o veículo é submetido durante o teste, e assim, tentar minimizar os testes que são executados para detecção das falhas no ciclo que impacte emissões.

É considerada a premissa de que já foi feito o levantamento de todos os códigos de falha de transmissão automática que impactam emissões de poluentes, portanto para validação da transmissão automática, é necessário garantir apenas que estas falhas sejam detectadas no ciclo. O nível de gases poluentes emitidos com a falha presente é responsabilidade dos desenvolvedores de motores, não sendo tratado neste estudo.

São utilizados quatro veículos equipados com a transmissão automática Hydra-Matic 6T30 de seis velocidades, tração dianteira, eletronicamente controlada, diferencial de sobremarcha automático, conversor de torque eletronicamente controlado, com as especificações conforme quadro 4.

QUADRO 4 - ESPECIFICAÇÕES DA TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA 6T30

Potência máxima do motor (HP)	140 (gas.) / 95 (diesel)	
Torque máximo do motor (Nm)	175 (gas.) / 200 (diesel)	
Relações de Marcha		
Primeira	4,50	
Segunda	2,90	
Terceira	1,91	
Quarta	1,45	
Quinta	1,00	
Sexta	0,70	
Ré	2,94	
Par final	Baseado no modelo do veículo	
Máxima rotação de entrada (rpm)	Ré	3000
	1-2	7000
	2-3	7000
	3-4	7000
	4-5	7000
	5-6	5880
Máxima rotação de entrada em 6 ^a (rpm)	4364	
Peso máximo do veículo (kg)	1933	
Posições de alavanca	P, R, N, D, M	
Material da carcaça	Alumínio	
Tamanho do conversor de torque (diâmetro da turbina do conversor de torque) (mm)	220 (referência)	
Fluído lubrificante	DEXRON® VI	
Peso da transmissão com fluído (kg)	71,5 kg	
Plantas de fabricação:	GMK (Coréia), SGM (China), SLP (México), TTO (Toledo).	

FONTE: GM POWERTRAIN (2012)

Os veículos estão divididos em dois tipos de carroceria, diferentes requerimentos de OBD e diferentes pares finais, conforme quadro 5.

QUADRO 5 - VEÍCULOS UTILIZADOS NO ESTUDO DE CASO

	Carroceria	Par Final	Requerimento	Motor
Carro A	1	3.72	EOBD	1.8l E0 ²¹
Carro B	1	3.37	OBDBr-2	1.8l Flex ²²
Carro C	2	4.11	EOBD	1.8l E0
Carro D	2	3.72	OBDBr-2	1.8l Flex

FONTE: o autor

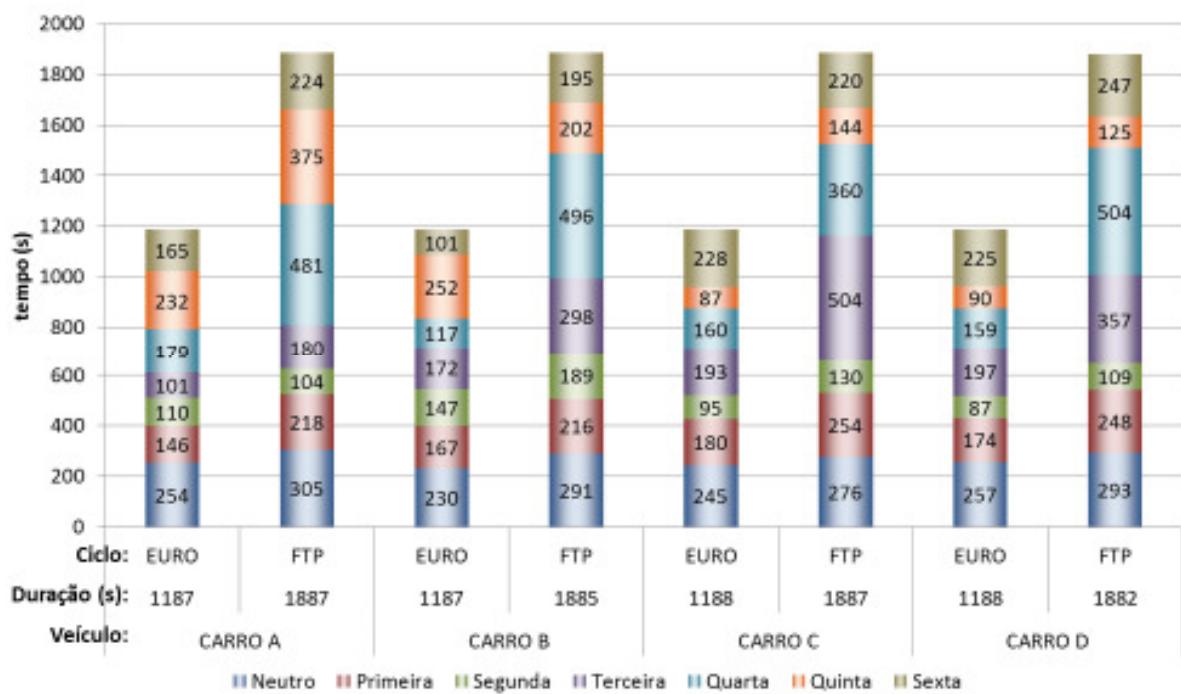
²¹ E0: Gasolina com 0% de etanol.²² Flex: Motor capaz de funcionar com dois tipos de combustíveis, geralmente etanol e gasolina.

Apesar de os veículos terem requerimentos diferenciados de OBD, este estudo executa a simulação de ambos os ciclos em todos os veículos.

12.1 TEMPO DECORRIDO EM CADA MARCHA

A figura 16 exibe o resultado do tempo decorrido em cada marcha do veículo, através da execução completa do ciclo de emissões Euro e execução parcial do ciclo FTP (descontando os 10 minutos de fase estacionária). A duração média de execução do ciclo Euro foi 1188 segundos e FTP foi 1885 segundos.

FIGURA 17 - GRÁFICO DO TEMPO DECORRIDO EM DETERMINADA MARCHA (s)



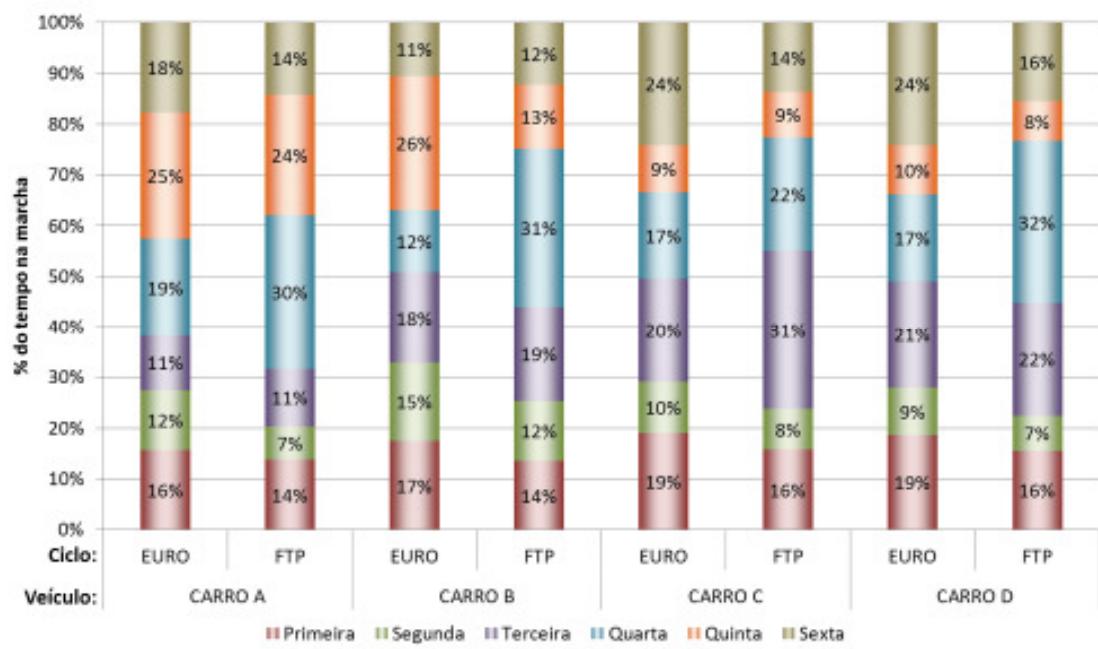
FONTE: o autor

Devido aos ciclos terem diferenças de tempo de execução, as próximas análises consideram a razão proporcional ao tempo de cada estudo, sendo desconsiderado também o tempo em que o veículo fica em velocidade 0 km/h com a transmissão em neutro. Isto é considerado por não haver necessidade de monitorar este período, pois qualquer falha que possa ser detectada com o carro parado, não há necessidade de detectá-la no ciclo, uma vez que o tempo inicial do teste já seria suficiente para detecção.

Geralmente, as falhas elétricas são muito rápidas de serem detectadas e são simuladas com o carro estacionado e fora do dinamômetro de chassis.

Assim sendo, a figura 17 exibe o resultado da relação entre o tempo decorrido em determinada marcha e o tempo de execução do teste, descontado o período em que o veículo fica com velocidade igual a 0 km/h e transmissão em neutro.

FIGURA 18 - GRÁFICO DA RELAÇÃO DO TEMPO DECORRIDO EM DETERMINADA MARCHA



FONTE: o autor

A partir dos dados, é possível perceber que o menor tempo decorrido no ciclo Euro em uma marcha foi de 87 segundos referente ao Carro D (9%) em segunda marcha, enquanto no ciclo FTP o menor tempo foi decorrido durante 104 segundos, também em segunda marcha, porém no Carro A.

Conclui-se, portanto que todas outras marchas, de todos os veículos, em todos os ciclos percorreram mais de 87 segundos. Porém isto não pode ser considerado relevante, pois se trata da soma de todo o teste, sendo que temos transições de marchas muito rápidas que, possivelmente, não seriam suficientes para detectar uma falha, caso fosse necessário maior tempo decorrido nesta marcha.

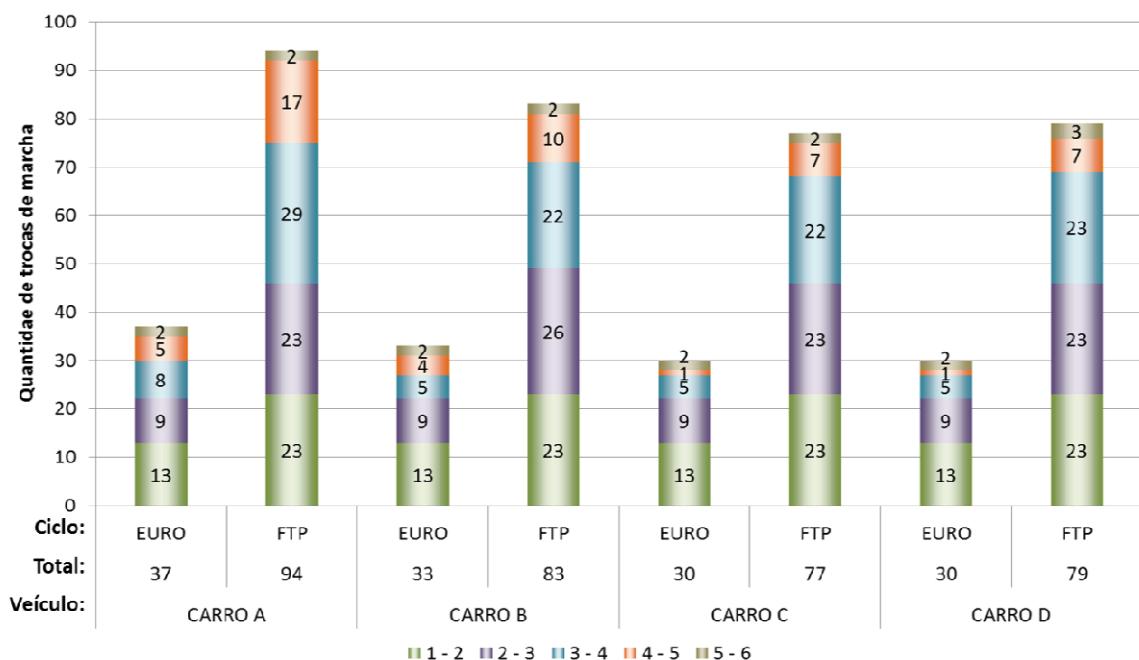
Nota-se também diferença de tempo decorrido em cada marcha entre os veículos e ciclos. Este comportamento é normal e esperado, uma vez que cada veículo possui seu mapa de trocas específico, ou seja, são efetuadas trocas de marcha em velocidades diferentes.

12.2 QUANTIDADES DE *UPSHIFTS*²³ E *DOWNSHIFTS*²⁴

Ao contrário do tempo decorrido em cada marcha, a quantidade de eventos de *upshift* e *downshift* são relevantes para detecção de uma falha, pois algumas estratégias são adotadas para verificar a ocorrência de falha devido à troca de marcha, portanto quanto maior a quantidade de trocas de marchas, maiores serão as oportunidades para detecção de uma possível falha.

São consideradas neste estudo, apenas as trocas sequenciais, sendo descartadas as trocas especiais e não sequenciais, como por exemplo, 5-2, 3-1.

FIGURA 19 - GRÁFICO DE QUANTIDADE DE *UPSHIFTS*



FONTE: o autor

A figura 18 exibe o total de eventos de *upshifts* sequenciais, no qual temos os seguintes resultados:

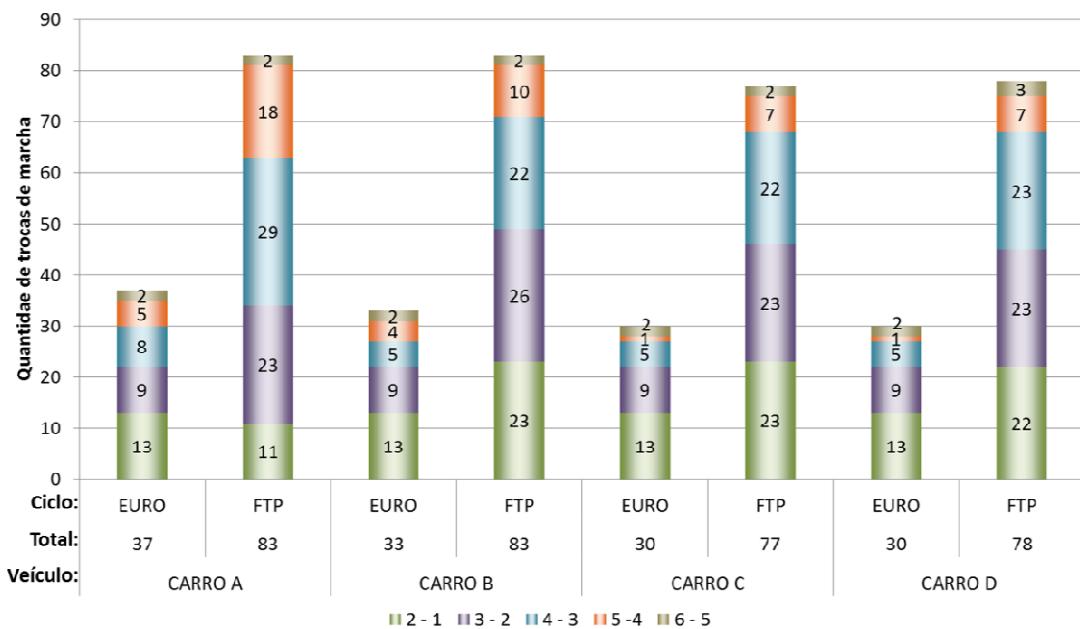
- Troca 1-2: Os veículos tiveram no mínimo 13 trocas, sendo que no ciclo Euro todos os veículos tiveram exatamente 13 trocas e no ciclo FTP todos os veículos tiveram exatamente 23 trocas;

²³ *Upshift*: Evento de aumento de marcha (ex.: 1-2 significa troca de primeira para segunda marcha).

²⁴ *Downshift*: Evento de redução de marcha (ex.: 2-1 significa troca de segunda para primeira marcha).

- Troca 2-3: Os veículos tiveram no mínimo 9 trocas, sendo que no ciclo Euro todos os veículos tiveram exatamente 9 trocas e no ciclo FTP 3/4 dos veículos tiveram 23 trocas;
- Troca 3-4: Os veículos tiveram no mínimo 5 trocas, sendo que no ciclo Euro 3/4 dos veículos tiveram 5 trocas e no ciclo FTP metade dos veículos tiveram 22 trocas;
- Troca 4-5: Os veículos tiveram no mínimo 1 troca, sendo que no ciclo Euro metade dos veículos tiveram apenas 1 troca, a outra metade teve entre 4 e 5 trocas e no ciclo FTP metade dos veículos tiveram 7 trocas;
- Troca 5-6: Os veículos tiveram no mínimo 2 trocas em todos os ciclos, apenas o Carro D, no ciclo FTP efetuou 3 trocas.

FIGURA 20 - GRÁFICO DE QUANTIDADE DE *DOWNSHIFTS*



FONTE: o autor

A figura 19 exibe o total de eventos de *downshifts* sequenciais, no qual temos os seguintes resultados:

- Troca 2-1: Os veículos tiveram no mínimo 11 trocas, sendo que no ciclo Euro todos os veículos tiveram exatamente 13 trocas e no ciclo FTP metade dos veículos tiveram 23 trocas, o Carro A possuiu apenas 11 trocas;

- Troca 3-2: Os veículos tiveram no mínimo 9 trocas, sendo que no ciclo Euro todos os veículos tiveram exatamente 9 trocas e no ciclo FTP 3/4 dos veículos tiveram 23 trocas;
- Troca 4-3: Os veículos tiveram no mínimo 5 trocas, sendo que no ciclo Euro 3/4 dos veículos tiveram 5 trocas e no ciclo FTP metade dos veículos tiveram 22 trocas;
- Troca 5-4: Os veículos tiveram no mínimo 1 troca, sendo que no ciclo Euro metade dos veículos tiveram apenas 1 troca, a outra metade teve entre 4 e 5 trocas e no ciclo FTP metade dos veículos tiveram 7 trocas;
- Troca 6-5: Os veículos tiveram no mínimo 2 trocas em todos os ciclos, apenas o Carro D, no ciclo FTP efetuou 3 trocas.

Através da análise dos dados, é possível verificar que as quantidades de *upshifts* são equivalentes às quantidades de *downshifts* para cada veículo em cada ciclo, apenas 3 casos tiverem valores diferentes, sendo, Carro A, ciclo FTP com 23 trocas 1-2 comparado com 11 trocas 2-1 e 17 trocas 4-5 comparado com 18 trocas 5-4, e também o Carro D, ciclo FTP, com 23 trocas 1-2 comparado com 22 trocas 2-1.

Apenas o Carro A, no ciclo FTP teve grande diferença no evento 2-1, com 11 trocas, por terem ocorrido desacelerações que abortaram a troca 3-2, fazendo uma troca 3-1 diretamente e será tratado como uma exceção; As outras diferenças encontradas podem ser consideradas aceitáveis, pois têm apenas 1 troca de diferença.

Assim sendo, caso a detecção de determinada falha utilize quantidade de eventos de troca como critério principal, e tendo conhecimento que os outros critérios base estão sendo plenamente satisfeitos, como por exemplo, mínima rotação de motor, mínimo pedal de acelerador, é possível concluir que o procedimento para a validação desta falha em um veículo não precisará ser repetido para todos os outros veículos. Desde que seja considerada a premissa utilizar o pior caso, com menor quantidade de trocas efetuadas.

12.3 TEMPO DECORRIDO NA FAIXA DE ROTAÇÃO

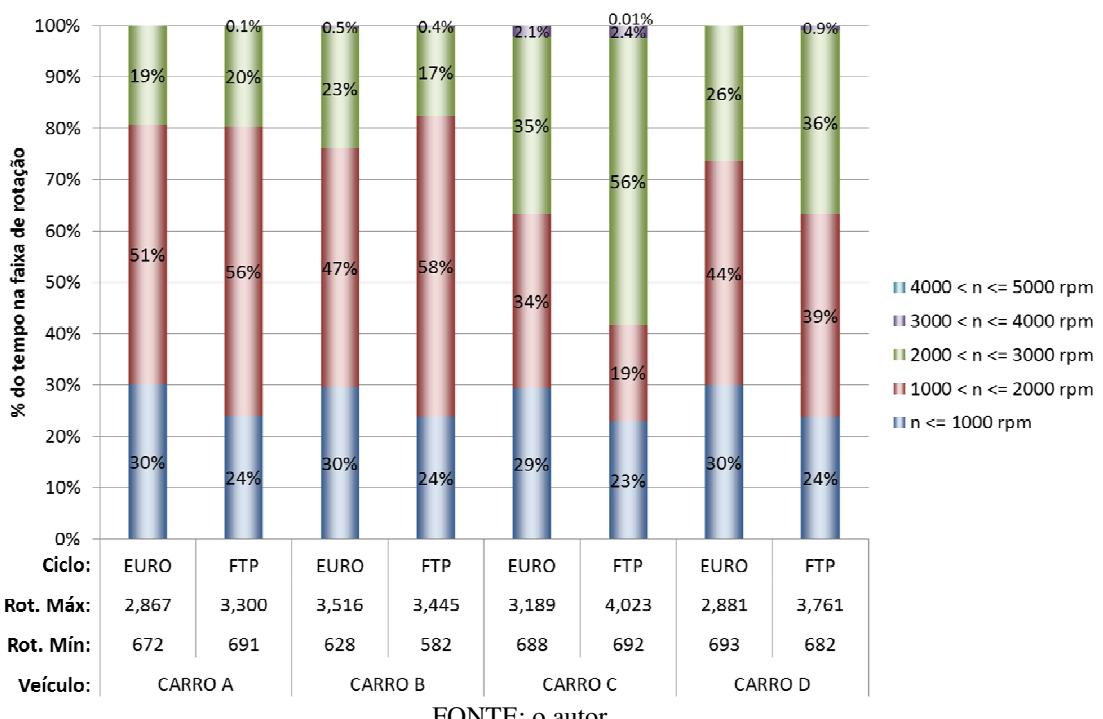
Diversas falhas têm como critério para detecção a rotação do motor em conjunto com diversos outros critérios, que são definidos de acordo com a estratégia do algoritmo de software de cada fabricante.

A figura 20 exibe as faixas de rotações às quais o motor é submetido durante a execução do teste, além de exibir as rotações máximas e mínimas de cada veículo em cada teste.

É possível perceber que entre 23% a 30% do tempo dos testes, os veículos se encontram com rotações menores que 1000 rpm, pois neste caso foram consideradas também as porções em que os veículos têm velocidade igual a 0 km/h. Neste período de tempo os veículos se encontram em marcha lenta.

Por outro lado, entre 70% a 77% do tempo, os veículos são submetidos a rotações maiores que 1000 rpm. Assim podendo ser considerado tempo plausível para que alguma estratégia de detecção de falha tenha oportunidade, caso o pré-requisito seja rotações maiores que 1000 rpm ou até mesmo maiores que 2000 rpm, esta última correspondendo em média a 30% do tempo total do teste.

FIGURA 21 - GRÁFICO DO TEMPO DECORRIDO NA FAIXA DE ROTAÇÃO



12.4 TEMPO DECORRIDO NA FAIXA DE PEDAL DE ACELERADOR

O percentual do pedal do acelerador pode ser traduzido como a intenção do motorista em trocar as marchas, sendo que em modo automático, a única requisição feita pelo motorista é o pressionar do pedal pouco ou muito. Este valor de pedal é determinado por uma curva de pedal diferente em cada veículo. Baseado nisto, considerando a velocidade atual do veículo, é selecionada a melhor marcha a ser engatada na transmissão. Esta função que determina a melhor marcha é chamada de mapa de trocas.

Cada veículo possui sua respectiva curva de pedal de acelerador e seu respectivo mapa de trocas, porém existem muitos diagnósticos que utilizam estratégias de mínimo percentual de pedal para detectar uma falha, assim foi levantado o tempo decorrido nas diversas faixas de pedal.

A figura 21 exibe os valores decorridos em determinadas faixa de pedal, inclusive em situações que os veículos ficaram com velocidade igual a 0 km/h, além de exibir o máximo valor de pedal de acelerador de cada veículo em cada teste.

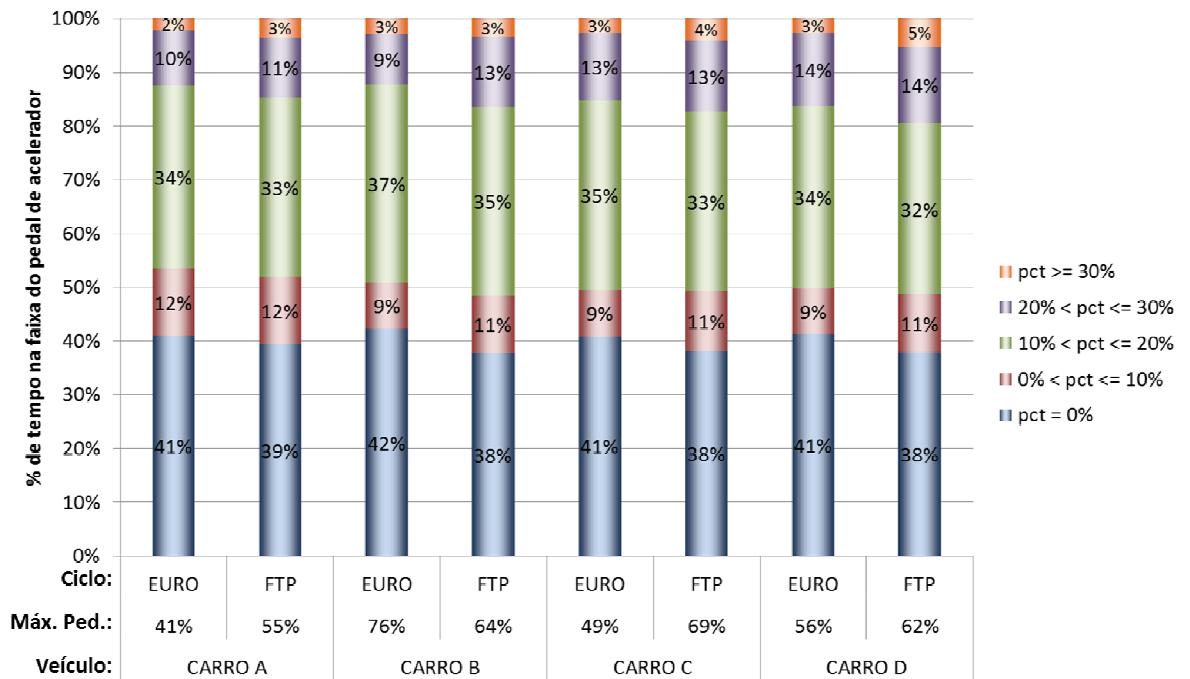
É possível perceber que em média, 40% do tempo dos testes, os veículos ficaram com pedal de acelerador igual a 0%.

Por outro lado, isto não significa que os veículos ficaram os mesmos 40% do tempo com velocidade igual a 0 km/h, pois em muitos momentos em que os veículos passaram por pedal igual 0%, são referentes a desacelerações e utilizações do pedal de freio.

Aproximadamente em 10% do tempo, o pedal do acelerador dos veículos esteve entre valores maiores que 0% e menores ou iguais a 10%, mostrando por sua vez, que em média 50% do tempo do teste, o pedal do acelerador esteve em posições maiores que 10%, chegando algumas vezes ao valor máximo de 76%.

A partir dos resultados, é possível concluir que, caso algum diagnóstico tenha critério de pedal acima de 10% para detectar uma falha, o tempo de oportunidade de detecção será durante metade do tempo de execução do teste.

FIGURA 22 - TEMPO DECORRIDO NA FAIXA DO PEDAL DE ACELERADOR



13 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi o de estudar as diferenças dos requerimentos das principais legislações de *On Board Diagnostics* para padronização de testes de desenvolvimento e validação de transmissão automática de automóveis.

Após análise dos requisitos exigidos pelos órgãos governamentais, foi possível determinar quais normas SAE/ISO são aplicáveis a cada mercado e a composição de um sistema de OBD do veículo, sendo conector, protocolo de comunicação, padrão de dados e serviços de diagnóstico, padrão de DTCs, ferramenta de *scanner* genérica e lâmpada de mau funcionamento. Também foram estudadas as diferenças entre os requerimentos específicos à transmissão automática.

As normas SAE e ISO são equivalentes, porém existem pequenas diferenças específicas em cada país. Portanto pode-se selecionar a norma mais restritiva e aplicá-la a todos os mercados, como por exemplo, a localização do conector em local apropriado e a não utilização de sinais maiores do que 20V. Deste modo, os componentes e sistema de um veículo ficarão equivalentes em todos os países, sendo que as diferenças serão apenas devido à calibração do motor e da transmissão automática, por exemplo, com as diferentes curvas de pedal e mapas de troca, que acarretarão em diferenças durante a validação do veículo no ciclo de emissões.

A hipótese inicial deste trabalho foi a de que era possível correlacionar os testes exigidos nas diversas legislações e verificar se era possível garantir que um veículo validado em um determinado ciclo de condução não necessitasse executar os mesmos testes para outro ciclo.

Todavia, após análise dos dados do estudo de caso, tal hipótese se confirmou parcialmente, pois alguns dados não foram conclusivos na análise, como tempo decorrido em cada marcha, necessitando de análise mais detalhada e criteriosa. Porém, outros dados como quantidade de *upshifts* e *downshifts*, tempo decorrido na faixa de rotação e tempo decorrido na faixa de pedal de acelerador poderão ser utilizados como informações valiosas para não execução de determinados testes de validação, desde que se tenha pleno conhecimento do funcionamento dos algoritmos de detecção de falha de transmissão automática.

Deste modo, mostrou-se a não possibilidade de eliminar completamente os testes de detecção de falha no ciclo de emissões, sendo possível apenas a sua minimização, que poderá trazer grande contribuição para a diminuição do tempo de desenvolvimento e validação de uma transmissão automática. Cabe a cada montadora definir quais testes de validação serão

executados e em qual momento, uma vez que este procedimentos são inerentes ao projeto de cada veículo.

Por fim, os resultados que não foram conclusivos apontam a necessidade de realização de novos estudos objetivando o aprofundamento dos dados coletados para melhor análise e também a inclusão de outras estratégias e critérios utilizados na detecção de falhas, para conhecimento mais detalhado dos seus algoritmos.

14 REFERÊNCIAS

ALDL CABLE. **Low Cost ALDL OBD1 Cables**, 2012. Disponível em: <<http://www.aldlcable.com/>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

CANOBD2. **CanOBD2 Code Reader**, 2012. Disponível em: <<http://www.canobd2.com/>>. Acesso em: 01 jan. 2012.

CARPLUGS. **Obd2 Splitter Cable**, 2012. Disponível em: <http://www.carplugs.com/Product_view_Cables_2.html>. Acesso em: 18 jan. 2012.

CARTYPE. **Volvo upgraded state-of-the-art emissions laboratory**, 2012. Disponível em: <http://www.cartype.com/pages/3783/volvo_upgraded_state-of-the-art_emissions_laboratory>. Acesso em: 16 jan. 2012.

CONAMA. Dispõe sobre os requisitos para adoção de sistemas de diagnose de bordo - OBD nos veículos automotores leves objetivando preservar a funcionalidade dos sistemas de controle de emissão. Resolução n. 354, de 13 de dezembro de 2004. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 239, 14 dez. 2004.

COPAGÁS. **O que é Gás Natural**, 2012. Disponível em: <<http://www.compagas.com.br>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

EUA. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). **On-Board Diagnostics (OBD): Basic Information**, 2011. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaqregs/im/obd/basic.htm>>. Acesso em: 12 out. 2011.

GM POWERTRAIN. **2012 Powertrain Product Portfolio**, 2012. Disponível em: <<http://www.gmpowertrain.com/VehicleEngines/PowertrainProducts.aspx>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

IBAMA. Instrução Normativa n. 126, de 24 de outubro de 2006. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 205, 25 out. 2006.

_____. Instrução Normativa, n. 24, de 28 de agosto de 2009. **Diário Oficial da União**, 31 ago. 2009.

ISO. **ISO 9141 (todas partes): Road Vehicles - Diagnostic Systems**. [S.l.]. 1994a.

_____. **ISO 14230 (todas partes): Road vehicles - Diagnostic systems - Keyword Protocol 2000**. [S.l.]. 1994b.

_____. **ISO 15765 (todas partes): Road vehicles - Diagnostics on Controller Area Network (CAN)**. [S.l.]. 2004.

LIMA, E. A. V. D. **Automação de baixo custo e alto desempenho em sistema de amostragem**. Monografia. Curso de Engenharia Mecatrônica, Instituto Superior de Engenharia, Arquitetura e Design do Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio. Salto. 2009.

LIQUIGÁS. **O que é GLP**, 2012. Disponível em: <<http://www.liquigas.com.br/wps/portal>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

MCCORD, K. **Automotive Diagnostic Systems: Understanding OBD-I & OBD-II.** North Branch: CarTech, 2011.

OFFICE OF ADMINISTRATIVE LAW. This action establishes an enforcement rule to require measurement of the effectiveness of onboard diagnostic (“OBD”) []. Amend section 1968.2, title 13, California Code of Regulations, de 18 de maio de 2010. **California Regulatory Notice Register**, California Register 2010, No. 22-Z, 28 mai. 2010.

OLIVER, J. **Implementing the J1850 Protocol**, 2012. Disponível em: <http://www.intel.com/design/intarch/papers/j1850_wp.htm>. Acesso em: 10 jan. 2012.

OMITEC. **EOBD - A brief history**, 2012. Disponível em: <<http://www.omitec.com/en/support/technology-briefs/brief-history-of-eobd/>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

PARISI, S. **Diagnósticos do sistema de ignição/ignição eletrônica - OBD**, 2011. Disponível em: <<http://arquivo.oficinabrasil.com.br/noticias/?COD=2514>>. Acesso em: 01 set. 2011.

SAE. **J1962 Diagnostic Connector Equivalent to ISO15031-3**. Warrendale. 2002a.

_____. **J1978 OBD II Scan Tool**. Warrendale. 2002b.

_____. **J1979 E/E Diagnostic Test Modes**. Warrendale. 2007a.

_____. **J2012 Diagnostic Trouble Code Definitions**. Warrendale. 2007b.

_____. **J2402 Road Vehicles - Symbols for Controls, Indicators, and Tell-tales**. Warrendale. 2010.

TECH-FAQ. **The Difference between Bit Rate and Baud Rate**, 2012. Disponível em: <<http://www.tech-faq.com/difference-between-bit-rate-and-baud-rate.html>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. On type approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information. Regulation, n. 566/2011, de 08 de junho de 2011. **Official Journal of Europe Union**, L 158/1, 16 jun. 2011.

APÊNDICE A – Tabelas dos dados coletados

Tempo na Marcha (s)	CARRO A		CARRO B		CARRO C		CARRO D	
Marcha	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP
Neutro	254	305	230	291	245	276	257	293
Primeira	146	218	167	216	180	254	174	248
Segunda	110	104	147	189	95	130	87	109
Terceira	101	180	172	298	193	504	197	357
Quarta	179	481	117	496	160	360	159	504
Quinta	232	375	252	202	87	144	90	125
Sexta	165	224	101	195	228	220	225	247
Total	1,187	1,887	1,187	1,885	1,188	1,887	1,188	1,882

Tempo na Marcha %	CARRO A		CARRO B		CARRO C		CARRO D	
Marcha	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP
Primeira	16%	14%	17%	14%	19%	16%	19%	16%
Segunda	12%	7%	15%	12%	10%	8%	9%	7%
Terceira	11%	11%	18%	19%	20%	31%	21%	22%
Quarta	19%	30%	12%	31%	17%	22%	17%	32%
Quinta	25%	24%	26%	13%	9%	9%	10%	8%
Sexta	18%	14%	11%	12%	24%	14%	24%	16%
Total sem Neutro (s)	933	1582	957	1,595	943	1,611	932	1,589

Quantidade de Trocas	CARRO A		CARRO B		CARRO C		CARRO D	
Marcha	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP
<i>Upshift</i>								
1 - 2	13	23	13	23	13	23	13	23
2 - 3	9	23	9	26	9	23	9	23
3 - 4	8	29	5	22	5	22	5	23
4 - 5	5	17	4	10	1	7	1	7
5 - 6	2	2	2	2	2	2	2	3
Total	37	94	33	83	30	77	30	79
<i>Downshift</i>								
2 - 1	13	11	13	23	13	23	13	22
3 - 2	9	23	9	26	9	23	9	23
4 - 3	8	29	5	22	5	22	5	23
5 - 4	5	18	4	10	1	7	1	7
6 - 5	2	2	2	2	2	2	2	3
Total	37	83	33	83	30	77	30	78

Tempo nas Faixas de Rot. (s)	CARRO A		CARRO B		CARRO C		CARRO D	
Rotação do Motor	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP
n <= 1000 rpm	358	453	351	450	349	435	355	448
1000 < n <= 2000 rpm	600	1,063	552	1,102	403	352	520	743
2000 < n <= 3000 rpm	229	370	278	326	410	1,054	312	674
3000 < n <= 4000 rpm	0	1	6	7	25	45	0	16
4000 < n <= 5000 rpm	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (s)	1,187	1,887	1,187	1,885	1,188	1,887	1,188	1,882
Valor Mínimo (rpm)	672	691	628	582	688	692	693	682
Valor Máximo (rpm)	2,867	3,300	3,516	3,445	3,189	4,023	2,881	3,761

Tempo nas Faixas de Rot. (%)	CARRO A		CARRO B		CARRO C		CARRO D	
Rotação do Motor	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP
n <= 1000 rpm	30%	24%	30%	24%	29%	23%	30%	24%
1000 < n <= 2000 rpm	51%	56%	47%	58%	34%	19%	44%	39%
2000 < n <= 3000 rpm	19%	20%	23%	17%	35%	56%	26%	36%
3000 < n <= 4000 rpm	0%	0.1%	0.5%	0.4%	2.1%	2.4%	0%	0.87%
4000 < n <= 5000 rpm	0%	0%	0%	0%	0%	0.01%	0%	0%

Tempo nas Faixas de Ac. (s)	CARRO A		CARRO B		CARRO C		CARRO D	
Pedal de Acelerador	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP
pct = 0%	487	744	501	712	486	719	490	714
0% < pct <= 10%	147	235	103	202	102	212	102	201
10% < pct <= 20%	405	629	436	664	419	628	402	600
20% < pct <= 30%	122	213	113	243	150	251	162	270
pct >= 30%	26	66	34	65	31	77	32	97
Total (s)	1,187	1,887	1,187	1,885	1,188	1,887	1,188	1,882
Valor Máximo %	41	55	76	64	49	69	56	62

Tempo nas Faixas de Ac. (%)	CARRO A		CARRO B		CARRO C		CARRO D	
Pedal de Acelerador	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP	EURO	FTP
pct = 0%	41%	39%	42%	38%	41%	38%	41%	38%
0% < pct <= 10%	12%	12%	9%	11%	9%	11%	9%	11%
10% < pct <= 20%	34%	33%	37%	35%	35%	33%	34%	32%
20% < pct <= 30%	10%	11%	9%	13%	13%	13%	14%	14%
pct >= 30%	2%	3%	3%	3%	3%	4%	3%	5%