

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Paulo Eugênio Soares Júnior

INSPEÇÃO VEICULAR:
estudo do processo brasileiro

Belo Horizonte
2012

Paulo Eugênio Soares Júnior

**INSPEÇÃO VEICULAR:
estudo do processo brasileiro**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Américo Almeida Magalhães Júnior

Belo Horizonte

2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

S676i Soares Júnior, Paulo Eugênio
 Inspeção veicular: estudo do processo brasileiro / Paulo Eugênio Soares
 Júnior. Belo Horizonte, 2012.
 159f.: il.

 Orientador: Pedro Américo Almeida Magalhães Júnior
 Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

 1. Automóveis – Inspeção. 2. Automóveis – Medidas de segurança. I.
 Magalhães Júnior, Pedro Américo Almeida. II. Pontifícia Universidade Católica
 de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. III.
 Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 629.113

Paulo Eugênio Soares Júnior

**INSPEÇÃO VEICULAR:
estudo do processo brasileiro**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Prof. Dr. Pedro Américo Almeida Magalhães Júnior (Orientador) - PUC Minas

Prof. Dr. José Ricardo Sodré - PUC Minas

Prof. Dr. Perrin Smith Neto - PUC Minas

Prof. Dr. Paulo Roberto de Carvalho Coelho Filho - FIAT

Belo Horizonte, 29 de fevereiro de 2012.

*A todos aqueles que vêm longe adiante e, apesar da distância,
seguem decididos naquela direção.*

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Tina pelo apoio incondicional em todas as escolhas certas e amparo nas erradas.

Ao meu orientador, Professor Dr. Pedro Américo Almeida Magalhães Júnior, que acreditou, foi compreensivo, tolerante e contribuiu sobremaneira com a realização deste trabalho.

A todos os professores e colegas que direta ou indiretamente contribuíram com a minha formação técnica e, principalmente, humana.

Ao meu amigo, irmão e sócio Rodrigo, pela compreensão nas faltas pessoais e desconcentração com os negócios.

Aos meus amigos, irmãos e sócios Bassoli, Fernando e Leslie, pela ausência durante o período crítico.

Aos companheiros de viagem durante a visita técnica aos organismos de Inspeção Técnica Periódica (ITP) em Portugal.

Lembrar que estarei morto em breve é a ferramenta mais importante que encontrei para me ajudar a fazer grandes escolhas na vida. Por que quase tudo – expectativas externas, orgulho, medo de se envergonhar ou errar – cai diante da face da morte, restando apenas o que realmente é importante. Lembrar da morte é a melhor maneira para evitar a armadilha de pensar que se tem algo a perder. Você já está nu. Não há razão para não seguir seu coração.

(JOBS, Steve, 2005).

RESUMO

A inspeção veicular é ferramenta consolidada de controle de manutenção e emissões da frota em diversos países. Esta dissertação apresenta um estudo sobre o processo brasileiro de inspeção veicular, atualmente compulsório apenas para os veículos modificados, recuperados de sinistro e de fabricação artesanal, mas previsto no artigo 104 do código de trânsito, ainda pendente de regulamentação específica, para toda a frota. Como objetivos específicos do trabalho estão a comparação do processo brasileiro de inspeção veicular com aqueles operados em países de vanguarda, situando o Brasil no contexto internacional, e o desenvolvimento de conceito e ferramenta estatística de intercomparação, mapeamento e controle que permitam a identificação de padrões e desvios entre os resultados de diferentes operadores desta atividade. O método adotado foi o da observação (*in loco*), catalogação e comparação dos processos de inspeção veicular nacionais, tomando como referência organismos em atividade regular no Brasil, e internacionais, de Portugal, como amostra representativa da atual regulamentação da União Europeia (EU). Os resultados obtidos permitem concluir que o Brasil opera um processo de inspeção distante do estado da arte, mas preparado para as necessárias inovações que um país com uma das maiores frotas do mundo e graves problemas de segurança e emissão de poluentes veiculares requer. São também apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

Palavras-chave: Inspeção veicular. Segurança veicular. Automóveis.

ABSTRACT

The vehicle inspection is a consolidated control tool for maintenance and fleet emissions in several countries. This dissertation presents a study on the Brazilian process of vehicle inspection, currently compulsory only for modified vehicles, recovered from the accident and homemade, but under the article 104 of the Traffic Code, pending specific regulation for the entire fleet. Specific objectives of the work is to compare the Brazilian process of vehicle inspection with those operated in leading countries, placing Brazil in the international context, and development of concept and statistical tool for intercomparison, mapping and control that enable the identification of patterns and differences between the results of different operators of this activity. The method adopted is that of observation (on site), cataloging and comparison of national vehicle inspection processes, taking as reference organisms in regular activity in Brazil and abroad, in Portugal, as a representative sample of the current regulations of the European Union (EU). The results indicate that Brazil operates an inspection process away from the state of the art, but prepared for the necessary innovations that a country with one of the largest fleets in the world and serious safety and emissions vehicle requires. There are also suggestions for future work.

Key-words: Vehicle inspection. Vehicle safety. Cars.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Veículo modificado.....	34
Figura 2 - Veículo sinistrado.....	34
Figura 3 - Defeito detectado durante a inspeção.....	36
Figura 4 - Inspetor utilizando o detector de folgas.....	36
Figura 5 - Inspetor conduzindo veículo no frenômetro	37
Figura 6 - Típica estação de inspeção veicular brasileira.....	37
Figura 7 - Linha de inspeção	38
Figura 8 - Esquema de uma UGC	39
Figura 9 - Idade média da frota brasileira e outros países	45
Figura 10 - Acidentes de trânsito matam mais do que as guerras	52
Figura 11 - Ilustração do procedimento de inspeção antes de partir no Canadá	59
Figura 12 - Organismo de inspeção em Washington, 1939	60
Figura 13 - Estação de Inspeção Técnica Periódica (ITP) na Espanha	62
Figura 14 - Estação de Inspeção Técnica Periódica (ITP) em Portugal	67
Figura 15 - Estação de inspeção portuguesa com linhas paralelas	67
Figura 16 - Visão geral de um ensaio não destrutivo (norma ASTM E 1316)	72
Figura 17 - Curva de defeito para limite de inspeção a^* e período de tempo t^*	73
Figura 18 - Inspeções e manutenções prolongando a vida de um componente	74
Figura 19 - Prazo entre período de inspeção e o tamanho inicial do defeito.....	74
Figura 20 - Eixo de forças e momentos da SAE.....	76
Figura 21 - Propriedades da força de curva	77
Figura 22 - Sistema massa, mola e amortecedor em vibração livre.....	79
Figura 23 - Sistema massa, mola e amortecedor em vibração forçada	83
Figura 24 - Colapso da ponte de Tacoma pela ressonância com o vento.....	84
Figura 25 - Gráfico do fator de amplificação M e a razão de frequências ω/ω_n	85
Figura 26 - Torque resultante do desequilíbrio de freio entre as rodas	93
Figura 27 - A ação do freio de estacionamento.....	94
Figura 28 - Oito diretrizes para a avaliação de um estudo estatístico	97
Figura 29 - Regra empírica 68 / 95 / 99,7 para distribuição em forma de sino	103
Figura 30 - Histograma.....	105
Figura 31 - Polígono de frequência	106
Figura 32 - Gráfico de Pareto.....	106

Figura 33 - Diagrama de caixa	107
Figura 34 - Veículo equipado com sistema de Gás Natural Veicular (GNV)	110
Figura 35 - Observação, catalogação e comparação dos processos da amostra...	115
Figura 36 - Entrada, processamento e saída do <i>software</i>	120
Figura 37 - Amostra de operadoras de inspeção veicular (simulação).....	121
Figura 38 - Amostra de defeitos padronizados (simulação)	122
Figura 39 - Amostra de veículos padronizados (simulação).....	123
Figura 40 - Amostra de inspeções (simulação)	125
Figura 41 - Processo de inspeção veicular agrupado	130
Figura 42 - Distribuição do tempo no processo de inspeção brasileiro	134
Figura 43 - Tempo produtivo e improdutivo no processo de inspeção	134
Figura 44 - <i>Outliers</i> , tabelas e gráficos do <i>software</i>	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Processo de inspeção veicular subdividido em atividades	127
Quadro 2 - Comparação entre os processos brasileiros e portugueses – Formatos	136
Quadro 3 - Processos	137
Quadro 4 - Resultados.....	139
Quadro 5 - Tecnologias	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Acidentes de trânsito por fatores contribuintes	41
Tabela 2 - Mortalidade por acidentes de trânsito (AT) no Brasil, EUA e EU	42
Tabela 3 - Ranking de países por venda de veículos.....	43
Tabela 4 - Ranking de países por tamanho de frota de automóveis	43
Tabela 5 - Ranking de países por habitantes/automóvel	44
Tabela 6 - Redução de acidentes de trânsito atribuída a inspeção veicular	53
Tabela 7 - Registro de mortes no trânsito no Brasil	55
Tabela 8 - Distribuição por tipo de inspeção e periodicidade nos EUA	61
Tabela 9 - Índices EUSAMA para avaliação do comportamento da suspensão	87
Tabela 10 - Aumento do peso x eficiência de frenagem	91
Tabela 11 - Distâncias (m) de parada para diferentes eficiências de frenagens.....	92
Tabela 12 - Exemplo de distribuição de frequência em uma estatística qualquer.....	98
Tabela 13 - Inspeções por tipo	111
Tabela 14 - Média de tempo das inspeções realizadas	111
Tabela 15 - Tipos de veículos no total de inspeções realizadas	112
Tabela 16 - Tempo do processo de inspeção do organismo de inspeção A	132
Tabela 17 - Tempo do processo de inspeção do organismo de inspeção B	132
Tabela 18 - Tempo do processo de inspeção do organismo de inspeção C	133
Tabela 19 - Média de tempo das amostras para os grupos selecionados	133
Tabela 20 - Índice de reprovação por tipos de inspeção	135
Tabela 21 - Índice de reprovação por tipos de defeito	135

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AED - Análise Exploratória de Dados
ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
CESVI - Centro de Estudos Automotivos
CITA - Comitê Internacional de Inspeção Veicular
CNM - Confederação Nacional de Municípios
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONFEA - Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura
CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito
CREA - Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura
CSV - Certificado de Segurança Veicular
CT - Centro de Tecnologia
CTB - Código de Trânsito Brasileiro
DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito
DETRAN/RJ - Departamento de Trânsito do Estado do Rio de Janeiro
DF - Distrito Federal
DNI - Departamento de Normalização e Inspeção
ENAC - Entidade Nacional de Acreditação
END - Ensaios Não Destrutivos
EU - União Européia
EUSAMA - European Shock Absorbers Manufacturers Association
FCS - Fatores Críticos de Sucesso
FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente
FENABRAVE - Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores
GNV - Gás Natural Veicular
IMTT - Instituto de Mobilidade e Transportes Terrestres
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial
IPAC - Instituto Português de Acreditação
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade
ISV - Inspeção de Segurança Veicular
ITL - Instituição Técnica Licenciada

ITP - Inspeção Técnica Periódica

ITV - Inspeção Técnica Veicular

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia

MOT - Teste do Ministério do Transporte

NBR - Norma Brasileira

OIA - Organismo de Inspeção Acreditado

OMS - Organização Mundial da Saúde

PIB - Produto Interno Bruto

PRF - Polícia Rodoviária Federal

PTI - Periodic Technical Inspection

SAE - Sociedade de Engenharia Automotiva

SINDIPEÇAS - Sindicato da Indústria de Componentes para Veículos Automotores

SNT - Sistema Nacional de Trânsito

TRAFI - Agência de Transporte da Finlândia

UGC - Unidade de Gestão e Controle de Certificado de Segurança Veicular

UNICAMP - Universidade de Campinas

VOSA - Agência de Operação de Serviços Automotivos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	31
1.1 Objetivos	32
1.2 Contextualização	32
1.2.1 Problemas	38
1.2.2 Justificativas.....	41
1.3 Escopo da dissertação	45
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	47
2.1 Prólogo.....	47
2.2 A inspeção veicular.....	47
2.3 A inspeção veicular em diversos países.....	56
2.3.1 Alemanha	56
2.3.2 Bélgica.....	57
2.3.3 Brasil	57
2.3.4 Canadá	58
2.3.5 Chile.....	59
2.3.6 Estados Unidos	60
2.3.7 Espanha	61
2.3.8 Finlândia.....	62
2.3.9 França.....	63
2.3.10 Irlanda.....	64
2.3.11 Japão.....	64
2.3.12 Portugal.....	65
2.3.13 Reino Unido	69
2.3.14 Singapura.....	70
2.3.15 Turquia	70
3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	71
3.1 Prólogo.....	71
3.2 Inspeção.....	71
3.2.1 Inspeção visual.....	75
3.2.2 Inspeção mecanizada.....	75
3.3 Estatística	96
3.3.1 Características importantes dos dados	97
3.3.2 Distribuição de frequência	98
3.3.3 Medidas de centro	99
3.3.4 Medidas de variação (ou dispersão).....	101
3.3.5 Medidas de posição relativa.....	103
3.3.6 Gráficos.....	104
3.3.7 Análise exploratória dos dados (AED)	107
4 METODOLOGIA	108
4.1 Metodologia de comparação de amostras de processos de inspeção veicular usualmente operados no Brasil e Portugal	108
4.1.1 Observação.....	109
4.1.2 Catalogação.....	114
4.1.3 Comparação.....	115

4.2 Metodologia para desenvolvimento de conceito e ferramenta estatísticas para identificação de padrões e desvios entre diferentes operadores de atividade de inspeção veicular.....	116
4.2.1 Objeto do estudo e população considerada	116
4.2.2 Fonte.....	116
4.2.3 Método de amostragem	116
4.2.4 Definição e mensuração das variáveis de interesse.....	117
4.2.5 Efeitos de diferentes fatores	118
4.2.6 Colocação e fraseado de sondagens	119
4.2.7 Gráficos.....	119
4.2.8 Conclusões e sentido prático	119
4.2.9 Ferramenta estatística para identificação de padrões e desvios entre operadores de inspeção veicular.....	120
5 RESULTADOS.....	127
5.1 Catalogação do processo de inspeção veicular brasileiro.....	127
5.1.1 Subdivisão do processo brasileiro em atividades detalhadas.....	127
5.1.2 Agrupamento de atividades	130
5.1.3 Análise do processo	130
5.1.3.2 Tempo de inspeção.....	132
5.2 Catalogação do processo de inspeção veicular português	135
5.3 Comparação de amostras de processos de inspeção veicular usualmente operados no Brasil e Portugal	136
5.4 A ferramenta estatística para a identificação de padrões e desvios entre diferentes operadores de atividade de inspeção veicular.....	141
6 CONCLUSÕES	143
6.1 Sobre o processo de inspeção veicular brasileiro	143
6.1.1 Tempo.....	143
6.1.2 Tecnologia	144
6.1.3 Controle.....	144
6.2 Sobre a ferramenta estatística para identificação de padrões e desvios entre diferentes operadores de inspeção veicular.....	145
6.2.1 Especificações	145
6.2.2 Limitações.....	145
7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	146
REFERÊNCIAS.....	147
ANEXO A - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA INSPEÇÃO VEICULAR	156
ANEXO B - FOTOS DE DEFEITOS DETECTADOS NA INSPEÇÃO VEICULAR	158

1 INTRODUÇÃO

A segurança veicular é consequência da civilização moderna. Este problema existe desde a introdução dos veículos motorizados na sociedade. O aumento do número de veículos resulta na elevação do índice de feridos e mortos no trânsito. (COMITÉ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR, 2007a, p. 2).

A inspeção veicular é o processo de avaliação do veículo quanto à manutenção das especificações do fabricante ou, de outra maneira, ao cumprimento de legislações pertinentes para a circulação em via pública, mantendo a frota em conformidade com normas específicas. Em geral abrange tanto o aspecto da segurança quanto de emissões (gases e pressão sonora) e tem sido objeto de compulsoriedade em diversos países como ferramenta para a redução do número de acidentes e poluição do ambiente. A inspeção veicular é responsável pela identificação e, indiretamente, a retirada de circulação de veículos potencialmente perigosos ou poluidores, prestando um importante papel à sociedade e ao bem comum.

No Brasil, a inspeção veicular, obrigatória apenas para uma parte específica da frota, é gerida pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) e Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), sendo sua execução competência legal da engenharia mecânica, nos preceitos da Resolução 458/2001 do Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura (CONFEA). Há centenas de estações de inspeção veicular atualmente em operação no Brasil e estima-se que ao longo de 14 anos quase 10 milhões de inspeções tenham sido realizadas. 250 milhões é o número de inspeções veiculares anuais realizadas em todo o mundo pelos membros do Comitê Internacional de Inspeção Veicular (CITA), principal entidade do setor.

Ao longo do tempo o custo de manutenção para a garantia da aprovação na inspeção veicular determina o fim da vida útil do veículo, estimulando, pois, a renovação da frota e, por consequência, o trânsito, o meio ambiente e a economia.

1.1 Objetivos

O objetivo geral do trabalho é o estudo do processo de inspeção veicular usualmente operado no Brasil, atualmente compulsório apenas para os veículos modificados, recuperados de sinistro e de fabricação artesanal, nos preceitos do artigo 106 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), colaborando, em nível acadêmico, com matéria ainda pouco estudada, porém de grande relevância para o país que atualmente possui uma das maiores frotas de veículos do mundo e grandes desafios para a redução do número de mortos e feridos no trânsito, poluição ambiental e melhoria geral da mobilidade urbana.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) A comparação de amostra do processo de inspeção veicular usualmente operado no Brasil com o de países de vanguarda, situando o Brasil no contexto internacional;
- b) O desenvolvimento de conceito e ferramenta estatística de intercomparação, mapeamento e controle que permitam a identificação de padrões e desvios entre diferentes operadores de atividade de inspeção veicular.

1.2 Contextualização

Os veículos terrestres detêm papel significativo na matriz mundial e são responsáveis pelo transporte de milhões de pessoas diariamente. Como qualquer máquina, pretende-se que um veículo seja utilizado ao longo de toda a sua vida útil, cumprindo com as funções para as quais foi especificado. Neste ínterim é necessária a manutenção preventiva ou corretiva, de acordo com critérios e prazos estabelecidos pelo fabricante. Em se tratando de propriedade privada é possível concluir que tal rigor será sensivelmente afetado por condições culturais, financeiras, temporais, dentre outras particulares de cada indivíduo. Neste contexto, a intervenção do poder público faz-se necessária arbitrando critérios e prazos consonantes com os interesses coletivos da sociedade, sejam eles de segurança, ambientais ou econômicos. Segundo o Comitê Internacional de Inspeção Veicular (2007a), programas compulsórios de inspeção de segurança veicular públicos ou privados sob gestão do governo foram implantados em diversos países do mundo

com primeiros registre os dados a partir de 1900 na Finlândia.

À exceção do estado do Rio de Janeiro e do município de São Paulo, o Brasil não opera nenhum programa governamental em larga escala para controle de manutenção ou emissões da frota, apesar da compulsoriedade estabelecida no CTB desde 1998.

Os veículos em circulação terão suas condições de segurança, de controle de emissão de gases poluentes e de ruído avaliadas mediante inspeção, que será obrigatória, na forma e periodicidade estabelecidas pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) para os itens de segurança e pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) para emissão de gases poluentes e ruído. (BRASIL, 1997).

A forma e periodicidade da inspeção prevista no artigo 104 é objeto de grande discussão que se arrasta desde 1998, quando da entrada em vigor da Lei Federal 9503 de 23 de setembro de 1997 que, por sua vez, estabelece o Código de Trânsito Brasileiro. Vale ressaltar que o CTB subdivide a inspeção da frota em duas vertentes, a de segurança e a de emissões, respectivamente sob responsabilidade do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) e Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Neste ínterim o CONAMA está bastante adiantado em relação ao CONTRAN, cujo primeiro programa em larga escala de inspeção de emissões veiculares encontra-se desde 2008 em plena operação na cidade de São Paulo. É consolidado por sua vez, o programa de inspeção de segurança veicular para os veículos modificados, recuperados de sinistro e de fabricação artesanal, cuja compulsoriedade também é estabelecida no CTB.

No caso de fabricação artesanal ou de modificação de veículo ou, ainda, quando ocorrer substituição de equipamento de segurança especificado pelo fabricante, será exigido, para licenciamento e registro, certificado de segurança expedido por instituição técnica credenciada por órgão ou entidade de metrologia legal, conforme norma elaborada pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). (BRASIL, 1997).

A norma elaborada pelo CONTRAN com os requisitos para a inspeção veicular brasileira nos casos previstos no artigo 106 do CTB é a Resolução 232 de 30 de março de 2007.

A modificação de veículos é caracterizada por alguma interferência no projeto original do fabricante (Figura 1). No Brasil a regularização de veículo modificado junto ao Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN) depende da aprovação em

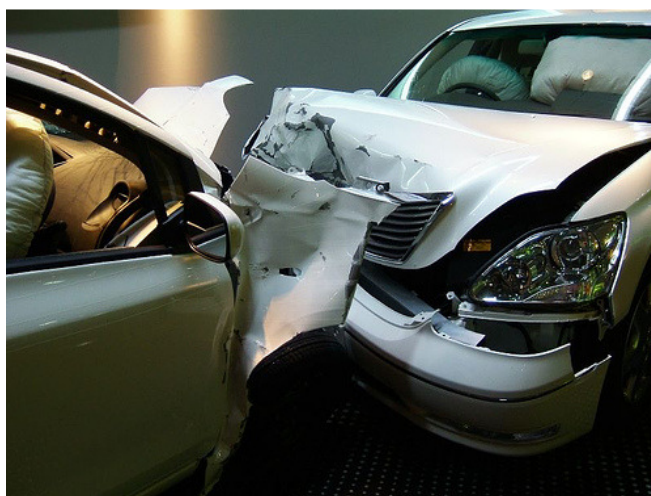
inspeção veicular, realizada por organismo licenciado pelo DENATRAN e acreditado pelo INMETRO nos termos da Resolução 232 do CONTRAN (BRASIL, 2007b). A substituição de equipamento obrigatório de segurança ocorre, em geral, por ocasião da recuperação (conserto) de um veículo acidentado (Figura 2) ou sinistrado. No Brasil, em caso de danos de média monta, de acordo com classificação dada por regulamentação específica, o veículo é bloqueado, através de restrição administrativa no DETRAN. Para que volte a circular em vias públicas, é necessária aprovação em inspeção veicular.

Figura 1 - Veículo modificado



Fonte: MEIRELLES, 2006

Figura 2 - Veículo sinistrado



Fonte: WABU, 2005

Neste particular o país possui experiência de mais de uma década e conta com uma rede de aproximadamente 300 entidades (públicas ou privadas), 1200 engenheiros e técnicos especialistas, responsáveis pela inspeção de centenas de milhares de veículos anualmente.

Os processos para os dois casos previstos nos artigos 104 e 106 do CTB, ou seja, respectivamente a inspeção periódica para toda a frota e a de veículos modificados ou que tenham sido substituídos equipamentos obrigatórios de segurança, são semelhantes, porém não idênticas entre si e em relação aos adotados em outros países, já que, segundo Ministério da Ciência e Tecnologia/Centro de Tecnologia/Departamento de Normalização e Inspeção citado por Novaes (2006) a inspeção veicular adotou uma forma relativamente padronizada a partir do momento que foram desenvolvidos equipamentos adequados para a verificação de itens específicos surgindo, assim, o conceito de Inspeção Técnica Veicular (ITV). Na Europa, o termo atualmente utilizado é *Periodical Technical Inspection* (PTI) ou Inspeção Técnica Periódica (ITP).

A diferença basicamente está no fato de que a inspeção de veículos modificados ou que tenham sido substituídos equipamentos obrigatórios de segurança tem maior abrangência em função das especificidades de cada caso que, por vezes, requer análise crítica e julgamento profissional do engenheiro mecânico responsável técnico para o veredito de aprovação ou reprovação do veículo. Já a ITP procura avaliar a condição de segurança e emissões em termos de manutenção do projeto original do veículo, embasada nos resultados dos equipamentos e vistoria básica, haja vista a variável do tempo, fator crítico para a operação do processo em grande escala.

No Brasil a inspeção veicular em cumprimento ao artigo 106 do CTB é operada por entidades devidamente autorizadas pelo governo mediante o cumprimento de leis, resoluções, portarias e regulamentos técnicos específicos. Intituladas Instituições Técnicas Licenciadas (ITL) pelo DENATRAN e Organismos de Inspeção Acreditados (OIA) pelo INMETRO, suas instalações, também chamadas estações de inspeção técnica veicular (NOVAES, 2006), possuem todos os recursos e equipamentos regulamentares adequados à atividade.

A inspeção veicular, em geral, abrange mais de 100 itens. Conformidades e não conformidades (defeitos) são registradas para o veredicto final de aprovação ou reprovação do veículo. Quando reprovado (Figura 3), o proprietário deve reparar os

defeitos e retornar ao organismo para a conferência final. Quando aprovado é gerado o Certificado de Segurança Veicular (CSV), que será encaminhado ao DETRAN para regularização do veículo.

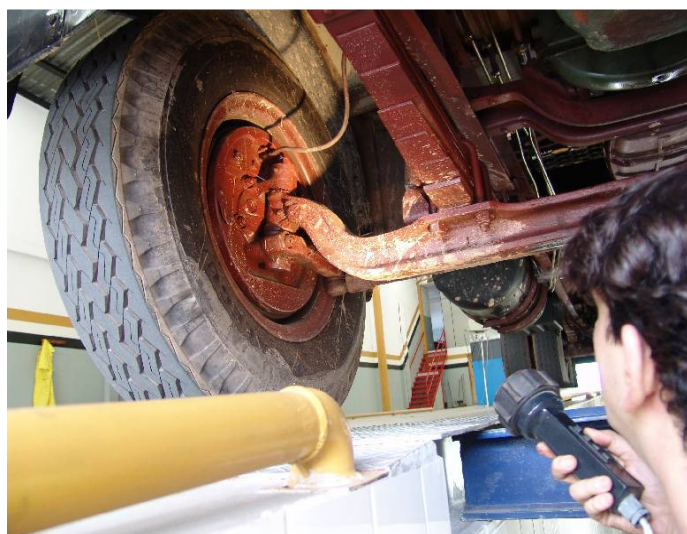
Figura 3 - Defeito detectado durante a inspeção



Fonte: Fotos do autor

No Brasil todo o processo de inspeção veicular é conduzido por profissionais qualificados e autorizados, dentre engenheiros mecânicos e técnicos em mecânica ou automobilística, registrados no DENATRAN, INMETRO e Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA), através de vistoria e testes em equipamentos específicos abordando sistemas, peças e componentes do veículo (Figuras 4 e 5).

Figura 4 - Inspetor utilizando o detector de folgas



Fonte: Fotos do autor

Figura 5 - Inspetor conduzindo veículo no frenômetro



Fonte: Fotos do autor

Os diversos equipamentos que compõem a estação de inspeção técnica veicular, em geral, são dispostos em série (Figura 6), daí o termo comumente empregado *Linha de Inspeção*, por onde o veículo é conduzido e submetido aos testes necessários. A relação e especificação dos equipamentos obrigatórios podem variar em função do tipo de inspeção pretendida, de modificação, recuperado de sinistro ou fabricação artesanal, e porte do veículo, leve ou pesado.

Figura 6 - Típica estação de inspeção veicular brasileira



Fonte: Fotos do autor

Tais equipamentos, empregados de forma semelhante em sistemas de inspeção veicular no mundo inteiro, têm a função de medir grandezas consideradas importantes para a segurança, relativas a faróis, direção, suspensão, freios, pesos e

dimensões, e emissões, no que tange a gases, fumaça e ruídos, e seus resultados utilizados na determinação da aprovação ou reprovação do veículo contra os regulamentos oficiais aplicáveis. Diversos outros instrumentos menores de medição como paquímetros, cronômetros e goniômetros são utilizados para auxiliar a vistoria do inspetor.

Dentre os equipamentos há que se destacar o regloscópio de faróis, a placa de desvio de direção, o banco de testes de suspensão, o frenômetro (Figura 7), o detector hidráulico de folgas, o medidor de pressão sonora, além do analisador de gases e opacímetro, respectivamente para análise de emissões de motores dos ciclos Otto e Diesel, todos cujas medições são bastante importantes para a confiabilidade de resultados da inspeção veicular. São equipamentos iguais ou semelhantes aos empregados na operação de consolidados programas de inspeção veicular em países como Portugal, Alemanha e Bélgica.

Figura 7 - Linha de inspeção



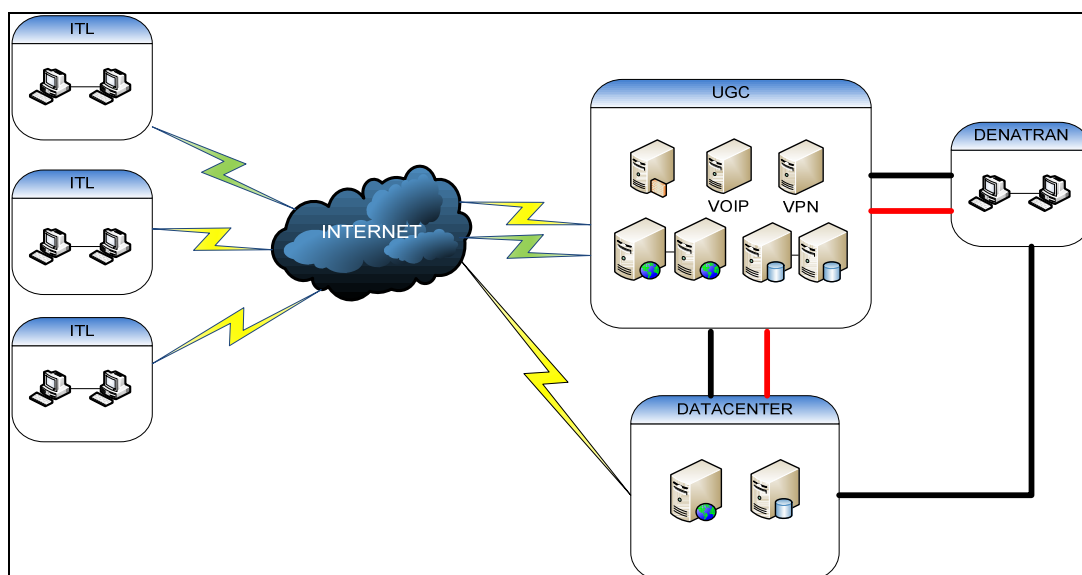
Fonte: Fotos do autor

1.2.1 Problemas

A partir da publicação da Resolução 232 do CONTRAN (BRASIL, 2007b), o DENATRAN assumiu a gestão do programa de inspeção veicular no país, antes sob controle exclusivo do INMETRO, a quem se deve o atual formato do sistema, tendo ainda permanecido como avaliador (acreditador) da qualidade dos organismos de inspeção, o cerne da operação.

O DENATRAN implantou uma série de medidas de fiscalização e controle da estrutura de organismos existentes. Talvez a mais importante, regulamentada pela Portaria 29 de 30 de maio de 2007 do DENATRAN (BRASIL, 2007c), tenha sido a criação das Unidades de Gestão e Controle do Certificado de Segurança Veicular (UGCs), empresas credenciadas responsáveis por coibir de forma ostensiva a realização de inspeções sem critério fora da base licenciada, um problema comum até então. O processo de inspeção passou a ser totalmente monitorado (filmado e fotografado) em tempo real e ininterrupto, durante 24 horas por dia, 7 dias por semana e 365 dias por ano, placas decodificadas automaticamente através de tecnologia de reconhecimento ótico de caracteres (OCR) e o engenheiro responsável técnico pelo processo obrigado a realizar a autenticação biométrica da impressão digital a cada aprovação ou reprovação. Todas as informações passaram a ser processadas via internet, tratadas e armazenadas, respectivamente, por sistemas e bancos de dados específicos em robustos centros de informática das Unidades de Gestão e Controle do Certificado de Segurança Veicular (UGCs), sob rigoroso critério de segurança (Figura 8). O DENATRAN, desta maneira, regularizou o controle de emissão do Certificado de Segurança Veicular (CSV).

Figura 8 - Esquema de uma UGC



Fonte: OTIMIZA, 2008

Não há dúvidas, como exemplificado, de que o INMETRO e o DENATRAN trabalham intensamente para o fortalecimento e consolidação do programa, detendo o mérito compartilhado do estágio alcançado pelo sistema de inspeção veicular no Brasil, adotando medidas pioneiras como a implantação da UGC. Porém, como não poderia ser diferente em se tratando de projeto de tamanha dimensão, há alguns problemas fundamentais, dentre os quais:

- a) Apesar da experiência de operação da inspeção de veículos modificados, recuperados de sinistro e de fabricação artesanal, o Brasil se mantém isolado do mundo, munido de pouca ou nenhuma informação, em âmbito governamental ou acadêmico, sobre o histórico de experiências e as tendências internacionais relacionadas à matéria. Do CITA, entidade com reconhecimento oficial da União Européia (UE) como autoridade de excelência no segmento, congregando atualmente 120 membros de todo o mundo representando 50 países, fazem parte apenas duas empresas brasileiras, dentre as quais a concessionária da inspeção compulsória de emissões veiculares do município de São Paulo. Oficialmente, o último estudo internacional, que visava tão somente a implantação da ITP no Brasil, realizado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e a Universidade de Campinas (UNICAMP), data de 2000 (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA/CENTRO DE TECNOLOGIA/DEPARTAMENTO DE NORMALIZAÇÃO E INSPEÇÃO apud NOVAES, 2006). Portanto, deste modo, o Brasil está atrasado em relação aos avanços da tecnologia automotiva e, por consequência, da inspeção veicular. Ou seja, as experiências nacionais relativas à inspeção veicular carecem de análise comparativa para levantamento de pontos positivos e negativos com as internacionais;
- b) Com o advento das UGCs muitos dados se produziram, porém pouca informação útil, além de registros para fiscalizações, geralmente originadas de denúncias pontuais, e vinculação de responsabilidades técnica, pois o governo não dispõe de conceitos e ferramentas estatísticas de mapeamento e controle que permitam a identificação de padrões e desvios das atividades de inspeção veicular no Brasil.

1.2.2 Justificativas

O trânsito, em condições seguras, é um direito de todos e dever dos órgãos e entidades competentes do Sistema Nacional de Trânsito (SNT), a estes cabendo, no âmbito de suas competências, adotarem as medidas destinadas a assegurar estes direitos. (BRASIL, 1997).

Quanto vale a segurança?

Estudos demonstram que entre 3% e 19% dos acidentes são direta ou indiretamente causados por problemas com a manutenção do veículo. (COMITÊ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR, 2007g). No Brasil, de acordo com a Polícia Rodoviária Federal (2004) 3,3% ou 3.756 acidentes ocorridos nas rodovias federais foram atribuídos a defeitos mecânicos (Tabela 1).

Tabela 1 - Acidentes de trânsito por fatores contribuintes

Fatores contribuintes	Nº. de acidentes	%
Componentes humanos/comportamentais	65.608	58,3
Falta de atenção	31.736	28,2
Velocidade incompatível	12.439	11,1
Distância de seguimento	9.774	8,7
Desobediência à sinalização	4.971	4,4
Ultrapassagem indevida	3.862	3,4
Dormindo	1.923	1,7
Ingestão de álcool	903	0,8
Veículo	3.756	3,3
Defeito mecânico em veículo	3.756	3,3
Via	3.879	3,4
Buraco na via	2.313	2,1
Defeito na via	1.566	1,4
Outras causas	39.214	34,9
Total	112.457	100,0

Fonte: INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2006

Os acidentes de trânsito foram responsáveis por mais de 57 mil mortes no Brasil, superando os Estados Unidos e toda a União Européia. (BRASIL, 2009). (Tabela 2).

Tabela 2 - Mortalidade por acidentes de trânsito (AT) no Brasil, EUA e EU

COMPARATIVO ENTRE BRASIL, EUA E UNIÃO EUROPÉIA - 2008			
PAÍS	Mortes por AT em 2008	População 2008 (milhões)	Coeficiente de mortalidade/100 mil habitantes
Brasil	57.116	189,6	30,1
Estados Unidos	37.261	304,0	12,5
União Européia	38.876	498,0	7,8

Fonte: BRASIL, 2009

Dos dados das duas tabelas anteriores, se o índice de 3,3% de acidentes de trânsito causados por defeito mecânico em 2004 (tabela 1) permaneceu inalterado em 2008, é possível então inferir que milhares de mortes naquele ano sejam diretamente atribuídas a defeitos mecânicos, que, por sua vez, possivelmente poderiam ter sido evitados com manutenção adequada. Apesar dos efeitos sociais catastróficos com o imenso número de inválidos e mortos, os acidentes de trânsito custaram em 2005 mais de 22 bilhões de reais ao Brasil, sem contabilizar outros custos indiretos como, por exemplo, o tempo perdido em congestionamentos, limpeza da pista ou tratamento de *stress* pós-traumático. (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2006). De acordo com o DENATRAN, atualmente o Brasil possui frota superior a 60 milhões de veículos e conforme apuração da FENABRAVE encerrou 2010 ocupando a 4ª posição no volume de vendas mundiais ultrapassando países como França, Itália, Inglaterra e Alemanha. (BRASIL, 2009; FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS, 2010). (Tabela 3).

Tabela 3 - Ranking de países por venda de veículos

PAÍS	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002
1º China	13.302.857	9.848.086	6.492.553	6.072.015	4.263.864	5.696.301	2.489.470	2.882.650	3.434.338
2º Estados Unidos	11.589.498	10.421.142	13.221.150	16.121.776	16.525.716	16.961.710	16.874.137	16.663.452	16.814.276
3º Japão	4.918.726	4.577.288	5.060.639	5.270.101	5.579.593	3.131.456	3.456.063	5.713.624	1.246.603
4º Brasil	3.328.254	3.009.191	2.671.554	2.323.192	1.881.574	1.617.785	1.474.097	1.350.989	1.390.144
5º Alemanha	3.109.659	3.982.467	3.318.310	3.374.740	3.669.837	3.523.330	5.698.021	2.149.456	768.063
6º França	2.669.285	2.642.657	2.510.555	2.526.611	2.440.581	1.298.342	1.534.604	1.345.223	1.600.245
7º Índia	2.640.018	1.967.472	1.665.795	1.499.755	1.309.970	1.108.237	1.093.310	846.963	800.900
8º Inglaterra	2.253.761	2.181.387	2.421.256	2.741.743	2.672.026	2.762.639	2.896.853	3.414.555	5.721.215
9º Itália	2.140.262	2.336.758	2.381.667	2.727.884	2.565.203	2.456.659	1.218.585	1.593.479	1.400.303
10º Rússia	1.909.811	1.465.925	2.923.540	2.556.784	1.871.041	1.896.182	2.422.147	898.381	1.562.533
11º Canadá	1.558.424	1.459.735	1.637.440	1.653.364	1.614.763	1.583.395	1.829.329	2.390.680	2.579.757
12º Coreia	1.504.102	1.408.575	1.170.640	1.212.357	1.152.970	1.125.711	1.064.924	1.270.248	1.703.037
13º Espanha	1.099.964	1.060.338	1.324.627	1.884.354	1.895.713	2.487.854	2.488.926	2.459.195	2.829.848
14º Austrália	1.005.579	908.047	974.831	1.011.157	928.821	953.013	923.285	883.946	995.617
15º México	832.685	722.463	1.008.719	1.074.410	1.157.509	1.125.950	1.041.922	972.233	708.137
16º Tailândia	776.117	531.686	597.084	608.477	659.543	677.132	596.727	508.052	160.946
17º Turquia	756.454	555.057	492.259	594.379	622.102	717.491	429.009	565.772	336.349
18º Bélgica	599.917	527.512	600.691	590.268	584.350	540.068	541.683	508.845	392.863
19º Holanda	532.727	436.843	582.427	583.610	547.797	533.864	570.511	364.623	515.147
20º África do Sul	471.273	376.409	498.507	639.114	669.269	575.640	696.107	352.143	591.385

Fonte: FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, 2010

Conforme, a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2010), em número total de automóveis em circulação, o Brasil possui a 8ª maior frota do mundo (Tabela 4) e em 2009 uma relação habitantes/automóvel da ordem de 6,5 (Tabela 5).

Tabela 4 - Ranking de países por tamanho de frota de automóveis

PAÍS/COUNTRY	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Estados Unidos/United States	221.475	223.446	229.620	231.390	237.243	241.194	244.166	247.265	250.239	248.460
Japão/Japan	72.649	73.408	73.989	74.214	74.656	75.686	75.859	75.715	75.528	75.324
Alemanha/Germany	47.307	47.975	48.225	48.564	48.915	49.223	49.742	44.021	44.180	44.633
Itália/Italy	36.165	36.995	37.682	38.476	38.224	38.942	39.877	40.368	40.895	41.323
França/France	33.813	34.597	35.144	35.628	36.039	36.298	36.661	37.033	37.212	37.438
Reino Unido/United Kingdom	31.248	31.940	32.734	33.390	33.883	34.394	34.935	35.354	35.538	35.217
México/Mexico *	15.318	17.020	18.418	19.368	20.360	21.550	24.185	25.868	28.208	29.704
BRASIL/BRAZIL **	19.310	20.093	20.769	21.357	22.172	23.023	24.069	25.596	27.481	29.643
Espanha/Spain	21.427	22.312	23.048	23.726	24.202	25.158	26.227	27.174	27.613	27.633
Canadá/Canada	17.571	17.783	18.267	18.495	18.673	18.909	19.578	20.071	20.520	20.792
Coreia do Sul/South Korea	12.060	12.915	13.949	14.587	14.934	15.397	15.895	16.428	16.795	17.326
Austrália/Australia	12.025	12.126	12.451	12.786	13.137	13.498	13.896	14.268	14.729	15.051
Argentina/Argentina	6.953	6.947	6.837	6.930	6.997	7.005	7.682	8.258	8.460	8.955
Holanda/Netherlands	7.190	7.389	7.706	7.894	8.220	8.369	8.483	8.692	8.908	8.920
África do Sul/South Africa	5.713	5.805	6.140	6.132	6.211	6.470	6.893	7.603	7.814	8.007
Bélgica/Belgium	5.222	5.299	5.353	5.417	5.487	5.553	5.636	5.719	5.865	5.953
Suécia/Sweden	4.387	4.428	4.466	4.511	4.567	4.628	4.696	4.776	4.802	4.829
Áustria/Austria	4.493	4.584	4.335	4.409	4.472	4.524	4.579	4.628	4.676	4.757

Fonte: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, 2010.

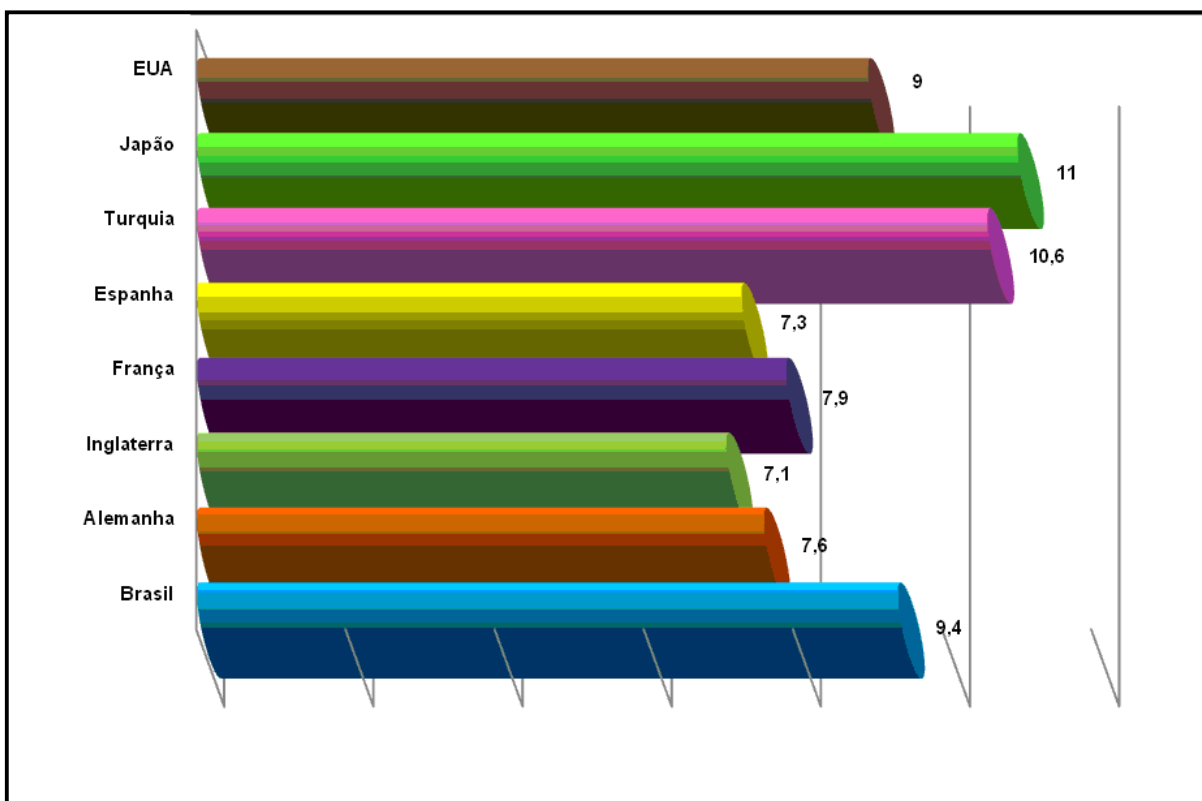
Tabela 5 - Ranking de países por habitantes/automóvel

PAÍS/COUNTRY	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Estados Unidos/ <i>United States</i>	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Itália/ <i>Italy</i>	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Austrália/ <i>Australia</i>	1,5	1,9	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Canadá/ <i>Canada</i>	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6
Espanha/ <i>Spain</i>	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7
Japão/ <i>Japan</i>	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
França/ <i>France</i>	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Reino Unido/ <i>United Kingdom</i>	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,8
Áustria/ <i>Austria</i>	1,8	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Alemanha/ <i>Germany</i>	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,9	1,9	1,8
Bélgica/ <i>Belgium</i>	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	1,8	1,8
Suécia/ <i>Sweden</i>	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
República Tcheca/ <i>Czech Republic</i>	2,4	2,4	2,5	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0
Polônia/ <i>Poland</i>	3,5	3,5	3,0	2,9	2,7	2,6	2,6	2,2	2,0	2,0
Coreia do Sul/ <i>South Korea</i>	4,2	3,6	3,4	3,3	3,2	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8
México/ <i>Mexico</i>	6,6	6,1	5,5	5,5	5,0	5,0	4,7	4,1	3,8	3,6
Argentina/ <i>Argentina</i>	5,3	5,3	5,5	5,5	5,6	5,7	5,2	4,8	4,7	4,5
BRASIL / BRAZIL *	8,8	8,6	8,4	8,4	8,2	8,0	7,9	7,4	6,9	6,5

Fonte: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, 2010.

Apesar de possuir uma das maiores frotas do mundo, o Brasil não dispõe de dados oficiais sobre manutenção e conservação dos veículos, impossibilitando, assim, a implantação de programas de enfrentamento dos milhares de acidentes anuais causados por defeitos mecânicos. Considerando que, de acordo com o SINDIPEÇAS a idade média da frota brasileira é superior à maioria dos países com programas consolidados de inspeção veicular (Figura 9), é evidente a necessidade de estudo e desenvolvimento de programa nacional próprio, garantindo condições de segurança ao trânsito e redução do índice de emissões de poluentes. (SINDICATO NACIONAL DOS FABRICANTES DE AUTOPEÇAS, 2008).

Figura 9 - Idade média da frota brasileira e outros países



Fonte: SINDICATO NACIONAL DOS FABRICANTES DE AUTOPEÇAS, 2008

Todo veículo se degrada em uso. A necessidade de reforço da segurança veicular é hoje maior do que nunca, pois o trânsito seguro e a proteção ambiental dependem do correto funcionamento de tecnologias que progressivamente estão assumindo a função de motoristas como meio de eliminar ou mitigar os efeitos de erro humano. (COMITÊ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR, 2012).

1.3 Escopo da dissertação

O capítulo 2 trata da revisão bibliográfica, discutindo a inspeção veicular com embasamento acadêmico e dá uma panorâmica geral sobre a experiência em diversos países.

O capítulo 3 trata da fundamentação teórica, fornecendo o embasamento científico por trás da inspeção veicular e conceitos estatísticos empregados.

O capítulo 4 discute as metodologias para a comparação de amostra do processo de inspeção veicular usualmente operado no Brasil com o de Portugal e para o desenvolvimento de conceito e ferramenta estatística de intercomparação, mapeamento e controle que permitam a identificação de padrões e desvios entre diferentes operadores de atividade de inspeção veicular.

O capítulo 5 traz os resultados obtidos a partir da metodologia adotada, com importantes dados e informações sobre o processo brasileiro de inspeção veicular.

O capítulo 6 traz as conclusões gerais do trabalho.

O capítulo 7 oferece sugestões de pesquisa no âmbito da inspeção veicular.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A inspeção veicular em maior ou menor escala está presente em países de todos os continentes. O caso europeu é o mais rico, afinal a inspeção veicular é objeto de diversas Diretivas (legislações compulsórias) dos países signatários da UE tendo se tornado ferramenta de normalização da frota que circula internamente. Apesar da carência de material para pesquisa no Brasil, um bom conteúdo foi reunido para a revisão bibliográfica do trabalho.

2.1 Prólogo

Sob o argumento da segurança veicular, programas de ITP foram implantados em diversos países e tem sido matéria de estudo como uma das importantes diretrizes para a redução do número de acidentes de trânsito e emissão de poluentes ambientais. Apesar de sua importância, material específico sobre a inspeção veicular é disperso, em geral fragmentado em cada entidade (pública ou privada) no mundo. Grande parte dos dados disponíveis tem caráter quantitativo, procurando registrar e avaliar o impacto da inspeção veicular em termos de índices de aprovação ou reprovação de veículos. Porém, uma fonte tem importância decisiva no embasamento do sistema, o CITA, ligado à UE, responsável por vasto conteúdo de caráter científico atualmente produzido sobre o assunto. No âmbito acadêmico, a inspeção veicular, e suas consequências para a sociedade, são relativamente pouco estudadas. No Brasil, em especial, praticamente nada se produz.

2.2 A inspeção veicular

Nóbrega, aplicando a teoria geral dos sistemas no credenciamento de organismos de inspeção na área de segurança veicular, analisa o processo de participação do INMETRO no cenário, em função do acentuado crescimento do número de entidades, pesquisando os mecanismos institucionais, compreendendo seus domínios e buscando o aperfeiçoamento contínuo das atividades da autarquia, propondo metodologia para aumento da eficiência dos servidores envolvidos com a gestão e ganhos em favor da credibilidade do credenciamento e dos serviços de

inspeção, bem como sua independência e imparcialidade. (NOBREGA, 2003).

Novaes propôs diferentes modelos de estações para inspeção veicular, de maneira a dar opções de adequação, o mais racional possível, à sua instalação em diferentes regiões do Brasil, criando condições de eficiência tanto de investimentos no empreendimento quanto no atendimento ao usuário. Neste contexto faz uma vasta abordagem em termos de equipamentos empregados, infra-estrutura, dimensões e *lay-out* para demandas projetadas diversas, desde pequenas até grandes produções. A dissertação traz ainda um breve histórico sobre a inspeção veicular no mundo. (NOVAES, 2006).

Bandeira, citando Rockart, caracteriza Fatores Críticos de Sucesso (FCS) como indicadores que sustentam a realização de objetivos organizacionais, principalmente nas gerências em que uma boa performance é necessária para a realização de tais metas, assegurando um desempenho competitivo de sucesso em um ambiente de concorrência comum. Através de metodologia específica aplicada em seu ensaio, envolvendo a delimitação de indicadores e pesquisa com entidades e usuários, conclui que os dois principais FCS, dentre os determinados e avaliados são, nesta ordem: (ROCKART apud BANDEIRA, 2007).

- a) Inspeções rápidas e precisas, e;
- b) Atendimento cortês, comunicativo e sincero ao usuário.

Oliveira (2009), por sua vez, utilizando-se de conceitos de modelos de estações para inspeção veicular propostos por Novaes (2006) e a expectativa de implantação do programa de inspeção veicular para toda a frota em função do Projeto de Lei 5979 (BRASIL, 2001) em tramitação no Congresso Nacional, através da metodologia de análise multicritério, desenvolveu um procedimento para a distribuição geográfica de uma rede de estações, dando embasamento para governos federal, estadual e municipal, quando da elaboração de eventual regra licitatória. O trabalho identificou ainda os grupos de interessados na sociedade, cujo conflito é necessário para se alcançar o equilíbrio de regulamentação tão complexa, permeada por variáveis de diversas naturezas, sejam políticas, econômicas, sociais, ambientais ou técnicas, forneceu alternativas de cenários de controle do sistema (centralizado, descentralizado ou por área). Definiu, ainda, critérios relevantes para a localização das estações, privilegiando a eficiência da prestação de serviços ao

usuário, além de detalhada rotina necessária às decisões estratégicas. Sua proposta está validada por estudo de caso simulado no Distrito Federal (DF). A dissertação traz também um histórico da inspeção veicular no mundo, e na América Latina a linha cronológica da regulamentação brasileira.

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, em seu estudo sobre os impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras, quantificou e qualificou a situação da segurança no trânsito do país. (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2006), O instituto concluiu ainda que, a despeito de milhares de vidas perdidas a cada ano, o Brasil acumulou prejuízos da ordem de 22 bilhões de reais, ou o equivalente a 1,2% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2005.

O relatório final do Comitê Internacional de Inspeção Veicular (2012), sobre opções futuras para reforço da segurança veicular na UE, apresenta um vasto estudo sobre o contexto da segurança veicular e programas periódicos de inspeção. A partir de diversos artigos importantes, resultando em um pacote de recomendações objetivas e subjetivas devidamente fundamentadas para o futuro no curto e médio prazo, respectivamente analisando cenários de 2010 e 2020. Da conclusão do trabalho são extraídos sete pontos que devem direcionar as políticas de reforço da segurança veicular na UE, a saber:

- a) Aprimorar diretivas de segurança veicular;
- b) Aprimorar os requisitos para aprovação e legislação;
- c) Desenvolver tecnologia para a inspeção de sistemas eletrônicos veiculares;
- d) Aprimorar critérios de conformidade;
- e) Desenvolver banco de dados (e correlatos) de suporte a segurança veicular;
- f) Estreitar a relação entre os diversos esforços para a segurança veicular;
- g) Apoiar pesquisas e desenvolvimento.

O relatório WP 330 (COMITÊ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR, 2007c), traz uma vasta análise sobre tecnologias de controle *On Board Diagnosis* (diagnóstico a bordo) ou OBD para fins de acompanhamento em tempo real, inicialmente de emissões, porém com tendência de expansão aos sistemas de segurança veicular. Introduzido nos Estados Unidos na década de 80, em 1988 a Sociedade de Engenharia Automotiva (SAE) regulamentou plugues e protocolos de

comunicação, conhecidos como OBD1, para facilitar o diagnóstico e estabelecer padrões a todos os fabricantes. Atualmente a Alemanha é o único país que utiliza o diagnóstico eletrônico na ITP, e ainda assim, limitado a emissões. Trata-se de uma tecnologia que permite avaliar de forma simples e rápida, não somente a condição instantânea do veículo, mas, eventualmente, o histórico de erros ao longo do tempo de sistemas eletrônicos de controle de emissões e segurança. No futuro, sistemas remotos de comunicação poderão permitir o monitoramento em tempo real de cada veículo da frota, tanto em termos de emissões quanto de segurança.

O relatório WP 330 (COMITÊ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR, 2007d), avalia a tecnologia de *remote sensing* (sensoriamento remoto) como peça chave para a medição de emissões veiculares no trânsito. O sistema, ainda em desenvolvimento, permite monitorar os veículos irregulares em tempo real e através de reconhecimento óptico de caracteres, automaticamente identificar e autuar os responsáveis nas ruas.

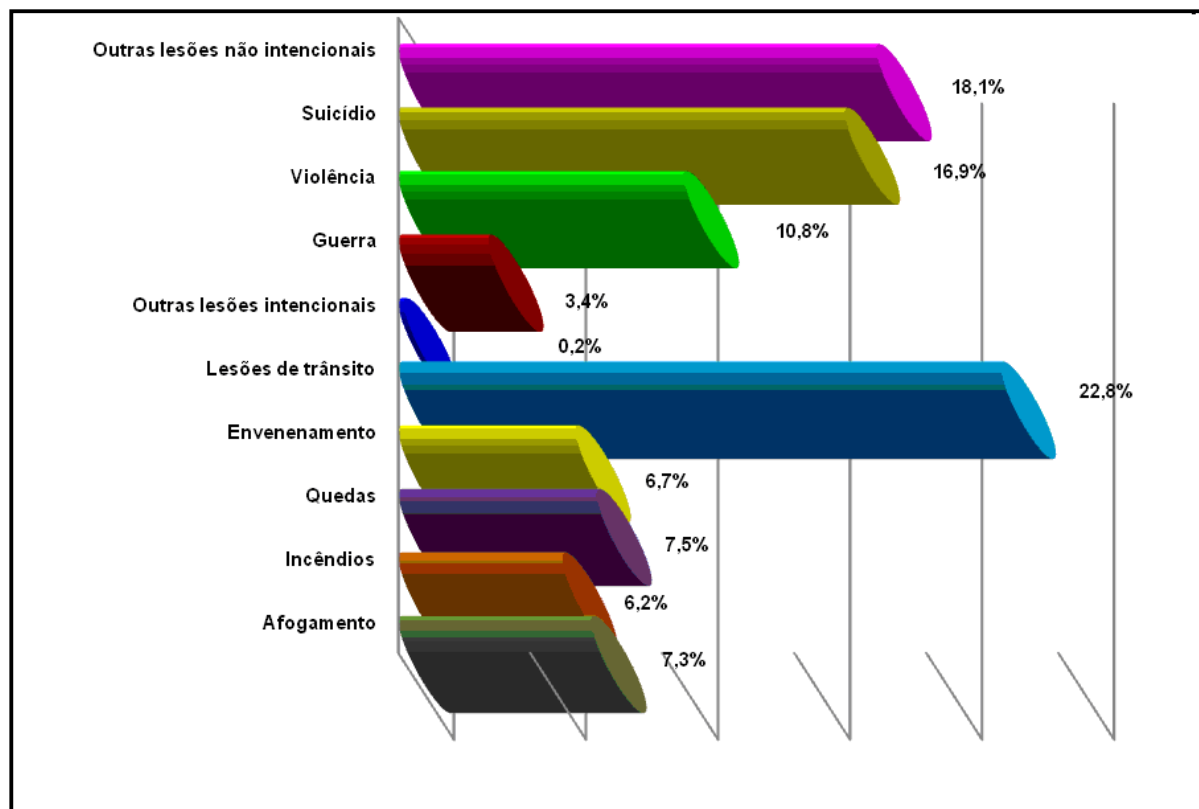
O relatório WP 360 (COMITÊ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR, 2007f), propõe a criação de um banco de dados integrado com especificação técnica de todos os veículos da frota européia, incluindo identificação de marca/modelo/versão, equipamentos de série, opcionais, instruções de inspeção, numeração de chassi, proprietário, seguro, histórico de acidentes, resultados anteriores de inspeção, eventuais modificações sofridas e *recall*. O banco de dados poderá ser acessado e operado pelas entidades de inspeção veicular, fabricantes de veículos, polícia, órgãos gestores e de registro de veículos. A necessidade do banco de dados é crescente em função da grande diversidade de veículos e tecnologias passíveis de controle e dispersão de dados existentes na comunidade mundial, onde cada entidade trata as informações de maneira isolada. Em especial, a ITP será conduzida com maior eficiência a partir da troca de conhecimento entre as diversas entidades e países, como históricos de defeitos recorrentes em sistemas ou componentes de determinados veículos, permitindo ao usuário a identificação de pontos fortes e fracos de determinados modelos e mesmo ao fabricante corrigir eventuais erros de projeto identificados durante o uso.

O relatório WP 270 (COMITÊ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR, 2007b), traz uma análise do cenário e experiências mundiais com a ITP. Nos Estados Unidos os proprietários de veículos dão pouca atenção aos serviços de manutenção e inspeção. Estudo conduzido pelo Centro Nacional de Estatísticas e

Análises (2001), uma divisão do órgão de administração de estradas dos Estados Unidos, concluiu que apenas 30% dos proprietários checam a pressão dos pneus do veículo ao menos uma vez por mês. Pesquisas realizadas pelo Conselho da Indústria do Pneu (2001) no Reino Unido dão conta de que 12% dos veículos possuem ao menos um pneu irregular. Quanto mais velhos os veículos, menores gastos com manutenção são realizados pelos proprietários, tendendo a serem sanados apenas aqueles defeitos identificados em programas compulsórios de inspeção.

O relatório WP 200 (COMITÉ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR, 2007a), trata da situação atual e tendências futuras. Citando o relatório mundial da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre prevenção de lesões de trânsito, afirma que em 2002 1,18 milhões de pessoas morreram e outras 50 milhões ficaram feridas em função de veículos automotores. Acidentes de trânsito em geral são negligenciados e tratados como o preço a ser pago pela sociedade pela mobilidade, mas deveriam ser vistos como uma doença, que, até certo ponto, poderia ser prevenida. Em 2002 os acidentes de trânsito foram a 11^a causa de mortandade no mundo, correspondendo a 2,1% do total de mortos diretos e a 22,8% dos indiretos, por ferimentos (Figura 10). Os acidentes de trânsito em termos de número de vítimas entre mortos e feridos, matam mais do que as guerras e a violência em geral somadas.

Figura 10 - Acidentes de trânsito matam mais do que as guerras



Fonte: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2004

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2004), a despeito do trauma de familiares e amigos com mortos e feridos, o custo mundial anual com as mortes é estimado em 518 bilhões de dólares. Muitos estudos sobre a influência dos defeitos nos acidentes de trânsito têm sido conduzidos, porém há grande variação nos resultados que partem de quase nenhuma influência a índices que alcançam 28%. Como média são assumidos valores entre 5% e 10%. A variação está na metodologia adotada em diferentes países e continentes, em função de períodos e circunstâncias. A despeito das diferenças, é fato pacífico que defeitos de um modo em geral têm um papel significativo nos acidentes de trânsito. Da mesma maneira, muitos estudos são conduzidos sobre a influência de programas de inspeção veicular na redução de acidentes de trânsito e, novamente, por razões semelhantes, há grandes diferenças de resultados (Tabela 6), variando entre 0 a 21%. De qualquer forma, a partir destes dados, é possível concluir que programas de inspeção veicular colaboram com a redução de acidentes de trânsito e, por consequência, feridos e mortos, na média de 5% a 10%.

Tabela 6 - Redução de acidentes de trânsito atribuída a inspeção veicular

PESQUISA	%
NHTSA, Estados Unidos, 1989	0 a 10
Asander, Suécia, 1992	16
Berg, Suécia, 1984	14 a 15
Rompe e Seul, Alemanha, 1985	5 a 10
Fosser, Noruega, 1992	0
Schroer e Peyton, Estados Unidos, 1979	5,3 a 21
White, Nova Zelândia, 1986	10 a 15
Crain, Estados Unidos, 1981	Sim (valor não definido)
Loeb e Gilab, Estados Unidos, 1984	Sim (valor não definido)

Fonte: DEKRA Automotive Group, 2007

O relatório WP 200 (COMITÊ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR, 2007a), informa que além da ITP, em diversos países são realizadas inspeções veiculares, compulsórias ou voluntárias, dentre as quais:

- a) De transferência de propriedade, para assegurar que o comprador saiba o estado em que o veículo se encontra por ocasião da negociação;
- b) De recuperação após acidente, para assegurar o adequado reparo e a substituição de componentes obrigatórios de segurança;
- c) De modificação do projeto original do veículo, para garantir o cumprimento à legislação vigente e, a segurança.

O relatório WP 200 (COMITÊ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR, 2007a) indica ainda que a inspeção remota seja pouco utilizada. A inspeção remota consiste na transmissão de dados de emissões e/ou segurança do veículo via rádio. Esta tecnologia está sendo testada na Califórnia, Estados Unidos, apenas para emissões. Outro projeto semelhante está sendo desenvolvido nos Emirados Árabes, pela empresa IBM, como medida de reforço da segurança veicular. O relatório traz em anexo a compilação de uma série de tabelas informativas com resultados de pesquisas sobre a inspeção veicular, além de ações de segurança para o trânsito,

realizadas nos vários países participantes do comitê.

A Faculdade de Ciências do Transporte da Universidade de Praga (UNIVERSIDADE DE PRAGA, 2006) compilou o resultado de vasta pesquisa realizada junto ao segmento da ITP entre os países membros da UE. O relatório fornece informações sobre número de vagas ocupadas no setor por entidades públicas ou privadas que variam, em função do porte, entre 34 e 30 mil empregados, 3 e 3700 diretamente envolvidos com a parte técnica, 0 a 600 com a administrativa e 1 a 3500 inspetores de segurança veicular. Do quadro, 40% possuem curso superior, 35% médio, 20% fundamental e 5% nenhuma qualificação. O treinamento inicial varia entre 8 e 1440 horas dependendo da função.

A forma de armazenamento de dados se dá por meio eletrônico em 65% dos casos, papel 20% e outros meios (ambos) 15%. Sobre a informação ao usuário em 55% dos casos são repassadas conformidades e não conformidades e em 45% apenas as não conformidades (defeitos). São gerados dados estatísticos em 50% dos casos, relatórios completos em 70%, defeitos graves em 45% e problemas administrativos em 65%. Destes, 70% dos resultados das inspeções são consultados pelos órgãos governamentais (agências de transporte, departamentos de trânsito, polícia, etc).

O relatório traz ainda os requisitos técnicos aplicados na ITP, como testes de direção, suspensão e freios, cujos indicadores demonstram que as regulamentações individuais dos países superam aquelas estabelecidas nos acordos internacionais, como as Diretivas 96/96/EC e 2000/30/EC da UE, que compõem, por sua vez, a base regulatória que tornou a ITP obrigatória no bloco. Dado intrigante do relatório, quando confrontado com os números no Brasil (Tabela 7), registra que a meta da Suécia é reduzir para menos de 270 por ano o número absoluto de mortos em acidentes de trânsito já em 2007.

Tabela 7 - Registro de mortes no trânsito no Brasil

REGISTROS DE MORTES NO TRANSITO NO BRASIL			
ANO	DENATRAN	SUS	DPVAT
2002	18.877	32.753	-
2003	22.629	33.139	-
2004	25.526	35.105	-
2005	26.409	35.994	55.024
2006	19.910	36.367	63.776
2007	-	37.407	66.836
2008	-		57.116

Fonte: BRASIL, 2009

Elvik analisa o efeito da Inspeção Técnica Periódica (ITP) nos acidentes com veículos pesados (caminhões e ônibus) na Noruega. Como resultado o autor conclui que abolir a inspeção acarretaria em aumento entre 5% e 10% no número de veículos pesados envolvidos em acidentes. Reciprocamente, aumentar em 100% o número de inspeções, reduziria entre 5% e 10% o índice de acidentes. (ELVIK, 2002).

Christensen e Elvik estendem o estudo e analisam o efeito da ITP nos acidentes com veículos leves. Defeitos são associados ao aumento do número de acidentes. A inspeção contribui com a mitigação ou eliminação de defeitos. Apesar desta conclusão os autores não identificam a relação direta entre inspeção e índices de acidentes. (CHRISTENSEN;ELVIK, 2007).

Yamamoto, Madre e Kitamura analisam os efeitos da ITP e os ganhos possíveis antes do sucateamento do veículo. O veículo com manutenção em conformidade à inspeção pode alcançar 20% de aumento de vida útil antes da troca motivada por programa de incentivo de renovação da frota. O programa francês encoraja a troca do veículo com 10 anos de uso. (YAMAMOTO; MADRE; KITAMURA, 2004).

O Centro de Estudos Automotivos realizou o levantamento e análise da mortalidade decorrente de acidentes de trânsito no Brasil, compilando dados de diversas fontes em formato adequado à consulta, utilização e análise para

profissionais, pesquisadores, mídia e a sociedade em geral, contribuindo com o debate sobre segurança veicular no país.

2.3 A inspeção veicular em diversos países

Todos os países democráticos têm sua própria legislação reforçando as medidas necessárias à segurança veicular e tais regulamentos foram criados entre 1909 (Alemanha) e 2005 (Malta), mas a maioria desenvolvida entre 1965 (Suécia) e 1980 (Holanda). A inspeção periódica tornou-se mandatória entre 1922 (Finlândia) e 1998 (Dinamarca), mas na maioria dos países isto ocorreu entre 1941 e 1991. (COMITÊ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR, 2007a, p. 25).

A implantação de programas de inspeção veicular é compulsória para todos os países membros da UE desde a publicação da Diretiva 96/96/CE em 1996, revogada pela 40/09/CE de 2009, por sua vez atualizada através da 48/10/CE de 2010, todas emitidas pelo Parlamento Europeu. Nos demais países o processo ocorreu de forma gradativa e particular, tardiamente na maior parte da América Latina, excluído o Brasil que, à exceção do estado do Rio de Janeiro e município de São Paulo, segue sem um programa de inspeção veicular para toda a frota.

2.3.1 Alemanha

A Alemanha opera um consolidado e respeitado programa de ITP, exportando conhecimento e tecnologia para todo o mundo, através de seus reconhecidos fabricantes de equipamentos de testes e grandes operadoras, algumas com mais de 100 anos de existência e milhões de inspeções de experiência. Operadoras de ITP de origem alemã atuam em diversos países do mundo. Segundo o Comitê Internacional de Inspeção Veicular (2007a), há registros de legislações voltadas para a segurança veicular criadas em 1909 na Alemanha.

2.3.2 Bélgica

Segundo o Ministério da Mobilidade e Transportes da Bélgica, a ITP, de segurança e emissões, é obrigatória e operada por empresas privadas licenciadas pelo governo.

De acordo com a Associação Belga de Empresas Licenciadas para a Inspeção Veicular (2011), em 1933 foram credenciadas pelo governo as primeiras empresas de inspeção veicular na Bélgica. Fundada em 1938 para estabelecer os padrões de operação do sistema de inspeção veicular, em 1962 a associação foi reconhecida oficialmente como uma entidade sem fins lucrativos e atualmente coordena, sob autorização do Ministério da Mobilidade e Transportes, as 77 estações de inspeção veicular na Bélgica. Os projetos de regulamentação e treinamento voltados para a atividade de inspeção veicular da Bélgica também são realizados pela associação.

Na Bélgica todo automóvel deve ser submetido à ITP antes de completar quatro anos de uso e, a partir de então, anualmente. Os veículos modificados (incluindo os movidos a GNV) e os recuperados de sinistro também são submetidos à inspeção veicular para fins de regularização. O sistema segue o mesmo conceito de linha de inspeção, com equipamentos dispostos em série, e é subdividido em etapas, compreendendo vistoria e testes automatizados.

2.3.3 Brasil

Segundo Oliveira o estado do Rio de Janeiro é precursor de um programa de inspeção veicular de larga escala no Brasil. Desde julho de 1997 todos os veículos da frota devem ser submetidos à inspeção veicular de emissões de poluentes para fins de licenciamento anual. (OLIVEIRA, 2009). O Departamento de Trânsito do Estado do Rio de Janeiro (DETRAN/RJ), em convênio com a Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente (FEEMA), opera os postos de inspeção de emissões de poluentes estrategicamente localizados de modo a abranger todos os 46 municípios do estado.

Segundo Oliveira, o programa de inspeção de emissões de poluentes do município de São Paulo teve início em 2008. Uma concessionária privada é responsável pelo serviço, utilizando centros de inspeção espalhados pela cidade.

(OLIVEIRA, 2009). O programa, assim como no Rio de Janeiro, é atrelado ao licenciamento do veículo que, caso seja reprovado no teste, além de irregular, fica sujeito a multa.

2.3.4 Canadá

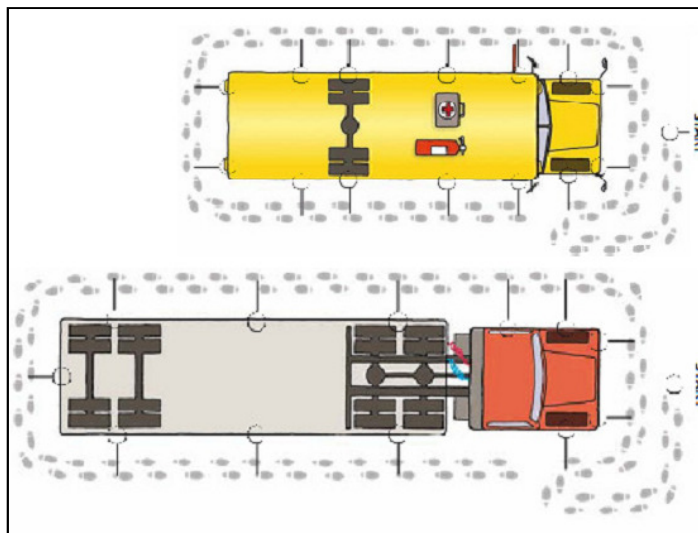
Programas periódicos de inspeção de segurança e emissões variam de acordo com a legislação própria de cada província ou região do Canadá. Stewart, Gourley e Wong esclarecem que, na Colúmbia Britânica, incluindo a grande Vancouver, o programa de inspeção periódico de emissões intitulado *Air Care* é obrigatório desde 1992. O serviço é prestado por uma concessionária sob monitoramento do governo. O programa, em 2010, foi responsável pela inspeção de mais de 450 mil veículos, dentre leves e pesados, e o tempo de espera para atendimento inicial, na maioria dos casos, inferior a 5 minutos. (STEWART; GOURLEY; WONG, 2011).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente de Ontário (CANADÁ, 2011), em Ontário, que inclui Toronto e Ottawa, desde 1999 o programa chamado *Drive Clean* estabelece a obrigatoriedade da inspeção de emissões para veículos leves, médios e pesados. A periodicidade da inspeção varia em função do tipo de veículo. Para os automóveis é bienal, mas todos os veículos, sem exceção, devem realizar nova inspeção por ocasião de transferência de propriedade. O programa monitora uma rede intitulada Instalações Acreditadas *Drive Clean*, formada por empresas privadas que realizam o teste e/ou também o reparo, com atendimento em endereços fixos ou até *in loco*, por meio de estações móveis, mediante solicitação do usuário. Valores máximos de cobrança pela inspeção são estabelecidos pelo governo. Desde sua implantação mais de 30 milhões de inspeções foram realizadas.

Em Quebec veículos modificados, recuperados de sinistro e de fabricação artesanal devem ser submetidos a inspeção de segurança veicular realizada por empresas acreditadas pela Sociedade de Segurança Automotiva de Quebec, agência do governo responsável pela gestão do programa. A Associação dos Agentes de Inspeção Mecânica de Quebec (CANADÁ, 2011), traz ainda a informação de que, a despeito da inspeção de segurança veicular realizada pelas empresas acreditadas, o cumprimento de um programa intitulado Inspeção Antes de Partir é obrigatório para todo proprietário ou condutor, onde, antes da viagem, o

mesmo deve conduzir uma vistoria (Figura 11) conforme norma específica disponibilizada pelo governo e preencher um simples relatório sobre as condições de itens básicos de segurança.

Figura 11 - Ilustração do procedimento de inspeção antes de partir no Canadá



Fonte: CANADÁ, 2011

2.3.5 Chile

Segundo Oliveira, em 1990 o Chile regulamentou o seu programa de ITV, mas somente em 1997 foi implantado abrangendo 4 das 13 zonas administrativas, sendo as demais cobertas por uma simples vistoria. O responsável pela implantação e supervisão do programa é o Ministério dos Transportes e Telecomunicações. Nas quatro regiões onde o sistema é mecanizado, o serviço é prestado por meio de concessão com prazos de 5 anos prorrogáveis por mais 10 meses. (OLIVEIRA, 2009). Os preços são livres, respeitados os limites máximos estabelecidos no contrato e edital de licitação. As concessionárias do sistema não podem realizar reparos nos veículos. O Ministério dos Transportes e Telecomunicações realiza a auditoria do programa através de visitas programadas e aleatórias.

2.3.6 Estados Unidos

Nos Estados Unidos cada estado adota políticas próprias de segurança e emissões veiculares, criando uma grande variedade de metodologias e resultados.

De acordo com o Departamento de Transporte da Pennsylvania (PENNSYLVANIA, 2009), há indícios de iniciativas para a segurança veicular, incluindo políticas de inspeção, do início do século passado (Figura 12). De acordo com estudos sobre a efetividade do programa de segurança veicular da Pennsylvania, os primeiros registros de um sistema de inspeção veicular nos Estados Unidos datam de 1926 a partir de uma iniciativa do estado de Massachussetts. Nova York e Maryland seguiram o exemplo e em 1927 lançaram a campanha intitulada *Salve a Vida*, encorajando os proprietários de automóveis a realizar uma inspeção em estações oficiais autorizadas.

Em 1929 Pennsylvania, Maryland, Delaware e Nova Jersey promulgaram leis estabelecendo a obrigatoriedade da inspeção de segurança veicular periódica. Por volta de 1966 21 estados já possuíam alguma legislação sobre inspeção de segurança veicular. Em 2003 21 estados operavam programas consolidados de inspeção de segurança veicular sob diversos formatos e periodicidades, sejam aleatórias, obrigatórias, anuais, bienais ou por ocasião da revenda (Tabela 8). Segundo o Departamento de Transporte da Pennsylvania, naquele estado são realizadas aproximadamente 11 milhões de inspeções anuais.

Figura 12 - Organismo de inspeção em Washington, 1939



Fonte: Livraria Pública de Tacoma, 1939

Tabela 8 - Distribuição por tipo de inspeção e periodicidade nos EUA

ESTADO	ALEATÓRIA	OBRIGATÓRIA	ANUAL	BIENAL	REVENDA
Delaware		•		•	
District of Columbia		•	•		
Hawaii		•	•		
Illinois	•				
Iowa	•				
Louisiana		•	•		
Maine	•	•	•		
Maryland					•
Massachusetts		•		•	•
Mississippi		•	•		
Missouri		•		•	•
New Hampshire		•	•		
New Jersey	•	•		•	•
New York		•	•		
North Carolina		•	•		
Ohio	•				
Oregon	•				
Pennsylvania		•	•		
Vermont		•	•		
Virginia		•	•		
West Virginia		•	•		

Fonte: ASSOCIAÇÃO AMERICANA DE ADMINISTRADORES DE RODOVIAS, 2003

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, (1970), em 1990, emendas no programa de inspeção de emissões americano intitulado *Air Act* estabeleceram diretrizes que o tornou mandatório em diversos estados do país, com variações em função da qualidade do ar, população e geografia local. Atualmente 39 estados são signatários do programa federal.

2.3.7 Espanha

De acordo com a Entidade Nacional de Acreditação Espanhola (2011), na Espanha todos os veículos devem ser submetidos à Inspeção Técnica Periódica (ITP), também chamada Inspección Técnica de Vehículos (ITV), de segurança e emissões. As empresas de inspeção (Figura 13) operam sob sistema de acreditação pelo órgão responsável, a Entidade Nacional de Acreditação (ENAC).

Figura 13 - Estação de Inspeção Técnica Periódica (ITP) na Espanha



Fonte: PREVENT CONTROL ITV, 2011

2.3.8 Finlândia

De acordo com o Comitê Internacional de Inspeção Veicular (2007a), a Finlândia tem uma longa tradição em inspeção veicular, com registros tornando-a mandatória no país a partir de 1922. Atualmente a regulamentação finlandesa para a ITP segue os preceitos da legislação da UE, dentre outros específicos do próprio país.

De acordo com a Agência de Transporte da Finlândia (FINLÂNDIA, 2011), a ITP, de segurança e emissões, é anual e obrigatória para todos os veículos usados. A primeira inspeção de automóveis e motocicletas, deve ser realizada antes de completarem 3 anos de uso. Caminhões, ônibus, táxis e ambulâncias antes de 1 ano de uso. Os veículos modificados também devem ser submetidos à inspeção para fins de regularização junto ao órgão de trânsito.

A Agência de Transporte da Finlândia (FINLÂNDIA, 2011) estabelece as diretrizes, concede licenciamento e fiscaliza os trabalhos de empresas privadas que prestam o serviço de inspeção veicular em aproximadamente 250 postos espalhados pelo país. Os preços dos serviços de ITP variam de uma estação de inspeção para outra de acordo com regras de concorrência de mercado. Tais empresas de inspeção veicular também são responsáveis pela fiscalização do pagamento de taxas e impostos dos veículos ao governo.

2.3.9 França

Inspeção Técnica Periódica (ITP), ou *Contrôle Technique (CT)* em francês, de segurança e emissões, é obrigatória na França desde 1992. Naquele ano o Ministério dos Transportes criou o Organismo Técnico Central (UTAC-OTC) e definiu atribuições para o desenvolvimento e gestão do sistema de ITP na França.

De acordo com o Serviço Público da França, todos os veículos leves devem ser submetidos à ITP seis meses antes de completarem quatro anos de uso e a partir de então a cada dois anos. A primeira inspeção dos veículos pesados, incluindo ônibus e caminhões, deve ser realizada, respectivamente em 6 meses e 1 ano de uso, e renovada anualmente. A mesma regra de periodicidade de inspeção para caminhões inclui os de transporte de produtos perigosos. A inspeção veicular também é aplicada aos veículos usados com mais de 4 anos por ocasião da troca de proprietário onde o vendedor é obrigado a fornecer um laudo de aprovação oficial, com no máximo 6 meses de emissão, antes da conclusão do negócio. A inspeção veicular pode ser realizada em qualquer empresa e o valor varia de acordo com as regras de mercado. Se o veículo é reprovado tem direito a retornar em até dois meses sem custo adicional e apenas os itens não conformes são verificados novamente. (FRANÇA, 2011b).

De acordo com o Organismo Técnico Central da França, as estações de inspeção veicular autorizadas na França, podem se organizar em rede ou de forma independente. A estação de inspeção vinculada a uma rede é coordenada por uma operadora central, com sistema próprio de gestão, que detém contrato de prestação dos serviços de 10 anos diretamente com o governo, cumprindo requisitos específicos. A estação de inspeção independente, ou seja, não vinculada a uma rede, deve seguir determinadas regras diretas do governo como a contratação de entidade de terceira parte para acreditação de seu sistema de gestão da qualidade, estrutura para processamento de dados e comunicação com o órgão gestor. (FRANÇA, 2011a).

O Organismo Técnico Central da França (FRANÇA, 2011a) esclarece ainda que as estações de inspeção devam ser imparciais, não podendo prestar serviços de manutenção ou comercialização de peças de reparação, possuir todos os equipamentos exigidos pela regulamentação dentre placa de desvio de direção, banco de suspensão e frenômetro, tecnologia de captura e processamento de

informações em tempo real e sistema de gestão da qualidade acreditado baseado na norma ISO 17020 da Organização Internacional de Padronização (1998). A estrutura das estações de inspeção é fiscalizada por órgãos do governo e auditada por entidades independentes, delegadas e autorizadas pelo Ministério dos Transportes da França. (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE PADRONIZAÇÃO, 1998).

Atualmente, fora as estações de inspeção veicular independentes, cinco grandes redes operam na França, sendo que a menor possui 900 estações de inspeção e a maior 1800, realizando, esta última, 7 milhões de inspeções por ano.

2.3.10 Irlanda

Segundo a Autoridade de Segurança do Trânsito (IRLANDA, 2011), na Irlanda a Inspeção Técnica Periódica (ITP), também chamada Teste Nacional de Carros (TNC), é bienal e obrigatória para todos os veículos a partir de três anos de uso. Veículos com mais de 10 anos de uso devem ser submetidos à inspeção a cada ano e aqueles registrados antes de 1980 são dispensados. 46 estações de inspeção, de uma única empresa contratada pelo governo até 2019 operam atualmente na Irlanda.

2.3.11 Japão

Segundo a Organização de Inspeção de Veículos Automotores Leves, o número de acidentes de trânsito no Japão começou a crescer a partir de 1960, acompanhado do aumento da frota de veículos. Em 1972 foi acrescentada à legislação de trânsito a obrigatoriedade da inspeção de segurança e emissões para os veículos em uso. Nesta data, com a aprovação do Ministério dos Transportes, foi criada a Organização de Inspeção de Veículos Leves como um instituto especializado para a gestão do programa. Em outubro de 1973, 53 estações de inspeção distribuídas ao longo do país iniciaram sua operação no Japão. (JAPÃO, 2007).

De acordo com a Agência Nacional de Inspeção Veicular, a inspeção periódica de segurança e emissões é obrigatória para a toda a frota de veículos no Japão. Sua periodicidade varia, sendo aplicável aos automóveis novos por ocasião

do registro inicial, a partir de três anos de fabricação com renovação bienal, e também aos modificados e recuperados de sinistro. Para veículos de utilização mais intensa como caminhões e ônibus, o prazo entre as inspeções é menor, normalmente de um ano. (JAPÃO, 2011).

Mantendo sua tradição de vanguarda tecnológica e eficiência, os japoneses utilizam robustos sistemas de informática e equipamentos automatizados de ponta. Na Agência Nacional de Inspeção Veicular o processo de inspeção de segurança e emissões é subdividido em seis etapas:

- a) 1ª. Inspeção visual superior interna e externa e identificação geral do veículo;
- b) 2ª. Inspeção automatizada de faróis, direção, freios e velocímetro;
- c) 3ª. Inspeção automatizada de emissões de gases e fumaça;
- d) 4ª. Inspeção visual inferior externa (direção, suspensão, assoalho e outros);
- e) 5ª. Análise crítica de relatórios e avaliação final;
- f) 6ª. Testes adicionais, se necessários. (JAPÃO, 2011).

Atualmente o Japão possui uma frota superior a 70 milhões de veículos e grandes estações de inspeção veicular em operação, uma parte sob gestão da Organização de Inspeção de Veículos Leves, atualmente uma entidade privada, e a outra da Agência Nacional de Inspeção Veicular, por sua vez, governamental.

2.3.12 Portugal

Portugal, apesar da longa experiência que data de antes de 1989, opera um dos sistemas de inspeção veicular mais modernos da UE. O Decreto Lei 554 de 1999 do Ministério da Administração Interna, regulamentou a Diretiva 96/96/CE de 1996 da UE, compulsória para todos os países membros, estabelecendo as regras atuais de operação da ITP em Portugal. (PORTUGAL, 1999).

Em Portugal os veículos leves de passageiros devem ser inspecionados bienalmente a partir de 4 anos de uso e ao completarem 8, anualmente. Ônibus e caminhões devem ser inspecionados anualmente a partir de 1 ano de uso e ao completarem 8, semestralmente. A periodicidade varia para demais categorias de veículos. No ano de 2009 171 estações espalhadas pelo país foram responsáveis por mais de cinco milhões de inspeções segundo o IMTT (PORTUGAL, 2009).

O sistema de inspeção veicular é operado por empresas privadas licenciadas pelo IMTT e acreditadas pelo Instituto Português de Acreditação (IPAC). O governo, através da Lei 11 de 2011 da Assembléia da República Portuguesa, revogando o Decreto-Lei 550 de 1999, estabelece uma série de regras para candidatos à concessão de estações de inspeção como tarifas máximas, localização, distância de outros concorrentes, além de recursos humanos, tecnológicos e financeiros mínimos. É autorizada a abertura de uma nova estação de inspeção veicular para cada 30 mil eleitores, respeitados alguns critérios. Em 2011 dezenas de novas concessões de estações de inspeção veicular foram colocadas em concorrência. (PORTUGAL, 2011).

As estações de ITP de Portugal são amplas, arejadas, bem iluminadas e com entrada e saída de veículos independentes. Os equipamentos placa de desvio, banco de suspensão e frenômetro utilizados são, em geral, alemães, de um tradicional e reconhecido fabricante. Todo o sistema é interligado e informatizado, gerando pouco ou, em alguns casos, nenhum papel. Não há filas e quando se formam são rapidamente dispersas em função da velocidade do processo. O proprietário conduz o veículo na inspeção, acompanhado e sob instruções do inspetor que assume a direção durante a passagem na placa de desvio, banco de suspensão e frenômetro. O resultado é emitido imediatamente ao final do processo.

As estações de inspeção veicular de Portugal (Figuras 14 e 15) são dotadas de sistemas e equipamentos em estado da arte. As inspeções são completas, subdivididas em etapas bastantes ágeis. Há estações que realizam até 500 inspeções por dia. Todos os profissionais do quadro técnico são qualificados, habilitados e registrados no governo para o exercício da profissão. Cada estação de inspeção veicular deve possuir no mínimo um engenheiro mecânico responsável técnico pelas atividades da unidade.

Figura 14 - Estação de Inspeção Técnica Periódica (ITP) em Portugal



Fonte: Fotos do autor

Figura 15 - Estação de inspeção portuguesa com linhas paralelas



Fonte: Fotos do autor

O sistema de inspeção veicular de Portugal alcançou um avançado grau de confiança, especialmente quanto ao controle metrológico das medições realizadas pelas estações. O Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), entidade privada sem fins lucrativos constituída em 1965, realiza serviços de calibração e verificação, respectivamente nos âmbitos da metrologia industrial e legal, em linhas de inspeção, analisadores de gases e opacímetros das estações de inspeção veicular em Portugal.

2.3.12.1 Considerações sobre a Inspeção Técnica Periódica (ITP) em Portugal

O formato de implantação da ITP em Portugal é objeto de debate desde antes de 1989 conforme registrado pelo Decreto-Lei 352 de 13 de outubro de 1989 do Ministério das Obras Públicas, Transporte e Comunicação, regulamentando, por sua vez, o artigo 36 do antigo Código de Estradas Português de 1954, que já estabelecia a obrigatoriedade da inspeção para o controle de segurança da frota de veículos.

Mesmo admitindo a eventualidade de esta conclusão poder ser desmentida pela prática de soluções não antevistas - e examinaram-se detalhadamente todas as soluções praticadas nos países da CEE -, sempre se porá a questão de saber quais as vantagens da multiplicidade das concessões. Proporcionar os benefícios sempre esperados da concorrência: menores preços e melhores serviços? Há situações onde não é previsível a obtenção de tais resultados. E esta é uma delas, antes parecendo que, neste caso, a concorrência apresenta uma tendência inevitável para a diminuição da qualidade por parte dos concorrentes, que desejariam obter maior quota do mercado a todo o preço. As experiências alheias demonstram que, nestes casos, a penetração do mercado faz-se pelas facilidades de toda a natureza dadas aos clientes das inspeções, tornando estas mais numa rotina administrativa que não incomode muito os automobilistas do que num diagnóstico cuidadoso, como o exige a segurança rodoviária. (PORTUGAL, 1989b, p. 4470).

Em 1989 a idéia reinante, consolidada pelo Decreto-Lei 352 de 1989 do Ministério das Obras Públicas, Transporte e Comunicação de Portugal, era a de monopólio dos serviços de inspeção a uma única concessionária. Em 1992 o Decreto-Lei 254 do Presidente da República revogou aquele decreto e colocou por terra o projeto de monopólio dos serviços de inspeção a uma única concessionária, abrindo o processo para toda e qualquer empresa que se interessasse e cumprisse requisitos preestabelecidos, incluindo a aprovação de sistema de gestão da qualidade pelo IPAC. Na ocasião foi estabelecida ainda obrigatoriedade de toda empresa prestadora de serviços de ITP constituir e repassar ao governo um fundo de reserva de 5% sobre o faturamento bruto para fins de custeio das ações de fiscalização das atividades pelo governo.

A possibilidade de as inspeções periódicas serem realizadas em centros livremente instalados, com a qualidade técnica adequada e atuando em concorrência, constitui uma solução dinâmica, que permite a utilização da capacidade de inspeção já existente, com custos reduzidos para o País e para o usuário. (PORTUGAL, 1992, p. 5350).

Atualmente o artigo 16 do novo Código de Estradas Português, estabelecido pelo Decreto-Lei 44 de 23 de fevereiro de 2005 (PORTUGAL, 2005) determina a obrigatoriedade de ITP, e a Lei 11 de 26 de abril de 2011 (PORTUGAL, 2011) da Assembléia da República estabelece os seus requisitos. Periodicamente são abertas novas concorrências para licitações. O sistema é controlado pelo governo através do IMTT. Há reserva de mercado, limitando o número de estações, o que garante a saúde financeira das operadoras da ITP. Apesar disso o sistema é submetido à concorrência de mercado, exceto de preços que são tabelados, prestigiando assim o usuário. A livre concorrência gera o aumento da competição em termos de menor tempo de inspeção e maior qualidade de serviços entre as operadoras da ITP. Apesar do formato controlado, a fiscalização das estações ainda é precária, o que leva a indícios de irregularidades. A maior evidência é o fato de que determinadas estações de inspeção realizar duas ou três vezes mais serviços do que outras com características semelhantes, concorrentes entre si, dentro de uma mesma região de atuação.

2.3.13 Reino Unido

O Ministério dos Transportes, através da Agência de Operação de Serviços Automotivos (VOSA), administra a ITP, também chamada Teste do Ministério do Transporte (MOT), que abrange os escopos de segurança e emissões para todos os veículos, cujos prazos são variáveis em função do tipo e utilização. O governo, através da agência, credencia empresas privadas por meio de um rigoroso sistema que envolve desde a avaliação de documentação, curso de formação de profissionais, até a especificação de equipamentos, como frenômetros, por exemplo, previamente aprovados pelo governo. Todos os serviços são monitorados e fiscalizados pela agência. Há aproximadamente 19500 postos de operação da ITP credenciados no Reino Unido. Anualmente a VOSA publica as estatísticas com dados detalhados sobre as ITP no Reino Unido, incluindo os índices de reprovação onde, em geral, os faróis encabeçam a lista, seguidos por luzes de sinalização e freios de serviço. (REINO UNIDO, 2011ab).

2.3.14 Singapura

Segundo a Autoridade de Transporte Terrestre, em Singapura, para a homologação de modelo ou versão de veículo, os fabricantes devem submeter ao órgão de trânsito do governo uma série de informações e em seguida uma amostra à inspeção de segurança e emissões em um dos postos autorizados. Esclarece ainda que a inspeção periódica de segurança e emissões é obrigatória para todos os veículos em função do tipo e ano de fabricação. Automóveis fabricados entre 3 e 10 anos de uso devem ser submetidos a inspeção anual, acima disto bienal. Táxis, independentemente do tempo de uso, devem ser inspecionados a cada 6 meses. 3 corporações operam 9 estações de inspeção autorizadas pelo governo. Veículos importados, modificados e recuperados de sinistro também devem ser submetidos à inspeção veicular em um dos postos autorizados. (SINGAPURA, 2011).

2.3.15 Turquia

O programa de inspeção veicular é operado desde 2007 por uma única empresa autorizada pelo Ministério dos Transportes da Turquia por 20 anos, a alemã TÜV TÜRK (2011), e abrange toda a frota de veículos usados e modificados. Em 193 estações fixas e 71 móveis, totalizando 459 linhas de inspeção providas de recursos e equipamentos em nível internacional, a TÜV TÜRK realiza 6 milhões de inspeções de segurança e 1 milhão de inspeções de emissões veiculares por ano na Turquia.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A fundamentação teórica permite a compreensão e domínio dos requisitos contra os quais serão confrontados os dados coletados durante o processo de inspeção veicular, determinando assim a aprovação ou reprovação do veículo. Compreendendo e dominando os requisitos da inspeção veicular é possível determinar aqueles aplicáveis às reais necessidades do Brasil, coibindo a indesejável tendência, bastante perceptível no segmento, de cópia deliberada de padrões estrangeiros.

3.1 Prólogo

A inspeção veicular surgiu da necessidade em se garantir a adequada manutenção do veículo de acordo com as especificações do fabricante, tanto nos aspectos da segurança quanto, num segundo momento, de emissões. A inspeção veicular se caracteriza por uma rotina de atividades combinadas de Ensaio Não Destrutivos (END) divididos em 2 tipos:

- a) Inspeção visual;
- b) Inspeção mecanizada.

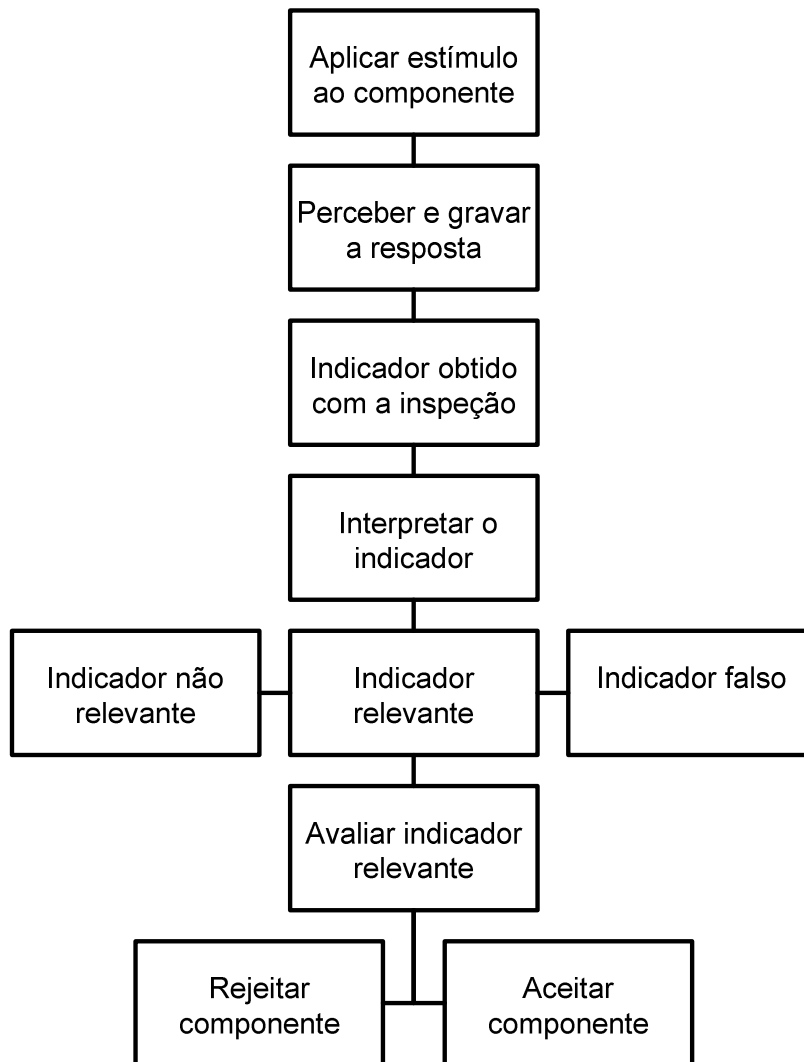
Este capítulo busca fundamentar a teoria aplicada à inspeção e, no caso específico da veicular, as suas 2 divisões.

3.2 Inspeção

A Associação Brasileira de Metais (1982) define ensaios não destrutivos como aqueles que não prejudicam ou afetam o funcionamento futuro da peça (no todo ou em parte). Segundo Grandt (2003) o processo de ensaio não destrutivo deve envolver a medição e interpretação da resposta de um estímulo aplicado ao objeto do teste. O estímulo pode ser a luz, por exemplo, desde que interaja com anormalidades do objeto em teste. Essa interação direcionará a uma indicação que deverá ser interpretada pelo inspetor. A interpretação envolve a distinção entre uma indicação relevante, não relevante ou falsa. Na condição ideal, a interpretação desta

indicação deve conduzir a uma simples decisão sobre a aceitação ou não do componente (Figura 16).

Figura 16 - Visão geral de um ensaio não destrutivo (norma ASTM E 1316)



Fonte: GRANDT, 2003

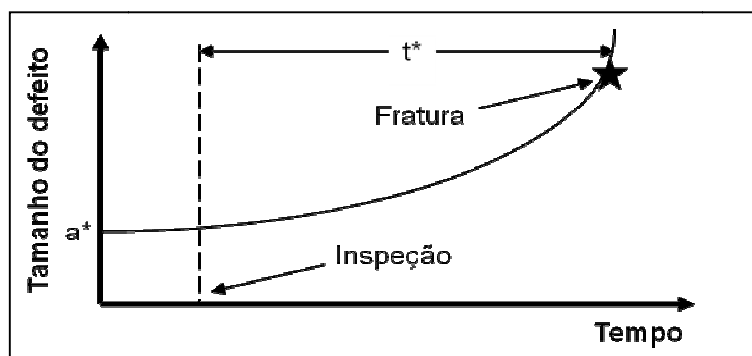
Mordfin, propôs três axiomas descrevendo a relação entre ensaios não destrutivos e a aceitação de componentes e sistemas em operação (MORDFIN apud BRAY; STANLEY, 1997):

- a) Todos os materiais contêm defeitos;
- b) Defeitos em um material não necessariamente o tornam inadequado a uma determinada aplicação;
- c) A capacidade de detecção da falha em geral é ampliada com o aumento do defeito.

Atualmente já não é suficiente o engenheiro simplificar uma especificação de determinado material afirmando que o mesmo seja livre de defeitos. O engenheiro deve especificar os defeitos máximos permitidos de maneira que possam ser detectados através de alguma técnica de inspeção. (BRAY; STANLEY, 1997).

Assumindo um determinado limite de inspeção a^* , o objetivo do inspetor deve ser o de encontrar e rejeitar todos os componentes cujo tamanho de defeito seja $a \geq a^*$ e aceitar aqueles em que $a < a^*$. É importante compreender que um limite de inspeção a^* deva ser definido em função de um período de tempo particular t^* (Figura 17). Na prática t^* é normalmente ajustado por um fator de segurança adequado que permita 2 ou mais oportunidades de inspeção para identificar anomalias antes que a mesma cresça a ponto de se tornar crítica durante o próximo intervalo de inspeção. O período de tempo depende das cargas aplicadas, material do componente, tamanho de defeito final esperado e pode ter uma série de interpretações. (GRANDT, 2004).

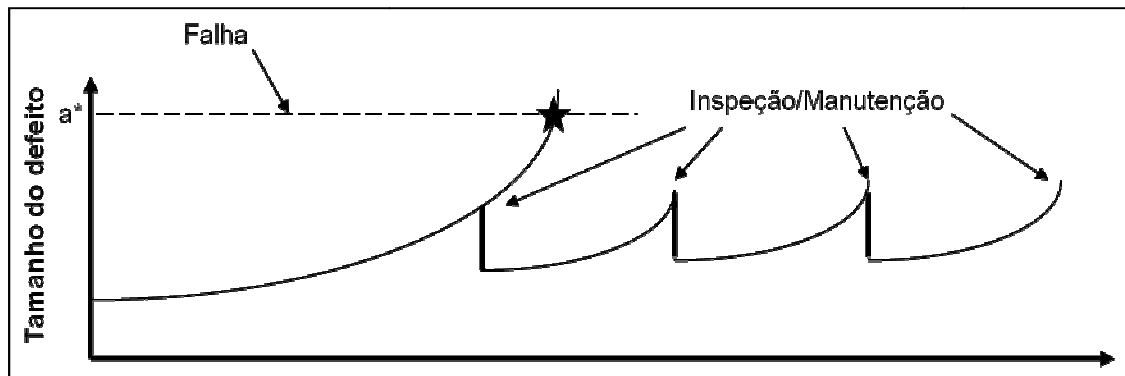
Figura 17 - Curva de defeito para limite de inspeção a^* e período de tempo t^*



Fonte: GRANDT, 2004

Inspeções e manutenções podem, em princípio, manter uma estrutura em condições adequadas de serviço indefinidamente (GRANDT, 2004). (Figura 18).

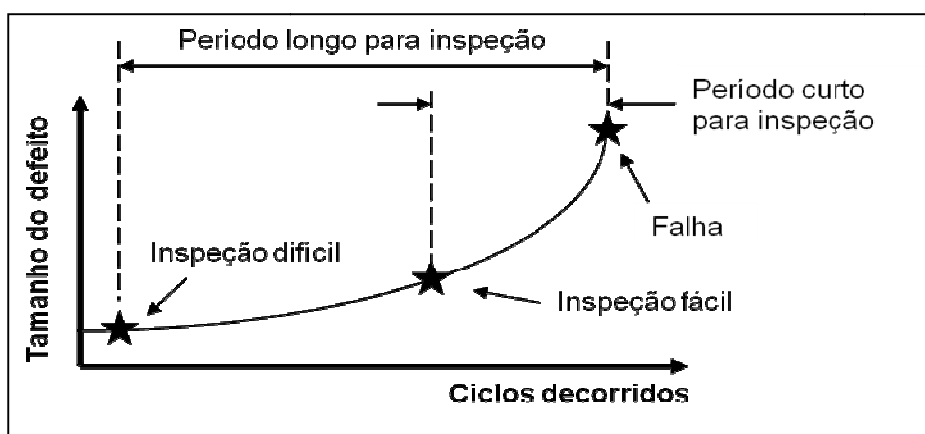
Figura 18 - Inspeções e manutenções prolongando a vida de um componente



Fonte: GRANDT, 2004

Grandt supõe, por exemplo, que uma inspeção possa encontrar pequenos defeitos, mas requer processos complexos e longos tempos de parada do equipamento. Por outro lado um método simples de ensaio não destrutivo (como uma vistoria caminhando ao redor do equipamento) que só permita localizar grandes defeitos, com certo grau de confiança, possa ser repetido muitas vezes. Como mostrado esquematicamente (Figura 19), os resultados de procedimentos difíceis de ensaios não destrutivos asseguram um longo período de operação entre inspeções, ao contrário das alternativas mais simples, o que leva a um compromisso entre o custo associado à inspeção e a sua frequência. (GRANDT, 2004).

Figura 19 - Prazo entre período de inspeção e o tamanho inicial do defeito



Fonte: GRANDT, 2004

3.2.1 Inspeção visual

Inspeção visual: Avaliação feita através da observação visual e da atuação sobre determinados comandos e componentes do veículo, verificando seu funcionamento adequado ou se existem ruídos, vibrações anormais, folgas excessivas, desgastes, trincas, vazamentos ou qualquer outra irregularidade que possa provocar uma condição de perigo em sua circulação. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998b, p. 2).

Segundo Grandt a inspeção visual é o ensaio não destrutivo mais comumente utilizado para localizar defeitos em superfície. (GRANDT, 2004).

De acordo com Grandt, enquanto o olho humano e o cérebro formam o mais eficiente sistema de inspeção existente, aplicado a diversos tipos de materiais e componentes, mas a sua detecção é limitada à superfície danificada e a defeitos relativamente grandes. (GRANDT, 2004). O autor, ainda divide a inspeção visual em 2 grupos:

- a) Inspeção visual direta - inclui o uso de telescópios, boroscópios, periscópios, projetores ópticos, comparadores, vídeo em tempo real ou outro sistema de imagem eletrônico, assim como líquido penetrante ou partícula magnética.
- b) Inspeção visual indireta - inclui o uso de fotografias, radiografias, metalografias ou vídeo gravado para futuras consultas.

Grandt ressalta ainda que a intensidade e comprimento de onda da fonte de luz, assim como sua direção e iluminação de fundo, são importantes estímulos para revelar anomalias. (GRANDT, 2004).

3.2.2 Inspeção mecanizada

Inspeção mecanizada: Avaliação realizada com o auxílio de equipamento específico que determina, através de medida, a condição de desempenho de componentes e/ou sistemas do veículo. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998b, p. 2).

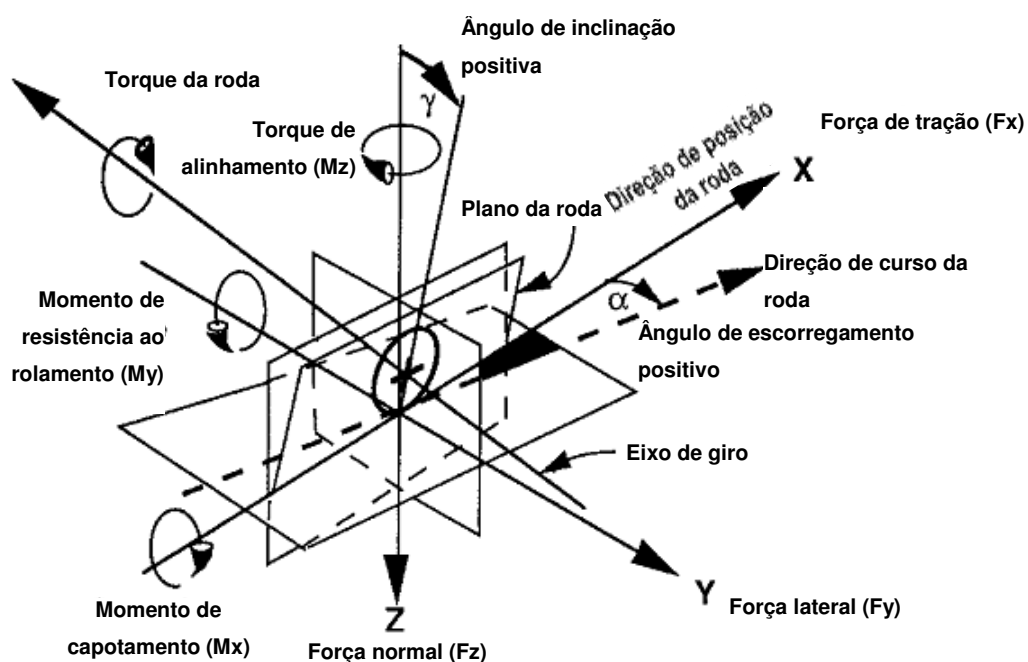
Um conjunto de equipamentos específicos é empregado para a medição de grandezas cujos indicadores serão objeto de análise pelo inspetor veicular. No Brasil, os equipamentos mais importantes fornecem informações sobre o comportamento dos sistemas de direção, suspensão, freio e emissões. Para o

adequado julgamento profissional é importante a compreensão das grandezas medidas.

3.2.2.1 Direção

Segundo Gillespie, a função do sistema de direção é controlar as rodas em resposta aos comandos do condutor, permitindo o domínio direcional do veículo. Explica que as forças e momentos impostos ao sistema de direção são gerados na interface entre pneu e pavimento. (GILLESPIE, 1992). A Sociedade de Engenheiros Automotivos (SAE) estabelece uma adequada convenção para as forças e momentos em um pneu (Figura 20).

Figura 20 - Eixo de forças e momentos da SAE



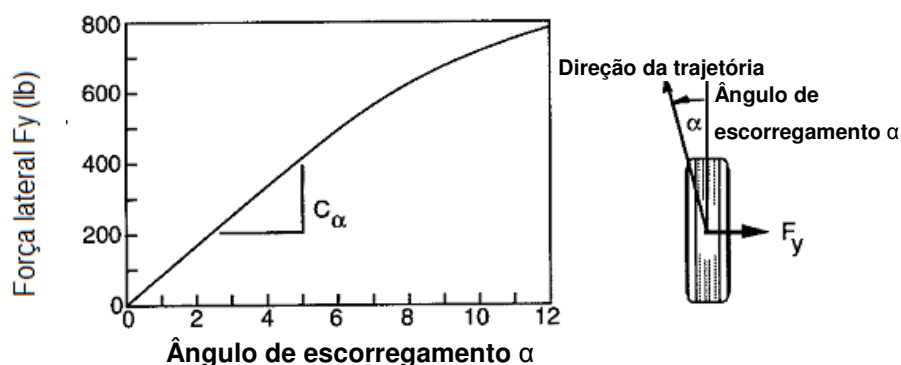
Fonte: GILLESPIE, 1992

Ainda segundo Gillespie em condição de trajetória curva o pneu desenvolve uma força lateral e, por consequência, escorregamento lateral. A força lateral F_y é também chamada de força de curva (Figura 21). (GILLESPIE, 1992). Para uma dada carga no pneu, a força de curva cresce com o ângulo de escorregamento α . Para pequenos ângulos (5° ou menos) a relação é linear, assim a força de curva é descrita por:

$$F_y = C_\alpha \cdot \alpha$$

A constante C_α é conhecida como rigidez da curva e definida como a inclinação da curva de F_y versus α em $\alpha = 0$.

Figura 21 - Propriedades da força de curva



Fonte: GILLESPIE, 1992

Finalmente, Gillespie conclui que as equações de curva são derivadas da Segunda Lei de Newton, descrevendo a geometria de giro. Por uma questão de conveniência o sistema é simplificado, representando as duas rodas dianteiras por apenas uma resultante de ambas. (GILLESPIE, 1992). A mesma consideração é feita para as traseiras. Assim sendo:

$$\sum F_y = F_{yd} + F_{yt} = MV^2/R$$

F_{yd} – força lateral no eixo dianteiro

F_{yt} – força lateral no eixo traseiro

M – massa do veículo

V – velocidade

R – raio de giro

Para a trajetória retilínea, ou seja, sem tendência direcional (desalinhamento), o somatório de forças laterais F_y deve ser 0.

$$\sum F_y = 0$$

A tendência direcional (desalinhamento) ou trajetória curvilínea, denota então o somatório de forças laterais F_y diferente de 0 ($\sum F_y \neq 0$).

3.2.2.2 Suspensão

Gillespie define que uma das funções primárias da suspensão como sendo a de manter os pneus em contato com o pavimento com mínima variação de carga. (GILLESPIE, 1992).

3.2.2.2.1 Sistema massa, mola e amortecedor em movimento não forçado e forçado

Segundo Gillespie, veículos em alta velocidade experimentam um amplo espectro de vibrações causadas pelas irregularidades da estrada. O espectro de vibrações, por sua vez, é dividido de acordo com a frequência e classificado conforme a percepção do ser humano entre 0 – 25 Hz (tátil e visual) e 25 – 20000 Hz (audível). (GILLESPIE, 1992).

De acordo com Bastow e Howard o sistema de suspensão, a despeito dos demais elementos, é basicamente composto por molas, que acumulam energia, e amortecedores, que dissipam energia. (BASTOW; HOWARD, 1993).

Dixon, Meriam e Kraige apresentam uma boa revisão sobre a teoria da vibração. Considere um sistema simples composto por massa, mola e amortecedor (Figura 22), em movimento não forçado (livre). (DIXON, 2007; MERIAM; KRAIGE, 2009). Da Segunda Lei de Newton, tem-se a equação diferencial do movimento:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= m\ddot{x} \\ m\ddot{x} + C\dot{x} + Kx &= 0\end{aligned}$$

Onde:

$$\begin{aligned}F_m &= -Kx \\ F_a &= -C\dot{x}\end{aligned}$$

F_m – força da mola (N)

F_a – força do amortecedor (N)

K – constante da mola ou rigidez (N/m)

C – constante do amortecedor (Ns/m)

x – deslocamento da massa a partir da posição de equilíbrio (m)

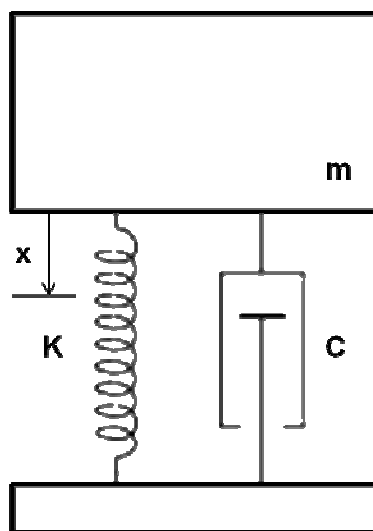
$\dot{x}$ – velocidade (m/s)

$\ddot{x}$ – aceleração (m/s²)

m – massa (kg)

O sinal negativo significa que a força é oposta ao movimento.

Figura 22 - Sistema massa, mola e amortecedor em vibração livre



Fonte: Imagem do autor

Dividindo por m :

$$\ddot{x} + C\dot{x}/m + Kx/m = 0$$

Mas, se:

$$\omega_n = \sqrt{K/m}$$

$$\zeta = C/(2m\omega_n)$$

$$\tau_n = 2\pi/\omega_n$$

$$f_d = \omega_n/2\pi$$

ω_n – frequência circular natural não amortecida (rad/s)

ζ – razão ou fator de amortecimento

τ_n – período não amortecido (s)

f_n – frequência natural não amortecida (Hz)

Então, convenientemente, inserindo ω_n e ζ , a equação diferencial do sistema massa, mola e amortecedor, em movimento livre (não forçado), toma o seguinte formato:

$$\ddot{x} + 2\zeta \omega_n \dot{x} + \omega_n^2 x = 0$$

A solução da equação tem a forma:

$$x = Ae^{\lambda t}$$

Substituindo, obtém-se a equação característica:

$$\lambda^2 + 2\zeta\omega_n\lambda + \omega_n^2 = 0$$

Suas raízes são:

$$\lambda_1 = \omega_n[-\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}] \text{ e } \lambda_2 = \omega_n[-\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}]$$

Cuja solução geral, a partir da propriedade da superposição dos sistemas lineares, é:

$$x = A_1 e^{\lambda_1 t} + A_2 e^{\lambda_2 t}$$

Como:

$$0 \leq \zeta < \infty$$

Uma vez que o radicando ($\zeta^2 - 1$) pode ser positivo, negativo ou nulo, há 3 categorias de movimento amortecido:

$\zeta > 1$ – movimento superamortecido

$\zeta = 1$ – movimento criticamente amortecido

$\zeta < 1$ – movimento subamortecido

Para o movimento subamortecido com o radicando ($\zeta^2 - 1$) negativo e lembrando que $e^{(a + b)} = e^a e^b$, a solução geral será reescrita como:

$$x = \{A_1 e^{i\sqrt{(1-\zeta^2)}\omega_n t} + A_2 e^{-i\sqrt{(1-\zeta^2)}\omega_n t}\} e^{-\zeta\omega_n t}$$

$$i = \sqrt{-1}$$

Mas, convenientemente, se:

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

$$\tau_d = 2\pi / \omega_d$$

$$f_d = \omega_d / 2\pi$$

ω_d – frequência circular natural amortecida (rad/s)

τ_d – período amortecido (s)

f_d – frequência natural amortecida (Hz)

Então:

$$x = \{A_1 e^{i\omega_d t} + A_2 e^{-i\omega_d t}\} e^{-\zeta\omega_n t}$$

Utilizando a fórmula de Euler $e^{\pm ix} = \cos x \pm i \sin x$, é possível escrever a equação anterior como:

$$x = \{A_3 \cos \omega_d t + A_4 \sin \omega_d t\} e^{-\zeta\omega_n t}$$

Onde:

$$A_3 = (A_1 + A_2) \text{ e } A_4 = i(A_1 + A_2)$$

Mas a equação ainda pode ser substituída por uma única função trigonométrica que envolva um ângulo de fase:

$$x = \{C \text{sen}(\omega_d t + \emptyset)\} e^{-\zeta \omega_n t}$$

$$x = C e^{-\zeta \omega_n t} \text{sen}(\omega_d t + \emptyset)$$

Merian e Kraige tratam também o sistema amortecido em vibração forçada. Em muitos casos, a excitação da massa não é devida a uma força aplicada diretamente, mas ao movimento da base à qual a massa está conectada. Exemplos de tais aplicações são justamente as suspensões de veículos. (MERIAN; KRAIGE, 2008). Considere agora um sistema simples composto por massa, mola e amortecedor fixado a uma base móvel (Figura 23), em movimento forçado. Novamente da Segunda Lei de Newton, tem-se a equação diferencial do movimento:

$$\sum F_x = m\ddot{x}$$

$$m\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = F_0 \text{sen} \omega t$$

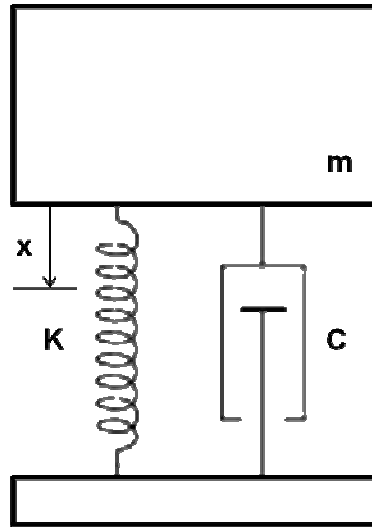
Onde:

$F_0 \text{sen} \omega t$ – força harmônica externa (N)

F_0 – amplitude da força (N)

ω – frequência de excitação (rad/s)

Figura 23 - Sistema massa, mola e amortecedor em vibração forçada



Fonte: Imagem do autor

Do mesmo raciocínio para o movimento não forçado, neste caso tem-se:

$$\ddot{x} + 2\zeta\omega_n\dot{x} + \omega_n^2x = (F_0\text{sen}\omega t)/m$$

E:

$$x_p = X_1\cos\omega t + X_2\text{sen}\omega t$$

$$x_p = X\text{sen}(\omega t - \theta)$$

Então, finalmente:

$$X_3 = (F_0/k) / \{[1 - (\omega/\omega_n)^2]^2 + [2\zeta\omega/\omega_n]^2\}^{1/2}$$

$$\theta = \tan^{-1}\{(2\zeta\omega/\omega_n) / [1 - (\omega/\omega_n)^2]\}$$

Para sistemas subamortecidos, a solução pode ser escrita como:

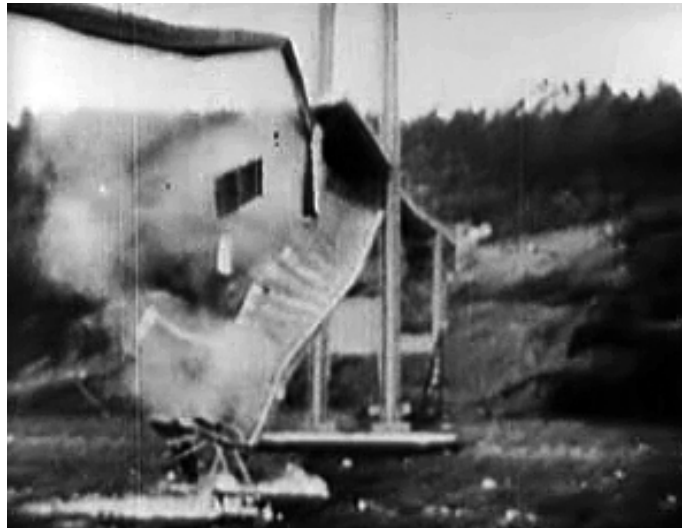
$$x = C e^{-\zeta\omega_n t} \text{sen}(\omega_d t + \varnothing) + X\text{sen}(\omega t - \theta)$$

3.2.2.2.2 Freqüência natural ou de ressonância

Um caso clássico de ressonância na engenharia é o da ponte sobre o estreito de Tacoma, nos Estados Unidos. Em 1940, poucos meses após inauguração, a

ponte desabou após colapso da estrutura em função das grandes amplitudes provocadas pela freqüência do vento em ressonância com a da ponte (Figura 24).

Figura 24 - Colapso da ponte de Tacoma pela ressonância com o vento



Fonte: TACOMA Fire Dept, 1940

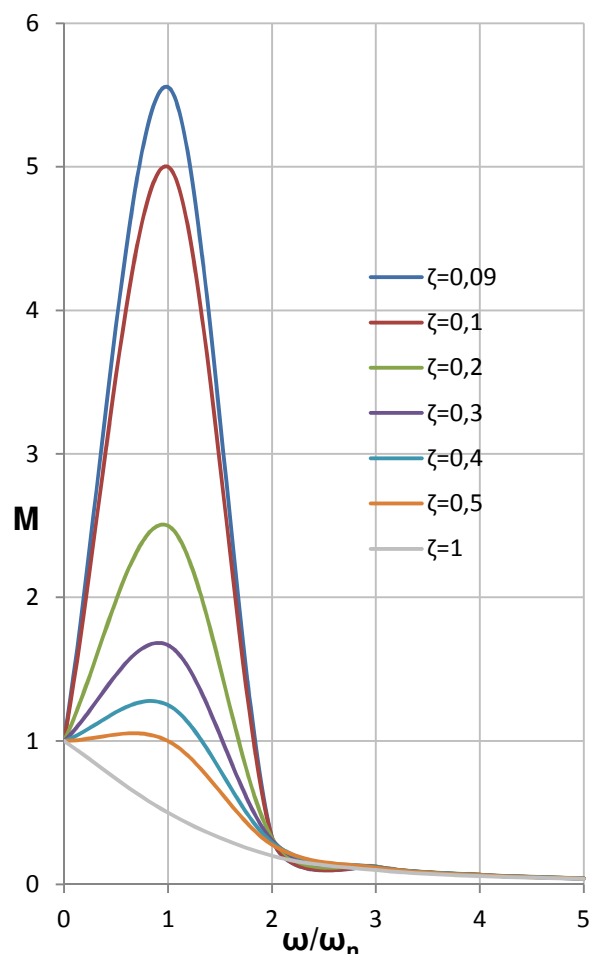
A excitação de um sistema amortecido com uma força cuja freqüência é próxima da freqüência natural, pode provocar um movimento de amplitude excessivamente grande, uma condição chamada ressonância, que normalmente deve ser evitada. (MERIAM; KRAIGE, 2009). Os autores explicam ainda que, próximo da ressonância, a amplitude X da solução proposta é função pronunciada do fator de amortecimento ζ e da razão adimensional das freqüências ω/ω_n . Novamente é conveniente estabelecer a relação adimensional $M = X/(F_0/k)$, que é chamada de fator de amplificação:

$$M = 1 / \{ [1 - (\omega/\omega_n)^2]^2 + [2\zeta\omega/\omega_n]^2 \}^{1/2}$$

A partir do gráfico (Figura 25), é evidente que, se a amplitude de um movimento é excessiva, duas alternativas possíveis seriam:

- a) Aumentar o amortecimento (para obter um valor maior de ζ), ou;
- b) Alterar a freqüência de excitação de modo que ω fique mais distante da freqüência de ressonância ω_n .

Figura 25 - Gráfico do fator de amplificação M e a razão de freqüências ω/ω_n



A equação e gráfico anteriores demonstram que um amortecedor ruim, com baixo fator de amortecimento ζ , pouco (ou nada) contribuirá com a redução da amplitude do movimento. Para um veículo significa que, quando excitada por forçamento externo, a suspensão tende a movimentos verticais contínuos senoidais e mais acentuados em freqüências próximas ou iguais à de ressonância, justificando o vai e vem quando o mecânico empurra para baixo o carro, supostamente testando o amortecedor danificado. Já para molas com grande rigidez K , a razão de freqüências ω/ω_n tende a assumir valores consideravelmente pequenos, levando a razão de amplitudes M a resultados próximos (ou iguais) a 1, contribuindo assim para amplitudes de movimento idênticas à de forçamento. Isto significa que em uma pista irregular o pneu de um veículo tenderá a acompanhar (e transmitir) toda a irregularidade da superfície, porém mantendo-se em permanente contato com o pavimento, o que explica a suspensão dita “mais dura” dos carros esportivos.

3.2.2.2.3 Índice de transferência de peso ou percentual de aderência EUSAMA

A razão de amplitudes para o sistema massa, mola e amortecedor em vibração forçada, demonstrada na revisão de Meriam e Kraige (2008), se apresenta na seguinte forma:

$$M = X/(F_0/k)$$

Então:

$$F_0 = (X/M)k$$

Para k constante, a força F_0 mínima coincidirá com a razão de amplitudes M máxima. Por sua vez, M será máxima para razões de frequência ω/ω_n iguais a 1, conforme demonstrado no gráfico anterior (Figura 25), ou seja, quando a frequência de excitação ω for igual a frequência de ressonância ω_n .

O método EUSAMA – European Shock Absorber Manufacturers Association é adotado por diversos fabricantes de equipamentos de testes de suspensão e aceito stem posicionar as rodas do veículo sobre placas excitadas de 0 a 25 Hz com amplitude de 6 mm. O equipamento monitora o peso dinâmico transmitido pela roda à placa durante o curso de excitação, cujo menor valor coincidirá com a frequência de ressonância da suspensão.

Segundo a norma NBR 14040-8 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998b), o índice de transferência de peso é definido pela relação percentual entre o menor peso dinâmico transferido ao solo pela roda e o peso estático, quando a suspensão é excitada mecanicamente até atingir, pelo menos, a frequência de ressonância do sistema. O índice de transferência de peso é também conhecido como percentual de aderência EUSAMA.

Segundo Bastow e Howard a função da suspensão, antes mesmo de isolar a carroceria das vibrações induzidas pelas irregularidades da estrada e preservar o conforto dos ocupantes, é a de manter o contato entre pneus e pavimento, afinal o controle e estabilidade do veículo dependem disto. (BASTOW; HOWARD, 1993).

É razoável então pensar que, quanto mais tempo a roda permanecer em contato com a placa, durante o teste EUSAMA, transferido todo o peso do sistema

sob avaliação, melhor esteja a suspensão, cumprindo com a sua função de manutenção da aderência do pneu com o pavimento (Tabela 9).

Tabela 9 - Índices EUSAMA para avaliação do comportamento da suspensão

ÍNDICE EUSAMA	AVALIAÇÃO
60% - 100%	Boa
40% - 59%	Adequada
20% - 39%	Inadequada
0% - 19%	Ruim

Fonte: MANUAL DE OPERAÇÃO DE LINHA DE INSPEÇÃO MODELO, 1997

3.2.2.3 Freios

Segundo Hesler, um veículo em movimento possui energia cinética cujo valor depende de seu peso e velocidade. O motor provê essa energia para acelerar o veículo do repouso conferindo velocidade. Essa energia deve ser parcial ou totalmente dissipada para que o veículo reduza sua velocidade ou retorne ao estado de repouso. Essa é a função do sistema de freios, converter a energia cinética do veículo em um determinado instante em calor por meio de atrito. (HESLER, 2002).

3.2.2.3.1 Força de frenagem

Hesler (2002) propõe que a equação da energia cinética (ou de movimento) seja escrita da seguinte maneira:

$$U_c = \frac{1}{2} m V^2$$

Onde:

U_c – energia cinética do veículo (J)

m – massa do veículo (kg)

V – velocidade do veículo (m/s)

O trabalho necessário para parar o veículo é dado por:

$$U_t = F_f d$$

Onde:

U_t – trabalho realizado (J)

F_f – força de frenagem (N)

d – distância percorrida até a parada do veículo (m)

Para frear um veículo em movimento até sua parada, o trabalho realizado pelo sistema de freios deve ser igual à energia cinética inicial possuída, então:

$$U_t = U_c$$

$$F_f d = \frac{1}{2} m V^2$$

Logo, Hesler (2002) conclui, a força de frenagem de um veículo é dada pela equação:

$$F_f = m V^2 / 2d \text{ (N)}$$

3.2.2.3.2 Eficiência de frenagem

Segundo Limpert a eficiência de frenagem expressa em quanta desaceleração das rodas, antes do travamento, um dado coeficiente de atrito entre o pneu e pavimento de um veículo pode ser transformado. (LIMPERT, 1999). Gillespie (1992), por sua vez, define a eficiência de frenagem como a razão entre a desaceleração obtida (com o melhor desempenho possível) em uma dada superfície. Heisler (2002) explica que frear implica em produzir a força que se opõe ao movimento, reduzindo a velocidade ou parando o veículo. A resistência aplicada para reduzir a velocidade ou parar o veículo é conhecida como força de frenagem. O autor define a eficiência de frenagem de um veículo como a força de frenagem em relação ao peso do veículo, assim:

$$\text{Eficiência de frenagem} = (\text{Força de frenagem} / \text{Peso do veículo}) \times 100$$

De acordo com Heisler quando a força de frenagem é igual ao peso total do veículo, a eficiência de frenagem é de 100%. Em geral a eficiência de frenagem é inferior a 100% em função de insuficiente aderência dos pneus ao pavimento ou sistema de freios ineficaz. Ressalta ainda que a magnitude da ação dos freios seja muito influenciada pela temperatura da superfície de fricção, umidade, coeficiente de atrito e velocidade de rotação do disco ou tambor. (HEISLER, 2002).

Heisler (2002) explica que a eficiência de frenagem é similar ao coeficiente de atrito, que, por sua vez, é a razão entre a força de atrito e a normal entre as superfícies de contato:

$$\text{Coeficiente de atrito} = \text{Força de atrito} / \text{Normal}$$

Assim:

$$\begin{aligned}\mu &= F_a/N \\ \eta &= F_a/N = \mu\end{aligned}$$

Onde:

μ – coeficiente de atrito

η – eficiência de frenagem

F_a – força de atrito

N – normal

Uma eficiência de frenagem de 100% é igual ao coeficiente de atrito de 1, ou:

$$\eta(100\%) = F_a/N = \mu = 1$$

O coeficiente de atrito é adimensional e depende das características de interação entre duas superfícies em contato, não sendo, portanto, uma propriedade intrínseca de apenas um material. Assim sendo, pneus de materiais e/ou desenhos diferentes podem alterar o coeficiente de atrito com o pavimento.

Heisler (2002) propõe que a eficiência de frenagem pode ser derivada da equação da energia cinética e do trabalho realizado em parar o veículo:

Sendo:

F_f – força de frenagem (N)

μ – coeficiente de atrito

P – peso do veículo (N)

V – velocidade de início da frenagem (m/s)

m – massa do veículo (kg)

d – distância de parada (m)

η – eficiência de frenagem

g^* – aceleração da gravidade (m/s^2)

$$^* g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Equacionando a energia cinética e o trabalho:

$$F_f d = \frac{1}{2} m V^2$$

$$m = P/g$$

$$F_f d = P V^2 / 2g$$

$$d = P V^2 / 2 F_f g$$

$$F_f / P = \mu = \eta$$

$$d = V^2 / 2g \eta$$

$$\eta = V^2 / 2gs \times 100$$

$$V \text{ (m/s)} = 0,28 V \text{ (km/h)}$$

$$\eta = [(0,28V)^2 / (2 \times 9,81d)] \times 100$$

Então:

$$\eta = 0,4V^2/d \text{ (%), ou}$$

$$d = 0,4V^2 / (\eta \times 100)$$

3.2.2.3.3 Aplicações e curiosidades

a) Eficiência de frenagem x aumento do peso (no plano horizontal):

Observando a Tabela 10:

Tabela 10 - Aumento do peso x eficiência de frenagem

P (N)	$\mu_{\text{PISO X PNEU}}$	N (N)	$F = \mu \times N$ (N)	$\eta = (F/P) \times 100$
500 N	0,8	500 N	400 N	80 %
1000 N	0,8	1000 N	800 N	80 %
1500 N	0,8	1500 N	1200 N	80 %
2000 N	0,8	2000 N	1600 N	80 %
2500 N	0,8	2500 N	2000 N	80 %

Fonte: Dados da pesquisa

Sendo o coeficiente de atrito (μ) constante, a variação entre o peso e a força é proporcional ($F = \mu N$), assim, no plano horizontal, se não houver deslizamento do pneu sobre o pavimento, dentro do limite de trabalho para o qual um sistema de freios foi projetado, desconsiderando a variação de temperatura e velocidade de giro da roda e desde que esteja em perfeitas condições de funcionamento, conforme as especificações do fabricante, o aumento ou diminuição do peso do veículo não altera a eficiência de frenagem. No Brasil, por ocasião da inspeção veicular, trata-se de um erro comum de interpretação pensar que o aumento do peso do veículo reduzirá a eficiência do sistema de freios.

b) Eficiência de frenagem de 50% e 55%

Observando a Tabela 11:

Tabela 11 - Distâncias (m) de parada para diferentes eficiências de frenagens

V (km/h)	100%	90%	80%	70%	60%	55%	50%	40%	30%	20%	10%	0,01%
10	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	1,0	1,3	2,0	4,0	4000
20	1,6	1,8	2,0	2,3	2,7	2,9	3,2	4,0	5,3	8,0	16,0	16000
30	3,6	4,0	4,5	5,1	6,0	6,5	7,2	9,0	12,0	18,0	36,0	36000
40	6,4	7,1	8,0	9,1	10,7	11,6	12,8	16,0	21,3	32,0	64,0	64000
50	10	11,1	12,5	14,3	16,7	18,2	20,0	25,0	33,3	50,0	100,0	100000
60	14,4	16,0	18,0	20,6	24,0	26,2	28,8	36,0	48,0	72,0	144,0	144000
70	19,6	21,8	24,5	28,0	32,7	35,6	39,2	49,0	65,3	98,0	196,0	196000
80	25,6	28,4	32,0	36,6	42,7	46,5	51,2	64,0	85,3	128,0	256,0	256000
90	32,4	36,0	40,5	46,3	54,0	58,9	64,8	81,0	108,0	162,0	324,0	324000
100	40	44,4	50,0	57,1	66,7	72,7	80,0	100,0	133,3	200,0	400,0	400000
110	48,4	53,8	60,5	69,1	80,7	88,0	96,8	121,0	161,3	242,0	484,0	484000

Fonte: Adaptado de HESLER, 2002

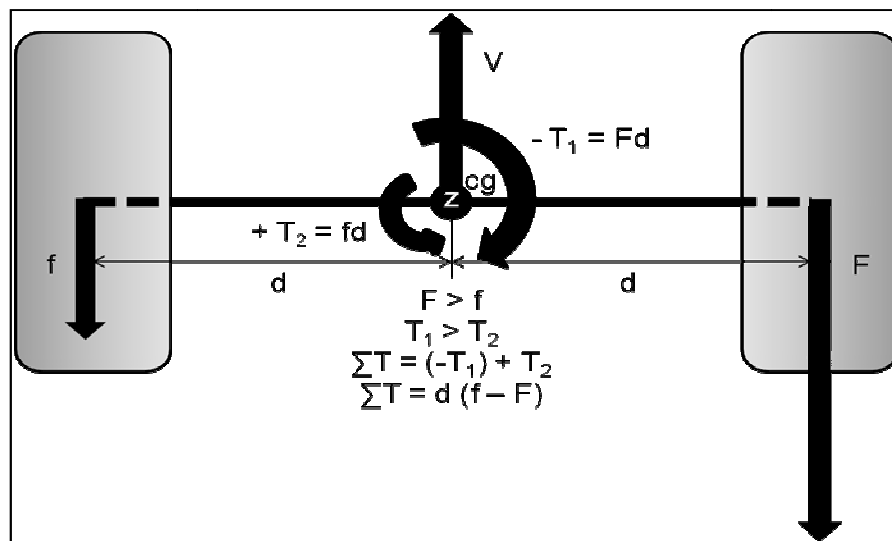
Desconsideradas outras forças, como a resistência aerodinâmica, por exemplo, a eficiência de frenagem determinará a que distância um veículo em dada velocidade irá parar. A 110 km/h, velocidade máxima permitida no Brasil, um veículo leve deve parar, no mínimo, em 96,8 m ($\eta = 50\%$) e um pesado em 88,0 m ($\eta = 55\%$). Vale lembrar que a eficiência de frenagem é igual ao coeficiente de atrito, logo, quanto menor a aderência do pneu com o pavimento, maior será a distância de parada, como no exemplo de $\eta = 0,01\%$.

No Brasil, de acordo com a regulamentação do INMETRO para a inspeção veicular, 50% e 55% são as eficiências mínimas de freio de serviço, respectivamente aplicáveis aos veículos pesados e leves.

c) Desequilíbrio de forças de frenagem entre as rodas de um eixo:

Observando a Figura 26:

Figura 26 - Torque resultante do desequilíbrio de freio entre as rodas



Fonte: Imagem do autor

Da Segunda Lei de Newton, na situação proposta, para manter o eixo imobilizado em torno do eixo z, o somatório de torques deve ser igual a 0. Assim:

$$\begin{aligned}\sum T_z &= 0 \\ \sum T_z &= (-T_1) + T_2 \\ \sum T_z &= d(f - F)\end{aligned}$$

Se:

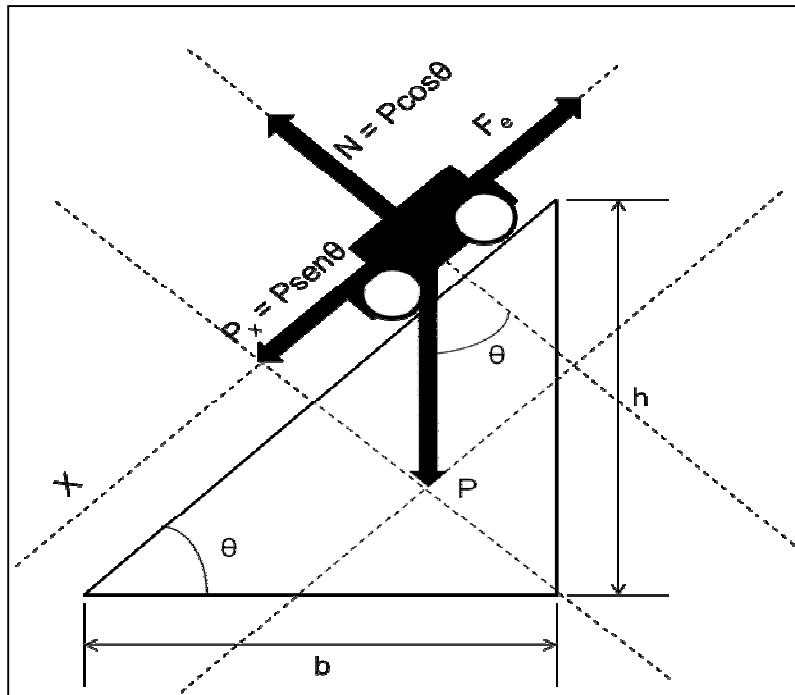
$$\begin{aligned}F &> f \\ \sum T_z &\neq 0\end{aligned}$$

Para o sistema proposto, em caso de desequilíbrio, ou seja, diferença entre as forças de frenagem das rodas de um mesmo eixo, a resultante de torques será diferente de 0, logo haverá giro em torno de z. No Brasil, de acordo com a INMETRO para a inspeção veicular, 20% é o limite máximo de desequilíbrio entre as forças de frenagem das rodas de um mesmo eixo.

d) Eficiência de frenagem de 18% para freios de estacionamento:

Observando a Figura 27:

Figura 27 - A ação do freio de estacionamento



Fonte: Imagem do autor

A força P_x atuante no veículo é a resultante no eixo X da força P, no plano inclinado de grau θ . A força N é a normal à P_y , por sua vez resultante no eixo Y da força P, no plano inclinado de grau θ . Da Segunda Lei de Newton, na situação proposta, para manter o veículo imobilizado, o somatório de forças no eixo X deve ser igual a 0. Assim, se o freio de estacionamento do veículo exerce uma força F_e , na mesma direção, de mesmo módulo, porém em sentido oposto ao da P_x , o veículo permanecerá imobilizado. Logo:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \\ P_x + F_e &= 0 \\ P_x &= -F_e \\ P_x &= P \sin \theta \\ -F_e &= P \sin \theta\end{aligned}$$

Mas:

$$\operatorname{tg} \theta = h/b$$

Da equação de eficiência de frenagem, tem-se:

$$\eta = F/N = P_x/N = P \operatorname{sen} \theta / P \cos \theta$$

$$\eta = \operatorname{sen} \theta / \cos \theta$$

$$\eta = \operatorname{tg} \theta$$

Mas:

$$\operatorname{tg} = \textit{cateto oposto} / \textit{cateto adjacente}$$

Logo:

$$\eta = \textit{cateto oposto} / \textit{cateto adjacente}$$

Tomando como exemplo valores arbitrários para h e d:

$$h = 1,8 \text{ m}$$

$$b = 10 \text{ m}$$

Uma determinada rampa teria a seguinte inclinação percentual:

$$i = (h / b) \times 100 = (1,8 / 10) \times 100 = 18\%$$

Para a rampa com inclinação de 18%, exemplificada acima, a eficiência de frenagem mínima necessária para manter o veículo em repouso seria então:

$$\eta = 18\%$$

Ou seja, a eficiência mínima de frenagem no plano inclinado para manter o veículo em repouso é igual à inclinação percentual da rampa.

Segundo Silveira, a rua mais inclinada do mundo é a Baldwin Street em Dunedin, Nova Zelândia, cuja inclinação é 19° ou 35%. No Brasil, as declividades máximas recomendadas pelo DNIT dependem da classe da estrada de rodagem, variando entre 5% e 9%, mas há situações excepcionais onde podem alcançar 18%. (SILVEIRA, 2007).

No Brasil, de acordo com a regulamentação do INMETRO para a inspeção veicular, 18% é a eficiência mínima do freio de estacionamento para fins de inspeção veicular.

3.3 Estatística

Segundo Triola, a estatística é um conjunto de métodos para o planejamento de estudos e experimentos, obtenção de dados e consequente organização, resumo, apresentação, análise, interpretação e elaboração de conclusões, (TRIOLA, 2008) onde:

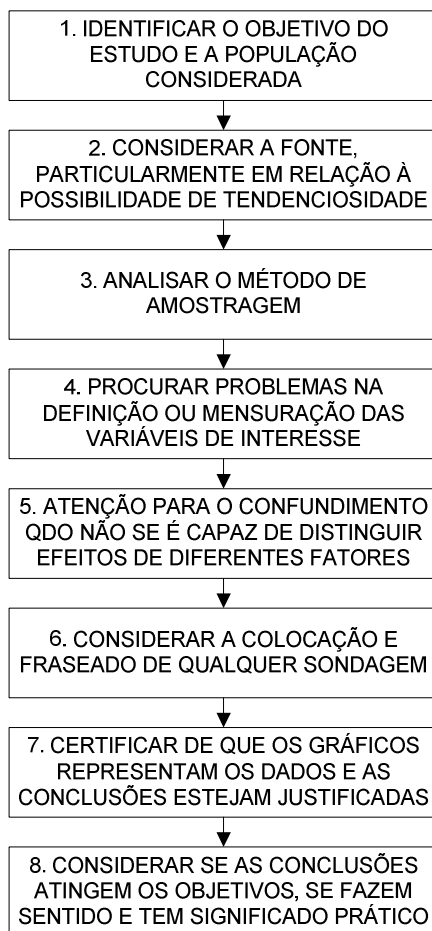
- a) Dados - observações coletadas;
- b) População - coleção completa de todos os dados;
- c) Amostra - subconjunto de membros selecionados da população;
- d) Erro amostral - diferença entre o resultado amostral e o populacional.

Os métodos estatísticos são direcionados pelos dados. Normalmente, obtém-se dados de duas fontes distintas:

- a) Estudo observacional – observa-se e mede-se características específicas sem modificação dos sujeitos objetos da análise;
- b) Experimento – aplica-se algum tratamento e observa-se o seu efeito sobre o sujeito.

Bennett e Briggs, listam oito diretrizes para a avaliação de um estudo estatístico (BENNETT; BRIGGS apud TRIOLA, 2008):

Figura 28 - Oito diretrizes para a avaliação de um estudo estatístico



Fonte: Imagem do autor

3.3.1 Características importantes dos dados

Triola define que, se os dados amostrais não forem coletados de maneira adequada podem ser inúteis de tal modo que nenhuma manipulação estatística poderá salvá-los. É importante, portanto, usar um tamanho de amostra grande o bastante para que se possa ver a verdadeira natureza de quaisquer efeitos e seja obtida usando um método apropriado, por exemplo, baseado em aleatoriedade, onde toda amostra tenha a mesma chance que as demais de ser escolhida. (TRIOLA, 2008)

Quando da descrição, exploração e comparação de conjuntos de dados, as seguintes características são, usualmente importantes:

- a) Frequência - natureza ou forma da distribuição dos dados;
- b) Centro - valor representativo ou médio, indicando meio do conjunto de dados;
- c) Variação - medida de quanto os valores dos dados variam entre si;
- d) *Outliers* - valores muito distantes da maioria dos demais dados;
- e) Tempo - características dos dados que mudam com o tempo.

3.3.2 Distribuição de frequência

De acordo com Triola ao se trabalhar com grandes conjuntos de dados, em geral é útil organizá-los e resumi-los em uma tabela, chamada distribuição de frequência (Tabela 12). A distribuição de frequências lista os valores dos dados (individualmente ou por grupos de intervalos), juntamente com suas frequências correspondentes (ou contagens). (TRIOLA, 2008).

Tabela 12 - Exemplo de distribuição de frequência em uma estatística qualquer

IDADES	FREQUÊNCIAS
21-30	28
31-40	30
41-50	12
51-60	2
61-70	2
71-80	2

Fonte: TRIOLA, 2008.

A seguir alguns termos padrões usados na construção de distribuição de frequências, cujo número de classes deve estar entre 5 e 20, e a escolha deve ser influenciada pela conveniência de se usar números redondos:

- a) Limites inferiores de classe - menores números de cada classe (21, 31, 41, 51, 61 e 71);
- b) Limites superiores de classe - maiores números de cada classe (30, 40, 50, 60, 70 e 80);

- c) Fronteiras de classe - números usados para separar as classes, sem os saltos dos limites (30,5, 40,5, ..., 70,5);
- d) Pontos médios das classes - pontos médios dos intervalos que determinam cada classe (25,5, 35,5, 45,5, 55,5, 65,5 e 75,5);
- e) Amplitude de classe - diferença entre dois limites inferiores ou duas fronteiras de classe consecutivas (10).

3.3.2.1 Distribuição normal de frequência

Triola defende que um objetivo importante é a identificação da natureza da distribuição de frequência. A distribuição normal se refere a um significado especial na estatística diferente do seu uso comum na linguagem. Uma característica essencial de uma distribuição normal é que, quando se constrói seu gráfico, o resultado tem forma de “sino”, com frequências que começam baixas, crescem até um máximo e então decrescem. A distribuição deve ainda ser aproximadamente simétrica, com frequências igualmente distribuídas em ambos os lados da máxima. (TRIOLA, 2008)

3.3.3 Medidas de centro

Segundo Triola uma medida de centro é um valor no meio do conjunto de dados. Há várias maneiras diferentes de se determinar o centro, incluindo a média, a mediana, a moda e o ponto médio. As diferentes medidas de centro têm diferentes vantagens e desvantagens. (TRIOLA, 2008)

3.3.3.1 Média

A média é, em geral, a mais importante de todas as medidas numéricas usadas para descrever dados. A média é a medida de centro encontrada pela adição dos valores e divisão do total pelo número de valores:

$$\text{Média} = \bar{x} = \sum x/n$$

$\sum$ – soma do conjunto de valores

x – valores individuais dos dados

n – número de valores em uma amostra

N – número de valores em uma população

$\bar{x}$ – média de um conjunto de valores amostrais

μ – média de todos os valores de uma população

Uma desvantagem da média é que ela é sensível a qualquer valor, de modo que um extremo (*outlier*) pode afetar drasticamente o seu resultado.

3.3.3.2 Mediana

A mediana de um conjunto de dados é a medida de centro que é o valor do meio quando os dados originais estão arranjados em ordem crescente (ou decrescente) de magnitude. Se o número de valores for ímpar, a mediana será o número localizado no meio exato da lista. Se o número for par, a mediana será encontrada pelo cálculo da média dos dois números do meio. É geralmente empregada para dados com pequeno número de valores extremos (*outliers*).

3.3.3.3 Moda

A moda de um conjunto de dados é o valor que ocorre mais frequentemente. Quando dois valores ocorrem com a mesma maior frequência, cada um é uma moda, e o conjunto de dados é bimodal. Quando mais de dois valores ocorrem com a mesma maior frequência, cada um é uma moda, e o conjunto de dados é multimodal. Quando nenhum valor se repete, não há moda.

3.3.3.4 Ponto médio

O ponto médio é a medida de centro que é exatamente o valor a meio caminho entre o maior e o menor no conjunto original de dados. É encontrado somando-se o maior e o menor valores dos dados e, a seguir, dividindo-se a soma por 2.

$$\text{Ponto médio} = (\text{valor máximo} + \text{valor mínimo}) / 2$$

3.3.4 Medidas de variação (ou dispersão)

Segundo Triola considerar apenas a média não é o bastante para caracterizar o comportamento dos dados, sendo necessário medir a dispersão dos valores. Assim como para a medida de centro há diferentes maneiras de se determinar a variação ou dispersão de um conjunto de dados. (TRIOLA, 2008)

3.3.4.1 Amplitude

A amplitude de um conjunto de dados é a diferença entre o maior e o menor valor.

$$\text{Amplitude} = (\text{valor máximo}) - (\text{valor mínimo})$$

3.3.4.2 Desvio padrão

O desvio padrão de um conjunto de valores amostrais é uma medida da variação dos valores em torno da média. É uma espécie de desvio médio dos valores em relação à média, que é calculado pelas seguintes fórmulas:

$$\text{Desvio padrão amostral: } s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\text{Fórmula abreviada para o desvio padrão amostral: } s = \sqrt{\frac{n \sum(x)^2 - \sum(x)^2}{n(n-1)}}$$

$$\text{Desvio padrão de uma população: } \sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \mu)^2}{N}}$$

O desvio padrão s é usualmente positivo, nunca negativo. É zero apenas quando todos os valores dos dados são o mesmo número. Maiores valores de s indicam grande variação. O valor do desvio padrão pode crescer drasticamente com a inclusão de um ou mais *outliers*. As unidades do desvio padrão são as mesmas dos dados originais.

3.3.4.3 Variância

A variância de um conjunto de dados é igual ao quadrado do desvio padrão.

Variância amostral: s^2

Variância populacional: σ^2

3.3.4.4 Coeficiente de variação (CV)

O coeficiente de variação para um conjunto de dados amostrais ou populacionais não negativos, expresso como um percentual descreve o desvio padrão relativo à média, permitindo comparar variações (dispersões) entre populações diferentes, e é dado pela seguinte expressão:

$$CV \text{ amostral} = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$CV \text{ populacional} = \frac{\sigma}{\mu} \times 100\%$$

3.3.4.5 Regras empíricas

Para estimar grosseiramente o desvio padrão de um conjunto de dados amostrais conhecidos, usa-se:

$$S \approx \text{amplitude} / 4$$

Para interpretar um valor conhecido do desvio padrão, usa-se:

$$\text{Valor mínimo usual} = (\text{média} - 2 \times \text{desvio padrão})$$

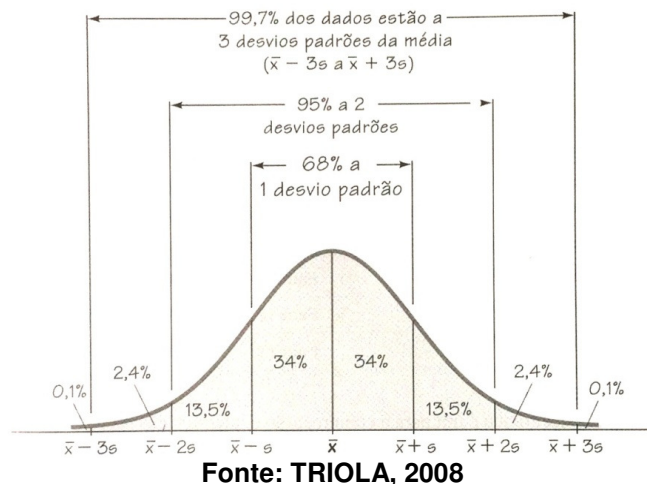
$$\text{Valor máximo usual} = (\text{média} + 2 \times \text{desvio padrão})$$

Para conjunto de dados que tenham uma distribuição normal com forma aproximadamente de sino, aplica-se a regra 68 – 95 – 99,7:

- a) Cerca de 68% de todos os valores ficam a 1 desvio padrão da média;

- b) Cerca de 95% de todos os valores ficam a 2 desvios padrões da média;
- c) Cerca de 99,7% de todos os valores ficam a 3 desvios padrões da média.

Figura 29 – Regra empírica 68 / 95 / 99,7 para distribuição em forma de sino



3.3.5 Medidas de posição relativa

Segundo Triola as medidas de posição relativa podem ser usadas para a comparação de valores de conjuntos de dados diferentes ou dentro de um mesmo conjunto. (TRIOLA, 2008)

3.3.5.1 Escores padronizados z

Um escore padronizado, ou z , é o número de desvios padrões a que se situa determinado valor, acima ou abaixo da média. É encontrado usando-se as seguintes expressões:

$$z_{amostra} = (x - \bar{x}) / s$$

$$z_{população} = (x - \mu) / \sigma$$

3.3.5.2 Quartis

Assim como a mediana divide os dados em duas partes iguais, os três quartis, representados por Q_1 , Q_2 e Q_3 dividem os valores ordenados em quatro partes iguais:

- a) Q_1 (primeiro quartil) - separa os 25% inferiores dos valores ordenados dos 75% superiores. 25% dos valores ordenados são menores do que ou iguais a Q_1 , e no mínimo 75% dos valores são maiores do que ou iguais a Q_1 ;
- b) Q_2 (segundo quartil) - o mesmo que a mediana, ou seja, separa os 50% inferiores dos valores ordenados dos 50% superiores;
- c) Q_3 (terceiro quartil) - separa os 75% inferiores dos valores ordenados dos 25% superiores. 75% dos valores ordenados são menores do que ou iguais a Q_3 , e no mínimo 25% dos valores são maiores do que ou iguais a Q_3 .

3.3.5.3 Percentis

Assim como há três quartis que separam um conjunto de dados em quatro partes, há também 99 percentis, representados por $P_1, P_2, \dots, P_{99}$, que dividem os dados em 100 grupos com cerca de 1% dos valores em cada um:

$$\text{Percentil do valor } x = \frac{\text{número de valores menores do que } x}{\text{número total de valores}} \times 100$$

Desta forma:

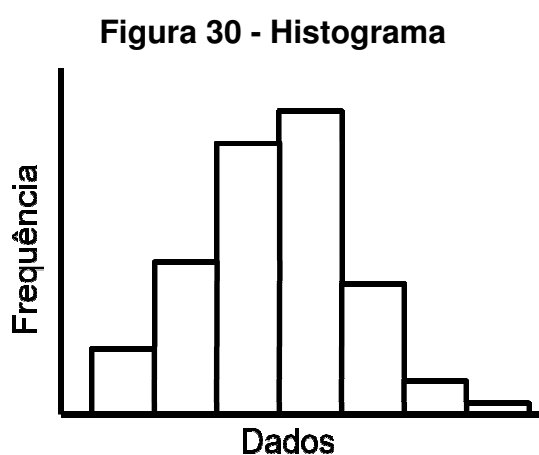
- a) $Q_1 = P_{25}$;
- b) $Q_2 = P_{50}$;
- c) $Q_3 = P_{75}$.

3.3.6 Gráficos

Segundo Triola (2008), mais do que compreender a sua técnica de construção, é importante entender um conjunto de dados por meio de gráficos adequados que sejam eficazes na revelação de características importantes. Gráficos apresentam visualmente as distribuições de conjunto de dados.

3.3.6.1 Histograma

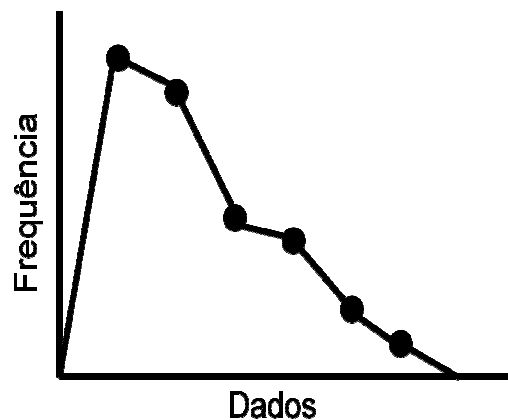
Um histograma é um gráfico de barras no qual a escala horizontal representa classes de valores de dados e a vertical sua frequência. O histograma é, basicamente, uma versão gráfica da tabela de distribuição de frequências. As alturas das barras correspondem aos valores das frequências, e as barras são desenhadas adjacentes umas às outras (sem separação). Um histograma exhibe a natureza da distribuição.



Fonte: Imagem do autor

3.3.6.2 Polígono de frequência

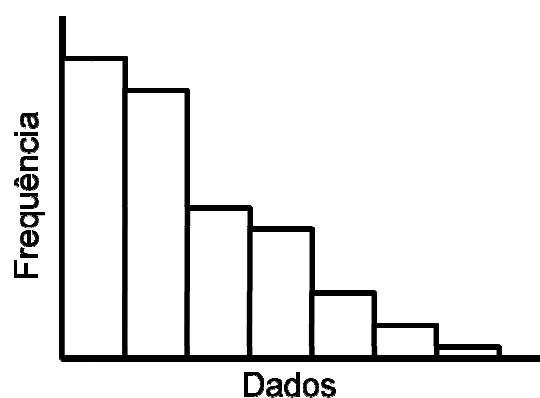
Um polígono de frequência usa segmentos de reta ligados a pontos localizados diretamente acima dos valores dos pontos médio da classe. As alturas dos pontos correspondem às frequências das classes, e os segmentos de retas são estendidos à esquerda e à direita de modo que o gráfico comece e termine no eixo horizontal. Ao se tentar comparar dois conjuntos de dados, é, em geral, útil desenhar os dois polígonos de frequências relativas nos mesmos eixos.

Figura 31 - Polígono de frequência

Fonte: Imagem do autor

3.3.6.3 Gráfico de Pareto

Um gráfico de Pareto é um gráfico de barras para dados qualitativos, com as mesmas dispostas em ordem pela frequência. As escalas verticais nos gráficos de Pareto podem representar frequências ou frequências relativas. A barra mais alta fica à esquerda e as menores se afastam para a direita. Pelo arranjo das barras, o gráfico de Pareto chama a atenção para as categorias mais importantes.

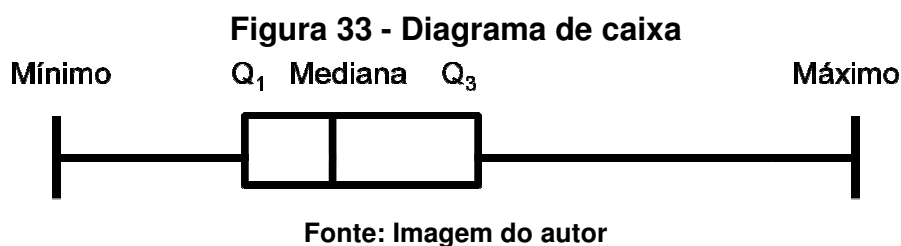
Figura 32 – Gráfico de Pareto

Fonte: Imagem do autor

3.3.6.4 Diagramas de caixa

Um diagrama de caixa é um gráfico de um conjunto de dados que consiste em uma linha que se estende do valor mínimo ao máximo, em uma caixa com linhas traçadas no primeiro quartil, Q_1 , na mediana e no terceiro quartil, Q_3 . Os diagramas de caixa, desde que sob a mesma escala, são importantes para a comparação de

dois ou mais conjuntos de dados.



3.3.7 Análise exploratória dos dados (AED)

Triola define a análise exploratória dos dados (AED) como o processo de uso das ferramentas estatísticas (medidas de centro, variação e gráficos) para a investigação de conjunto de dados com o objetivo de se compreenderem suas características importantes. É importante, em geral, investigar mais profundamente o conjunto de dados para identificar quaisquer características notáveis, especialmente aquelas que possam afetar fortemente os resultados e conclusões. Uma dessas características é a presença de *outliers*. Ao explorar um conjunto de dados, é muito importante considerar os *outliers*, pois podem revelar importantes informações e afetar grandemente os valores da média e do desvio padrão, bem como distorcer gráficos. (TRIOLA, 2008).

4 METODOLOGIA

A metodologia adotada é dividida em duas partes, contemplando os objetivos específicos do trabalho. Para o primeiro caso as amostras e dados são reais, tomados de empresas de inspeção veicular em atividade regular no Brasil e Portugal. Para o segundo caso, propositadamente, as amostras e dados são simulados, para a obtenção de resultados, por consequência, definidos e controlados.

4.1 Metodologia de comparação de amostras de processos de inspeção veicular usualmente operados no Brasil e Portugal

É desejável que o nível de compreensão do processo brasileiro de inspeção veicular, no formato alcançado em função de mais de uma década de experiência, seja o maior possível para a identificação, controle e tratamento das variáveis necessárias a todo e qualquer estudo. O detalhamento pormenorizado do processo brasileiro de inspeção veicular é a tônica do presente trabalho. Assim sendo, para o alcance dos objetivos propostos, a seguinte metodologia foi adotada:

- a) Observação (sistemática e controlada);
- b) Catalogação (detalhada e medida);
- c) Comparação (quantitativa e qualitativa).

Foram utilizados como base para o desenvolvimento do trabalho, três organismos de inspeção ativos licenciados DENATRAN e acreditados pelo INMETRO, localizados na região metropolitana de Belo Horizonte em Minas Gerais, a saber:

- a) Centro Nacional da Segurança Veicular Ltda (A);
- b) Laudocenter Inspeção Veicular Ltda (B);
- c) Central de Inspeções Ltda (C).

Para fins de simplificação, deste ponto em diante os organismos de inspeção apresentados serão nomeados, respectivamente, A, B e C.

A amostra foi composta por processos regulares de inspeção veicular durante a operação normal dos organismos de inspeção selecionados, buscando verossimilhança com a realidade.

4.1.1 Observação

São basicamente três os tipos de inspeções veiculares realizadas pelos organismos nacionais, lembrando que, conforme exposto, no Brasil apenas o artigo 106 da Lei 9503 de 1997 que estabelece o CTB está regulamentado.

Apesar de regulamentadas e operantes (por dispositivos legais específicos), não foram objeto de estudo as inspeções dos veículos e equipamentos de transporte de produtos perigosos, coletivo internacional de passageiros, voluntárias por espontânea vontade do proprietário e aquelas destinadas ao atendimento de regulamentações locais (municipais ou estaduais), haja vista as especificidades destes sistemas, cujo volume é a menor parte dos serviços executados no Brasil. Para fins de conceituação, tais inspeções foram agrupadas e classificadas simplesmente como *outras*. Desta forma, as inspeções de interesse foram as relativas aos veículos:

- a) Equipados com sistema de Gás Natural Veicular (GNV);
- b) Modificados;
- c) Recuperados de sinistro.

É importante ressaltar que um veículo equipado com sistema de Gás Natural Veicular (GNV) (Figura 34) representa um tipo de modificação, cuja regulamentação de inspeção veicular é específica no Brasil em função de particularidades do equipamento e grande demanda.

Figura 34 - Veículo equipado com sistema de Gás Natural Veicular (GNV)



Fonte: Fotos do autor

Requer ainda considerar os tipos de veículos inspecionados, se leves (excluídas daqui as motocicletas) ou pesados e seu impacto no processo de inspeção veicular. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define veículos leves e pesados:

Veículos leves: São considerados veículos leves os automóveis (veículo de passageiros com capacidade até oito pessoas, exclusive o condutor), caminhonetes (veículo de transporte de carga até 1 500 kg) e reboques com PBT até 750 kg (veículo com um ou mais eixos, que se move tracionado por veículo automotor). (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998b, p. 2).

Veículos pesados: São considerados veículos pesados os microônibus (veículo de transporte coletivo com capacidade de até vinte passageiros), ônibus (veículo de transporte coletivo com capacidade para mais de vinte passageiros), misto (veículo destinado ao transporte de carga e passageiro), reboque com PBT acima de 750 kg (veículo de um ou mais eixos, que se move tracionado por veículo automotor), semi-reboque (veículo de um ou mais eixos traseiros, que se move articulado e apoiado na unidade tratora), caminhão (veículo para transporte de carga superior a 1 500 kg) e caminhão trator (veículo automotor destinado a tracionar ou arrastar outro). (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998b, p. 2).

4.1.1.1 Definição da amostra nacional

Dada a diversidade de tipos de inspeção e veículos, conforme exposto, a amostra foi definida para fins de controle a partir da análise das tabelas adiante. Vejamos (Tabelas 13, 14 e 15):

Tabela 13 - Inspeções por tipo

TIPOS DE INSPEÇÃO	PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DE INSPEÇÕES REALIZADAS		
	A	B	C
GNV	21%	9%	35%
MODIFICAÇÃO	50%	64%	43%
RECUPERADO DE SINISTRO	13%	9%	13%
OUTRAS	16%	18%	9%

Fonte: Dados da pesquisa

Apesar da grande participação das inspeções de modificação no total, a variabilidade do tipo é grande devido às especificidades de cada alteração realizada ou equipamento instalado no veículo, sendo, portanto, indesejável sua adoção como amostragem. Em participação total o segundo maior volume de inspeções é o de veículos equipados com GNV. Vale ressaltar que o número de veículos pesados equipados com sistema de GNV no Brasil é pequeno, tendo sido nulo durante o período analisado para os organismos A, B e C. No Brasil o perfil das inspeções pode variar sensivelmente em função da região geográfica de estudo.

Tabela 14 - Média de tempo das inspeções realizadas

TIPOS DE INSPEÇÃO	MÉDIA DE TEMPO (HH:MM:SS)		
	A	B	C
GNV	01:10:31	01:27:18	01:26:37
MODIFICAÇÃO	00:51:27	01:23:15	01:16:56
RECUPERADO DE SINISTRO	00:39:48	01:01:56	01:13:44
OUTRAS	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

A maior média de tempo em A, B e C é relativa à inspeção de veículos equipados com sistema de GNV. É um resultado esperado. A inspeção do veículo equipado com sistema de GNV atende os mesmos requisitos da de recuperados de

sinistro e modificados no que tange à parte veicular (direção, suspensão, freios e outros) e vai além, alcançando outros quesitos, abrangendo a vistoria de todos os componentes instalados (cilindro, válvula redutora de pressão, suportes, tubulações e outros) e análise de emissões (gases e ruídos).

Tabela 15 - Tipos de veículos no total de inspeções realizadas

TIPOS DE VEÍCULO	PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DE INSPEÇÕES REALIZADAS		
	A	B	C
LEVES	70%	33%	68%
PESADOS	23%	62%	27%

Fonte: Dados da pesquisa

Da análise da Tabela 15, a grande participação de pesados (62%) no organismo de inspeção B, cujo início de suas operações data de julho de 2011, portanto recente, se deve a determinada frota específica, alterando a tendência, portanto tais dados serão desprezados. Os veículos leves compõem assim a maior participação relativa no total de inspeções realizadas nos organismos A e C.

É desejável adotar o caso mais significativo como referência. A partir da análise dos dados apresentados, por ser a segunda em participação no total de inspeções realizadas durante o período (a primeira, a inspeção de modificados, foi descartada em função da grande variabilidade de tipos devido às especificidades de cada alteração realizada ou equipamento instalado no veículo) e padronizada, foi adotada a seguinte população:

- a) Veículos leves;
- b) Equipados com sistema de Gás Natural Veicular (GNV).

Da população de inspeção de veículos leves, equipados com sistema GNV, ora adotada, foi realizada uma amostragem aleatória. Tendo em vista que o processo de inspeção dos veículos leves equipados com sistema de GNV é normalizado, padronizado, controlado por robusto sistema de gestão da qualidade acreditado e auditado pelo INMETRO, em conformidade com a norma NBR 17020

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006), e fiscalizado em tempo real através da Unidade de Gestão de Certificado de Segurança Veicular (UGC) pelo DENATRAN, é possível inferir que qualquer amostra é representativa da população adotada. Assim, a amostra adotada para o trabalho foi composta por 7 (sete) processos aleatórios de inspeção de veículos leves equipados com sistema de GNV de cada um dos organismos A, B e C.

4.1.1.2 Definição da amostra internacional

Do estudo realizado ao longo do trabalho é possível inferir que os países da UE, em função da compulsoriedade dada pela Diretiva 96/96/CE, substituída pela 40/09/CE do Parlamento Europeu estabelecendo padrões mínimos para a inspeção veicular, tenham construído o cenário em grande escala mais estável, organizado e do mundo. Desta forma a população definida para extração da amostra foi a UE.

Na União Européia cada país estabelece as suas próprias regras de operação do programa de inspeção veicular, desde que cumpridos os requisitos mínimos estabelecidos pela regulamentação vigente no bloco. Há diversos formatos, desde licenciamento e acreditação, onde as estações de inspeção veicular concorrem entre si, até concessões de regiões inteiras pelo governo. Casos como o da França que possui uma estrutura da ordem de 4500 estações de inspeção, Turquia em que uma única operadora atua no país e Reino Unido onde, apesar de um rigoroso sistema de controle, as empresas de inspeção também podem realizar manutenção, estão bastante distantes da realidade brasileira. Desta forma, para os objetivos do trabalho, se destacam os seguintes países da UE:

- a) Alemanha - pelo histórico e atuação mundial em inspeção veicular;
- b) Bélgica - pelo histórico e organização das operadoras de inspeção veicular;
- c) Portugal - pela modernidade do programa de inspeção veicular.

Das opções selecionadas Portugal foi escolhido pelas particularidades do programa de inspeção veicular, em especial a modernidade, somada à experiência (conforme relatado no capítulo 2) além da longa tradição de colaboração com o Brasil. A ITP operada em Portugal compõe assim amostra representativa da UE.

Foram realizadas visitas técnicas a três estações de duas grandes operadoras de ITP de Portugal, a saber:

- a) Controlauto Inspeção Automóvel - 46 estações de inspeção veicular no país;
- b) Mastertest Inspeção de Veículos - 11 estações de inspeção veicular no país.

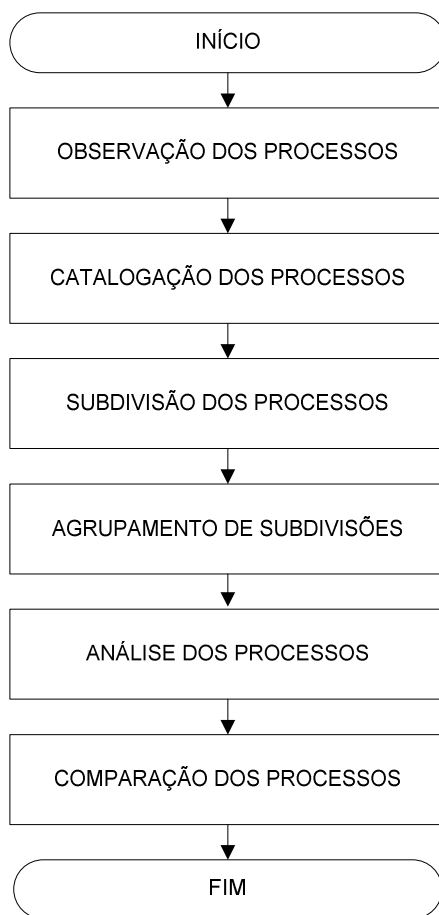
Dadas às características de padronização e controle dos processos de ITP de Portugal, haja vista que todas as estações de inspeções operam sistemas de gestão da qualidade baseados na mesma norma internacional utilizada pelo Brasil, a amostra tomada neste caso também foi aleatória, composta por 7 (sete) processos de inspeção de veículos leves, porém não equipados com sistema de GNV o que, neste caso, em nada interfere para fins de comparação com a brasileira, pois trata-se de etapa específica, agrupada e bem definida para os componentes do Gás Natural Veicular, bastando, para tanto, eliminá-la quando da análise comparativa.

A mesma metodologia de observação e catalogação (adiante) adotada para a amostra brasileira foi repetida para a portuguesa.

4.1.2 Catalogação

A catalogação em formato que permitisse a posterior comparação dos processos de inspeção veicular brasileiro e português foi desmembrada ainda nas seguintes etapas (Figura 35):

- a) Subdivisão dos processos - ao menor nível possível, caracterizando detalhadamente cada atividade do processo de inspeção veicular;
- b) Agrupamento de subdivisões - em grupos, caracterizando e organizando a relação entre atividades do processo de inspeção veicular;
- c) Análise dos processos - garantindo a correta transcrição da atividade para fluxograma estruturado que permitisse, em seguida, a comparação entre os processos de inspeção veicular brasileiro e português.

Figura 35 - Observação, catalogação e comparação dos processos da amostra

Fonte: Imagem do autor

4.1.3 Comparação

Tendo em vista o objetivo do trabalho o processo de inspeção veicular brasileiro foi comparado, em termos quantitativos e qualitativos, ao atualmente operado em Portugal.

4.2 Metodologia para desenvolvimento de conceito e ferramenta estatísticas para identificação de padrões e desvios entre diferentes operadores de atividade de inspeção veicular

A metodologia consiste em aplicar os fundamentos estatísticos na Análise Exploratória de Dados (AED) nos resultados de diferentes operadores de atividade de inspeção veicular em busca de padrões e desvios (*outliers*). Para tanto requer o desenvolvimento de conceito e ferramenta aplicáveis à atividade de inspeção veicular considerando todas as suas especificidades.

4.2.1 Objeto do estudo e população considerada

O objeto de estudo são os operadores de atividade de inspeção veicular e a população considerada são os dados compulsórios gerados e fornecidos ao DENATRAN por meio das UGC.

Por concentrar toda a informação em formato digital, os dados mantidos pelo governo podem ser totalmente utilizados, ou seja, não se tratam de amostra, mas da população, portanto seguramente representativos, permitindo assim uma consistente análise estatística.

4.2.2 Fonte

A análise estatística objetiva o próprio banco de dados do DENATRAN como fonte, portanto livre de qualquer tendência. Ademais, o método estatístico adotado é o estudo observacional, ou seja, sem modificação dos dados objetos da análise.

4.2.3 Método de amostragem

Não é necessário método de amostragem para garantia de representatividade de dados selecionados, pois, em função da praticidade e disponibilidade, pretende-se a análise estatística de toda a população de informações geradas pelos operadores da atividade de inspeção veicular em atividade regular.

4.2.4 Definição e mensuração das variáveis de interesse

Para fins do presente trabalho, as variáveis de interesse da análise estatística dos dados gerados pelos operadores brasileiros de inspeção veicular, prontamente disponíveis no atual sistema operado pelas UGC, são:

- a) Número de veículos inspecionados
- b) Percentual de aprovação;
- c) Percentual de reprovação;
- d) Média de número de defeitos encontrados;
- e) Número máximo de defeitos encontrados;
- f) Número mínimo de defeitos encontrados;
- g) Amplitude de defeitos encontrados;
- h) Tipos e percentuais de defeitos encontrados;
- i) Desvio padrão de defeitos encontrados;
- j) Variância de defeitos encontrados;
- k) Média declarada de tempo de inspeção;
- l) Média medida de tempo de inspeção;
- m) Tempo máximo de inspeção;
- n) Tempo mínimo de inspeção;
- o) Amplitude de tempos de inspeção;
- p) Desvio padrão de tempos de inspeção;
- q) Variância de tempos de inspeção;
- r) Média medida de tempo de reinspeção;
- s) Tempo máximo medido de reinspeção;
- t) Tempo mínimo medido de reinspeção;
- u) Amplitude de tempos de reinspeção;
- v) Desvio padrão de tempos de reinspeção;
- w) Variação de tempos de reinspeção.

A atividade de inspeção veicular no Brasil é devidamente regulamentada e todos os dados fornecidos ao DENATRAN pelos respectivos operadores, compulsórios e padronizados. Os próprios operadores da inspeção veicular são responsáveis pela mensuração. A partir da identificação de padrões será possível

analisar os desvios (*outliers*) cometidos por determinados operadores, eventualmente em descumprimento à compulsoriedade e padrão de fornecimento de dados ou, pior, irregularidades na própria atividade.

4.2.5 Efeitos de diferentes fatores

A AED deve ser realizada em caráter experimental e educativo até o amadurecimento da interpretação de variáveis que podem, eventualmente, levar ao confundimento e comprometer os resultados. Exemplo: ao se identificar o operador que mais realiza inspeções em determinada região, três conclusões, dentre outras, podem ser inferidas:

- a) Menores preços - atraindo o usuário pela via financeira;
- b) Maior qualidade - atraindo o usuário pela via profissional;
- c) Menor índice de reprovação - atraindo o usuário pela irregularidade.

Condições prévias devem ainda ser estabelecidas, normalizando a população de interesse, antes da comparação de dados de diferentes operadores de inspeção veicular, evitando o confundimento na análise, dentre os quais:

- a) Região – é desejável que sejam comparados entre si operadores de inspeção veicular localizados em uma mesma região, em função de características e especificidades comuns da frota local. Exemplo: é possível que a frota de Belo Horizonte (capital) tenha perfil diferente da de Montes Claros (interior);
- b) Profissionais, equipamentos e instalações – é desejável que sejam comparados entre si tempos de inspeção tomados de operadores com número de inspetores, características de equipamentos e instalações semelhantes, em função de características e especificidades comuns à operação. Exemplo: é possível que uma operadora com entrada e saída independentes não contabilize tempo de manobra aguardando que um veículo saia da vala para outro acessar;
- c) Veículos e escopos - é desejável que sejam comparados entre si índices de aprovação e reprovação, e suas características, para inspeção realizada em veículos e escopos semelhantes, em função de características e

especificidade comuns de tipos e normas. Exemplo: é possível que um veículo Fiat/Palio ano 2000 modificado apresente comportamento diferente no teste de freio de um VW/Gol ano 2012 recuperado de sinistro.

4.2.6 Colocação e fraseado de sondagens

Os dados fornecidos pelos operadores de inspeção veicular ao DENATRAN são quantitativos, portanto livres de dubiedade.

4.2.7 Gráficos

A ferramenta estatística deve gerar, no mínimo, os seguintes gráficos, para fins de AED:

- a) Histogramas;
- b) Polígonos de frequências;
- c) Diagramas de caixa;
- d) Gráficos de Pareto (opcionalmente).

4.2.8 Conclusões e sentido prático

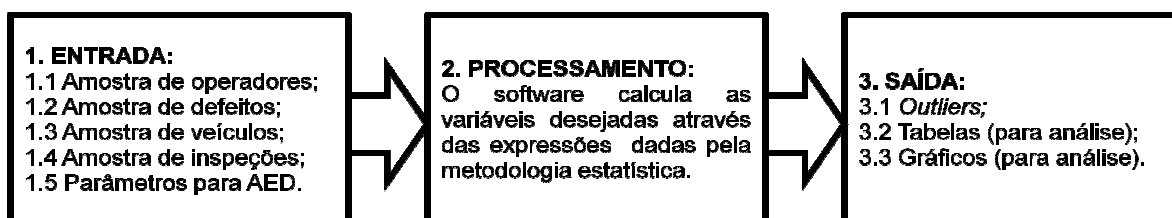
A AED das informações geradas pelos operadores de inspeção veicular, especialmente identifica *outliers*, mas conclusões devem ser tomadas com prudência, especialmente aquelas que possam levar a sanções e penalidades. É importante ressaltar que a atividade de inspeção veicular no Brasil para os casos previstos no artigo 106 do CTB, é compulsória, porém operada por empresas privadas submetidas a livre concorrência de mercado. O usuário opta livremente por qual empresa realizar a inspeção para regularização do veículo. Pretende-se que o conceito e ferramenta estatística identifiquem, dentre determinado grupo de operadores de inspeção veicular, aqueles que descumpram os critérios regulamentares, quer seja por imprudência, imperícia ou negligência, partindo das seguintes hipóteses:

- a) Aprovando veículos irregulares - supostamente associado a elevado número relativo de inspeções em função do alto poder de atratividade por facilitações que reduzam o tempo e, principalmente, o custo do reparo;
- b) Deixando de realizar algum procedimento ou teste obrigatório - supostamente associado a reduzido tempo de inspeção, o que permite economia de mão de obra, equipamentos e por consequência, custos;
- c) Driblando o sistema de controle do governo - supostamente associado a tempo reduzido de retorno, pois apesar de corretamente reprovado no sistema, o veículo retorna sem que tenham sido sanados os defeitos e então é aprovado.

4.2.9 Ferramenta estatística para identificação de padrões e desvios entre operadores de inspeção veicular

A ferramenta está desenvolvida no sistema *Microsoft Excel®*, porém pode ser migrada para qualquer linguagem, desde que se tenha acesso aos dados de inspeção veicular em questão. A ferramenta está planejada da seguinte forma:

Figura 36 - Entrada, processamento e saída do software



Fonte: Imagem do autor

4.2.9.1 Entrada

Os dados de entrada são simulados ou, em caso real, fornecidos pela UGC.

4.2.9.1.1 Amostra de operadores de inspeção veicular

A amostra de operadores de inspeção veicular requer os seguintes parâmetros de modo a traçar perfis compatíveis para fins de comparação e análise exploratória dos dados, a saber:

- a) Cidade;
- b) Estado;
- c) Região;
- d) Número de inspetores;
- e) Número de valas;
- f) Número de linhas de inspeção;
- g) Fabricante de linhas de inspeção;
- h) Número de analisadores de gases;
- i) Fabricante de analisadores de gases;
- j) Entrada e saída independente (sim ou não);
- k) Tempo de inspeção declarado (e medido) em auditoria do INMETRO.

Figura 37 - Amostra de operadoras de inspeção veicular (simulação)

AMOSTRA DE ORGANISMOS DE INSPEÇÃO												
#	OI	CIDADE	ESTADO	REGIÃO	INSPETOR(ES)	VALA(S)	LINHA(S)	FABRICANTE	NALISADOR(E)	FABRICANTE	ENTRADA/SAÍDA	TEMPO INSPEÇÃO
1	OI 1	BH	MG	SUDESTE	2	2	2	NAPRO	2	NAPRO	NÃO	0:29:00
2	OI 2	BH	MG	SUDESTE	2	1	1	MAHA	1	ALFATEST	NÃO	0:43:00
3	OI 3	BH	MG	SUDESTE	2	2	2	NAPRO	2	NAPRO	SIM	0:51:00
4	OI 4	RIO	RJ	SUDESTE	2	1	1	BEISSBARTH	2	TECNOMOTOR	SIM	0:30:00
5	OI 5	RIO	RJ	SUDESTE	2	2	2	CARTEC	2	SUN	NÃO	0:35:00
6	OI 6	SP	SP	SUDESTE	2	2	2	NAPRO	2	NAPRO	NÃO	0:30:00
7	OI 7	SP	SP	SUDESTE	2	1	1	MAHA	1	TECNOMOTOR	SIM	1:07:00
8	OI 8	SP	SP	SUDESTE	2	2	2	NAPRO	2	NAPRO	NÃO	0:31:00
9	OI 9	VITÓRIA	ES	SUDESTE	2	1	1	NAPRO	1	ALFATEST	SIM	0:49:00
10	OI 10	VITÓRIA	ES	SUDESTE	2	2	2	BEISSBARTH	2	SUN	NÃO	1:19:00

Fonte: Imagem do autor

4.2.9.1.2 Amostra de defeitos padronizados

A amostra de defeitos padronizados deve ser uma fonte de informações objetivas, não subjetivas, possíveis de serem coletadas e rastreadas com o advento de filmagens, fotos ou dados de ensaios mecanizados advindos de equipamentos calibrados e lacrados, de maneira que confrontadas com requisitos de aprovação ou reprovação estabelecidos nos regulamentos aplicáveis, não permitam a interpretação ou julgamento profissional. É a garantia das partes envolvidas, ou seja, operadora de inspeção veicular e governo, em eventual investigação. Exemplo: eficiência de freios abaixo de 55% é reprovada, não permitindo interpretação ou julgamento profissional, sendo, portanto, um dado objetivo, já determinada cor emitida pelo farol pode ser relativa, variando de profissional para profissional.

A amostra de defeitos padronizados requer os seguintes parâmetros de modo a traçar perfis compatíveis para fins de comparação e AED, a saber:

- a) Iluminação;
- b) Sinalização;
- c) Direção;
- d) Suspensão;
- e) Freios;
- f) Emissões;
- g) Pneus;
- h) Eixos;
- i) Estrutura;
- j) Identificação.

Figura 38 - Amostra de defeitos padronizados (simulação)

AMOSTRA DE DEFEITOS		
#	DEFEITO	CONTROLE OBJETIVO
1	ILUMINAÇÃO	FILMAGEM (UGC) + DADOS (EQUIPAMENTOS CALIBRADOS E LACRADOS)
2	SINALIZAÇÃO	FILMAGEM (UGC) + DADOS (EQUIPAMENTOS CALIBRADOS E LACRADOS)
3	DIREÇÃO	FILMAGEM (UGC) + DADOS (EQUIPAMENTOS CALIBRADOS E LACRADOS)
4	SUSPENSÃO	FILMAGEM (UGC) + DADOS (EQUIPAMENTOS CALIBRADOS E LACRADOS)
5	FREIOS	FILMAGEM (UGC) + DADOS (EQUIPAMENTOS CALIBRADOS E LACRADOS)
6	EMISSÕES	FILMAGEM (UGC) + DADOS (EQUIPAMENTOS CALIBRADOS E LACRADOS)
7	PNEUS	FOTO (UGC)
8	EIXOS	FOTO (UGC)
9	ESTRUTURA	FOTO (UGC)
10	IDENTIFICAÇÃO	FOTO (UGC)

Fonte: Imagem do autor

4.2.9.1.3 Amostra de veículos padronizados

A amostra de veículos padronizados é um dado simulado e controlado, com a função exclusiva de validar os resultados do *software*. Neste caso a amostra é composta por veículos com defeitos padronizados conhecidos que, depois de distribuídos entre todos os operadores, simulando a realização de inspeção veicular, serão utilizados para verificação da correção dos resultados (*outliers*, tabelas e gráficos) apresentados pelo *software*. Desta forma, toda alteração realizada na

amostra de veículos padronizados, simulando, por exemplo, determinado operador de inspeção veicular que deixe de reprovar o sistema de freios com defeito conhecido e controlado, deve ser identificada como *outlier* nos resultados de saída do sistema, validando, portanto, seu funcionamento.

A amostra de veículos padronizados foi então arbitrada, conforme adiante:

- a) 10 (dez) automóveis A - 10% dos veículos com algum tipo de defeito;
- b) 10 (dez) automóveis B - 20% dos veículos com algum tipo de defeito;
- c) 10 (dez) automóveis C - 30% dos veículos com algum tipo de defeito;
- d) 10 (dez) automóveis D - 40% dos veículos com algum tipo de defeito;
- e) 10 (dez) automóveis E - 50% dos veículos com algum tipo de defeito;
- f) 10 (dez) microônibus F - 60% dos veículos com algum tipo de defeito;
- g) 10 (dez) ônibus G - 70% dos veículos com algum tipo de defeito;
- h) 10 (dez) caminhonetes H - 80% dos veículos com algum tipo de defeito;
- i) 10 (dez) caminhões I - 90% dos veículos com algum tipo de defeito;
- j) 10 (dez) caminhões tratores J - 100% dos veículos com algum tipo de defeito.

Figura 39 - Amostra de veículos padronizados (simulação)

AMOSTRA DE VEÍCULOS																			
#	PLACA	ESPÉCIE	TIPO	MARCA	MODELO	VERSÃO	ANO FAB	ANO MOD	ILUMINAÇÃO	SINALIZAÇÃO	DIREÇÃO	SUSPENSÃO	FREIOS	EMISSÕES	PNEUS	EIXOS	ESTRUTURA	IDENTIFICAÇÃO	RESULTADO
1	AAA-1111	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	UNO	ECONOMY	2011	2011	DEFEITO										REPROVADO
2	AAA-2222	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	UNO	ECONOMY	2011	2011											APROVADO
3	AAA-3333	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	UNO	ECONOMY	2011	2011											APROVADO
4	AAA-4444	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	UNO	ECONOMY	2011	2011											APROVADO
5	AAA-5555	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	UNO	ECONOMY	2011	2011											APROVADO
6	AAA-6666	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	UNO	ECONOMY	2011	2011											APROVADO
7	AAA-7777	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	UNO	ECONOMY	2011	2011											APROVADO
8	AAA-8888	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	UNO	ECONOMY	2011	2011											APROVADO
9	AAA-9999	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	UNO	ECONOMY	2011	2011											APROVADO
10	AAA-0000	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	UNO	ECONOMY	2011	2011											APROVADO
TOTAIS																			
i	VEÍCULOS (#)																		10
ii	VEÍCULOS COM DEFEITO (#)																		1
iii	VEÍCULOS COM DEFEITO (%)																		10%
iv	DEFEITOS (#)																		1
v	DEFEITOS (%)																		10%
#	PLACA	ESPÉCIE	TIPO	MARCA	MODELO	VERSÃO	ANO FAB	ANO MOD	ILUMINAÇÃO	SINALIZAÇÃO	DIREÇÃO	SUSPENSÃO	FREIOS	EMISSÕES	PNEUS	EIXOS	ESTRUTURA	IDENTIFICAÇÃO	RESULTADO
11	BBB-1111	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	PUNTO	T-JET	2010	2010	DEFEITO										REPROVADO
12	BBB-2222	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	PUNTO	T-JET	2010	2010	DEFEITO	DEFEITO									REPROVADO
13	BBB-3333	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	PUNTO	T-JET	2010	2010											APROVADO
14	BBB-4444	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	PUNTO	T-JET	2010	2010											APROVADO
15	BBB-5555	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	PUNTO	T-JET	2010	2010											APROVADO
16	BBB-6666	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	PUNTO	T-JET	2010	2010											APROVADO
17	BBB-7777	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	PUNTO	T-JET	2010	2010											APROVADO
18	BBB-8888	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	PUNTO	T-JET	2010	2010											APROVADO
19	BBB-9999	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	PUNTO	T-JET	2010	2010											APROVADO
20	BBB-0000	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	PUNTO	T-JET	2010	2010											APROVADO
TOTAIS																			
i	VEÍCULOS (#)																		10
ii	VEÍCULOS COM DEFEITO (#)																		2
iii	VEÍCULOS COM DEFEITO (%)																		20%
iv	DEFEITOS (#)																		3
v	DEFEITOS (%)																		30%
#	PLACA	ESPÉCIE	TIPO	MARCA	MODELO	VERSÃO	ANO FAB	ANO MOD	ILUMINAÇÃO	SINALIZAÇÃO	DIREÇÃO	SUSPENSÃO	FREIOS	EMISSÕES	PNEUS	EIXOS	ESTRUTURA	IDENTIFICAÇÃO	RESULTADO
21	CCC-1111	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	BRAVO	DUALOGIC	2009	2010	DEFEITO										REPROVADO
22	CCC-2222	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	BRAVO	DUALOGIC	2009	2010	DEFEITO	DEFEITO									REPROVADO
23	CCC-3333	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	BRAVO	DUALOGIC	2009	2010	DEFEITO	DEFEITO	DEFEITO								REPROVADO
24	CCC-4444	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	BRAVO	DUALOGIC	2009	2010											APROVADO
25	CCC-5555	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	BRAVO	DUALOGIC	2009	2010											APROVADO
26	CCC-6666	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	BRAVO	DUALOGIC	2009	2010											APROVADO
27	CCC-7777	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	BRAVO	DUALOGIC	2009	2010											APROVADO
28	CCC-8888	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	BRAVO	DUALOGIC	2009	2010											APROVADO
29	CCC-9999	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	BRAVO	DUALOGIC	2009	2010											APROVADO
30	CCC-0000	PAS	AUTOMÓVEL	FIAT	BRAVO	DUALOGIC	2009	2010											APROVADO
TOTAIS																			
i	VEÍCULOS (#)																		10
ii	VEÍCULOS COM DEFEITO (#)																		3
iii	VEÍCULOS COM DEFEITO (%)																		30%
iv	DEFEITOS (#)																		6
v	DEFEITOS (%)																		30%

Fonte: Imagem do autor

4.2.9.1.4 Amostra de inspeções

Para fins de simulação, é adotada uma amostra de 1000 (mil) inspeções igualmente distribuídas entre os 10 (dez) organismos de inspeção de modo que cada um inspecione todos os 10 (dez) veículos de cada tipo. Na medida em que variáveis controladas são alteradas é possível monitorar o comportamento dos resultados, e, especialmente, identificar os operadores *outliers*.

A amostra de inspeções requer os seguintes parâmetros de modo a traçar perfis compatíveis para fins de comparação e AED, a saber:

- a) Operadora;
- b) Cidade;
- c) Estado;
- d) Região;
- e) Número de inspetores;
- f) Número de valas;
- g) Número de linhas;
- h) Fabricante das linhas de inspeção;
- i) Número de analisadores de gases;
- j) Fabricante dos analisadores de gases;
- k) Entrada e saída independentes (sim ou não);
- l) Tempo de inspeção declarado e medido em auditoria do INMETRO;
- m) Norma aplicada definindo o escopo de inspeção;
- n) Placa do veículo;
- o) Espécie do veículo;
- p) Tipo do veículo;
- q) Marca do veículo;
- r) Modelo do veículo;
- s) Versão do veículo;
- t) Ano de fabricação do veículo;
- u) Ano modelo do veículo;
- v) Defeitos padronizados apresentados (sim ou não);
- w) Resultado da inspeção (aprovado ou reprovado);
- x) Data e horário de início da inspeção;

- y) Data e horário de fim da inspeção;
- z) Tempo de inspeção;
- aa) Data e horário de fim do retorno (caso tenha sido reprovado inicialmente);
- bb) Tempo do retorno (entre a primeira reprovação e a aprovação final).

Todos os dados da amostra de inspeções relacionados neste trabalho são atualmente disponíveis ao DENATRAN através das UGC desde 2008.

Figura 40 - Amostra de inspecões (simulação)

[illegible]

Fonte: Imagem do autor

4.2.9.1.5 Parâmetros para AED

O *software* permite a parametrização dos dados, filtrando e isolando aquilo que se pretende analisar estatisticamente, evitando o confundimento, em especial:

- Cidade, estado e região pretendidas;
- Características dos operadores pretendidos;
- Veículos e escopos de inspeção pretendidos.

4.2.9.2 Processamento

O *software* calcula as variáveis desejadas através das expressões dadas pela metodologia estatística, a partir da parametrização inicial do usuário.

4.2.9.3 Saída

O *software* entrega *outliers*, tabelas e gráficos das seguintes variáveis:

- a) Número de inspeções - o desvio pode indicar algum benefício não regulamentar concedido pela operadora ao usuário;
- b) Índice de aprovações - o desvio pode indicar o descumprimento de alguma atividade regulamentar, beneficiando o usuário;
- c) Índice de reprovações - o desvio pode indicar o descumprimento de alguma atividade regulamentar, beneficiando o usuário;
- d) Número de defeitos - o desvio pode indicar o descumprimento de alguma atividade regulamentar. É diferente e mais preciso que o índice de reprovações, pois está relacionado ao volume de dados gerados por defeitos detectados individualmente e não ao resultado final da inspeção;
- e) Distribuição de defeitos - o desvio pode indicar o descumprimento de alguma atividade regulamentar ou mesmo eventual defeito ou falta de calibração em equipamento de inspeção. É diferente e mais preciso que o número de defeitos, pois está relacionado aos defeitos por sistemas e componentes, permitindo identificar algum ponto específico no processo de inspeção;
- f) Tempo de inspeção - o desvio pode indicar o descumprimento de alguma atividade regulamentar;
- g) Tempo de reinspeção - o desvio pode indicar o descumprimento de alguma atividade regulamentar. É diferente do tempo de inspeção, pois está relacionado ao tempo que o usuário leva para o conserto do veículo.

A análise crítica, conclusão e veredito sobre os resultados, a partir dos *outliers*, tabelas e gráficos apresentados pelo *software*, deve ser realizada pelo usuário, em caso real, o próprio governo. O *software* é um meio em si e não o fim.

5 RESULTADOS

A metodologia adotada para os objetivos específicos do trabalho conduziu a resultados que permitem uma importante compreensão do processo de inspeção veicular operado no Brasil.

5.1 Catalogação do processo de inspeção veicular brasileiro

A amostra brasileira foi subdivida, agrupada e analisada para catalogação.

5.1.1 Subdivisão do processo brasileiro em atividades detalhadas

A subdivisão do processo de inspeção veicular brasileiro em atividades buscando o maior nível de detalhamento possível ficou conforme o Quadro 1:

Quadro 1 - Processo de inspeção veicular subdividido em atividades

I	CHEGADA
1	Usuário chega
2	Usuário estaciona
3	Usuário vai à recepção
II	RECEPÇÃO
4	Recepcionista fornece os primeiros esclarecimentos ao usuário
5	Recepcionista realiza o pré atendimento do usuário coletando documentos e distribuindo senha
6	Recepcionista procura usuário pelo microfone
7	Recepcionista registra hora de início do processo recepção
8	Recepcionista cadastra processo no sistema da Unidade de Gestão de Certificados (UGC)
9	Recepcionista imprime a Ordem de Serviço (OS)
10	Recepcionista separa e copia documentos
11	Recepcionista separa e copia Carteira Nacional de Habilitação (CNH)
12	Recepcionista separa e copia Certificado de Registro e Licenciamento do Veículo (CRLV)
13	Recepcionista separa e copia nota fiscal de venda do kit de Gás Natural Veicular (GNV)
14	Recepcionista separa e copia nota fiscal de instalação do kit de Gás Natural Veicular (GNV)
15	Recepcionista separa e copia atestado de qualidade do kit de Gás Natural Veicular (GNV)
16	Recepcionista separa e copia selo do kit de Gás Natural Veicular (GNV)
17	Recepcionista lê a Ordem de Serviço (OS) e esclarece os requisitos da inspeção
18	Recepcionista efetua o recebimento
19	Recepcionista solicita a usuário que desabilite sistema de segurança e retire objetos do veículo
20	Recepcionista recolhe a chave do veículo e devolve os documentos
21	Recepcionista conduz a Ordem de Serviço (OS) e chave do veículo ao departamento técnico
22	Recepcionista registra a hora de fim do processo recepção

23	Recepcionista volta do departamento técnico
III	PREPARAÇÃO DO VEÍCULO
24	Inspetor registra hora de início do processo preparação
25	Inspetor vai até o veículo
26	Inspetor realiza a vistoria de recebimento do veículo
27	Inspetor conduz o veículo para a preparação da amostra
28	Inspetor seleciona procedimento e lista adequados conforme dados da Ordem de Serviço (OS)
29	Inspetor identifica o veículo (placa, chassi e prisma) conforme dados da Ordem de Serviço (OS)
30	Inspetor coleta decalque de chassi
31	Inspetor confere pressão do sistema de Gás Natural Veicular (GNV)
32	Inspetor coleta dados do veículo e kit de Gás Natural Veicular (GNV) instalado
33	Inspetor calibra pneus
34	Inspetor conduz veículo ao regloscópio e verifica faróis baixo e alto
35	Inspetor registra a hora de fim do processo preparação
IV	LINHA DE INSPEÇÃO
36	Inspetor registra hora de início do processo linha de inspeção
37	Inspetor cadastra veículo na linha de inspeção
38	Inspetor conduz veículo na linha de inspeção (direção, suspensão e freios)
39	Inspetor vistoria os sistemas de iluminação e sinalização
40	Inspetor realiza vistoria parcial na parte interna do veículo
41	Inspetor posiciona veículo p/ processo fotográfico via Unidade de Gestão de Certificados (UGC)
42	Inspetor conduz veículo à vala posicionando rodas dianteiras sobre placas do detector de folgas
43	Inspetor abre portas, tampas e capô do veículo
44	Inspetor imprime relatório da linha de inspeção
45	Inspetor registra a hora de fim do processo linha de inspeção
V	VALA E DETECTOR DE FOLGAS
46	Inspetor registra a hora de início do processo vala e detector de folgas
47	Inspetor coleta dados do veículo e modificação
48	Inspetor verifica a estanqueidade do sistema de Gás Natural Veicular (GNV)
49	Inspetor confere os dados (análise crítica) do relatório da linha de inspeção
50	Inspetor realiza vistoria parcial (complementar) na parte interna do veículo
51	Inspetor realiza vistoria na parte superior do veículo
52	Inspetor realiza vistoria na parte inferior do veículo
53	Inspetor informa confere dados do veículo e modificação com respectivos documentos
54	Inspetor preenche a lista de inspeção
55	Inspetor registra a hora de fim da etapa vala e detector de folgas
VI	ANÁLISE DE EMISSÕES (GASES E RUÍDOS)
56	Inspetor conduz e manobra veículo ao analisador de gases
57	Inspetor registra a hora de início da etapa análise de emissões
58	Inspetor instala os periféricos do analisador de gases no veículo
59	Inspetor realiza análise de gases
60	Inspetor instala os periféricos do analisador de ruídos
61	Inspetor realiza análise de ruídos
62	Inspetor imprime relatório de análise de gases
63	Inspetor imprime relatório de análise de ruídos
64	Inspetor confere os dados (análise crítica) do analisador de gases

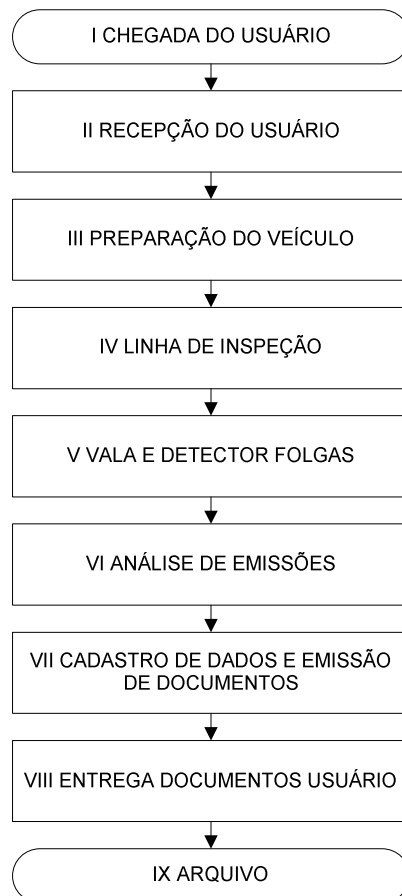
65	Inspetor confere os dados (análise crítica) do analisador de ruídos
66	Inspetor retira os periféricos do analisador de gases e ruídos do veículo
67	Inspetor registra a hora de fim da etapa análise de emissões
68	Inspetor verifica ruídos e ângulo de varredura esterçando direção para direita e esquerda
69	Inspetor conduz veículo para a saída, estaciona e coloca a chave no pára brisa
70	Inspetor retira o prisma
VII CADASTRO DE DADOS E EMISSÃO DE DOCUMENTOS	
71	Inspetor registra a hora de início da etapa de cadastro e emissão
72	Inspetor cadastra dados no sistema da Unidade de Gestão de Certificados (UGC)
73	Inspetor organiza o processo físico
74	Inspetor procura o Responsável Técnico (RT)
75	Responsável Técnico (RT) confere os dados (análise crítica) do processo físico
76	Responsável Técnico (RT) confere os dados (análise crítica) no sistema da UGC
77	Responsável Técnico (RT) realiza a biometria
78	Inspetor imprime Certificado de Segurança Veicular (CSV)
79	Inspetor imprime Certificado de Inspeção (CI)
80	Inspetor imprime selo do Gás Natural Veicular (GNV)
81	Inspetor cola o decalque de chassi no Certificado de Inspeção (CI)
82	Responsável Técnico (RT) assina processo de inspeção e certificados
83	Responsável Técnico (RT) procura Inspetor
84	Inspetor confere os dados (análise crítica) do processo físico
85	Inspetor assina processo e o Certificado de Inspeção (CI)
86	Inspetor convoca usuário para recebimento dos documentos na recepção
87	Inspetor vai à recepção conduzindo o processo, certificados e selo
88	Inspetor registra a hora de fim da etapa cadastro e emissão
89	Inspetor volta da recepção
VIII ENTREGA DE DOCUMENTOS	
90	Recepcionista registra a hora de início da etapa entrega de documentos
91	Recepcionista chancela o selo do Gás Natural Veicular (GNV)
92	Recepcionista chancela o Certificado de Inspeção (CI)
93	Recepcionista fura o selo do Gás Natural Veicular (GNV)
94	Recepcionista procura usuário
95	Recepcionista entrega e solicita o preenchimento do formulário de opinião do usuário
96	Recepcionista relê certificados e selo com o usuário
97	Recepcionista recolhe o formulário de opinião do usuário preenchido
98	Recepcionista coleta assinaturas do usuário nos recibos de entrega dos documentos
99	Recepcionista registra a hora de fim da etapa emissão de documentos
100	Usuário sai
IX ARQUIVO	
101	Recepcionista organiza o processo
102	Recepcionista arquiva o processo

Fonte: Dados da pesquisa

5.1.2 Agrupamento de atividades

O agrupamento de atividades com características semelhantes entre si simplifica e permite estruturar a análise (Figura 41).

Figura 41 - Processo de inspeção veicular agrupado



Fonte: Imagem do autor

5.1.3 Análise do processo

Devidamente organizado o processo brasileiro de inspeção veicular foi analisado sob os diversos aspectos adiante.

5.1.3.1 Interação entre grupos de atividades

A interação entre grupos de atividades é estabelecida em série, configurando, pois, o processo em linha. Vejamos:

- a) I chegada do usuário - independe do organismo de inspeção, há variáveis fora de controle, como o local de estacionamento e o tempo de deslocamento do usuário até a recepção;
- b) II recepção do usuário - dependente da chegada do usuário, uma série de cópias de documentos é realizada, além de cadastramento de dados no sistema do governo para a geração da ordem de serviço, documento obrigatório para a aceitação do veículo;
- c) III preparação do veículo - dependente da recepção do usuário, a partir da ordem de serviço o veículo é conduzido à área de trabalho recebendo toda a preparação necessária à normalização dos testes a serem realizados;
- d) IV linha de inspeção - dependente da preparação do veículo, quando então o mesmo é submetido aos testes de direção, suspensão e freios, relatório é gerado e os dados arquivados eletronicamente;
- e) V vala e detector de folgas - dependente da preparação do veículo é a parte estritamente vinculada à vistoria do inspetor, onde, com as rodas posicionadas sobre as placas do detector de folgas são verificadas as peças e sistemas, especialmente na parte inferior;
- f) VI análise de emissões - dependente da preparação do veículo quando então são medidos os poluentes (gases e ruídos);
- g) VII cadastro de dados e emissão de documentos – dependente da conclusão de todos os testes e vistoria do veículo já que o sistema do governo será alimentado com os dados obtidos durante o processo e os documentos de aprovação (ou reprovação) gerados;
- h) VIII entrega de documentos ao usuário - dependente do cadastro de dados e emissão de documentos quando então o usuário assina os recibos e recebe o veículo de volta e o processo concluído;
- i) IX arquivo – os documentos gerados no processo, incluindo listas de inspeção e relatórios de equipamentos são reunidos, organizados e arquivados por período regulamentar estabelecido.

Importante observar que os grupos IV, V e VI não dependem de seus predecessores diretos, mas apenas do grupo III de preparação do veículo.

5.1.3.2 Tempo de inspeção

De acordo com Bandeira (2007) inspeções rápidas e precisas é o primeiro fator crítico de sucesso percebido por usuários da inspeção veicular brasileira. Dado ao particular interesse do trabalho com o aspecto técnico do processo, os grupos I, II, VIII e IX foram desprezados e a medição do tempo realizada (Tabelas 17, 18 e 19):

Tabela 16 - Tempo do processo de inspeção do organismo de inspeção A

AMOSTRA	III PREPARAÇÃO DO VEÍCULO (MIN)	IV LINHA DE INSPEÇÃO (MIN)	V VALA DETECTOR DE FOLGAS (MIN)	VI ANÁLISE DE EMISSÕES (MIN)	VII CADASTRO DE DADOS (MIN)	TOTAL (MIN)
1	18	2	5	23	5	53
2	5	9	3	19	7	43
3	5	3	2	27	20	57
4	20	5	3	5	9	42
5	10	7	11	10	12	50
6	19	7	5	13	3	47
7	14	7	4	30	4	59
MÉDIA	13	6	5	18	9	50

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 17 - Tempo do processo de inspeção do organismo de inspeção B

AMOSTRA	III PREPARAÇÃO DO VEÍCULO (MIN)	IV LINHA DE INSPEÇÃO (MIN)	V VALA DETECTOR DE FOLGAS (MIN)	VI ANÁLISE DE EMISSÕES (MIN)	VII CADASTRO DE DADOS (MIN)	TOTAL (MIN)
1	10	2	11	28	13	64
2	8	5	3	16	8	40
3	7	7	9	11	8	42
4	5	9	9	9	15	47
5	5	5	8	17	4	39
6	9	6	8	19	11	53
7	10	9	5	10	12	47
MÉDIA	8	6	8	16	10	47

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 18 - Tempo do processo de inspeção do organismo de inspeção C

AMOSTRA	III PREPARAÇÃO DO VEÍCULO (MIN)	IV LINHA DE INSPEÇÃO (MIN)	V VALA DETECTOR DE FOLGAS (MIN)	VI ANÁLISE DE EMISSÕES (MIN)	VII CADASTRO DE DADOS (MIN)	TOTAL (MIN)
1	12	7	9	6	20	54
2	10	7	13	11	9	50
3	10	20	10	7	15	62
4	19	9	17	13	24	82
5	13	2	5	6	17	43
6	11	6	16	20	12	65
7	11	4	23	9	9	56
MÉDIA	12	8	13	10	15	59

Fonte: Dados da pesquisa

A média de tempo das amostras para os grupos ora relacionados ficou conforme a Tabela 19:

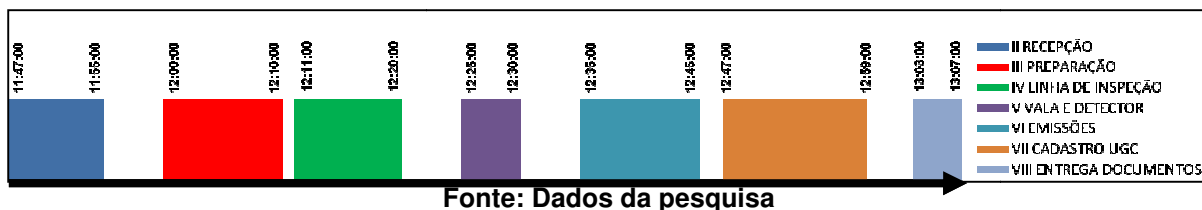
Tabela 19 - Média de tempo das amostras para os grupos selecionados

AMOSTRA	III PREPARAÇÃO DO VEÍCULO (MIN)	IV LINHA DE INSPEÇÃO (MIN)	V VALA DETECTOR DE FOLGAS (MIN)	VI ANÁLISE DE EMISSÕES (MIN)	VII CADASTRO DE DADOS (MIN)	TOTAL (MIN)
MÉDIA	11	7	9	15	11	52

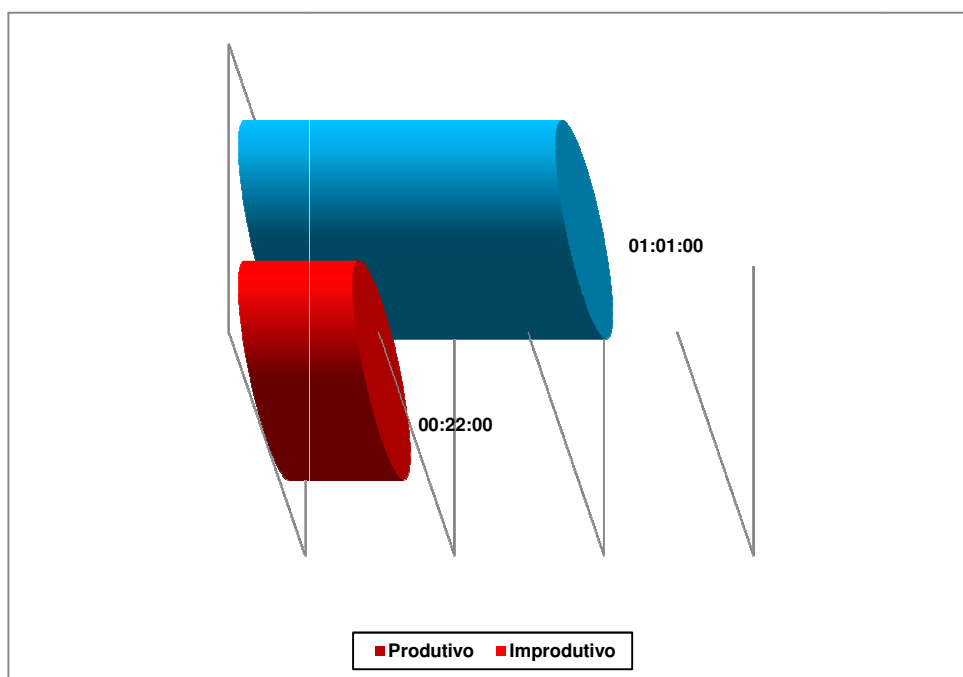
Fonte: Dados da pesquisa

5.1.3.3 A distribuição do tempo de inspeção

É importante compreender como o tempo se distribui no processo de inspeção veicular, identificando eventuais lacunas ou improdutividades existentes na operação. A amostra de número sete do organismo de inspeção veicular B, neste caso incluindo os grupos II - recepção e VIII - entrega de documentos, foi detalhadamente medido, acompanhado e plotado no gráfico da Figura 42.

Figura 42 - Distribuição do tempo no processo de inspeção brasileiro

Neste caso é possível perceber as lacunas existentes entre cada grupo de atividades, configurando, pois, os tempos ociosos. No exemplo em questão a distribuição de tempo produtivo e improdutivo fica conforme o gráfico da Figura 43.

Figura 43 - Tempo produtivo e improdutivo no processo de inspeção

5.1.3.4 O índice de reprovação por tipo de inspeção

Outro importante indicador é o índice de reprovação (Tabela 20) para a avaliação relativa da efetividade do processo de inspeção nacional, considerando que a idade média de 9,4 anos da frota brasileira é próxima de 8,4 anos da portuguesa (ASSOCIAÇÃO AUTOMÓVEL PORTUGAL; INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA apud LOPES et al., 2011).

Tabela 20 - Índice de reprovação por tipos de inspeção

TIPOS DE INSPEÇÃO	ÍNDICES DE REPROVAÇÃO		
	A	B	C
GNV	52%	72%	59%
MODIFICAÇÃO	36%	43%	28%
RECUPERADO DE SINISTRO	10%	16%	11%

Fonte: Dados da pesquisa

5.1.3.5 O índice de reprovação por tipo de defeito

O índice de reprovação por tipo de defeito permite o refinamento da comparação com a amostra portuguesa (Tabela 21).

Tabela 21 - Índice de reprovação por tipos de defeito

TIPOS DE DEFEITOS	ÍNDICES DE REPROVAÇÃO		
	A	B	C
LUZES	14%	15%	20%
DIREÇÃO	4%	3%	4%
SUSPENSÃO	7%	11%	11%
FREIOS	12%	11%	8%

Fonte: Dados da pesquisa

5.2 Catalogação do processo de inspeção veicular português

O processo de inspeção veicular português foi subdividido, agrupado e analisado, porém, em função da semelhança com o brasileiro, seus resultados foram diretamente expostos na matriz de comparação adiante (Tabela 23).

5.3 Comparação de amostras de processos de inspeção veicular usualmente operados no Brasil e Portugal

Tendo sido ambos os processos, brasileiro e português, devidamente caracterizados, adiante (Quadro 2) a matriz de comparação, qualitativa e quantitativa, das amostras de inspeção veicular tomadas.

Quadro 2 - Comparação entre processos brasileiros e portugueses - Formatos

ITEM	BRASIL	PORTUGAL	OBSERVAÇÃO
Experiência	No atual formato, desde 1997 por ocasião da aprovação da Lei 9503 que estabelece o Código de Trânsito Brasileiro (CTB).	Desde antes de 1989.	Em Portugal a Inspeção Técnica Periódica (ITP) é objeto de debate há mais de 20 anos.
Legislação	Artigos 104 e 106 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB).	Artigo 116 do Código da Estrada.	
Regulamentação	Resolução 232/07 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN).	Lei 11/11 da Assembleia da República.	
Frota	Modificados e recuperados de sinistro (artigo 106 do CTB).	Toda a frota (incluindo os modificados e recuperados de sinistro).	No Brasil o artigo 104 do CTB que contempla toda a frota não está regulamentado.
Formato	Livre licenciamento e acreditação.	Concessão mediante licitação com indexação pelo número de eleitores (uma estação para cada 30000 eleitores) e regras de localização e preço.	No Brasil não há regras, qualquer empresa que atenda aos requisitos da regulamentação é licenciada e acreditada.
Licenciamento	Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN).	Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT).	
Acreditação	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).	Instituto Português de Acreditação (IPAC).	
Fiscalização	Unidade de Gestão de Certificados de Segurança Veicular (UGC), fiscalização extraordinária e auditoria ordinária.	Fiscalização extraordinária (cliente surpresa) e auditoria ordinária.	

Fonte: Dados da pesquisa

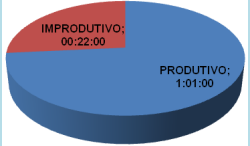
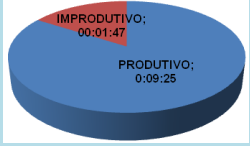
Quadro 3 - Processos

ITEM	BRASIL	PORTUGAL	OBSERVAÇÃO
Processo	Sequência ordenada de atividades: <pre> graph TD A(I CHEGADA DO USUÁRIO) --> B(II RECEPÇÃO DO USUÁRIO) B --> C(III PREPARAÇÃO DO VEÍCULO) C --> D(IV LINHA DE INSPEÇÃO) D --> E(V VALA E DETECTOR FOLGAS) E --> F(VI ANÁLISE DE EMISSÕES) F --> G(VII CADASTRO DE DADOS E EMISSÃO DE DOCUMENTOS) G --> H(VIII ENTREGA DOCUMENTOS USUÁRIO) H --> I(IX ARQUIVO) </pre>	Sequência ordenada de atividades: <pre> graph TD A(I CHEGADA DO USUÁRIO) --> B(II RECEPÇÃO DO USUÁRIO) B --> C(III PREPARAÇÃO DO VEÍCULO) C --> D(IV ANÁLISE DE EMISSÕES) D --> E(V LINHA DE INSPEÇÃO) E --> F(VI VALA E DETECTOR DE FOLGAS) F --> G(VII CADASTRO DE DADOS E EMISSÃO DE DOCUMENTOS) G --> H(VIII ENTREGA DOCUMENTOS USUÁRIO) H --> I(IX ARQUIVO) </pre>	O processo de Inspeção Técnica Periódica (ITP) de Portugal possui exatamente os mesmos grupos da amostra brasileira, porém a ordem é diferente, o primeiro teste mecanizado é a análise de emissões.
I Chegada do usuário	O usuário vai até a estação de inspeção obrigatoriamente. Nota: o inspetor conduz o veículo durante o processo de inspeção.	O usuário vai até a estação de inspeção obrigatoriamente. Nota: o usuário conduz o próprio veículo durante o processo de inspeção.	Processo idêntico.
II Recepção do usuário	7 minutos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Recepcionista copia uma série de documentos exigidos pela regulamentação, cadastra dados no sistema do governo através da Unidade de Gestão de Certificados (UGC) e gera a ordem de serviço.	1 minuto e 30 segundos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Recepcionista acessa o sistema, confirma os dados e gera a ordem de serviço. Nota: ao gerar a ordem de serviço todos os equipamentos são alimentados com a informação do veículo.	Na Inspeção Técnica Periódica (ITP) em Portugal não há burocracia.
III Preparação do veículo	11 minutos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. A preparação da amostra envolve uma série de atividades regulamentares como calibração de pneus, decalque da numeração de chassi e identificação do veículo.	Simultânea com a análise de emissões. A preparação da amostra envolve algumas atividades como conferência da calibração dos pneus e da numeração do chassi.	Em Portugal o organismo de inspeção não calibra pneus, considerado como requisito de inspeção. A numeração de chassi é apenas vistoriada e confirmada com o documento do veículo. O processo é simultâneo à análise de emissões.

ITEM	BRASIL	PORTUGAL	OBSERVAÇÃO
IV ou V* Linha de inspeção	7 minutos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Teste de direção, suspensão e freios, vistoria parcial interna e sistemas de sinalização e iluminação.	2 minutos e 10 segundos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Teste de direção, suspensão e freios, vistoria parcial interna e sistemas de sinalização e iluminação.	No Brasil é necessário cadastrar os dados do veículo no equipamento, posicionar e aguardar o processo fotográfico da Unidade de Gestão de Certificados (UGC) e imprimir relatório, em Portugal não. * IV no Brasil e V em Portugal.
V ou VI** Vala e detector de folgas	9 minutos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Vistoria parcial (complementar) e inspeção na parte superior e inferior do veículo com a utilização de detector de folgas hidráulico.	1 minuto e 16 segundos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Vistoria parcial (complementar) e inspeção na parte superior e inferior do veículo com a utilização de detector de folgas hidráulico.	** V no Brasil e VI em Portugal.
VI ou IV*** Análise de emissões	15 minutos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Análise de emissões (gases e ruídos).	2 minutos e 57 segundos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Análise de emissões (gases e ruídos).	No Brasil é necessário cadastrar os dados do veículo no equipamento e imprimir relatório, em Portugal não. *** VI no Brasil e IV em Portugal.
VII Dados e impressão de documentos	11 minutos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Cadastro de dados no sistema do governo via Unidade de Gestão de Certificados (UGC), impressão de documentos, montagem do processo e assinaturas de técnico e engenheiro.	1 minuto e 27 segundos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Cadastro de dados no sistema do governo, impressão de documentos e assinatura do técnico.	Em Portugal o próprio inspetor assina o documento. Todos os inspetores são registrados no Instituto de Mobilidade e Transporte Terrestre (IMTT) e têm responsabilidade civil e criminal pela inspeção realizada.
VIII Entrega de documentos ao usuário	1 minuto (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Os documentos Certificado de Segurança Veicular (CSV), Certificado de Inspeção (CI) e Selo de GNV são cancelados e furados (marcados).	5 segundos (em média). Fonte: Dados da pesquisa. Um único certificado é entregue ao usuário.	Em Portugal tão logo impresso o documento é entregue ao usuário.

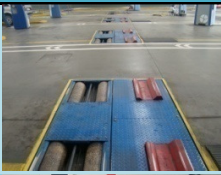
Fonte: Dados da pesquisa

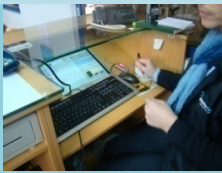
Quadro 4 - Resultados

ITEM	BRASIL	PORTUGAL	OBSERVAÇÃO
Tempo produtivo do processo de inspeção	61 minutos ou 1 hora e 1 minuto (em média). Fonte: Dados da pesquisa.	9 minutos e 25 segundos (em média). Fonte: Dados da pesquisa.	Este dado não contabiliza o tempo ocioso entre grupos de atividades.
Distribuição do tempo do processo de inspeção	 Fonte: Dados da pesquisa.	 Fonte: Dados da pesquisa.	As lacunas em branco representam o tempo ocioso. O processo de Inspeção Técnica de Portugal (ITP) possui duas lacunas: 1ª. Entre a abertura da ordem de serviço na recepção e o início da preparação do veículo; 2ª. Entre o final da vistoria na vala e o deslocamento do inspetor até o guichê de emissão de documentos.
Produtividade	73% (61 minutos ou 1 hora e 1 minuto). Fonte: Dados da pesquisa.	84% (9 minutos e 24 segundos). Fonte: Dados da pesquisa.	Tempo produtivo/ Tempo total.
Improdutividade	27% (22 minutos). Fonte: Dados da pesquisa.	16% (1 minuto e 47 segundos). Fonte: Dados da pesquisa.	Tempo improdutivo/ Tempo total.
Produtividade x improdutividade	 Fonte: Dados da pesquisa.	 Fonte: Dados da pesquisa.	Nota: observar os valores absolutos, além dos percentuais relativos.
Índice de reprovação por tipo de inspeção	10,5% (em média). Fonte: Dados da Unidade de Gestão de Certificados (UGC).	10,42% (em média) Fonte: Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT), 2009.	Índices bastante próximos de reprovação o que pode demonstrar padrões aproximados de resultados de inspeção.
Índice de reprovação por tipo de defeito	Luzes – 16,3% (média) Direção – 3,6% (média) Suspensão – 9,6% (média) Freios – 10,3% (média) Fonte: Dados da Unidade de Gestão de Certificados (UGC).	Luzes – 25,8% (média) Direção – 11,7% (média) Suspensão – 12,7% (média) Freios – 7,6% (média) *Dados da Inspeção Técnica Periódica (ITP). Fonte: Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT), 2009.	Índices reprovação por tipo de defeito com a mesma ordem de frequências, o que pode demonstrar padrões aproximados de resultados de inspeção, apesar da discrepância observada individualmente.
Qualidade da reprovação	NBR 14624 – codificação de itens de inspeção da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000). Inadequada	Despacho 5392 da Direção Geral de Viação (1999) consonante com as Diretivas da União Europeia (EU) para a Inspeção Técnica Periódica (ITP). Adequada	No Brasil a NBR 14624 desenvolvida para a Inspeção Técnica Periódica foi incorretamente adotada pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) para a inspeção de veículos modificados e recuperados de sinistro, conforme o artigo 106 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB).

Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 5 - Tecnologias

ITEM	BRASIL	PORTUGAL	OBSERVAÇÃO
Linha de inspeção			Em Portugal as linhas mistas foram proibidas por não abrangerem a faixa de testes de veículos leves.
Analizador de gases			Equivalentes.
Opacímetro			Equivalentes.
Vala			Equivalentes.
Detector de folgas			Equivalentes.
Dispositivo de alívio de carga			Em Portugal o dispositivo de alívio de carga é pneumático.
Elevador		Não	Não aplicável a Portugal.
Regloscópio			Em Portugal o regloscópio é interligado ao sistema de gestão das estação.
Grade de limpeza dos pneus	Não		Não aplicável ao Brasil.
Sistema de alinhamento da direção	Não		Em Portugal veículos recuperados de sinistro devem ser submetidos a verificação da geometria da direção. Não aplicável Brasil.

ITEM	BRASIL	PORTUGAL	OBSERVAÇÃO
Dinamômetro de chassi	Não		Em Portugal determinados testes de emissões são realizados no dinamômetro de chassi. Não aplicável ao Brasil.
Sistema de medição tridimensional de alinhamento da estrutura	Não		Em Portugal os veículos recuperados de sinistro devem ser submetidos a medição tridimensional da estrutura. Não aplicável ao Brasil.
Elevador pantográfico nivelado	Não		Em Portugal o elevador pantográfico é usado para verificação tridimensional da estrutura e alinhamento. Não aplicável ao Brasil.
Calibração de linhas de inspeção	Sim (inicial)		Portugal opera um sistema de calibração de referência mundial. O Brasil está iniciando um processo consistente.
Automação	Não		Em Portugal a estação é interligada. Ao abrir a ordem de serviço os equipamentos são alimentados com dados.
Unidade de Gestão e Controle de Certificados (UGC)			Em Portugal o sistema da estação de inspeção se comunica com o governo, mas não monitora as atividades.

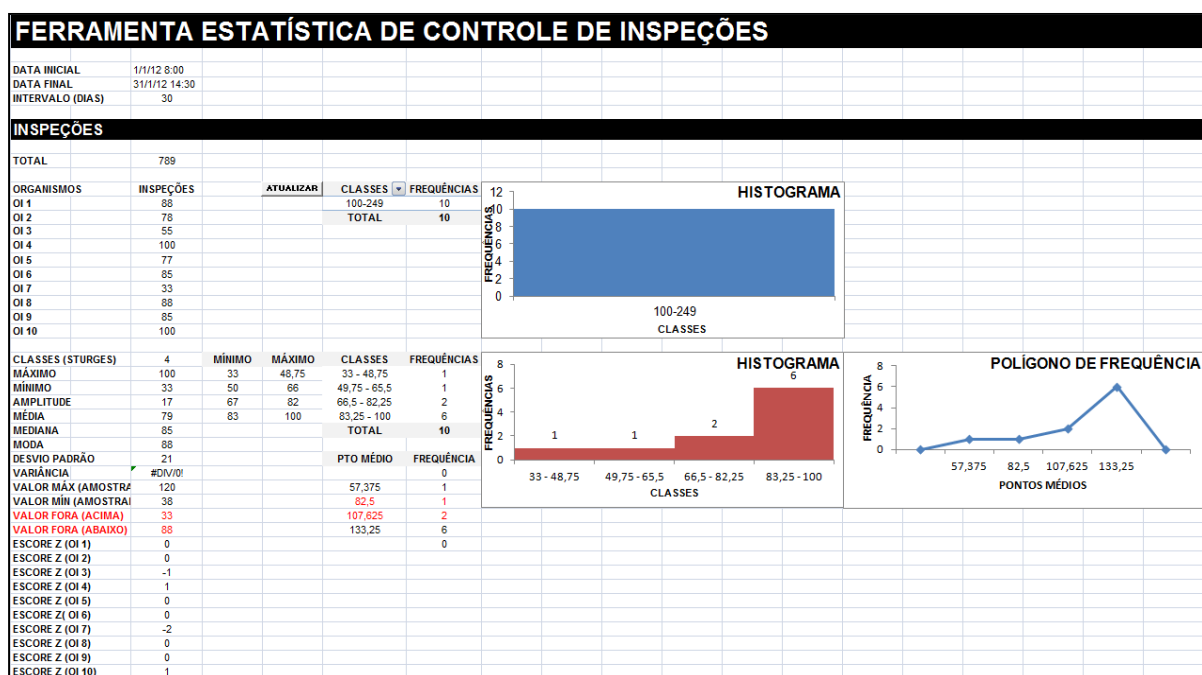
Fonte: Dados da pesquisa

5.4 A ferramenta estatística para a identificação de padrões e desvios entre diferentes operadores de atividade de inspeção veicular

A ferramenta estatística desenvolvida no sistema *Microsoft Excel*[®] é em si o resultado alcançado para o segundo objetivo específico proposto para o trabalho. O *software* fornece, a partir do tratamento estatístico dos dados, *outliers*, tabelas e gráficos e, por consequência, a identificação de padrões e desvios de diferentes operadores de inspeção veicular, para as seguintes variáveis (Figura 44):

- a) Número de inspeções;
- b) Índice de aprovação;
- c) Índice de reprovação;
- d) Número de defeitos;
- e) Distribuição dos defeitos;
- f) Tempo de inspeção;
- g) Tempo de reinspeção.

Figura 44 - Outliers, tabelas e gráficos do software



Fonte: Imagem do autor

6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do trabalho conduziu a relevantes conclusões.

6.1 Sobre o processo de inspeção veicular brasileiro

O Brasil desenvolveu um programa de inspeção veicular baseado em experiências internacionais, porém se isolou do restante do mundo, não acompanhando assim a dinâmica do desenvolvimento observada em outros países. A evidência é o alto grau tecnológico e eficiência do sistema de inspeção veicular português, como uma amostra representativa da UE, comparado com o brasileiro.

O formato dos processos de inspeção veicular brasileiro e português são praticamente idênticos, seguindo uma sequência ordenada de atividades agrupadas para fins de controle, tendo como diferenças básicas o tempo, a tecnologia e o controle. Vale destacar que o formato de acreditação de operadores de inspeção veicular no Brasil pelo INMETRO é baseado na mesma regulamentação internacional utilizada pela UE.

6.1.1 Tempo

O tempo total do processo das amostras de ITP em Portugal girou em torno de 9 minutos. O tempo da Inspeção de Segurança Veicular (ISV) no Brasil, para veículos leves movidos a GNV girou em torno de 61 minutos. Apesar de todas as diferenças, como o sistema de GNV que requer a vistoria de outros componentes além dos originais do veículo, a discrepância de 9 para 61 minutos se dá, basicamente, em função de as estações de inspeção veicular portuguesas serem automatizadas, integrando equipamentos, inserindo e extraindo dados em tempo real, sem a interferência manual do usuário como ocorre no Brasil.

Em termos de produtividade, a diferença encontrada foi de 11% entre o processo de inspeção veicular da amostra brasileira e portuguesa, respectivamente de 73% e 84%. No caso brasileiro em 73% do tempo os técnicos operaram a inspeção e 27% do tempo foi perdido na transição entre os grupos de atividades e deslocamentos na estação de inspeção. Se uma estação de inspeção veicular brasileira opera em média 10 horas por dia, em atividade saturada significa dizer que

2,7 horas por dia são perdidos na transição entre grupos de atividades e deslocamentos. Se 2,7 horas são multiplicadas por 22 dias úteis e 12 meses trabalhados, ao final de um ano isto significa 712,8 horas improdutivas, ou seja, mais de três meses inteiros de trabalho perdido.

6.1.2 Tecnologia

Em Portugal o sistema de inspeção veicular se diferencia do Brasil, além do menor tempo, especialmente em função do elevado patamar tecnológico, merecendo destaque os seguintes itens:

- a) Sistema de medição tridimensional da estrutura do veículo recuperado de sinistro, garantindo assim o alinhamento da estrutura de acordo com especificações do fabricante;
- b) Sistema de verificação da geometria da direção quando da inspeção de veículos recuperados de sinistro;
- c) Estações de inspeção veicular automatizadas, integrando equipamentos, inserindo e extraindo dados em tempo real, sem a interferência manual do usuário como ocorre no Brasil.

6.1.3 Controle

Em relação à política adotada para o programa de inspeção veicular em diversos países, é unânime, para tratamento das distorções, a necessidade de robustos sistemas de controle. Em geral o controle, que inclui auditorias e fiscalizações, é centralizado, realizado por algum órgão vinculado ao governo. Neste particular o Brasil é pioneiro com o sistema implantado pelo DENATRAN de Unidade de Gestão e Controle do Certificado de Segurança Veicular (UGC) que fiscaliza em tempo real as atividades de todos os organismos de inspeção veicular do país.

6.2 Sobre a ferramenta estatística para identificação de padrões e desvios entre diferentes operadores de inspeção veicular

A ferramenta estatística se demonstra eficaz na identificação de operadores de inspeção veicular *outliers*, ou seja, que apresentem desvios de padrões em variáveis de interesse submetidas à AED.

O *software* organiza e compara os dados sob os fundamentos da estatística, mas toda interpretação de resultados requer análise crítica cuidadosa no sentido de evitar o confundimento que leve a conclusões inválidas.

6.2.1 Especificações

O sistema de controle realizado pelo DENATRAN através da UGC pode ser aperfeiçoado com a adoção de conceito e ferramenta para AED de inspeção veicular, em busca de padrões e desvios, permitindo direcionar políticas de fiscalização mais eficientes.

6.2.2 Limitações

As seguintes limitações devem ser levadas em consideração para o uso do conceito e ferramenta de AED de inspeção veicular:

- a) Impossibilidade de identificação de eventual simulação de aprovação de defeitos supostamente consertados, por ocasião de reinspeção,
- b) Impossibilidade de assegurar a confiabilidade de registros subjetivos que dependam de julgamento profissional, ou seja, grande parte das informações geradas no processo de inspeção veicular;
- c) Para que seja eficiente, fechando o ciclo, além da indicação de eventual desvio (*outlier*) passível de fiscalização, os órgãos gestores deveriam recorrer aos registros da inspeção, e, se necessário, convocarem o veículo irregular para nova avaliação na presença de especialistas do governo, evidenciando a suposta irregularidade, o que na prática, torna-se bastante difícil.

7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento desta dissertação abre a oportunidade para trabalhos futuros que colaborem direta ou indiretamente com o domínio do processo de inspeção veicular pelo Brasil. Eis, portanto, algumas sugestões:

- a) Desenvolvimento de mecanismo de calibração dinâmica das linhas de inspeção de segurança veicular (placa de desvio, banco de suspensão e frenômetro);
- b) Desenvolvimento de catálogo dinâmico de itens de inspeção em substituição à norma NBR 14624 – codificação dos itens de inspeção da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000);
- c) Realização de pesquisa sobre o histórico que levou os países da UE ao atual formato adotado pelos governos locais, analisando as razões e resultados alcançados, para a determinação de modelo do programa de ITP do Brasil;
- d) Realização de pesquisa sobre tecnologias de *On Board Diagnosis* (OBD), de acordo com o CITA uma tendência futura para o controle de frota;
- e) Análise teórica do arbitramento de valores de referência adotados como requisito de normas para testes de eficiência e desequilíbrio de freios, suspensão e direção e o impacto de suas variações na segurança veicular;
- f) Mapeamento do estado de conservação da frota brasileira a partir de dados da inspeção de segurança veicular brasileira.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA AMERICANA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Summary of the clean air act**. EPA, 1970. Disponível em: <<http://www.epa.gov/lawsregs/laws/caa.html>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

ANILOVICH, A. S. Hakkert. Survey of vehicle emissions in Israel related to vehicle age and periodic inspection. **The Science of the Total Environment**, Haifa, v. 189/190, p. 197-203, 1996.

ASSOCIAÇÃO BELGA DE EMPRESAS LICENCIADAS PARA A INSPEÇÃO VEICULAR. **Over de Autokeuring**. 2011. Disponível em: <<http://www.goca.be/nl/p/autokeuring>>. Acesso em: 17 nov. 2011. Texto explicativo sobre a inspeção veicular na Bélgica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS. **Curso de ensaios não destrutivos**. São Paulo: ABM, 1982. 1 v. (várias paginações).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14624**: codificação de itens de inspeção de segurança veicular. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14180**: Inspeção de segurança veicular – motocicletas e assemelhados. Rio de Janeiro: ABNT, 1998a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 17020**: Avaliação de conformidade – critério geral para funcionamento de diferentes tipos de organismos que executam inspeção. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14040 (parte 1 a 12)**: inspeção de segurança veicular – veículos leves e pesados. Rio de Janeiro: ABNT, 1998b.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. São Paulo: ANFAVEA, 2010. 158 p.

BANDEIRA, Orlando Whately. **Fatores críticos de sucesso do lançamento de um organismo de inspeção veicular acreditado e a sua relação com a qualidade de serviço percebida**. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Centro Tecnológico, Niterói.

BASTOW, Donald; HOWARD, Geoffrey P. **Car suspension and handling**. 3. ed. Warrendale: Sociedade de Engenharia Automotiva, 1993. 362 p.

BIN, Okmyung. A logit analysis of vehicle emissions using inspection and maintenance testing data. **Transportation research**, Part D, Greenville. p. 215-227, 2003. v. 8.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projetos de Leis e Outras Proposições. Projeto de Lei 5979 -2001. Disponível em: < <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=42268>> Acesso em: 29 maio 2012.

BRASIL. Confederação Nacional de Municípios. **Estudos técnicos**: mapeamento das mortes por acidentes de trânsito no Brasil. Brasília, 14 dez. 2009. Disponível em: <www.observasaude.fundap.sp.gov.br/RgMetropolitana/.../EstTransito.pdf> Acesso em: 4 jun. 2012.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Portaria nº 27 de 24 de maio de 2007. Estabelece instruções para a instalação e funcionamento das Instituições Técnicas Licenciadas - ITL e Entidades Técnicas Públicas ou Paraestatais - ETP, para a prestação do serviço de inspeção veicular e emissão do Certificado de Segurança Veicular aos veículos de fabricação artesanal, modificados ou que tiveram substituição de equipamentos de segurança especificados pelo fabricante, nos termos do artigo nº 106 do Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 mai. 2007a. p. 58.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 232 de 30 de março de 2007. Estabelece procedimentos para a prestação de serviços por Instituição Técnica Licenciada - ITL e Entidade Técnica Pública ou Paraestatal – ETP, para emissão do Certificado de Segurança Veicular, de que trata o artigo nº 106 do Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 abr. 2007b. p. 36.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 84 de 19 de novembro de 1998. Estabelece normas referentes à inspeção técnica de veículos (ITV) de acordo com o artigo nº 104 do Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 nov. 1998. p. 99.

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. Portaria nº 29 de 30 de maio de 2007. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 maio. 2007c. Disponível em: < www.denatran.gov.br/.../Portarias/2007/PORTARIA_DENATRAN_2...> Acesso em: 2 jun. 2012..

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria nº 30 de 22 de janeiro de 2004. Estabelece que as inspeções de segurança veicular, executadas por entidades credenciadas pelo Inmetro, devem ser feitas de acordo com os requisitos estabelecidos nos Regulamentos Técnicos da Qualidade do Inmetro “Inspeção de veículos rodoviários automotores - modificação ou fabricação artesanal (RTQ 24)” e “Inspeção de veículos rodoviários rebocados com PBT até 7.500 N - modificação ou fabricação artesanal (RTQ 25)”. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 jan. 2004a. p. 31.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria nº 32 de 22 de janeiro de 2004. Estabelece que as inspeções de segurança veicular, executadas por entidades credenciadas pelo Inmetro, devem ser feitas de acordo com os requisitos estabelecidos nos seguintes Regulamentos Técnicos da Qualidade do Inmetro “Inspeção de veículos rodoviários automotores - recuperados de sinistro”, “Inspeção de veículos rodoviários rebocados com PBT acima de 7.500

N - modificação ou fabricação artesanal”, “Inspeção de veículos rodoviários rebocados - recuperados de sinistro”, “Inspeção de motocicletas e assemelhados - modificação ou fabricação artesanal” e “Inspeção de motocicletas e assemelhados - recuperadas de sinistro”. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 jan. 2004b. p. 32.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria nº 49 de 24 de fevereiro de 2010. Aprova a revisão do Regulamento Técnico da Qualidade n.º 37 - Inspeção de Segurança Veicular de Veículos Rodoviários Automotores com Sistemas de Gás Natural Veicular. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 fev. 2010. p. 123.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Avaliação técnica e econômica de modelos de implantação da inspeção técnica veicular**. São Paulo: Centro de Tecnologia, Departamento de Normalização e Inspeção da Unicamp, 2000.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Relatório sobre a implantação do programa de inspeção de veículos automotores**. Brasília, DF: PROVEC, 1999.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei 9503 de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 set. 1997. p. 21.

BRAY, Don E.; STANLEY, Roderic K. **Nondestructive evaluation: a tool in design, manufacturing and service**. Ed. rev. Boca Raton: CRC Press, 1997. 586 p.

CANADÁ. Ministério do Meio Ambiente. **About Drive Clean**. 2011. Quebec. Disponível em: < http://www.ene.gov.on.ca/environment/en/category/drive_clean/STDPROD_075529.html>. Acesso em: 17 nov. 2011.

CANADÁ. Sociedade de Segurança Automotiva de Quebec. **Inspect before you go**. 2011. Quebec. Disponível em: <http://www.saaq.gouv.qc.ca/publications/lourds/inspect_before_go.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2011.

CANADÁ. Sociedade de Segurança Automotiva de Quebec. **Mechanical inspection guide**. 2002. Quebec. Disponível em: <http://www.saaq.gouv.qc.ca/publications/lourds/inspection_guide.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2011.

CANADÁ. Sociedade de Segurança Automotiva de Quebec. **Vehicle inspection agents**. 2011. Quebec. Disponível em: <http://www.saaq.gouv.qc.ca/recherche/list_mandataires.php>. Acesso em: 17 nov. 2011.

CAYRES, Elicarlos Boaventura; YUKI, Hélio Saburo. Inspeção veicular e a conscientização da população. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 47-52, 2006. Disponível em: < <http://www2.ib.unicamp.br/revista/be310/index.php/be310/article/viewFile/31/19>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

CHRISTENSEN, Peter; ELVIK, Rune. Effects on accidents of periodic motor vehicle inspection in Norway. **Accident Analysis and Prevention**, Oslo, p. 47-52, 2007. v.39.

COMITÉ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR. **WP 200 – Current situation of roadworthiness enforcement on EU**. Bruxela: CITA, 2007a. 43 p.

COMITÉ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR. **WP 270 – Current situation and trends**: overview of worldwide experience. Bruxelas: CITA, 2007b. 22 p.

COMITÉ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR. **WP 310 – Current situation in vehicle technology**. Bruxelas: CITA, 2007c. 72 p.

COMITÉ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR. **WP 330 – Actual situation of on board diagnosis**. Bruxelas: CITA, 2007d. 9 p.

COMITÉ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR. **WP 330 – Actual situation of remote sensing**. Bruxelas: CITA, 2007e. 11 p.

COMITÉ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR. **WP 360 – An EU technical vehicle inspection database**. Bruxelas: CITA, 2007f. 33 p.

COMITÉ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR. **WP 540 – Analysis of pass/fail rates and accidents for different vehicle types in relation to PTI**: frequency and vehicle age. Bruxelas: CITA, 2007g. 47 p.

COMITÉ INTERNACIONAL DE INSPEÇÃO VEICULAR. **Autofore Report**: estudo sobre as futuras opções para a execução técnico da União Européia. Disponível em: < [www.cita-vehicleinspection.org/.../10%20Press%](http://www.cita-vehicleinspection.org/.../10%20Press%20) >. Acesso em: 17 nov. 2011.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA. **Resolução n.º 458 de 27 de abril de 2001**. Dispõe sobre a fiscalização do exercício profissional referente à inspeção técnica de veículos, automotores e rebocados, e das condições de emissão de gases poluentes e de ruído por eles produzidos. Disponível em: < <http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=506&idTiposEmentas=5&Numero=458&AnoIni=2001&AnoFim=2001&PalavraChave=&buscarem=conteudo> >. Acesso em: 17 nov. 2011.

DIXON, John C. **The shock absorber handbook**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2007. 415 p.

EASTWOOD, Peter. **Particulate emissions from motor vehicles**. Warrendale: Sociedade de Engenharia Automotiva, 2008. 493 p.

EISINGER, Douglas S.; WATHERN, Peter. Policy evolution and clean air: The case of US motor vehicle inspection and maintenance. **Transportation Research Part D**, Petaluma, v. 13, p. 359-368, 2008.

ELVIK, Rune. The effect on accidents of technical inspections of heavy vehicles in Norway. **Accident Analysis & Prevention**, Oslo, v. 34, p. 753-762, 2002.

ENTIDADE NACIONAL DE ACREDITAÇÃO. **Inspección**. Madrid: ENAC, 2011. Disponível em: <[http://www.enac.es/web/enac/busqueda-de-entidades-por-](http://www.enac.es/web/enac/busqueda-de-entidades-por)

esquema-de-acreditacion?p_p_id=Buscador_WAR_buscador&p_p_action= 0&p_p_state=normal &p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=2&p_p_col_count=3&_Buscador_WAR_buscador__spage=%2FbuscaEl.do>. Acesso em: 17 nov. 2011.

FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário 2010:** o desempenho da distribuição automotiva no Brasil. São Paulo: FENABRAVE, 2010. 72 p.

FINLÂNDIA. Agência de Transporte. (TRAFI). **Inspection vehicular.** 2011. Disponível em: < http://www.ake.fi/AKE_EN/Vehicle+inspection+and+technics/Vehicle+inspection/>. Acesso em: 17 nov. 2011..

FRANÇA. Organismo Técnico Central (OTC). **Le contrôle technique em France:** inspeção veicular. 2011a. Disponível em: <<http://www.utac-otc.com/fr/otc/ct.asp>>. Acesso em: 17 nov. 2011. Texto explicativo sobre a inspeção veicular na França.

FRANÇA. Serviço Público Francês. **Contrôle technique des voitures particulières, camionnettes et camping-cars.** Paris: Service-Public, 2011b. Disponível em: <<http://vosdroits.service-public.fr/particuliers/F2878.xhtml>>. Acesso em: 17 nov. 2011. Texto explicativo sobre a inspeção veicular na França.

GERGES, Samir Nagi Yousri et al. **Ruídos e vibrações veiculares.** Florianópolis: Ed. do autor, 2005. 739 p.

GILLESPIE, Thomas D. **Fundamentals of vehicle dynamics.** Warrendale: Sociedade de Engenharia Automotiva, 1992. 495 p.

GRANDT, Alter F. **Fundamentals of structural integrity:** damage tolerant design and nondestructive evaluation. Hoboken: John Wiley and Sons, 2004. 538 p.

HARRINGTON, Winston; MCCONNELL, Virginia; ANDO, Amy. Are vehicle emission inspection programs living up to expectations? **Transportation research** part D, Washington, DC, v. 5, p. 153-172, 2000.

HESLER, Heinz. **Advanced vehicle technology.** 2. ed. Warrendale: Sociedade de Engenharia Automotiva, 2002. 654 p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras.** Brasília: IPEA, 2006. 244 p.

INSTITUTO PORTUGUÊS DE ACREDITAÇÃO. **Organismos de inspecção de veículos.** Lisboa: IPAC, 2011. Disponível em: < http://www.ipac.pt/pesquisa/pesq_oiv.asp>. Acesso em: 17 nov. 2011.

IRLANDA. Autoridade de Segurança no Trânsito Irlandesa. **National car test (NCT).** Dublin: RSA, 2011. Disponível em: <<http://www.rsa.ie/en/RSA/Your-Vehicle/Your-Vehicle-/NCT/>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

JAPÃO. Organização de Inspeção de Veículos Automotores Leves Japonesa. **Light motor vehicles and the organization**. Tokyo: LMVIO, 2007. Disponível em: <<http://www.keikenkyo.or.jp/en/>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

JAPÃO. Agência Nacional de Inspeção Veicular Japonesa. **Role of the vehicle inspection**. Tokyo: NAVI, 2011. Disponível em: <<http://www.navi.go.jp/english/inspection/role.html>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

LIMPERT, Rudolf. **Brake design and safety**. 2. ed. Warrendale: Sociedade de Engenharia Automotiva, 1999. 525 p.

LOPES, Myriam *et al.* **Custos externos e internos da mobilidade em Portugal**. Aveiro: UA, 2011, 118 p. Disponível em: <http://www.ua.pt/ii/ocupacao_dispersa>. Acesso em: 17 nov. 2011.

MERIAM, J. L.; KRAIGE, L. G. **Mecânica para engenharia**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 520 p.

MOGHADAM, Arian Khaleghi; LIVERNOIS, John. The abatement cost function for a representative vehicle inspection and maintenance program. **Transportation Research Part D**, Guelph, v. 15, p. 285-297, 2010.

NÓBREGA, Ricardo Barcelos. **Aplicação da teoria geral dos sistemas no credenciamento de organismos de inspeção na área de segurança veicular**. 2003. 122 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Centro Tecnológico, Niterói.

NOVAES, Alexandre Benedito. **Inspeção técnica veicular: modelos de estações**. 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas.

ODECK, James. Assessing the relative efficiency and productivity growth of vehicle inspection services: an application of DEA and Malmquist Indices. **European Journal Of Operational Research**, Oslo, v. 126, p. 501-514, 2000.

OLIVEIRA, Ricardo de Sousa. **Procedimento para definição de uma rede de estações de inspeção técnica veicular**. 2009. 118f. Dissertação (Mestrado em Transportes)- Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE PADRONIZAÇÃO. **ISO 17020** – critérios gerais para o funcionamento de vários tipos de organismos que realizam inspeções. Genebra: ISO, 1998.

OTIMIZA - Consultoria & Gerenciamento. 2008. Disponível em: <<http://www.otimiza.com.br/>> Acesso em: 4 jun. 2012.

PENNSYLVANIA. Departamento de Transporte. **Pennsylvania's vehicle safety inspection program effectiveness study**. Harrisburg: DOT, 2009. 79 p. Disponível em: <<http://www.dmv.state.pa.us/pdotforms/inspections/Inspection%20Program%20Effectiveness%20Study.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. Pró-Reitoria de Graduação. Sistema de Bibliotecas. **Padrão PUC Minas de normalização:** normas da ABNT para apresentação de trabalhos científicos, teses, dissertações e monografias. 9. ed. rev. ampl. e atual. Belo Horizonte: PUC Minas, 2011. 93 p.

PORTUGAL. Assembléia da República. **Decreto-Lei n.º 44 de 23 de fevereiro de 2005.** Estabelece o Código de Estradas Português. Lisboa, 2005. Disponível em: < <http://www.legix.pt/docs/CodEstrada.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

PORTUGAL. Assembléia da República. **Lei n.º 11 de 26 de abril de 2011.** Estabelece o regime jurídico de acesso e de permanência na atividade de inspeção técnica de veículos a motor e seus reboques e o regime de funcionamento dos centros de inspeção e revoga o Decreto-Lei n.º 550 de 15 de Dezembro de 1999. Lisboa, 2011. Disponível em: < <http://dre.pt/pdf1s/2011/04/08000/0238802395.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

PORTUGAL. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres. **Inspecções técnicas de veículos:** relatório anual 2009. Lisboa: IMTT, 2009. 60 p. Disponível em: <<http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Veiculos/Inspeccao/TiposInspeccoes/Paginas/TiposdeInspecoes.aspx>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

PORTUGAL. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres. **Tipos de inspecções.** Lisboa: IMTT, 2011. Disponível em: < <http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Veiculos/Inspeccao/TiposInspeccoes/Paginas/TiposdeInspecoes.aspx>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

PORTUGAL. Ministério da Administração Interna. **Decreto-Lei n.º 554 de 16 de dezembro de 1999.** Regulamenta a Diretiva 96/96/CE da União Europeia (EU) tornando a inspeção periódica veicular obrigatória em Portugal e estabelece critérios de operação. Lisboa, 1999. Disponível em: < <http://www.dre.pt/pdf1s/1999/12/291A00/89008912.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

PORTUGAL. Presidência da República. **Decreto-Lei n.º 254 de 20 de novembro de 1992.** Regulamenta a Inspeção Técnica Periódica (ITP) em Portugal e revoga o Decreto-Lei n.º 352 de 13 de outubro de 1989 do Ministério das Obras Públicas, Transporte e Comunicação de Portugal. Lisboa, 1992. Disponível em: <http://www.apdec.pt/Docs/1992/DL_254_92.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2011.

PORTUGAL. Presidência da República. **Decreto-Lei n.º 352 de 13 de outubro de 1989.** Regulamenta a Inspeção Técnica Periódica (ITP) em Portugal prevista no artigo 36 do Código de Estradas Português de 1954. Lisboa, 1989. Disponível em: < <http://www.dre.pt/cgi/dr1s.exe?t=dr&cap=1-1200&doc=19893086%20&v02=&v01=2&v03=1900-01-01&v04=3000-12-21&v05=&v06=&v07=&v08=&v09=&v10=&v11='Decreto-Lei'&v12=&v13=&v14=&v15=&sort=0&submit=Pesquisar>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

REINO UNIDO. Agência de Veículos e Serviços Operacionais. **Authorised testing facilities and designated premises.** Bristol: VOSA, 2011a. Disponível em: <<http://www.dft.gov.uk/vosa>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

REINO UNIDO. Agência de Veículos e Serviços Operacionais. **Vehicle test forms**. Bristol: VOSA, 2011b. Disponível em: < http://www.dft.gov.uk/vosa/forms/vehicletestforms/vehicletestforms.htm#P1_18>. Acesso em: 17 nov. 2011.

SÃO PAULO TRANSPORTE. **Inspeção veicular do sistema municipal de transportes**. São Paulo: SPTRANS, 2009. 17 p.

SCHÄFER, Fred; Basshuysen, Van. **Reduce emissions and fuel consumption in automobile engines**. Wien: Springer-Verlag, 1995. 195 p.

SILVEIRA, Fernando Lang. Inclinações das ruas e das estradas. **Física na Escola**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 16-18, 2007.

SINDICATO NACIONAL DOS FABRICANTES DE AUTOPEÇAS. **Estudo da frota circulante brasileira**. [s. l.]: SINDIPEÇAS, 2008. 20 p.

SINGAPURA. Autoridade de Transporte Terrestre. **Inspection: the need for vehicle inspection**. Singapura: LTA, 2011. Disponível em: <http://www.onemotoring.com.sg/publish/onemotoring/en/lta_information_guidelines/maintain_vehicle/inspection.html>. Acesso em: 17 nov. 2011.

STEWART, S. J.; GOURLEY, D. I.; WONG, J. **Air care: results and observations in 2009 and 2010**. 2011. 14 p. [s. l.]. Disponível em: < <http://www.aircare.ca/pdfs/2009-2010-Report-Full.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2011. Relatório encomendado pelo governo da província da Colúmbia Britânica, Canadá.

TRIOLA, Mário F. **Introdução à estatística**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 696 p.

UNIÃO EUROPÉIA. **Diretiva 40/09/CE do Parlamento Europeu e Conselho de 6 de maio de 2009**. Revoga a Diretiva 96/96/CE, mantém a obrigatoriedade e estabelece novos padrões para a inspeção veicular periódica nos países membros. Estrasburgo: UE, 2009.

UNIÃO EUROPÉIA. **Diretiva 48/10/CE do Parlamento Europeu e Conselho de 5 de julho de 2010**. Adapta a Diretiva 40/09/CE ao progresso técnico da inspeção veicular periódica nos países membros. Bruxelas: EU, 2010.

UNIÃO EUROPÉIA. **Diretiva 96/96/CE do Parlamento Europeu e Conselho de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece a obrigatoriedade da inspeção veicular periódica para todos os países membros. Dresden: UE, 1996.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UNECE). **Glossary for transport statistics illustrated**. Genebra: UNECE, 2009. 185 p.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. **Annual bulletin of transport statistics for Europe and North America**. Genebra: UNECE, 2008. 233 p.

UNIVERSIDADE DE PRAGA. Faculdade de Ciências do Transporte. **Analysis of Periodical Technical Inspection (PTI) questionnaires**. Bruxelas, CITA, 2006. 17 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente. **Avaliação do programa de inspeção e manutenção de veículos em uso do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: LIMA UFRJ, 2002. 73 p.

YAMAMOTO, Toshiyuki; MADRE, Jean-Loup; KITAMURA, Ryuichi. An analysis of the effects of French vehicle inspection program and grant for scrappage on household vehicle transaction. **Transportation Research** Part B, Nagoya, v. 38, p. 905-926, 2004.

YILVINGER, Svante. The operation of Swedish motor-vehicle inspections: efficiency and some problems concerning regulation transportation. **Kluwer Academic Publishers**, Borlänge, v. 25, p. 23-36, 1998.

ANEXO A - Equipamentos utilizados na inspeção veicular



**Foto: Opacímetro (emissões Diesel).
Fotos do autor.**



**Foto: Analisador de gases (emissões Otto).
Fotos do autor.**



**Foto: Regloscópio para teste de faróis.
Fotos do autor.**



**Foto: Linha de inspeção.
Fotos do autor.**



**Foto: Dinamômetro de chassi.
Fotos do autor.**



**Foto: Sistema de medição de alinhamento da
estrutura do monobloco. Fotos do autor.**



Foto: Sistema de alinhamento da geometria da direção. Fotos do autor.

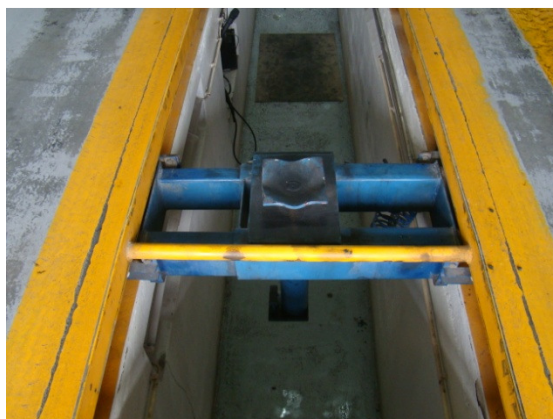


Foto: Macaco pneumático. Fotos do autor.



Foto: Grade para limpeza dos pneus. Fotos do autor.



Foto: Estação de inspeção em Portugal. Fotos do autor.



Foto: Estação de inspeção em Portugal. Fotos do autor.



Foto: Estação de inspeção em Portugal. Fotos do autor.

ANEXO B - Fotos de defeitos detectados na inspeção veicular



Foto: Pneu rompido.
Fotos do autor.



Foto: Pneu remendado.
Fotos do autor.



Foto: Isolamento de tubo de freio.
Fotos do autor.



Foto: Rompimento de longarina.
Fotos do autor.



Foto: Trinca em assoalho.
Bassoli, 2011.



Foto: Trinca em longarina.
Fotos do autor.



Foto: Rompimento de amortecedor e homocinética. Fotos do autor.



Foto: Rompimento da homocinética. Bassoli, 2011.



Foto: Cinto costurado à mão. Bassoli, 2011.



Foto: Cinto danificado. Bassoli, 2011.



Foto: Estrutura aparente de banco. Bassoli, 2011.

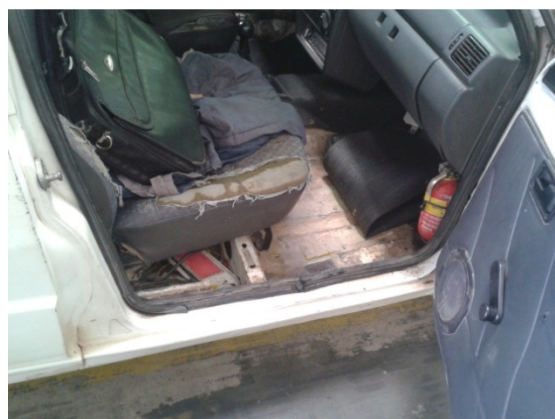


Foto: Banco danificado. Bassoli, 2011.