

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA, GESTÃO DE NEGÓCIOS E MEIO AMBIENTE,  
MESTRADO PROFISSIONAL EM SISTEMA DE GESTÃO**

**FRANCISCO DAS CHAGAS MENDES DE SIQUEIRA**

**Verificação Metrológica em medidores de velocidade para veículos  
automotores do tipo fixo, uma nova metodologia**

**NITERÓI**

**2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**FRANCISCO DAS CHAGAS MENDES DE SIQUEIRA**

**VERIFICAÇÃO METROLÓGICA EM MEDIDORES DE VELOCIDADE PARA  
VEÍCULOS AUTOMOTORES DO TIPO FIXO, UMA NOVA METODOLOGIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Sistema de Gestão da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Sistema de Gestão. Área de Concentração: Sistema de Gestão pela Qualidade Total

**Orientador: Prof. Dr. João Alberto Neves dos Santos**

**NITERÓI**

**2006**

**FRANCISCO DAS CHAGAS MENDES DE SIQUEIRA**

**VERIFICAÇÃO METROLÓGICA EM MEDIDORES DE VELOCIDADE PARA  
VEÍCULOS AUTOMOTORES DO TIPO FIXO, UMA NOVA METODOLOGIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Sistema de Gestão da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Sistema de Gestão. Área de Concentração: Sistema de Gestão pela Qualidade Total

Aprovada em:

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. João Alberto Neves dos Santos  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Dr. Roberto Peixoto  
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Jorge Claudio da Silva Pinto  
Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL

**NITERÓI**

**2006**

## DEDICATÓRIA

A minha mãe pelos momentos difíceis, onde sempre encontrou forças para seguir em frente apesar de às vezes parecer impossível.

A meu pai que através de sua simplicidade e lisura de caráter, me ensinou com sua forma de ser, a ser honesto, ser justo, e entender que essa é a melhor forma de cumprir nossa missão.

Aos meus irmãos que não tiveram a oportunidade de freqüentar uma universidade, mas que, com certeza, talvez de forma inconsciente, contribuíram para eu ter essa chance.

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus por permitir chegar até aqui.*

*A meus pais por serem o início de tudo.*

*A minha esposa pela solidariedade e apoio que me presta.*

*Ao amigo Terenzio Pepe pela prestimosa ajuda, apoio, incentivo e amizade.*

*Ao Dr. Roberto de Lima Guimarães, Diretor de Metrologia Legal, por ter acreditado em meu potencial, possibilitando a realização deste trabalho.*

*Aos colegas da Dimel que de alguma forma, até mesmo inconscientemente contribuíram para a realização desse trabalho.*

*Ao professor João Alberto Neves dos Santos, pela prontidão e sábia orientação.*

Um pensamento que permeou toda minha vida profissional, embora o tenha conhecido a pouco, ao ler a dissertação de meu amigo Raimundo Rezende que me permitia a cópia, mas ao ler esse pensamento não pude resistir à vontade de colocá-lo em meu trabalho, tal minha identidade com sua mensagem.

*"Um cliente é o visitante mais importante em nossa casa. Ele não depende de nós; nós somos dependentes dele. Ele não é uma interrupção em nosso trabalho; ele é o propósito do mesmo. Nós não estamos fazendo um favor ao servi-lo; ele está fazendo um favor em nos dar essa oportunidade".*

**GANDHI.**

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMAQ	Associação Brasileira de Indústria de Máquinas e Equipamentos
ABETRANS	Associação Brasileira de Empresas do Setor de Trânsito
ABRANCET	Associação Brasileira de Monitoramento e Controle de Trânsito
AGME	Associação de Metrologia e Verificação
ALA	América Latina
ATM	Apreciação Técnica de Modelo
ATEV	acidente de trânsito por excesso de velocidade
AV	Auto Verificação
BIML	Bureau International de Metrologie Legale
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
CEE	Comunidade Econômica Européia
CEM	Centro Espanhol de Metrologia
CEN	Centro Europeu de Normalização
CIML	Comitê Internacional de Metrologia Legal
CONMETRO	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DAM	Academia Alemã de Metrologia
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DIDER	Divisão de Desenvolvimento e Regulamentação Metrológica
DIMEL	Diretoria de Metrologia Legal
DISET	Divisão de Segurança e Trânsito
FEV	fiscalização eletrônica de velocidade
FHWA	Federal Highway Administration
IEC	International Electrotechnical Commission
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
IPEA	Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
IPEM	Institutos de Pesos e Medidas

IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO	International Organization Standardization
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo
MERCOSUL	Mercado do Cone Sul
MEV	medidor eletrônico de velocidade
MT	Ministério dos Transportes
MUTCD	Manual on Uniform Traffic Control Devices
NIE	Norma INMETRO Específica
NIST	National institute of Standards and Technology
NIM	Núcleo de Informação sobre Mortalidade
OIML	Organização Internacional de Metrologia Legal
PDCA	Ciclo PDCA (Planejar, Fazer, Verificar resultados, Agir)
PTB	Physikalisch Technische Bundesanstalt
RADAR	abreviatura de Radio Detection and Ranging
RBMLQ	Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade
RTM	Regulamento Técnico Metrológico
SI	Sistema Internacional de Unidades
WELMEC	Western European Legal Metrology Cooperation

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Medição de velocidade utilizando laços indutivos.....	32
Figura 2 – Incerteza de medição.....	35
Figura 3 – Padrão de resposta elétrica gerada por um veículo nos laços indutivos.....	40
Figura 4 – Perfil magnético de um veículo de passeio.....	40
Figura 5 – Pontos de detecção da curva fornecida pelo laço indutivo.....	41
Figura 6 – Padrão gerado por um caminhão baú e por uma carreta.....	42
Figura 7 – Geometrias e dimensões mais utilizadas.....	44
Figura 8 – Desenho de montagem do laço no asfalto.....	45
Figura 9 – Ilustração da Lei de Ampère.....	46
Figura 10 – Curva real de um carro.....	49
Figura 11 – Curva emulada de um carro.....	49
Figura 12 – Curva real de uma motocicleta.....	49
Figura 13 – Curva emulada de uma motocicleta.....	49
Figura 14 – Curva real de um ônibus.....	49
Figura 15 – Curva emulada de um ônibus.....	49
Figura 16 – Curva real de um caminhão.....	50
Figura 17 – Curva emulada de um caminhão.....	50
Figura 18 – Perfis magnéticos normalizados em amplitude (eixo x) e tempo (eixo y).....	51
Figura 19 – Foto e perfil magnético de: a) veículo de passeio; b) utilitário; c) caminhão; d) carreta; e) ônibus; f) motocicleta.....	52
Figura 20 – Fases da Pesquisa e Resultados Alcançados.....	53
Figura 21 – Pista para calibração do padrão.....	59
Figura 22 – Padrão a Laser e fotográfico.....	60
Figura 23 – Interrupção do primeiro feixe de laser.....	61
Figura 24 – Interrupção do segundo feixe de laser.....	61
Figura 25 – Processo de avaliação fotográfica.....	63
Figura 26 – Processo de correlação para o cálculo da velocidade.....	74
Figura 27 – Blocos do sistema de detecção de veículos.....	76

Figura 28 – Sinais de calibração da jiga de teste.....	80
Figura 29 – Curvas de perfil magnético coletado, referentes a um carro: a) 57 km/h; b) 55 km/h.....	81
Figura 30 – Curvas do perfil de um carro geradas pela jiga de testes a 50 km/h.....	81
Figura 31 – Curvas de perfil magnético coletado, referentes a uma moto a: a) 75 km/h; b) 90km/h.....	81
Figura 32 – Curvas do perfil de uma moto gerada pela jiga de testes a 70 km/h.....	82
Figura 33 – Curvas de perfis magnético de motocicletas, geradas pela jiga de testes a: a) 10 km/h; b)70km/h; c)140km/h.....	82
Figura 34 – Curvas de perfis magnéticos de carros de passeio, geradas pela jiga de testes a: a) 10 km/h; b)70km/h; c)140km/h.....	82
Figura 35 – Curvas de perfis magnético de ônibus, geradas pela jiga de testes a: a) 10km/h; b)70km/h; c)140km/h.....	83
Figura 36 – Curvas de perfis magnético de caminhões, geradas pela jiga de testes a: a) 10 km/h; b)70km/h; c)140km/h.....	83
Figura 37 – Tela gerada pelo software J-Det.....	84
Figura 38 – Interferência não identificada no momento da medição.....	85
Figura 39 – Interferência causada por uma moto em ultrapassagem a outra.....	85
Figura 40 – Interferência causada pela passagem do veículo entre as faixas de medição.....	86

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

APÊNDICE I – Entrevista.....	98
APÊNDICE II – Fluxo da utilização da jiga de teste padrão instalada em paralelo com o instrumento sob ensaio.....	101
APÊNDICE III – Fluxo da utilização da jiga de teste como padrão gerador de perfis magnéticos inseridos nos laços indutivos do instrumento sob ensaio.....	102
Quadro 1 – Números do trânsito de 1998 a 2002.....	17
Quadro 2 – Erros máximos admitidos nas verificações metrológicas.....	36
Quadro 3 – Resumo das Fases e Tipos de Pesquisa Utilizados.....	57
Quadro 4 – Principais frequências usadas.....	63
Quadro 5 – Variação da velocidade em função da variação do ângulo.....	67
Quadro 6 – Locais de coleta dos dados.....	75
Quadro 7 – Indutâncias dos laços indutivos.....	79

## SUMÁRIO

**RESUMO**, p. 14.

**ABSTRACT**, p. 15.

**1 INTRODUÇÃO**, p. 16.

1.1. ASPECTOS GERAIS, p. 16.

1.2 O TEMA, p. 21.

1.3 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA, p. 22.

1.4 JUSTIFICATIVA, p. 23.

1.5 RELEVÂNCIA, p. 23.

1.6 OBJETIVOS, p. 24.

1.7 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO, p. 25.

1.8 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO, p. 25.

**2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**, p. 28.

2.1 O CONTROLE LEGAL DE INSTRUMENTOS, p. 29.

2.2 DEFINIÇÕES (INMETRO/RTM n° 115/1998), p. 31.

2.3 INCERTEZA E ERRO DE MEDIÇÃO, p. 34.

2.4 O LAÇO INDUTIVO, p. 38.

2.5 TEORIAS DA FÍSICA QUE EXPLICAM O COMPORTAMENTO DOS LAÇOS INDUTIVOS, p. 46.

**2.5.1 Lei de Ampère**, p. 46.

**2.5.2 Lei de Faraday**, p. 47.

**2.5.3 Lei de Lenz**, p. 47.

2.6 NORMALIZAÇÃO DE CURVAS DE PERFIL MAGNÉTICO, p. 50.

**3 METODOLOGIA DA PESQUISA**, p. 53.

3.1 INTRODUÇÃO, p. 53.

3.2 TIPOS DE PESQUISA UTILIZADOS EM CADA FASE, p. 55.

**4 RESULTADO DO ESTUDO**, p. 58.

4.1 METODOLOGIA ATUALMENTE UTILIZADA NO BRASIL PARA O ENSAIO EM CONDIÇÕES REAIS DE TRÁFEGO, p. 58.

**4.1.1 Descrevendo o manual de utilização**, p. 58.

**4.1.2 Procedimento de medição da velocidade**, p. 60.

4.2 METODOLOGIAS UTILIZADAS EM OUTROS PAÍSES, p. 60.

**4.2.1 Alemanha**, p. 60.

**4.2.2 Espanha**, p. 63.

4.2.2.1 Radar Doppler, p. 64.

4.2.2.2 Princípio de funcionamento, p. 64.

4.2.2.3 Efeito CO-SENO, p. 66.

4.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS METODOLOGIAS UTILIZADAS POR ALEMANHA, ESPANHA E A ATUAL DO BRASIL, p. 67.

**4.3.1 Alemanha**, p. 67.

4.3.1.1 Vantagens, p. 67.

4.3.1.2 Desvantagens, p. 68.

**4.3.2 Espanha**, p. 68.

4.3.2.1 Vantagens, p. 68.

4.3.2.2 Desvantagens. p. 69.

**4.3.3 Metodologia atual utilizada no Brasil**, p. 69.

4.3.3.1 Vantagens, p. 69.

4.3.3.2 Desvantagens, p. 69.

**4.3.4 Metodologia proposta**, p. 69.

4.3.4.1 Vantagens, p. 69.

**5 METODOLOGIA PROPOSTA NESTE ESTUDO A SER APLICADA NOS ENSAIOS EM CONDIÇÕES REAIS DE TRÁFEGO EM TODAS AS ETAPAS DO CONTROLE METROLÓGICO DE MEDIDORES DE VELOCIDADE PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES**, p. 71.

5.1 ASPECTOS GERAIS, p. 71.

5.2 VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA, p. 72.

5.3 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA, p. 72.

5.4 IMPLANTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA, p. 86.

**5.4.1 Fase de implantação**, p. 86.

**5.4.2 Fase de implementação**, p. 87.

**6 CONCLUSÕES**, p. 88.

6.1 QUANTO À METODOLOGIA PROPOSTA, p. 88.

6.2 QUANTO AOS OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS, p. 88.

6.3 QUANTO ÀS QUESTÕES A SEREM RESPONDIDAS, p. 88.

6.4 RECOMENDAÇÕES, p. 89

6.5 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS, p. 90.

6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS, p. 90.

**REFERÊNCIAS**, p. 92.

**APÊNDICE I**, p. 98.

**APÊNDICE II**, p.101.

**APÊNDICE III**, p. 102.

## RESUMO

Tornou-se imperioso, em função das dificuldades inerentes, e o alto grau de insegurança envolvido nos ensaios metrológicos de campo, que têm a finalidade de avaliar o comportamento dos medidores de velocidade para veículos automotores em suas condições precípua de uso, o desenvolvimento de uma nova metodologia a ser aplicada às atividades referentes ao controle metrológico de tais medidores, em particular para o “ensaio em condições reais de tráfego” em medidores do tipo fixo, que representam a grande maioria, dos instrumentos em utilização no controle do trânsito. Essa nova metodologia deverá ser aplicada nos ensaios realizados em condições reais de tráfego, em todas as fases do controle metrológico, em instrumentos de medição e registro de velocidade, utilizados com fins a emissão de infrações de trânsito, que estejam sob a regulamentação metrológica prevista na Portaria INMETRO nº 115, de 29 de junho de 1998. Essa pesquisa foi dividida, basicamente, em dois módulos, a saber: a identificação do problema dentro do panorama atual do sistema de medição de velocidade, e a principal questão, o desenvolvimento de uma metodologia capaz de tornar o ensaio mais seguro com relação a integridade física das pessoas envolvidas, realístico, eficaz e efetivo no controle metrológico, em instrumentos utilizados na medição e registro de velocidade de veículos automotores, à luz da regulamentação metrológica, dos conhecimentos tácitos, referenciais teóricos existentes e das recomendações internacionais preconizadas pela Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML). A adoção dessa nova metodologia possibilitará um aumento significativo na confiabilidade dos instrumentos utilizados para controle de velocidade no trânsito, assim como reduzirá, a níveis mínimos, comparados aos atuais, a insegurança na execução do ensaio.

Palavras chave: metrologia legal, medidores de velocidade, controle metrológico para medidores de velocidade, perfil magnético.

## **ABSTRACT**

It became imperious, in function of inherent difficulties, and the high degree of insecurity involved in the metrological tests of field, which has the purpose of evaluate the behavior of the velocity meters for motor vehicles in their rated operating conditions, the development of a new methodology to be apply in the activities referring to metrological control of theses meters, specifically to the “tests of real condition of traffic” in meters of fixed type, that represent the great number, of the instruments in use at the traffic control. This new methodology should be apply to the tests realized in real conditions of traffic, in all stages of the metrological control, in measuring instruments and the velocity register, used with the purpose of issuing of the traffic infringement which have been under the metrological regulation foreseen at the regulation of INMETRO nº 115, from June 29,1998. This research was divided, basically, in two modules, such as: the identification of the problem in the actual view of the system of velocity meters, and the main question, the development of a methodology able to become the test more secure with regard to physics integrity of the people involved, realistic, efficient and effective in the metrological control, in instruments used in the measurement and register of velocity of motor vehicles, based on of metrological regulations, of the tacit knowledge, existent publications and the International Recommendations issued by International Organization of Legal Metrology (OIML). The adoption of this new methodology will enable a significant increase in the level of confidence of the instruments used to the velocity control of traffic, as well as, they will reduce to least level, compared with the actual, the insecurity in the execution of the tests.

Key words: legal metrology, velocity meters, metrological control to velocity meters, profile magnetic

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 ASPECTOS GERAIS

O trânsito de veículos automotores, para que seja disciplinado, deve atender a um conjunto de normas denominado “legislação de trânsito”. O acelerado e desordenado crescimento da população ativa, associado à implantação, em território nacional, de fábricas de veículos automotores, com veículos a preços populares, proporcionou crescimento não diferente na população veicular, o que levou à necessidade de se repensar e estabelecer novas medidas de segurança para o trânsito no Brasil, culminando na promulgação do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), baixado pela Lei nº 9503 de 23 de setembro de 1997, que entrou em vigor em 22 de janeiro de 1998 (CTB, 1997).

Em seu artigo 1º, inciso 2º, o CTB estabelece como direito de todo cidadão e dever dos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Trânsito, o trânsito seguro, e em seu artigo 5º define como Sistema Nacional de Trânsito “o conjunto de órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, que tem por finalidade o exercício das atividades de planejamento, administração, normalização, pesquisa, registro e licenciamento de veículos, formação, habilitação e reciclagem de condutores, educação, engenharia, operação de sistema viário, policiamento, fiscalização, julgamento de infrações e de recursos e aplicação de penalidades”.

Com a finalidade de dar condições à administração pública de fiscalizar com eficiência e imparcialidade o trânsito, o CTB em seu artigo 280, inciso 2º, prevê a utilização de equipamentos eletrônicos, tais como medidores eletrônicos de velocidade para veículos automotores, e determina que estas atividades devem ser regulamentadas pelo CONTRAN e DENATRAN, através de resoluções e portarias respectivamente.

Atualmente em vigor, a Resolução nº 146, de 27 de agosto de 2003, determina os requisitos mínimos para utilização dos medidores de velocidade eletrônicos e autônomos na fiscalização do trânsito.

A utilização de medidores de velocidade eletrônicos, para reduzir e prevenir os acidentes de trânsito por excesso de velocidade, baseia-se na comprovação

estatística de que a fiscalização do trânsito representa uma das formas mais eficazes para induzir motoristas à redução da velocidade em seus veículos, a níveis seguros, sendo hoje considerado indispensável a sua utilização.

Uma ação consistente, bem fundamentada, baseada na utilização de medidores de velocidade eletrônicos para veículos automotores, é facilmente entendida pelos usuários, tendo como resultado uma redução efetiva da velocidade e do potencial de acidentes. A criteriosa e efetiva aplicação dos medidores de velocidade eletrônicos, associada à bem definidos limites de velocidade, evita a penalização inadequada dos usuários das vias públicas no que diz respeito ao trânsito de veículos, seja pela imposição de multas pecuniárias ou outras sanções, assim como pelo aumento desnecessário do tempo de viagem, tornando-se ferramenta de eficácia comprovada no combate ao altíssimo índice de acidentes de trânsito e suas conseqüências para a sociedade brasileira, como pode ser avaliado na tabela do quadro1, a seguir.

Itens	Resumo				
	1998	1999	2000	2001	2002
Vítimas fatais	20.020	20.178*	20.049	20.039	18.877 <sup>2</sup>
Vítimas não fatais	320.733	325.729*	358.762 **	374.557 **	318.313 <sup>2</sup>
Acidentes com vítimas	262.374	376.589	286.994 **	307.287	251.876 <sup>1</sup>
Frota de veículos	30.939.466	32.318.646	29.503.503 ***	31.913.003	34.284.967
População	161.790.311	163.947.554	169.590.693	172.385.826	174.632.960
( * ) Não inclui dados de Minas Gerais. ( ** ) Não inclui dados do Distrito Federal. ( *** ) A redução da frota em 2000 se deve a depuração de cadastro com a integração ao Sistema RENAVAL. ( <sup>1</sup> ) Não inclui dados do Espírito Santo e Mato Grosso. ( <sup>2</sup> ) Não inclui dados do Amapá, Espírito Santo, Mato Grosso e Rio de Janeiro.					

Quadro 1 – Números do trânsito de 1998 a 2002

Fonte: DENATRAN – Anuário Estatístico de Acidentes de Trânsito (2002, tabela 1.23).

A questão que se apresenta é: Por que utilizar medidores eletrônicos de velocidade para veículos automotores?

O uso desses instrumentos busca reduzir, a níveis aceitáveis, a incidência de acidentes com feridos graves, ou fatais, quando educa o motorista a trafegar com seus veículos em velocidades compatíveis com as vias por onde trafegam, sem a necessidade de exposição do indivíduo (policia).l).

O grande ganho desse processo é a redução considerável do número de vítimas fatais ou não, assim como dos custos advindos dos acidentes evitados, que podem ser classificados em dois grupos distintos, os custos diretos e os indiretos:

#### a) Custos Diretos

- Remoção de vítimas: custo relacionado à remoção das vítimas de acidentes de trânsito, do local da ocorrência até o hospital ou pronto-socorro, além da locomoção das equipes de resgate, com veículos e profissionais especializados (ambulâncias, para-médicos).

- Atendimento médico-hospitalar: custos dos recursos humanos e materiais de atendimento e do tratamento das vítimas de acidentes de trânsito, da chegada ao hospital até a alta médica ou a morte.

- Atendimento policial e de agentes de trânsito: custos relacionados ao tempo de ocupação dos policiais e agentes de trânsito.

- Congestionamento: custos relativos ao tempo perdido pelos ocupantes de veículos retidos no tráfego em decorrência de acidentes, assim como o aumento do custo de operação desses veículos.

- Danos ao equipamento urbano: reposição ou recuperação de mobiliário urbano danificado ou destruído em decorrência de acidentes de trânsito, tais como abrigos de ônibus, postes, "orelhões", caixas de correio e gradis.

- Danos à propriedade: recuperação de propriedades particulares tais como, muros, veículos.

- Danos à sinalização de trânsito: reposição de sinalização danificada, tais como, postes de sustentação de sinalização, placas de sinalização, equipamento semafórico.

- Danos aos veículos: recuperação ou reposição de veículos danificados.

- Remoção de veículos: guinchos para remoção dos veículos avariados do local do acidente à oficina ou delegacia.

## b) Custos Indiretos

- Reabilitação das vítimas: programas de reabilitação, como fisioterapia.
- Impacto familiar: representa o custo do impacto do acidente no círculo familiar das vítimas, eventual produção cessante das vítimas e adaptações na estrutura familiar.
- Meio de transporte: somatório das despesas do acidentado e família, com passagens de ônibus, táxi e aluguel de veículo decorrentes da necessidade de locomoção, no período em que o veículo acidentado não estiver em condições de uso.
- Perda de produção: perdas financeiras das vítimas não fatais, pela interrupção temporária ou permanente de suas atividades produtivas.
- Previdência: custo que recai sobre a Previdência Social, temporária ou permanente, em função da incapacidade de trabalho das vítimas. Nesse custo incluem-se despesas com pensões e benefícios.
- Processos judiciais: custo de processos judiciais, em função do atendimento às questões referentes aos acidentes de trânsito.

Pode-se dizer, ainda, que há um ganho social. Os medidores de velocidade eletrônicos são instrumentos que objetivam monitorar a velocidade dos veículos automotores, tendo como ganho social a segurança no trânsito. A justa aplicação de penalidade por excesso de velocidade, através de medições confiáveis, caracteriza a necessária aplicação do controle metrológico legal desses instrumentos, tornando-os legalmente habilitados para o exercício da sua função, observados os critérios requeridos, desde sua concepção, fabricação e manutenção de suas características técnicas e metrológicas, quando em uso.

A aplicação de medidores de velocidade tem Amparo Legal na Lei n° 9503 de 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro, visando a segurança no trânsito, que estabelece em seu artigo n° 61 as velocidades máximas permitidas, de acordo com a classificação das vias.

O artigo n° 218 da mesma Lei, classifica as infrações e estabelece as penalidades, para os excessos de velocidade. Destaca-se o caput do artigo:

“Transitar em velocidade superior a máxima permitida para o local, medida por instrumento ou equipamento hábil”.

Depreende-se que um instrumento hábil deva ser tecnicamente adequado e legalmente controlado para que as medições forneçam a confiança e segurança requerida. Assim cabe ao INMETRO, órgão que detêm a competência técnica e legal, instituída através da Lei n° 5966/1973, e Lei n° 9933/1999, a responsabilidade por esse controle.

Além disso, a resolução CONMETRO n° 11/1988, estabelece em seu item 8, que:

Os instrumentos de medir e as medidas materializadas, que tenham sido objeto de atos normativos, quando forem oferecidos à venda; quando forem empregados em atividades econômicas; quando forem utilizados na concretização ou na definição do objeto de atos em negócios jurídicos de natureza comercial, civil, trabalhista, fiscal, para fiscal, administrativa e processual; e quando forem empregados em quaisquer outras medições que interessem à incolumidade das pessoas, deverão, obrigatoriamente:

- a) Corresponder ao modelo aprovado pelo INMETRO;
- b) Serem aprovados em verificação inicial, nas condições fixadas pelo Instituto;
- c) Serem verificados periodicamente;

Esses três itens caracterizam na íntegra o Controle Metrológico necessário para que um instrumento de medição atenda a sua finalidade, com a confiança e segurança requerida. Para alcançar tal desiderato, torna-se necessária a emissão de um Regulamento Técnico Metrológico que estabelece os requisitos para a concepção/construção, condições de utilização e controle metrológico aplicável, garantindo enfim que a medição realizada, quando do instrumento em seu uso precípua, esteja revestida da confiabilidade, para que, no caso do medidor de velocidade, seja, quando justo, aplicar a devida penalidade aos supostos infratores.

## 1.2 O TEMA

Os medidores de velocidade para veículos automotores utilizados, no controle

Descrevendo sucintamente, o ensaio em condições reais de tráfego consiste em realizar uma série de medições, com um veículo que porta um medidor padrão de velocidade, comparando-se as indicações desse medidor padrão, com as indicações do instrumento medidor de velocidade, para veículos automotores, sob ensaio.

Essa série de medições pode chegar a um total de cento e cinquenta passagens do veículo pelos laços, havendo necessidade de interrupção do trânsito no local ou na faixa em uso com uma demanda de trabalho onde são necessários um motorista e dois metrologistas por até três dias, a depender dos fatores operacionais e ambientais, do local e do período.

As cento e cinquenta medições devem abranger toda a faixa de medição de velocidade do instrumento em exame, porém o local, as condições ambientais e principalmente as condições de segurança são fatores limitadores para a plena execução do ensaio, em função dos quais, na prática, esse ensaio somente é efetuado até a velocidade máxima de 100 km/h, com o tempo seco e 90 km/h em dias de chuva.

### 1.3 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Os principais problemas a serem enfrentados pela pesquisa são:

- a) alto nível de insegurança operacional na execução dos ensaios em condições reais de tráfego, com a metodologia atualmente utilizada;
- b) não atendimento pleno à necessidade de avaliação das diversas variáveis envolvidas nas medições a que estão expostos os medidores de velocidade para veículos automotores, fixos, quando instalados, (em seu uso precípua).

## 1.4 JUSTIFICATIVA

O ensaio em condições reais de tráfego, em medidores de velocidade para veículos automotores, em função da atual metodologia utilizada, tem sido constantemente citado nos encontros técnicos realizados com técnicos dos órgãos integrantes da rede executora do INMETRO, os Ipem's, sempre com o apelo desses, para que seja desenvolvida uma nova metodologia para esse ensaio, com o objetivo de se promoverem mudanças profundas para, se não eliminar, minimizar sobremaneira os riscos de acidentes.

## 1.5 RELEVÂNCIA

É importante pensar em soluções que possam reduzir insegurança durante uma atividade qualquer.

Reduzir as incertezas nas medições é uma característica tácita de quem trabalha na área de metrologia, em particular na Metrologia Legal, onde erros podem representar consideráveis prejuízos à saúde humana, ao meio ambiente, e ao livre comércio.

Além disso, a metodologia atualmente utilizada para o ensaio em condições reais de tráfego, soma diversas desvantagens, como exemplo: o risco de colisões, atropelamentos, fechamento de vias com transtorno para o trânsito, adiamento de ensaios em função de chuva, aumentando o custo do mesmo, custo altamente elevado por envolver; veículos, diversos técnicos, diversos órgãos, etc., dificuldade operacional face à logística para operacionalização do ensaio, envolvendo ações específicas para o INMETRO, fabricante do instrumento em questão, órgão de trânsito local, e outros.

A adoção de metodologia que torne dispensável a utilização de veículos sem, porém, descartar as variáveis agregadas ao ensaio em função da utilização desses é no mínimo apreciável, pois entre outras vantagens pode-se contabilizar:

- a) redução significativa da insegurança no ensaio;
- b) redução dos custos dos mesmos em função da redução do número de homens-horas trabalhados e da disponibilidade dos técnicos para atuação em outras atividades.

## 1.6 OBJETIVOS

O objetivo maior desse estudo é elaborar uma metodologia que, em substituição à metodologia atual, possa melhorar significativamente a segurança das pessoas envolvidas, direta ou indiretamente, no ensaio em condições reais de tráfego realizado nas diversas fases do controle metrológico dos medidores de velocidade para veículos automotores.

Existem também alguns Objetivos Secundários:

- Reduzir o número de técnicos envolvidos no ensaio;
- Reduzir o tempo gasto na execução do ensaio;
- Tornar significativamente mais abrangente a avaliação das variáveis envolvidas na medição, por poder emular qualquer tipo de veículo, assim como as diversas situações vivenciadas no dia a dia;
- Reduzir a incerteza envolvida no ensaio, fazendo com que seus resultados independam da habilidade do condutor do veículo, incerteza essa de relevância altamente significativa, além de estabelecer uma única referência para o ensaio, o perfil magnético de veículos, coletados e tratados para compor o padrão.

Isso remete às seguintes questões a serem respondidas:

- a) Existe outra metodologia aceitável, do ponto de vista metrológico e regulatório, para a execução do ensaio em condições reais de tráfego, que agregue maior segurança à integridade física dos envolvidos?
- b) Essa metodologia deve necessariamente, para ser validada, utilizar-se de veículos automotores?

c) É possível a realização dos ensaios em condições reais de tráfego, utilizando-se dos recursos da emulação, tão difundidos nas mais diversas áreas de pesquisas científicas atuais? Nessa situação consideram-se todas as variáveis envolvidas no evento, fazendo com que a observância dessas variáveis seja de tal forma tão realista, que ao aproximar-se da realidade em níveis tão significativos, poder-se-á considerar, para efeitos práticos, à realização do evento real.

## 1.7 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O estudo se limitará ao desenvolvimento de uma metodologia com índice de segurança aceitável para a execução única e exclusivamente do ensaio em condições reais de tráfego em instrumentos medidores de velocidade para veículos automotores, do tipo fixo, que utilizam laços indutivos, os quais representam maioria expressiva dos instrumentos instalados no controle de tráfego no Brasil. Os resultados deste estudo não são válidos para os instrumentos que utilizem outras tecnologias que não laços indutivos.

## 1.8 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta pesquisa propõe uma metodologia em substituição à atualmente utilizada, com o intuito de reduzir a incerteza na medição e eliminar os riscos de acidentes intrínsecos a essa metodologia.

Para possibilitar a confecção desse trabalho, seu desenvolvimento e validação, utilizou-se o parque de equipamentos instalados para fins de fiscalização eletrônica, de uma empresa brasileira.

O capítulo 1 refere-se aos aspectos gerais que envolvem o tema, a apresentação do problema, a justificativa e relevância deste trabalho, vantagens e desvantagens das metodologias apresentadas, principais questões a serem respondidas, objetivos a serem alcançados, e as delimitações do estudo apresentado.

O capítulo 2 refere-se, após algumas considerações iniciais, aos aspectos legais envolvidos na questão em pauta. Discorre sobre o controle metrológico, à luz do qual deve ser avaliado todo instrumento utilizado para medição de velocidade de veículos automotores.

São citadas algumas referências ao cálculo da incerteza e erro de medição, destacando os erros máximos admitidos para cada fase do respectivo controle metrológico.

Faz-se referência ao laço indutivo, elemento fundamental do sistema de medição dos instrumentos medidores de velocidade para veículos automotores do tipo fixo, a importância de sua geometria na medição e sensibilidade do mesmo.

Faz-se referência as teorias e leis físicas que explicam o comportamento eletromagnético do mesmo.

Faz-se ainda, neste capítulo, menção à técnica da normalização aplicada às curvas geradas pelos laços indutivos, com o intuito de minimizar erros, provenientes de ruídos eletromagnéticos oriundos do ambiente onde o instrumento de medição se encontra instalado.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia da pesquisa onde fica claro o seu desenvolvimento, na descrição sucinta das principais etapas necessárias à sua descrição e conclusão.

No capítulo 4 é descrita a metodologia atualmente utilizada nas verificações metrológicas, para o ensaio em condições reais de tráfego, o procedimento para calibração do padrão, e execução da medição da velocidade. Ainda neste capítulo, se faz menção às metodologias utilizadas em outros países, apresentando ainda algumas vantagens e desvantagens entre essas metodologias.

O capítulo 5, discorre sobre alguns aspectos relacionados à utilização de curvas de perfis magnéticos, usadas na avaliação da velocidade de veículos automotores. Discorre-se ainda sobre a base instrumental e localização dos instrumentos utilizados no levantamento dos dados obtidos para validação da pesquisa, é apresentada a descrição da placa de aquisição de dados usada, capaz de fornecer as curvas de perfis magnéticos com taxa de amostragem adequada à utilização que se propõe (padrão para os ensaios realizados no controle

metrológico), é também mencionada a jiga<sup>1</sup> de testes, geradora das curvas utilizadas como padrão.

Ainda nesse capítulo é feita uma comparação das curvas obtidas com a placa detectora e as curvas geradas pela jiga de testes, apresentam-se também algumas conclusões, sugerem-se novas linhas de pesquisas para otimização do sistema.

No capítulo 6 são apresentadas as principais conclusões da pesquisa e sugerida propostas de continuidade da mesma.

---

<sup>1</sup> O termo jiga, defini um aparato que serve de matriz para montagem de experiências eletro-eletrônicas em laboratório.

## 2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo a Organização Internacional de Metrologia Legal - OIML, entidade internacional de Metrologia Legal, da qual o Brasil é país membro, a Metrologia Legal é a parte da metrologia que trata das atividades de cunho regulatório, relativas aos instrumentos, metodologias de medição e unidades de medidas.

Tem a competência para estabelecer tecnicamente os procedimentos de controles metrológicos, a serem utilizados por autoridades públicas, governamentais, com o objetivo de manter um nível aceitável de qualidade e credibilidade das medições integrantes de atividades de controles do governo tais como: arrecadação de impostos, saúde, comércio, segurança, incolumidade das pessoas e mais recentemente as atividades ligadas ao controle do meio ambiente.

Cabe à autoridade metrológica, responsável pela Metrologia Legal, estabelecer Regulamentos Técnicos Metrológicos, a luz dos quais devem ser avaliados os instrumentos e procedimentos de medição que estejam sujeitos ao controle regulatório do Estado, esse controle é denominado Controle Metrológico. (Brasil - Lei nº. 5.966, de 11 de Dezembro de 1973).

O Controle Metrológico compreende:

- O Controle Legal de Instrumentos de Medição;
- A Supervisão Metrológica; e
- A Perícia Metrológica

O Controle Legal de Instrumentos de Medição, é constituído basicamente de três fases, a saber: Apreciação Técnica de Modelo, Verificações iniciais (realizadas ainda na linha de produção) e Verificações Subseqüentes (realizadas quando o instrumento é posto em uso, em caso de manutenção, calibração ou reparo).

No Brasil, a instituição governamental, à qual foi atribuída a competência, exclusiva, para legislar em Metrologia Legal e estabelecer Regulamentos Técnicos Metrológicos, assim como atuar na avaliação de conformidade em todas as áreas, é o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO.

No modelo de atuação da Metrologia Legal no Brasil, O INMETRO centraliza a execução das atividades relativas à primeira fase do Controle Metrológico, que é a Apreciação Técnica de Modelo - ATM, e delega às instituições governamentais dos Estados integrantes da federação, que formam a Rede Brasileira de Metrologia

Legal e Qualidade Industrial (RBMLQ), as atividades de Verificações Metrológicas (verificação iniciais e subseqüentes) na área da Metrologia Legal, e a fiscalização de produtos de certificação compulsória, na área da qualidade.

No Controle Metrológico aplicado aos medidores de velocidade para veículos automotores, além dos ensaios laboratoriais, integra também o processo de Apreciação Técnica de Modelo, um ensaio que tem a finalidade de avaliar o comportamento do instrumento nas condições adversas encontradas quando da utilização deste em seu uso precípua, ou seja, instalado nas vias públicas, monitorando a velocidade de veículos automotores, “ensaio em condições reais e tráfego”. (INMETRO, RTM 115/1998)

É da competência do órgão máximo legislador para assuntos de trânsito, CONTRAN, a tarefa de estabelecer as regras de utilização dos medidores de velocidade para veículos automotores, o qual delega aos órgãos de trânsito municipais o monitoramento desse sistema, sempre alinhado ao estabelecido na carta magna da legislação do trânsito, o Código de Trânsito Brasileiro - CTB.

## 2.1 O CONTROLE LEGAL DE INSTRUMENTOS

O Controle Legal de medidores de velocidade para veículos automotores, incluído no Regulamento Técnico Metrológico, contido na Portaria INMETRO nº.115 de 29 de junho de 1998 estabelece basicamente três fases, como apresentadas anteriormente e descritas a seguir:

Fase 1 - Apreciação Técnica de Modelo (INMETRO, RTM 115/1998, p 3,6).

a) Análise da documentação, memorial descritivo e outros documentos fornecidos pelo requerente, as características do instrumento e a avaliação do atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos no Regulamento Técnico Metrológico.

b) Realização de ensaios no instrumento, conforme descrito a seguir:

- Ensaio metrológico: ensaios que têm por finalidade avaliar a capacidade do instrumento de medir velocidade de veículos automotores dentro dos erros máximos estabelecidos no Regulamento Técnico Metrológico, para os ensaios realizados em laboratório em condições de referência.

- Ensaio de fatores de influência: ensaios que têm a finalidade de avaliar se o instrumento sob ensaio varia sua indicação e ou registro, na presença de influências externas, e ensaio climático.

São realizadas no instrumento instalado, com periodicidade de 12 meses ou quando houver alguma intervenção no instrumento, após a qual o instrumento é liberado ao uso.

Do Controle Metrológico conforme citado anteriormente, ainda fazem parte a Supervisão metrológica e a Perícia metrológica, que são efetuadas a qualquer tempo, por decisão do órgão metrológico, ou para execução de perícias em apuração de denúncias que envolvam algum instrumento metrológico.

## 2.2 DEFINIÇÕES

Existem diversos tipos de medidores de velocidade para veículos automotores, definidos no Regulamento Técnico Metrológico, aceitos como instrumentos aptos a serem utilizados no controle do trânsito. Esses instrumentos utilizam as mais diversas tecnologias para efetuar a medição da velocidade.

Medidores de velocidade fixos com laços indutivos – “São medidores de velocidade instalados em local definido e em caráter permanente.” (INMETRO, RTM 115/1998, p.2)

Esses medidores caracterizam-se pela utilização basicamente de dois ou três laços, com geometria específica à aplicação, formados por fios de cobre enrolados em espiras, instalados de forma permanente e seqüencial na via a ser controlada, com tecnologias que se utilizam das propriedades magnéticas dessas espiras.

O cálculo da velocidade é efetuado, considerando o seguinte princípio: o veículo passa sobre o primeiro laço indutivo, ao ser detectado pela placa detectora, dispara um cronômetro interno na placa, dando início à contagem do tempo, que é interrompida quando o mesmo passa sobre o segundo laço indutivo visto que, os laços encontram-se posicionados de forma seqüencial e a uma distância fixa conhecida. Tendo-se o tempo percorrido pelo veículo entre o primeiro e o segundo

laço indutivo, a velocidade média é calculada, de forma simples, utilizando-se a expressão matemática usada na dinâmica (física), fórmula n° 1.

Na figura 1 visualiza-se um diagrama dos pulsos gerados a partir do perfil magnético gerado pelos laços indutivos.

$$v = d / t \quad (1)$$

Onde:

**V** = velocidade do veículo em m/s

**d** = distância entre os laços indutivos em m

**t** = tempo de deslocamento entre o sensor 1 e o sensor 2 em segundos

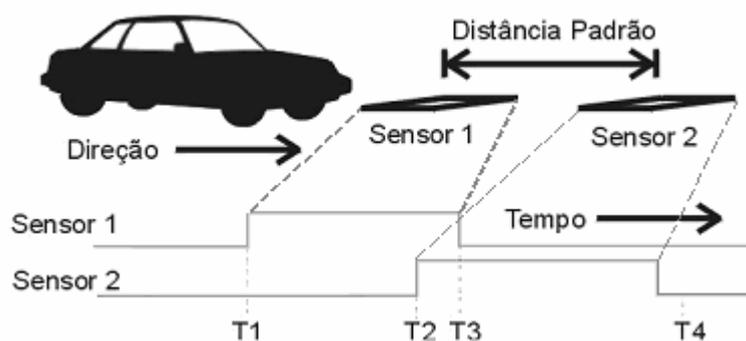


Figura 1 - Medição de velocidade utilizando laços indutivos

Com o intuito de dar maior precisão à medição, alguns fabricantes utilizam outros algoritmos tais como:

a) consideram duas medições de tempo, uma quando o veículo entra em cada laço, outra quando o veículo sai de cada laço,

indutivo, entre o segundo e o terceiro laço indutivo e entre o primeiro e o terceiro laço indutivo.

É importante apresentar algumas definições citadas no Regulamento Técnico Metrológico (INMETRO, RTM 115/1998, p. 2,3), que serão transcritas a seguir:

Instrumento automático: instrumento que não necessita da interferência de operador em qualquer das fases de funcionamento.

Instrumento não automático: instrumento que necessita do controle do operador.

Medidor de velocidade: instrumento responsável pela medição de velocidade de veículos automotivos.

Medidores fixos: medidor de velocidade instalado em local definido e em caráter permanente.

Medidores estáticos: medidor de velocidade instalado em um veículo parado ou em um suporte apropriado.

Medidores móveis: medidor de velocidade instalado em um veículo em movimento que procede a medição ao longo da via.

Radar: medidor de velocidade que, empregando ondas contínuas na faixa de microondas, transmite e recebe um sinal, operando pelo princípio Doppler.

Radar portátil: medidor de velocidade, no qual o feixe de microondas é direcionado manualmente, ao longo da via, para atingir um veículo alvo.

Radar fixo ou estático: medidor de velocidade instalado de forma permanente ou em suporte apropriado, no qual o feixe de microondas é direcionado com um ângulo conhecido, na via.

Radar móvel: medidor de velocidade instalado em veículo em movimento.

Medidor que utiliza laços de superfície: medidor de velocidade cujo elemento sensor encontra-se localizado sob ou sobre a superfície da via de tal modo que, quando um veículo passa sobre esse elemento, alguma mudança em suas propriedades físicas é produzida propiciando a medição da velocidade do veículo.

Medidor ótico: medidor de velocidade que usa feixe de luz na região visível ou infravermelho.

Medidor ótico portátil: medidor de velocidade que consiste de um feixe único de luz direcionado para um veículo alvo. O feixe de luz

refletido é detectado e processado para determinar a velocidade do veículo.

Medidor ótico, fixo ou estático: medidor de velocidade que consiste de dois ou mais feixes de luz, direcionados e detectados por sensores distintos, ou refletidos na superfície da rodovia, ou por um refletor construído com esse propósito. A velocidade é determinada pela medição do intervalo do tempo entre a interrupção dos feixes causada pela passagem do veículo.

### 2.3 INCERTEZA E ERRO DE MEDIÇÃO

Segundo Doiron & Stoup (1997), "o cálculo da incerteza de medição pode ser considerado como uma tentativa de definir, em concordância com regras padrões, os limites 'razoáveis' do resultado obtido".

Por sua vez, no Vocabulário Internacional de Metrologia, incerteza de medição é definida como o "Parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentadamente atribuídos a um mensurando". (VIM, 1993, p. 30)

É preciso, então, que sejam estabelecidas algumas considerações. O parâmetro pode ser, por exemplo, um desvio padrão (ou múltiplo dele), ou a metade de um intervalo correspondente a um nível de confiança estabelecido.

Estabelece-se que a incerteza de medição compreende, em geral, muitos componentes. Alguns desses componentes podem ser estimados com base na distribuição estatística dos resultados das séries de medições e podem ser caracterizados por desvios-padrão experimentais. Os outros componentes, que também podem ser caracterizados por desvios-padrão, são avaliados por meio de distribuição de probabilidades assumidas, baseadas na experiência ou em outras informações.

Entende-se que o resultado da medição é a melhor estimativa do valor do mensurando e que todos os componentes da incerteza, incluindo aqueles resultantes dos efeitos sistemáticos, como os componentes associados com correções e padrões de referência, contribuem para a dispersão (ISO-GUM, 1998), (Figura 2).

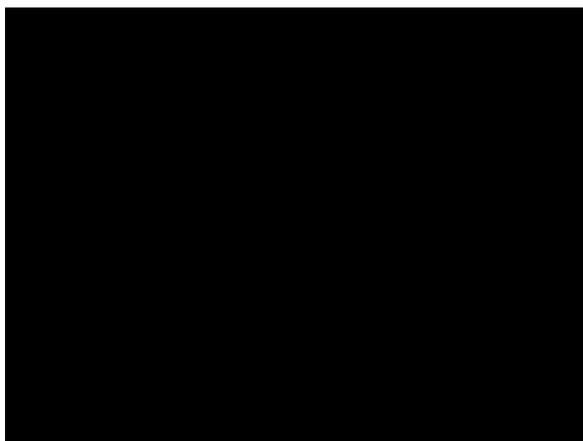


Figura 2 - Incerteza de medição

Por sua vez, o erro de medição pode ser caracterizado como o resultado de uma medição menos o valor verdadeiro do mensurando.

Também nesse ponto, são necessárias algumas considerações. Uma vez que o valor verdadeiro não pode ser determinado, utiliza-se, na prática, um valor verdadeiro convencional (ISO-GUM, 1998).

No Regulamento Técnico Metrológico pertinente, são estabelecidos os erros máximos admitidos para os medidores de velocidade de veículos automotores.

Os medidores de velocidade, assim como todos os instrumentos de medir e/ou metodologias utilizadas para efetuar medições em qualquer grandeza, possuem, intrinsecamente, incertezas associadas que, somadas as incertezas da metodologia da medição, originarão o erro máximo admitido para o uso do instrumento medidor de velocidade de veículos automotores, com fins de emissão de multas de trânsito.

Cada fase do controle metrológico, admite um determinado erro de medição, que será definido, conforme as incertezas envolvidas e somadas até a respectiva fase.

Existem, porém erros máximos admitidos, para medição da velocidade, em apreciação técnica de modelo: nos ensaios executados em laboratório No caso de medidores de velocidades com indicação analógica são admitidos os seguintes erros (INMETRO, RTM 115/1998, p.3):

- $\pm 1,5$  km/h para valores medidos até 100 km/h
- $\pm 1,5\%$  para valores medidos superiores a 100 km/h

A informação constante dos registros emitidos por um medidor de velocidade, para uso em emissão de multas de trânsito, não deve diferir em mais de 1 km/h da indicação do respectivo instrumento.

Para medidores de velocidades com indicação digital, são admitidos os seguintes erros (INMETRO, RTM 115/1998, p.3):

- $\pm 1$  km/h para valores medidos até 100 km/h
- $\pm 2$  km/h para valores medidos superiores a 100 km/h

A informação constante dos registros emitidos por um medidor de velocidade, para uso em emissão de multas de trânsito, não deve diferir em mais de 1 km/h da indicação do respectivo instrumento.

Além dos erros citados anteriormente são estabelecidos, no RTM, os erros máximos admitidos na Apreciação Técnica de Modelo para o ensaio em condições reais de tráfego, e os erros admitidos nas verificações metrológicas, conforme quadro 2 (INMETRO, RTM n° 115/1998, p.3):

Verificação	Medidor de velocidade fixo ou estático		Medidor de velocidade móvel	
	Vel ≤ 100 km/h	Vel > 100 km/h	Vel ≤ 100 km/h	Vel > 100 km/h
Verificação inicial	± 3 km/h	± 3%	± 5 km/h	± 5%
Verificação periódica/eventual	± 5 km/h	± 5%	± 7 km/h	± 7%

Quadro 2 - Erros máximos admitidos nas verificações metrológicas

Fonte: (INMETRO, RTM 115/1998, p.4)

Existem também erros máximos admitidos para medição em serviço, (inspeção metrológica), em qualquer tipo de instrumento, que são aquelas medições efetuadas pelo medidor de velocidade quando em seu uso precípua, cujos valores são (INMETRO, RTM n° 115/1998, p.4):

- ± 7 km/h para velocidades até 100 km/h
- ± 7% para velocidades superiores a 100 km/h

Os erros máximos admitidos para os medidores de velocidade para veículos automotores, consideram a sua utilização nas condições a seguir descritas, nas quais são efetuados ensaios, em laboratório, para garantir o perfeito funcionamento dos instrumentos (INMETRO, RTM 115/1998, p.3), para os seguintes parâmetros.

- a) A temperatura ambiente de -10° C a 55° C (D11, 2004, p. 20 - 22).
- b) A tensão elétrica de alimentação entre -10% a +20% da tensão nominal para corrente contínua e entre -15% a +10%, para corrente alternada (D11, 2004, p. 33 - 38).
- c) As descargas eletrostáticas de 8 KV por contato e 15 KV pelo ar, e frequência de repetição de 0,1 Hz. (D11, 2004, p. 29).
- d) As radiações eletromagnéticas com intensidade de campo de 10 V/m em frequências entre 80 MHz a 1000 MHz (D11, 2004, p. 27).

e) Os transientes na linha de alimentação: para os instrumentos com alimentação elétrica em corrente alternada será aplicado trem de pulsos, positivos e negativos, com duração de 15 milisegundos em intervalo de repetição de 300 milisegundos constituído por pulsos de amplitude de 1 KV, 5ns de subida e duração 50 nanosegundos com impedância de 50 ohms. Para os instrumentos que se utilizam da alimentação do veículo automotivo, será procedido ensaio de transientes elétricos de acordo com a norma ISO nº. 7637-1.

f) A umidade relativa do ar entre 10% e 95% (D11, 2004, p. 20 - 22).

Neste estudo, estar-se-á limitado ao desenvolvimento de uma metodologia, em substituição à metodologia atual, para a execução do ensaio em condições reais de tráfego a ser aplicada aos medidores do tipo fixo, que utilizam laços de superfície com a tecnologia de laços indutivos através da variação da indutância ou da frequência do campo eletromagnético.

## 2.4 O LAÇO INDUTIVO

O laço indutivo é utilizado na grande maioria dos medidores de velocidade para veículos automotores, do tipo fixo, em função do baixo custo de construção e manutenção, longa vida útil e boa resistência a variações climáticas. No Brasil, sua aplicação no controle de trânsito, permeia as atividades de controle de velocidade, classificação e contagem de veículos, monitoramento de avanço de sinais vermelhos, controle de conversões proibidas, entre outras.

Nos instrumentos que têm por finalidade medir a velocidade de veículos automotores, encontra-se o maior índice de utilização desse tipo de sensor. Um sensor indutivo é composto por bobinas enroladas com fio de cobre, nas quais, através da aplicação de uma corrente alternada, é gerado um campo eletromagnético.

A detecção da presença de uma massa metálica sobre o laço indutivo é obtida a partir do processamento da variação do campo eletro-magnético presente no laço indutivo. A variação desse campo é função das características metálicas e da área de abrangência do laço. Quando um veículo se coloca sobre o laço indutivo, há uma interação entre o laço e a massa metálica do veículo, a partir da qual são geradas correntes que resultam na alteração das características indutivas do conjunto veículo/laço.

Essa detecção pode ocorrer de forma binária ou analógica. Na forma binária, a detecção de um veículo ocorre quando a variação do campo eletromagnético ultrapassa determinado valor em amplitude, considerado valor de corte ou valor de detecção (Sun et al., 2000).

A Figura 3 mostra a curva gerada pela variação do campo eletromagnético induzido por um automóvel em um laço indutivo. A linha de corte (limiar) determina a variação necessária em amplitude do sinal para que haja a detecção da massa metálica desse veículo, esse princípio é utilizado nos sistemas binários. Quando a amplitude ultrapassa o valor determinado pela linha de corte, o instrumento interpreta como havendo a presença de um veículo, quando o sinal retorna à valores acima da linha de corte, o instrumento interpreta que o veículo não mais se encontra sobre o laço indutivo.

As curvas apresentadas na Figura 3 representam a variação analógica, do campo eletromagnético, gerada por um veículo de passeio nos dois laços indutivos, estas curvas são denominadas de “perfil magnético” ou “assinatura magnética”.

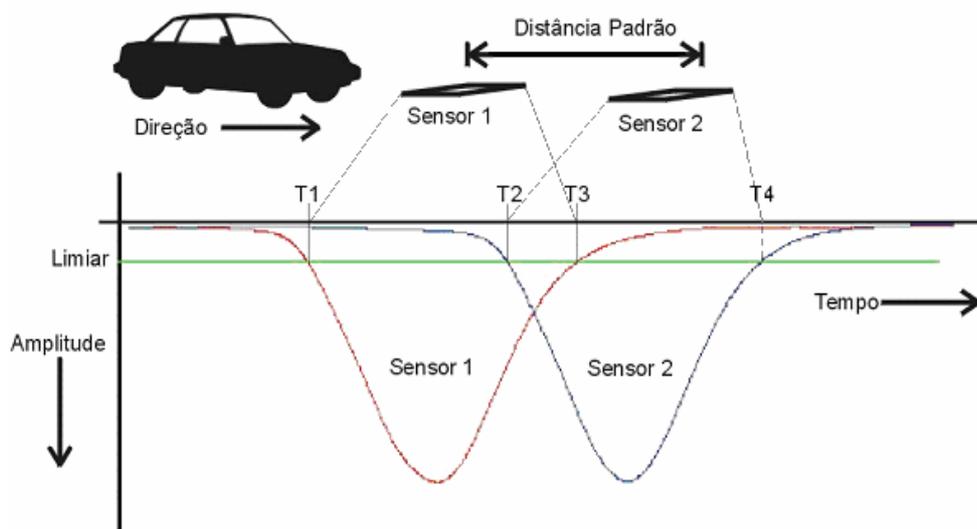


Figura 3 – Padrão de resposta elétrica gerada por um veículo nos laços indutivos (Calixto, 2006, p. 20).

Nos sistemas que detectam a presença de veículos de forma analógica, a variação do sinal é medida e armazenada ao longo do tempo de ocorrência do evento, formando pontos que comporão uma curva característica dessa variação. A qualidade da definição desta curva será diretamente proporcional à quantidade de amostras colhidas no tempo, o que, caso seja aplicada, poderá tornar a medição muito mais precisa que na metodologia hoje utilizada, visto que nessa são considerados apenas dois pontos em todo o evento, um para cada laço indutivo.

A Figura 4 mostra a variação do campo eletromagnético de um laço indutivo (eixo vertical) em *microhenrys*, captada ao longo do tempo (eixo horizontal) em *milisegundos*, quando da passagem de um veículo, de passeio, sobre o laço.

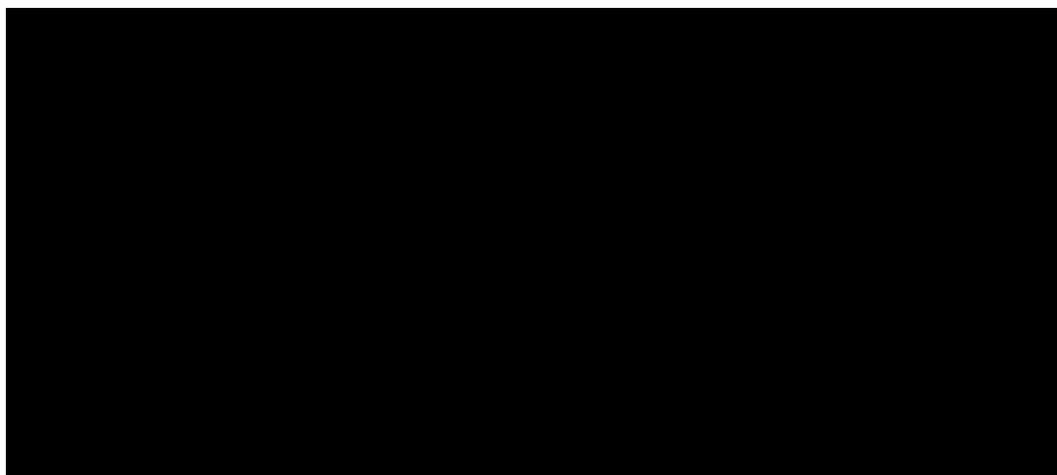


Figura 4 - Perfil magnético de um veículo de passeio

Potter (2004) descreve a evolução e disseminação desse sistema ao longo das décadas. Nessa evolução, eles passaram de simples detectores de presença para importante ferramenta dos sistemas de tráfego inteligente.

A aplicação da detecção digital de forma binária, ou seja, se existe ou não veículo sobre o sensor, é naturalmente substituída pela detecção analógica, através da amostragem no tempo, de uma forma de onda completa, em substituição ao sistema de *trigger* com dois pontos de corte somente. A Figura 5 mostra com clareza os dois pontos de corte do *trigger* através dos quais é feita a medição do tempo de passagem do veículo.

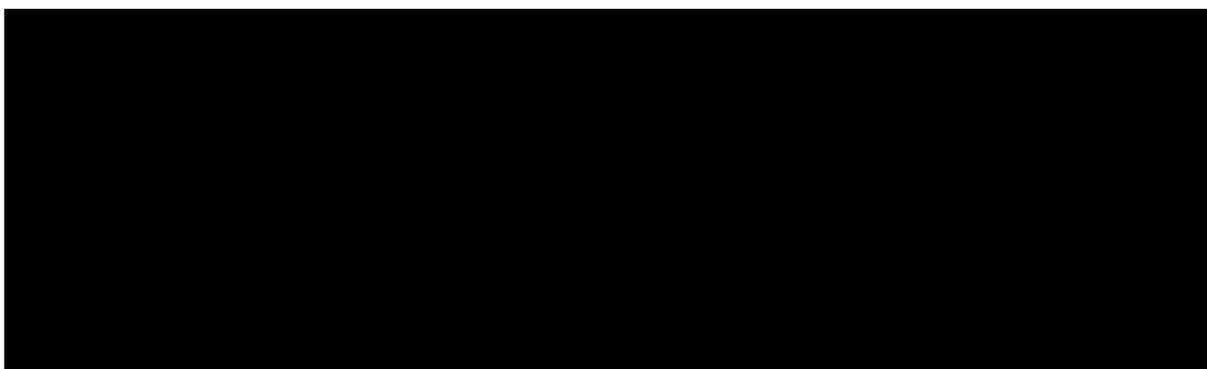


Figura 5 - Pontos de detecção da curva fornecida pelo laço indutivo (Calixto, 2006, p. 20)

Através do levantamento da curva relativa à variação do perfil magnético, é possível, além da velocidade do veículo, extrair-se um sem número de informações adicionais, que darão origem às mais variadas aplicações.

No estudo objeto desse trabalho, foi utilizado um sistema com tecnologia nacional, baseado no tratamento analógico das informações provenientes dos laços indutivos (perfil magnético), instalado por uma empresa brasileira, e por essa, disponibilizado para esse fim.

Os instrumentos instalados são configurados e dotados de sistema capaz de, através da avaliação do perfil magnético, efetuar o cálculo da velocidade e do comprimento dos veículos automotores que passam sobre ele. Cada tipo de veículo

(veículos de carga, ônibus, automóveis, motos, utilitários) possui diferentes formatos, dimensões, estruturas e distribuição da massa metálica.

Quando um veículo transita por sobre os laços indutivos, em função das correntes geradas pela presença da massa metálica do veículo, é induzida uma variação do campo eletromagnético (perfil magnético), que estabelece uma curva cuja forma depende da velocidade de deslocamento, dimensões e distribuição de massa metálica ao longo do comprimento do veículo, assim como a geometria e dimensões dos laços indutivos utilizados na medição. Essa curva é semelhante para veículos de formatos semelhantes.

A Figura 6, ilustrativamente, apresenta duas curvas de veículos semelhantes, mas de classes veiculares distintas, em velocidades distintas. As curvas da figura 6 possuem peculiaridades relativas ao formato da massa metálica dos respectivos veículos.

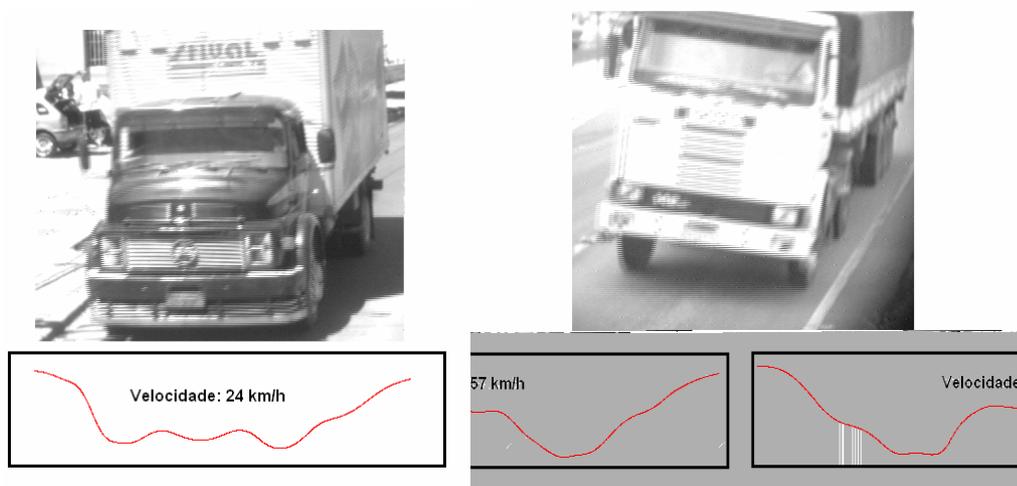


Figura 6 – Padrão gerado por um caminhão baú e por uma carreta

A taxa de crescimento na amplitude (eixo vertical), do início da curva representativa da variação do perfil magnético é uma das características a serem observadas. O caminhão baú (figura à esquerda), por exemplo, apresenta uma taxa de crescimento no início da curva maior, se comparado à curva da carreta (figura à direita). A curva da carreta, por sua vez, apresenta uma queda acentuada da amplitude do sinal na região central, o que não é observado na curva do caminhão.

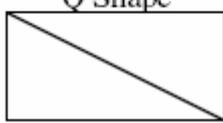
As características construtivas dos laços indutivos são de relevante importância para seu desempenho, a saber, os mesmos são construídos com bobinas de fio de cobre revestido, número de espiras, tamanho e a geometria de acordo com cada projeto, em atendimento à solicitação de demandas, no que diz respeito à detecção dos mais variados tipos de veículos.

Quanto à geometria, os laços indutivos utilizados como sensores nos medidores de velocidade para veículos automotores podem ser confeccionados com diversas formas, a depender da aplicação específica.

A geometria do laço indutivo está diretamente ligada à eficácia na detecção dos mais variados tipos de veículos. O desenho do laço indutivo é fator fundamental, em casos que se queira detectar, por exemplo, veículos com pouca massa metálica como motocicletas. Para cada tipo de veículo, com diferentes concentrações de massa metálica, estudos indicam a melhor geometria de laço a ser utilizada, de modo a favorecer a obtenção do melhor desempenho na detecção da massa metálica dos veículos automotores.

Os laços indutivos instalados em uma via de trânsito de veículos devem detectar uma grande variedade de tipos de veículos, com diferentes formas na distribuição de suas massas metálicas, não excluindo nenhum tipo de veículo.

Para monitorar vias nas quais circulam uma diversidade grande de tipos de veículos, às vezes são utilizados, concomitantemente, mais de um tipo de geometria para os laços indutivos. Na Figura 7, destacam-se as geometrias e dimensões de laços indutivos, mais utilizados nos instrumentos medidores de velocidade para veículos automotores, no monitoramento de trânsito.

Geometry		Turns	Dim (m)
A	Rectangular 	3	1,5 x 1,0
			2,0 x 1,0
			2,5 x 1,0
			3,0 x 1,0
		4	1,5 x 1,0
			2,0 x 1,0
			2,5 x 1,0
			3,0 x 1,0
I	Short 	4	1,5 x 0,5
			2,0 x 0,5
			2,5 x 0,5
			3,0 x 0,5
		5	1,5 x 0,5
			2,0 x 0,5
			2,5 x 0,5
			3,0 x 0,5
Q	Q Shape 		1,5 x 0,5
			2,0 x 0,5
			2,5 x 0,5
			3,0 x 0,5

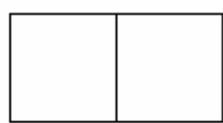
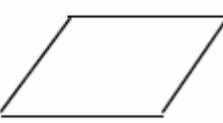
Geometry		Turns	Dim (m)
8	Lay down eight 	3	1,5 x 1,0
			2,0 x 1,0
			2,5 x 1,0
			3,0 x 1,0
		4	1,5 x 1,0
			2,0 x 1,0
			2,5 x 1,0
			3,0 x 1,0
P	Parallelogram 	3	1,5 x 1,0
			2,0 x 1,0
			2,5 x 1,0
			3,0 x 1,0
		4	1,5 x 1,0
			2,0 x 1,0
			2,5 x 1,0
			3,0 x 1,0

Figura 7 - Geometrias e dimensões mais utilizadas (Nishimoto, Coelho e Neves Jr., 2005, p.3)

Quanto à indutância, os valores encontrados nos laços indutivos utilizados como sensores, nos medidores de velocidade para veículos automotores estão na faixa compreendida entre 60 e 120  $\mu\text{H}$ , faixa que segundo (Nishimoto, Coelho e

Neves Jr., 2005, p. 3), é a mais utilizada pelos fabricantes de medidores de velocidade.

Em relação à Instalação, esta é feita cortando-se o asfalto em geometria adequada, especificada em projeto, ficando a montagem física na via a ser controlada, conforme Figura 8.

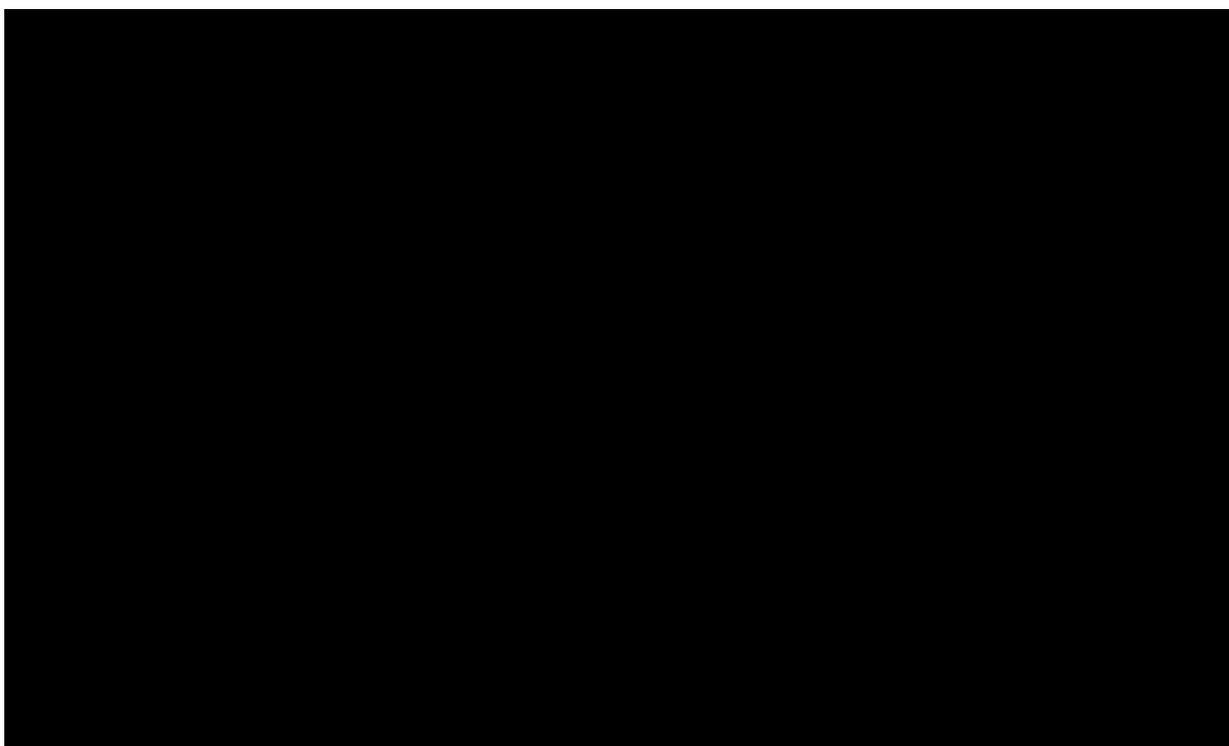


Figura 8: Desenho de montagem dos laços no asfalto.

## 2.5 TEORIAS DA FÍSICA QUE EXPLICAM O COMPORTAMENTO ELETROMAGNÉTICO DOS LAÇOS INDUTIVOS.

A fundamentação teórica necessária ao entendimento do funcionamento de um laço indutivo, é apresentada a partir de conceitos multidisciplinares a seguir apresentados.

### 2.5.1 Lei de Ampère

Ao se aplicar corrente alternada em uma bobina, formada por espiras de fios condutores, há a formação de um campo magnético ao redor dessa bobina, figura 9.

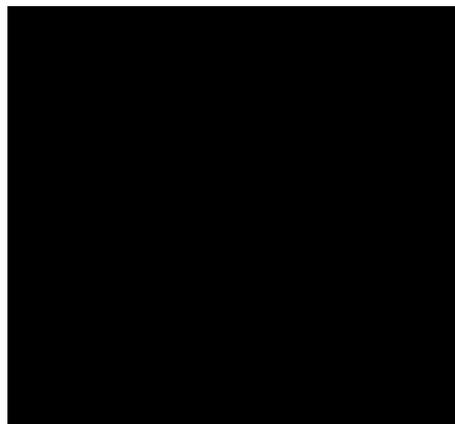


Figura 9 – Ilustração da Lei de Ampère

Quando, um determinado número de linhas magnéticas, atravessa uma superfície plana determinada por uma ou mais espiras de fios condutores, denomina-se a esse efeito de Fluxo magnético ( $\Phi_B$ ). Sendo definido por:

$$\Phi_B = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A} \text{ (Caso especial , onde o vetor B é perpendicular ao Vetor A )}$$

De acordo com o sistema internacional de unidades (SI), a unidade para fluxo magnético é Tesla x metro quadrado, sendo chamado de Weber (Wb), Onde:

$$1\text{Weber} = 1\text{Wb} = 1 \text{ t.m}^2$$

### 2.5.2 Lei de Faraday

Foi através da simetria, que Michael Faraday chegou à Lei da indução em 1831. Após isso, Faraday observou que quando um fluxo magnético que atravessa a área determinada por uma espira composta por fios condutores varia, aparece uma força eletromotriz induzida na espira igual ao negativo da taxa de variação do fluxo. Traduzindo em termos matemáticos, tem-se:

$$\delta = - \Delta\phi \mathbf{B} / \Delta t \text{ (Lei de Faraday)}$$

### 2.5.3 Lei de Lenz

O físico Heinrich Friedrich Lenz elaborou uma regra para se determinar o sentido da corrente que aparecia na espira devido à indução. Tal regra foi denominada Lei de Lenz, que pode ser enunciada da seguinte forma: “Quando um fluxo magnético variável atravessar uma espira fechada, aparecerá uma corrente na espira que se oporá à variação do fluxo que a produziu (1834)”.

Segundo Andreotti (2001), pode-se verificar então a aplicação da lei de Lenz aos laços indutivos utilizados nos medidores de velocidade para veículos automotores. Cabe ressaltar que o campo eletromagnético do laço indutivo induz fracas correntes à massa metálica do veículo, essas correntes geram no veículo, segundo a lei de Lenz, um campo eletromagnético contrário ao campo do laço indutivo, provocando com esse evento um campo eletromagnético resultante, menor

que o campo inicial do laço. Essa diferença é detectada pelo circuito eletrônico da placa de detecção de laços indutivos.

Monitorando a variação do campo eletromagnético, ou da frequência, é possível detectar um veículo que passa sobre o laço indutivo. Ao se estabelecer um limiar de detecção (ponto de corte) para o valor dessa variação, conhecida a distância entre os laços indutivos componentes do par utilizado para a medição e medindo-se o tempo decorrido entre a detecção de um laço e o laço seguinte, pode-se calcular a velocidade desse veículo.

Segundo Nishimoto, Coelho e Neves Jr. (2005), a curva característica do perfil magnético pode ser emulada por software, através da utilização de uma jiga de testes (emulador).

É possível emular qualquer situação a ser observada em trânsito, por meio da simulação da curva característica dessa situação e, dessa forma, avaliar-se o comportamento do instrumento sob ensaio frente à situação caracterizada pela curva simulada, por exemplo, veículos de massas muito diferentes, passando ao mesmo tempo em laços indutivos instalados em pistas paralelas onde a distância entre os laços é muito pequena.

Nishimoto, cita algumas vantagens de se utilizar a metodologia que se usa da emulação de eventos, em particular a variação do perfil magnético, como fonte de geração de informação, correspondente à variação do campo eletromagnético em um laço indutivo, para o cálculo da velocidade de veículos automotores. As vantagens seguintes segundo Nishimoto, são:

- Ganho de tempo: uma simulação é executada em minutos, enquanto o levantamento de uma curva real despende horas e até dias de trabalho, em alguns casos.
- Segurança: a simulação não depende de fechar rodovias para a instalação de laços indutivos no chão.
- Danos à pavimentação: a simulação, por não depender de laços instalados, evita danos à pavimentação das vias.

- Custo: para a simulação, são necessários apenas um computador e um programador com os quais se faz a simulação para vários tipos de laços indutivos, quando a utilização de laços reais implica na instalação de um conjunto de laços para cada situação a ser avaliada, assim como a utilização de diversos tipos de veículos para coleta das informações referentes ao comportamento de cada tipo.

Pode ser verificado um estudo comparativo entre curvas de perfis magnéticos reais coletadas em instrumentos instalados na rua e curvas emuladas em computador, utilizando-se o software "FastHenry". A seguir estão dispostas à esquerda curvas características de perfis magnéticos reais, coletadas em campo e à direita curvas obtidas através de simulação em computador (Nishimoto, et al).

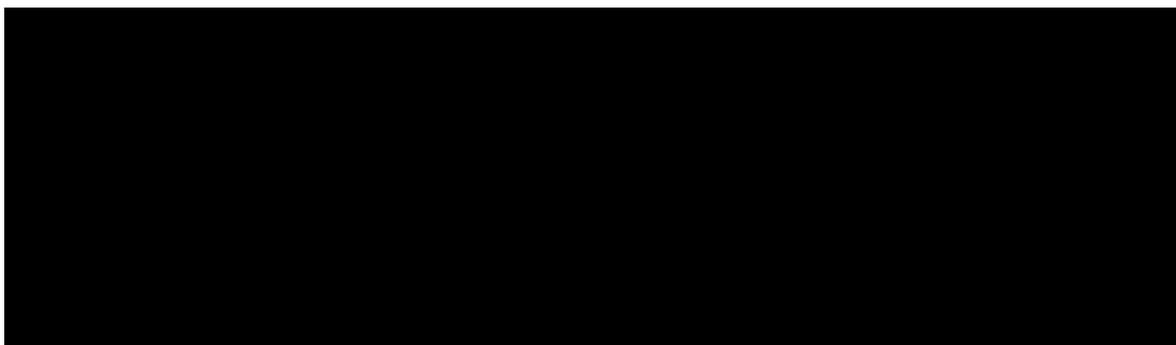


Figura 10 - Curva real de um carro

Figura 11 - Curva emulada de um carro

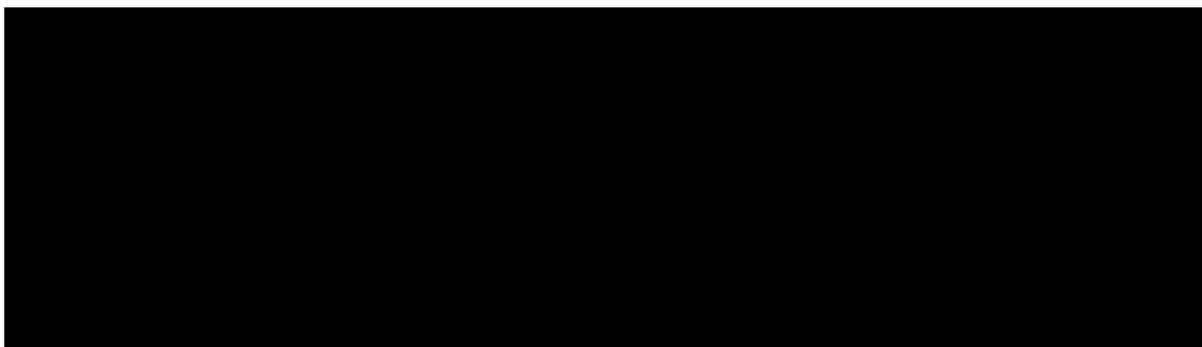


Figura 12 - Curva real de uma motocicleta

Figura 13 - Curva emulada de uma  
motocicleta

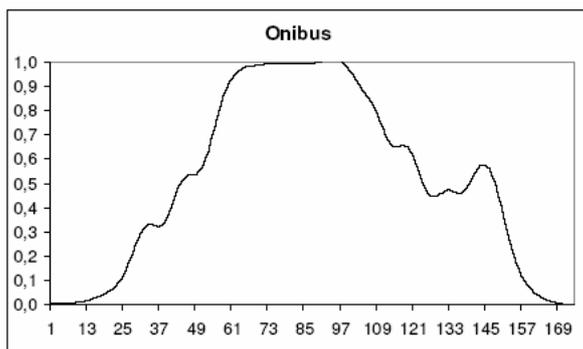


Figura 14 - Curva real de um ônibus

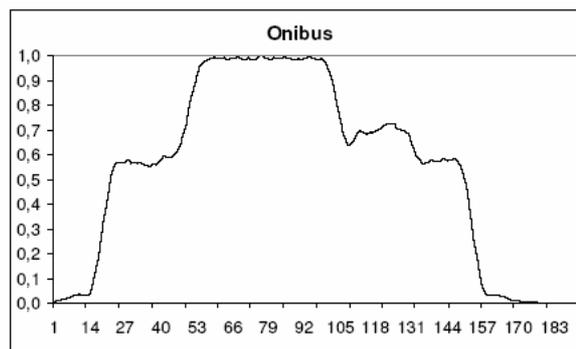


Figura 15 - Curva emulada de um ônibus

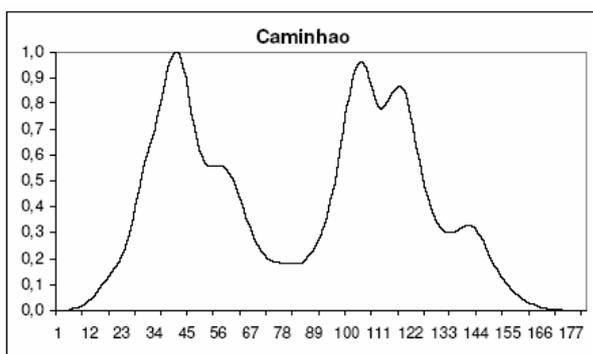


Figura 16 - Curva real de um caminhão

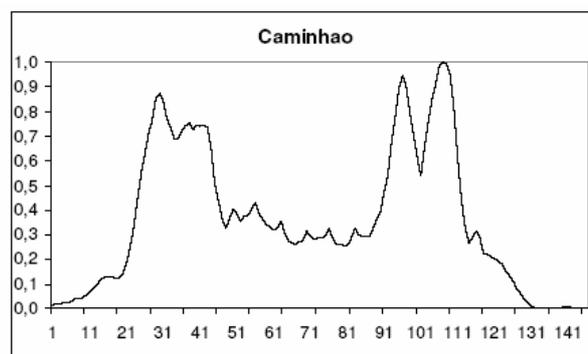


Figura 17 - Curva emulada de um caminhão

No desenvolvimento desse estudo, foi utilizada a estrutura de instrumentos eletrônicos de fiscalização de velocidade. Esses equipamentos foram utilizados para levantamento de dados, testes e simulações necessárias à validação do estudo.

## 2.6 NORMALIZAÇÃO DE CURVAS DE PERFIL MAGNÉTICO

Para que se possa efetuar a medição de velocidade de veículos automotores, utilizando-se da tecnologia que considera a curva do perfil magnético gerado pelos laços indutivos, com incerteza de medição aceitável para utilização na emissão de multas de trânsito, os instrumentos devem ter no mínimo dois laços indutivos, para monitoramento de cada faixa de uma via.

A construção desses pares de laços, dada às características intrínsecas de sua utilização (enterrados, em cortes feitos no asfalto), favorece a existência de

pequenas diferenças construtivas. Essas diferenças construtivas ocorridas na instalação dos laços indutivos, que geram curvas diferentes para laços teoricamente iguais, são minimizadas através da normalização dessas curvas, efetuada pela placa detectora de laços.

A normalização das curvas dos perfis magnéticos dos veículos automotores nos dois eixos, ou seja, na amplitude e no tempo, eixo “y” e eixo “x” respectivamente, facilitam a comparação das curvas para estabelecer diferenças de comportamento entre as diversas classes de veículos, além de reduzir a incerteza de medição na hora de correlacionar as curvas para o cálculo da velocidade.

A figura 18, mostra perfis normalizados nos dois eixos, velocidade e amplitude.

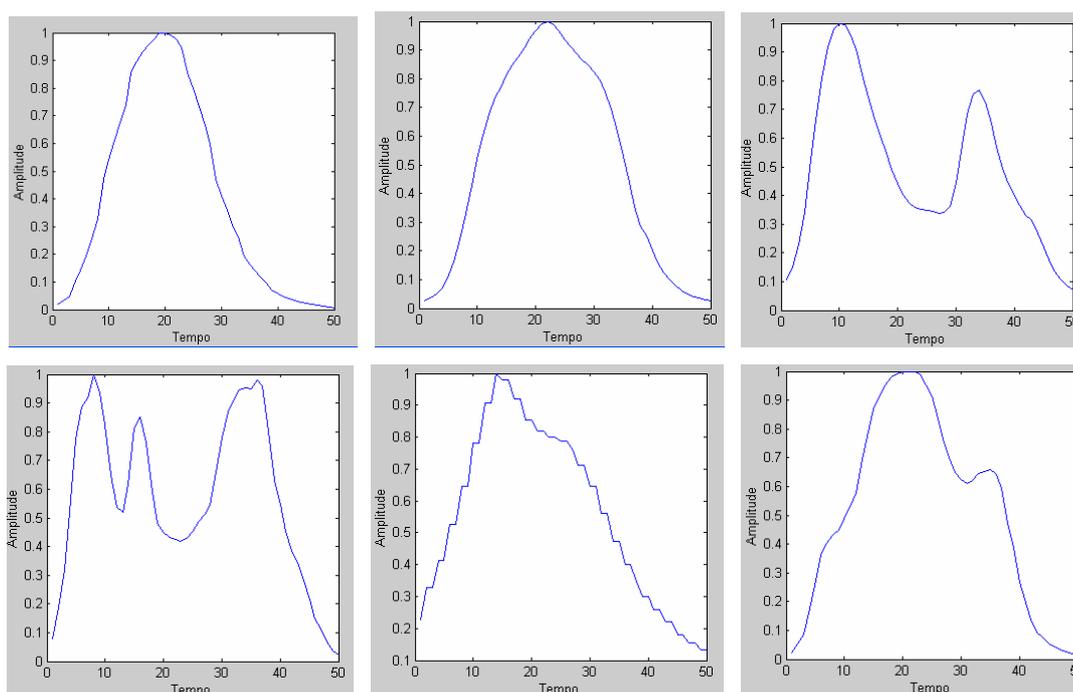


Figura 18 – Perfis magnéticos normalizados em amplitude (eixo y) e tempo (eixo x)

Na realização desse estudo, o processo de coleta, em campo, dos perfis magnéticos, foi automatizado e agregado ao sistema de medição de velocidade, já existente, possibilitando relacionar cada um dos perfis magnéticos coletados à imagem capturada do respectivo veículo. Dessa forma, formou-se um banco de

dados de perfis magnéticos com as respectivas fotografias dos veículos detectados, para análise posterior, como pode ser visto nas figuras a seguir.

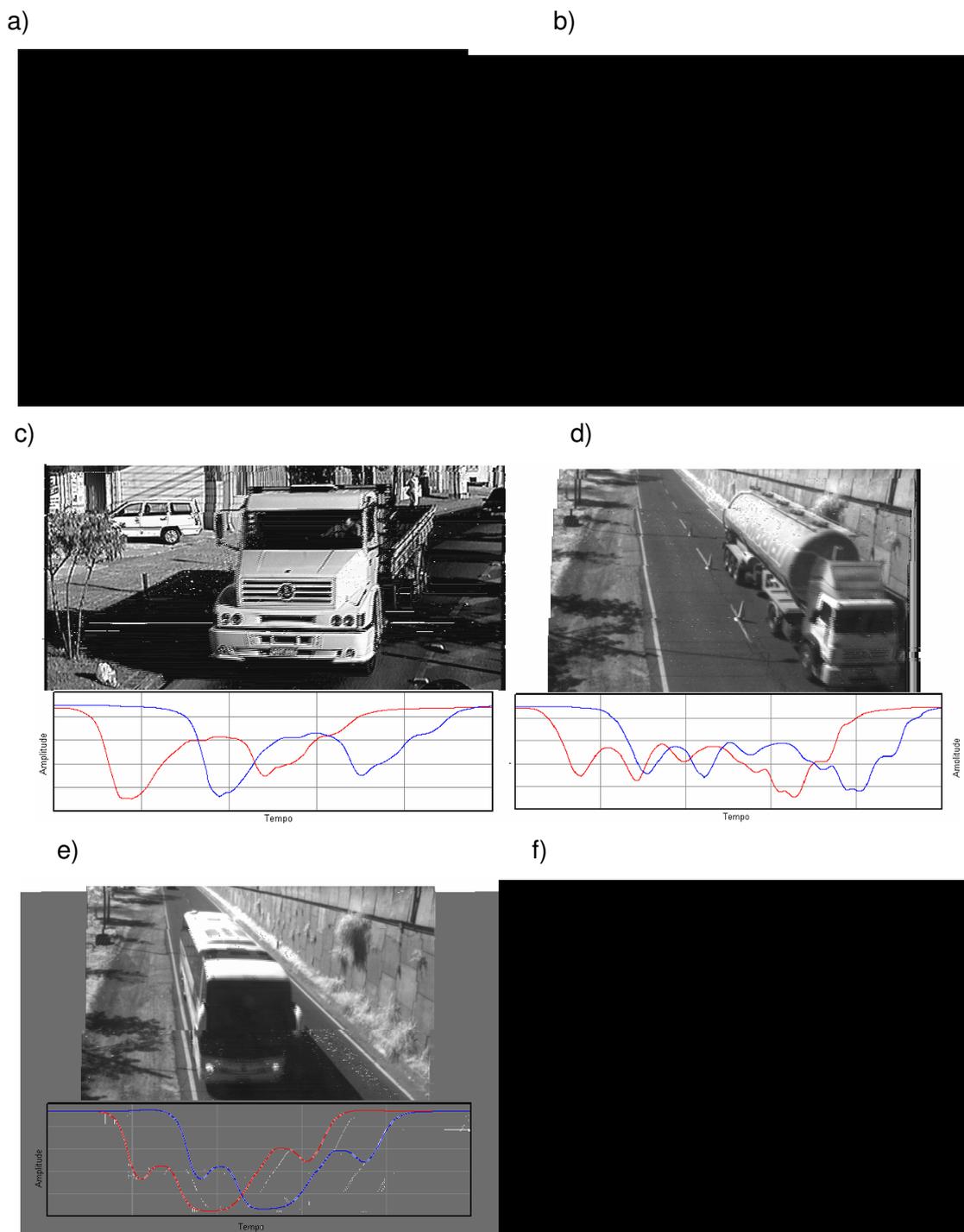


Figura 19 – Foto e perfil magnético de: a) veículo de passeio; b) utilitário; c) caminhão; d) carreta; e) ônibus; f) motocicleta.

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o processo de pesquisa utilizado ao longo do desenvolvimento do trabalho. É mostrado, também, as técnicas e métodos utilizados para se alcançar os resultados finais da investigação nas diversas fases da pesquisa. O processo como um todo pode ser visualizado na Figura 20.

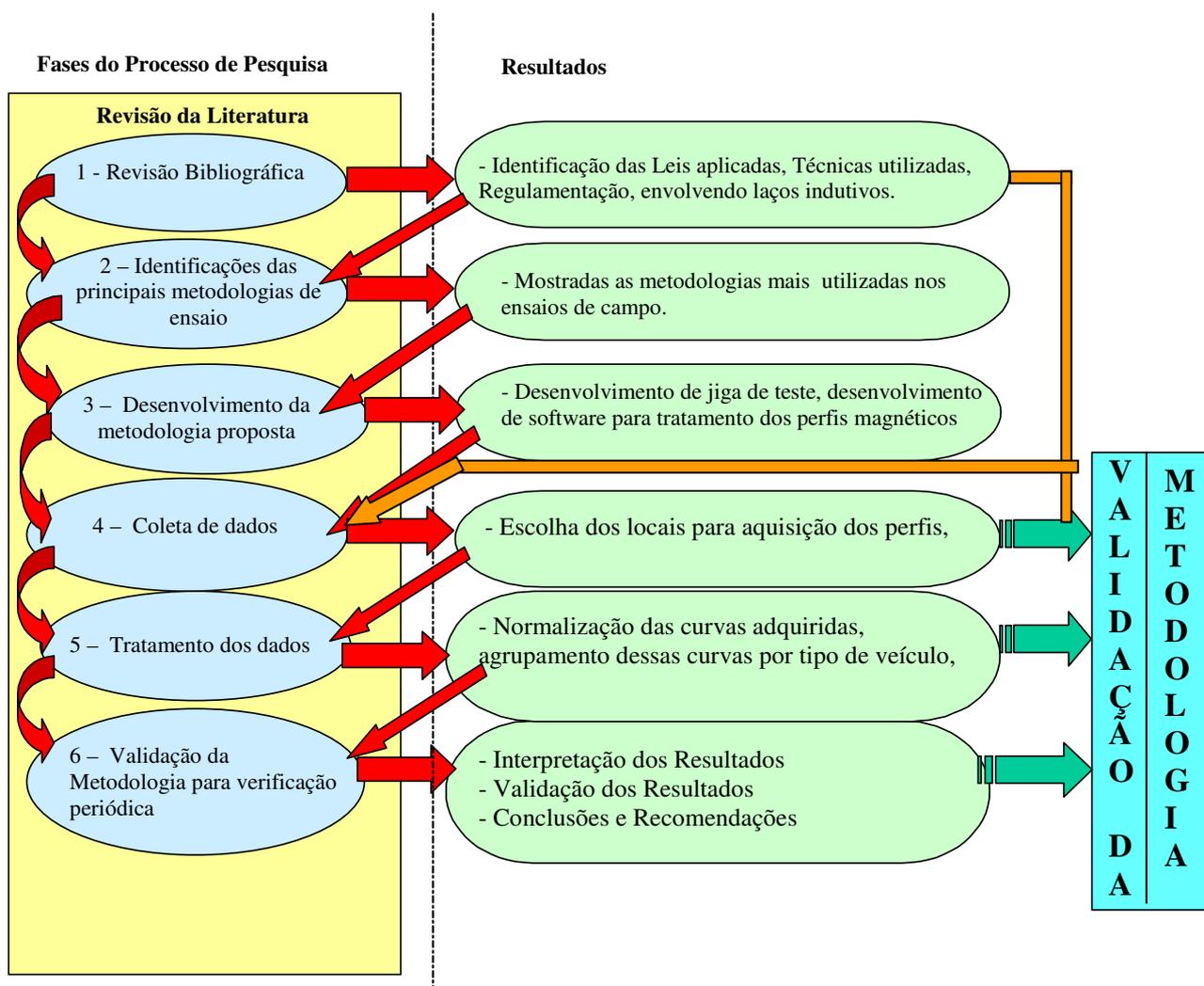


Figura 20 - Fases da Pesquisa e Resultados Alcançados

A partir da Figura 20, foi possível verificar que, na primeira fase da pesquisa, se realizou uma revisão bibliográfica. A revisão bibliográfica visou o desenvolvimento de uma metodologia para verificação metrológica de medidores de velocidade para veículos automotores e, para tal, foram revisados os seguintes assuntos:

- a) eletromagnetismo;
- b) leis físicas aplicadas;
- c) conceitos e modelos de simulação;
- d) conceitos de erro e incerteza de medição;
- e) normalização de curvas;
- f) correlação de curvas.

A segunda fase da pesquisa constituiu-se na identificação dos padrões e das principais metodologias utilizadas para avaliação do comportamento dos medidores de velocidade, em campo, (Alemanha, Espanha, Brasil). Foi entrevistada pessoa, da área de metrologia, com experiências na área de medição de velocidade de veículos automotores.

O critério utilizado para a escolha, baseou-se na reconhecida experiência adquirida ao longo de muitos anos de trabalho na área de metrologia, e que estivera em outros países em visita a institutos congêneres de metrologia legal.

A terceira fase teve como propósito o desenvolvimento da metodologia proposta. Para isso foram feitas várias reuniões com a empresa parceira no desenvolvimento da jiga de teste, dos softwares utilizados, ocasião em que foram definidas a forma de aquisição e tratamento dos dados (perfis magnéticos) adquiridos, e a estratégia de validação dos resultados.

Na quarta fase da pesquisa, foi feita a coleta de dados com vistas à utilização desses dados na elaboração dos perfis padrão.

Na quinta fase da pesquisa, foi feito o tratamento dos dados com vistas à interpretação e validação dos resultados.

Na sexta fase da pesquisa, fez-se uma validação da aplicação da metodologia proposta para a verificação periódica dos medidores de velocidade de veículos automotores instalados para fins de aplicação de multas de trânsito.

### 3.2 TIPOS DE PESQUISA UTILIZADOS EM CADA FASE

Preliminarmente, é importante definir o que se entende como pesquisa. Segundo GIL (1994, p.19), pesquisa é “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”. Assim, as pesquisas podem ter por missão a busca do conhecimento pelo próprio desejo de investigar determinadas áreas, ou seja, a pesquisa de ordem intelectual ou pesquisa pura; ou então o desejo de descobrir alguma aplicação prática para a solução de um problema, ou seja, a pesquisa aplicada.

Há várias taxionomias de tipos de pesquisa, conforme os critérios utilizados pelo autor. VERGARA (2000, p. 46-47) propõe dois critérios básicos: quanto aos fins e aos meios. Quanto aos fins, uma pesquisa pode ser (VERGARA, 2000, p.47):

- a) Exploratória: possui uma natureza de sondagem em uma área com pouco conhecimento acumulado.
- b) Descritiva: expõe características de determinada população ou fenômeno. Esta pesquisa não possui o compromisso de explicar os fenômenos que descreve.
- c) Explicativa: tem como objetivo principal tornar um fato ou fenômeno inteligível, justificar-lhe os motivos e esclarecer quais fatores contribuem para sua ocorrência.
- d) Metodológica: é um estudo que se refere aos instrumentos de captação ou de manipulação da realidade. Está, portanto, associada a caminhos, formas e maneiras para atingir um determinado fim.
- e) Aplicada: possui uma finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura, motivada pela necessidade de resolver problemas concretos e existentes no ambiente da pesquisa.
- f) Intervencionista: tem como principal objetivo interpor e interferir na realidade estudada, de forma a modificá-la.

Quanto aos meios de investigação, a pesquisa pode ser (VERGARA, 2000, p. 47-48):

- a) De Campo: investigação empírica, realizada no local onde ocorreu um fenômeno ou que dispõe de elementos para explicá-lo.
- b) De Laboratório: realizada em local, circunscrito, normalmente envolvendo simulações.
- c) Documental: investigação realizada com base no conteúdo de documentos.
- d) Bibliográfica: estudo sistematizado desenvolvido mais fortemente com base em materiais publicados por outros pesquisadores.
- e) Experimental: investigação empírica na qual o pesquisador manipula e controla as variáveis independentes e observa as variações nas variáveis dependentes.
- f) Ex Post Facto: pesquisa referente a um fato já ocorrido, o qual o pesquisador não pode controlar ou manipular as variáveis.
- g) Participante: pesquisa que não se esgota na figura do pesquisador. Dela tomam parte pessoas implicadas no problema.
- h) Pesquisa-Ação: tipo específico de pesquisa participante que supõe intervenção participativa na realidade social.
- i) Estudo de Caso: é circunscrito a uma ou poucas unidades, com caráter de profundidade e detalhamento.

VERGARA (2000, p. 49), salienta que os tipos de pesquisa apresentados não são mutuamente excludentes, uma pesquisa pode ser, ao mesmo tempo, de tipos e finalidades distintas.

No caso da presente pesquisa, quanto aos fins, foi realizada uma pesquisa metodológica, descritiva e aplicada, tendo em vista que seu objetivo principal é desenvolver uma metodologia, descrevendo o passo a passo da mesma, visando a sua aplicação na avaliação dos medidores de velocidade.

Quanto aos meios, ocorreram investigações bibliográficas, documental, de campo, laboratoriais, experimental, sendo a pesquisa de campo o mais forte meio utilizado. No Quadro 3, são apresentadas de forma sucinta as fases da pesquisa realizada, os procedimentos utilizados e a finalidade de cada fase.

<b>Fases da Pesquisa</b>	<b>Procedimento Utilizado</b>	<b>Finalidade da Fase</b>
1 – Revisão da Literatura	Qualitativo: pesquisa bibliográfica.	Identificar o que existe na literatura científica sobre metodologias de ensaio para determinação de velocidade de veículos automotores.
2 – Identificação das principais metodologias de ensaio	Qualitativo: pesquisa bibliográfica e documental em outros institutos nacionais de metrologia.	Levantamento e avaliação das principais metodologias existentes no Brasil e exterior.
3 -Desenvolvimento da metodologia proposta	Qualitativo: Análise crítica das metodologias estudadas.	Estruturar o passo a passo da metodologia proposta.
4 – Coleta de dados	Quantitativo: pesquisa de campo.	Levantar dados para serem tratados em laboratório.
5 – Tratamento dos dados.	Qualitativo: Análise dos dados em laboratório	Estabelecer perfis-padrão para cada tipo de veículo e velocidade.
6 – Validação da aplicação da metodologia para a verificação periódica	Qualitativo: análise crítica da metodologia proposta com base nos resultados obtidos.	Verificar a validade da metodologia desenvolvida para aplicação nas verificações metrológicas subsequentes.

Quadro 3 - Resumo das Fases e Tipos de Pesquisa Utilizados

## **4 RESULTADO DO ESTUDO**

### **4.1 METODOLOGIA ATUALMENTE UTILIZADA NO BRASIL PARA O ENSAIO EM CONDIÇÕES REAIS DE TRÁFEGO.**

Na metodologia atual, é utilizado um instrumento medidor de velocidade padrão, denominado cronotacômetro, que acoplado a um transdutor, componente que transforma em pulsos elétricos as rotações mecânicas da roda do veículo, indica, através da leitura dos pulsos emitidos, a velocidade do veículo.

Esse padrão eletrônico digital foi desenvolvido para substituir a “quinta-roda”, padrão utilizado nas verificações metrológicas, desde que os primeiros medidores de velocidade foram instalados no Brasil em 1996. Nesse sentido, o padrão eletrônico digital é instalado em um veículo automotor, formando um conjunto padrão medidor de velocidade que, para ser utilizado com as incertezas adequadas à aplicação em questão, deve ser calibrado de modo a indicar corretamente a velocidade do veículo.

#### **4.1.1 Descrevendo o manual de utilização**

Antes de cada verificação, os pneus devem ser calibrados com a pressão dentro das faixas de uso, conforme especificado pelo fabricante do veículo.

Certifica-se de que o veículo não está com excesso de peso. Retira-se todos os pesos adicionais, tais como: pesos-padrão, bagagens e outros, excetuando-se os acessórios do veículo, tais como: estepes, macacos, chave de roda e ferramentas.

O ajuste do padrão de velocidade instalado no veículo utilizado para o ensaio deve ser efetuado em pista plana e em linha reta, na qual devem ser marcados dois pontos, distantes entre si de 50 m, utilizando-se de uma trena (padrão de referência) devidamente certificada.

Para a obtenção do número de pulsos emitidos pelo sensor eletrônico por quilômetro percorrido ("w"), deve-se alinhar o pneu dianteiro do veículo com a marca inicial da pista (ponto zero). Utilizando giz branco ou tinta, para fazer uma marca na pista, coincidente com o ponto de tangência do pneu com o solo. Com o padrão de velocidade na função desligado, aperte simultaneamente a tecla "ler" (L) e "zerar" (0); o padrão de velocidade apresentará o "w" atual. Pressione então a tecla "(0)", para zerar o "w" atual e iniciar a medição do "w" efetivo do veículo. Percorra com o veículo lentamente a pista demarcada, com a distância de 50 m, até o ponto de tangência do pneu com o solo, coincidir com a marca final de 50 m, como mostra a figura 21.

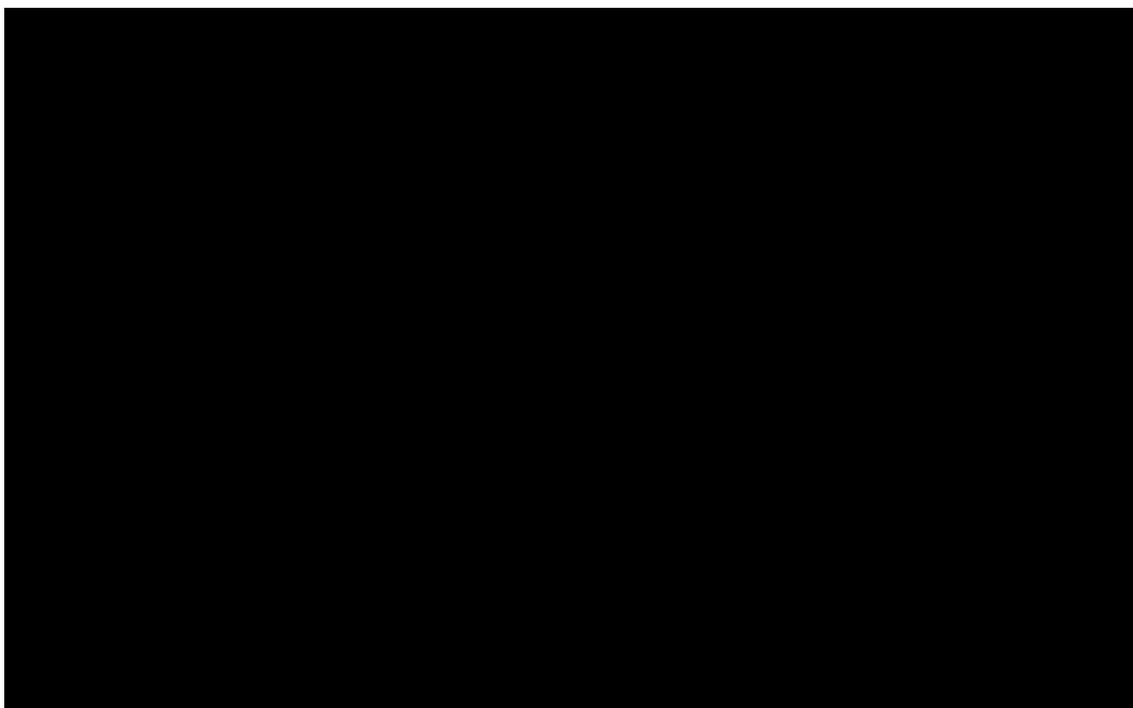


Figura 21 – Pista para calibração do padrão (INMETRO, 1999, p. 23)

Ao final do percurso, o padrão de velocidade apresentará o novo "w". É preciso, então, pressionar a tecla "P" (Programar) para gravar o novo "w" na memória.

#### 4.1.2 Procedimento de medição da velocidade

O veículo deve se posicionar a uma distância tal que permita atingir a velocidade pretendida para o ensaio. Ao passar no ponto sinalizado com o cone (entrada do segundo laço), pressiona-se a tecla “ler” do instrumento padrão, para efetuar a leitura da velocidade.

O condutor do veículo deve, ao passar pelos laços, evitar acelerações e desacelerações bruscas, passando com a velocidade o mais constante possível.

### 4.2 METODOLOGIAS UTILIZADAS EM OUTROS PAÍSES

#### 4.2.1 Alemanha

O instrumento padrão consiste de duas plataformas, posicionadas na lateral da via, onde são montados em uma o emissor/receptor de laser, juntamente com duas câmeras de vídeo e na outra um refletor para os feixes de laser, figura 22.

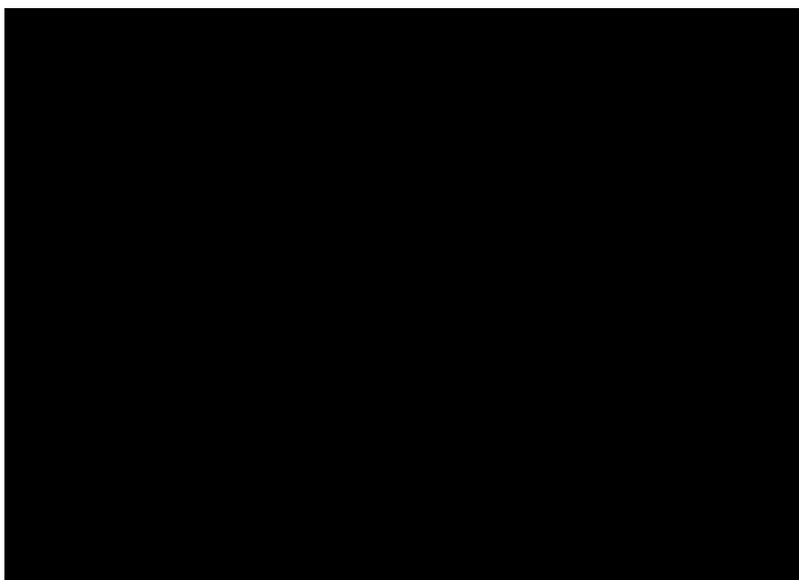


Figura 22 - Padrão a Laser e fotográfico. (Fonte: [www.ptb.de](http://www.ptb.de))

A medição da velocidade é efetuada por meio da contagem do tempo de passagem do veículo entre o primeiro e o segundo feixe de laser (figura 23 e 24). Medido esse tempo e conhecida a distância entre um feixe e outro, que é fixa, é feito o cálculo da velocidade.

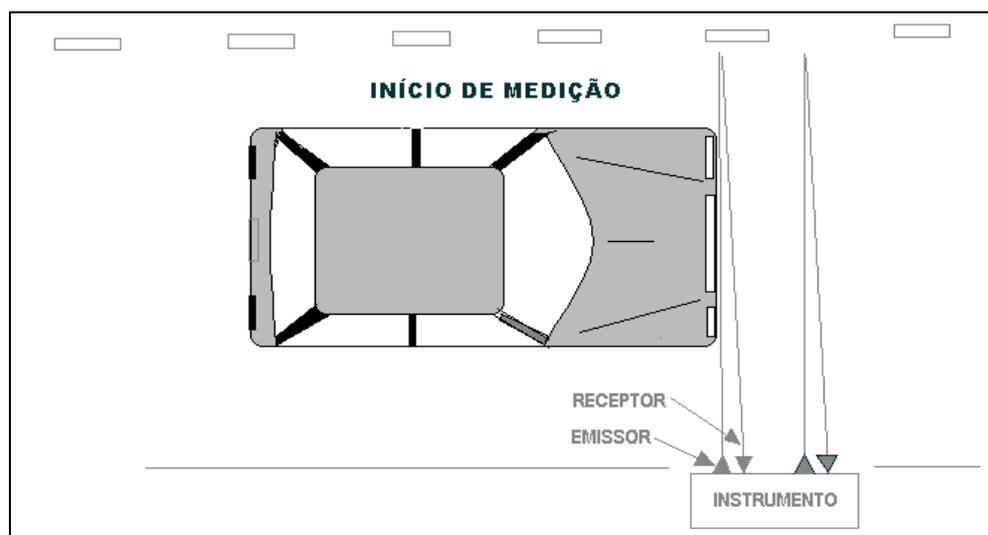


Figura 23 - Interrupção do primeiro feixe de laser<sup>2</sup>

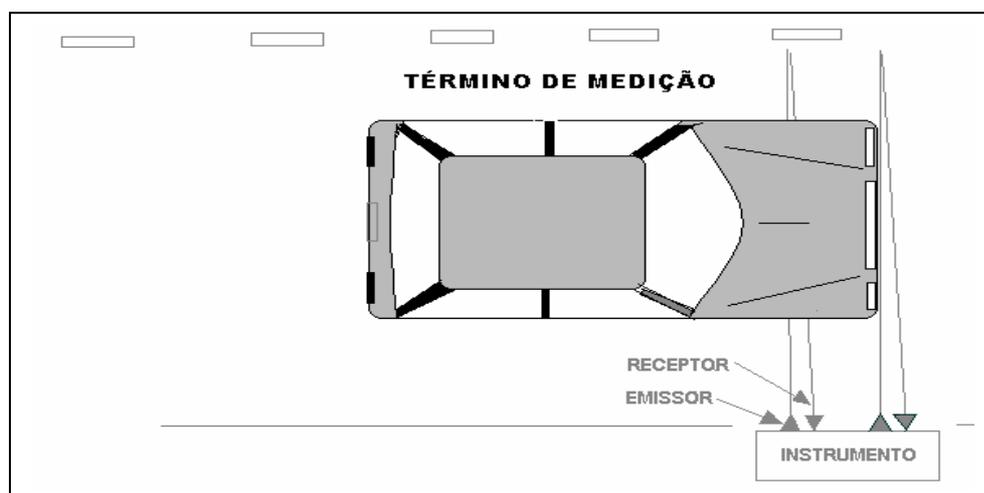


Figura 24 - Interrupção do segundo feixe de laser<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Fonte: INMETRO (Curso de Medidores de velocidade), Carvalho, Francisco; Portugal, Sérgio; 1999.

Com o objetivo de reduzir as incertezas, são realizadas duas medições de velocidade. A primeira medição é realizada quando o veículo interrompe os feixes de laser, por sua vez a segunda medição é realizada quando o veículo libera os feixes de laser.

O diferencial desse instrumento utilizado como padrão na avaliação de desempenho dos medidores de velocidade para veículos automotores, na Alemanha, é o fato dele possuir duas câmeras de vídeo digitais, que são montadas paralelamente entre si e alinhadas aos feixes de laser (figura 25).

Os feixes de laser funcionam como gatilhos para as câmeras que formam dois campos de vídeo, no intervalo de 1/50s e que capturam a imagem do veículo em quatro momentos, essas imagens são digitalizadas e processadas pelo computador, sendo possível o cálculo da velocidade a partir da análise da posição do veículo em cada par de fotos.

Na análise dessas fotos, é importante a variável que indica o deslocamento do veículo, e nesse caso é utilizada uma expressão matemática, que considera o deslocamento ( $\Delta s$ ).

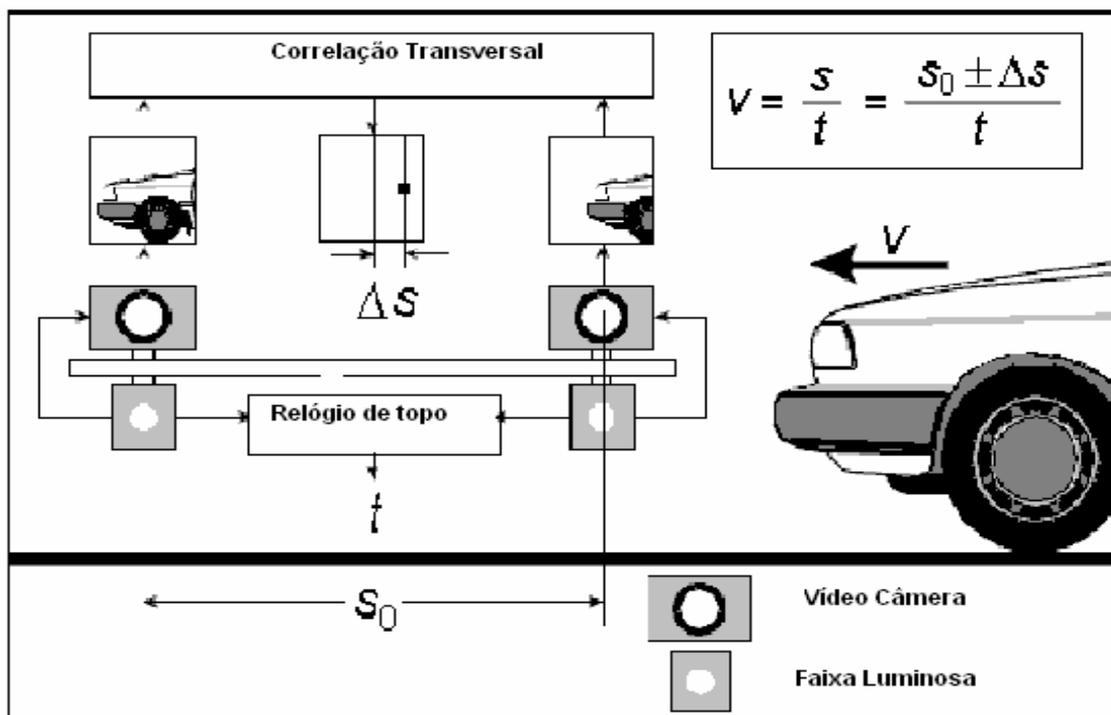


Figura 25 - Processo de avaliação fotográfica (Fonte: www.ptb.de)

#### 4.2.2 Espanha<sup>3</sup>

O instrumento padrão utilizado na Espanha, o Radar Doppler, medidor estático dotado de tecnologia que utiliza a variação da frequência de ondas contínuas, na faixa de microondas, como meio de efetuar a medição da velocidade dos veículos automotores, conhecido como medidor de efeito Doppler. A verificação metrológica, é efetuada em campo, ao longo da via, e por comparação da velocidade indicada pelo instrumento sob ensaio, e a velocidade indicada pelo padrão Doppler.

<sup>3</sup> A metodologia utilizada na Espanha foi descrita com base em entrevista realizada com técnica do INMETRO que visitou Institutos congêneres em países da Europa, conforme descrito no apêndice 1.

#### 4.2.2.1 Radar Doppler

RADAR, abreviatura de Radio Detection And Ranging, designa um instrumento para localização de objetos distantes por meio de ondas de rádio. Normalmente o radar informa a distância e a velocidade de deslocamento do objeto alvo.

Embora o princípio em que se baseia o funcionamento do radar tenha sido descoberto muitos anos antes, somente em 1922 engenheiros do Naval Research Laboratory observaram que um navio refletiu de volta para o transmissor uma fração dos sinais transmitidos por este. Foi, contudo, na primeira fase da II Grande Guerra, que alguns radares mais rudimentares foram construídos.

#### 4.2.2.2 Princípio de funcionamento

O radar baseia-se na propriedade que tem as ondas de rádio de se refletirem na superfície de um objeto, especialmente se o objeto for metálico, quanto mais intensas as correntes induzidas no objeto, maior será a quantidade de energia na onda refletida.

Existem várias tecnologias chamadas de *Radar*, que utilizam a propriedade de reflexão das ondas radioelétricas:

- Modulação em frequência;
- Desvio em frequência (Efeito Doppler);
- Método de Transmissão por Pulso.

O instrumento Doppler, utilizado como padrão na Espanha, tem seu funcionamento baseado no Desvio de frequência (Efeito Doppler). O instrumento emite uma determinada onda, com uma frequência definida que ao atingir o objeto alvo é refletida, retornando ao ponto de emissão, porém com frequência diferente,

que pode ser maior ou menor dependendo do sentido de deslocamento do objeto alvo.

Cálculo da frequência Doppler

$$f_d = \frac{2vf \cos\phi}{3 \times 10^8} \quad (2)$$

Onde:

$f_d$  - frequência Doppler

$v$  - velocidade do objeto alvo (veículo automotor)

$f$  - frequência emitida pelo instrumento, Radar Doppler

$\phi$  - ângulo de incidência do feixe de ondas do instrumento.

Como observado na fórmula nº 2 , a velocidade do objeto alvo (veículo automotor) esta inserida na fórmula do cálculo da frequência Doppler, logo se o instrumento emite uma frequência conhecida e mede a frequência de retorno, pode-se calcular a velocidade, fórmula nº3.

$$v = \frac{3 \times 10^8 f_d}{2 f \cos \phi} \quad (3)$$

Para que o instrumento tenha a incerteza de medição reduzida, com repetibilidade de medição aceitável, são utilizados algoritmos que promovem várias medições sucessivas e dão um tratamento estatístico aos resultados dessas medições, apresentando então um resultado final com um nível de incerteza extremamente baixo.

Faixas de frequência mais utilizadas no Radar Doppler:

Banda	Frequência (GHz)
K	18 - 27
K <sub>a</sub>	- 40

Quadro 4 – Principais frequências usadas

O Radar Doppler é constituído basicamente de:

- Antena transmissora/receptora.
- Oscilador.
- Amplificador.
- Transmissor.
- Circuito comparador de frequência (diodo *mixer*).

#### 4.2.2.3 Efeito CO-SENO

Há sempre um ângulo entre a direção de apontamento da antena do instrumento medidor de velocidade e a direção do veículo em movimento.

Este ângulo deve ser verificado e corretamente ajustado quando do uso do instrumento, visto ser o mesmo causa de erro grosseiro na medição, a velocidade medida é inversamente proporcional ao valor deste angulo. Este fenômeno é conhecido como "Efeito Co-seno".

O quadro a seguir mostra os desvios inseridos na medição efetuada, quando da variação deste ângulo entre 0° e 90°.

Ângulo (graus)	Velocidade real		
	50 km/h	90 km/h	130 km/h
	Velocidade medida		
0	50,00	90,00	130,00
1	49,99	89,99	129,98
3	49,93	89,88	128,82
5	49,81	89,66	128,50
10	49,24	88,63	128,02
15	48,30	86,93	125,57
20	46,98	84,57	122,16
45	35,36	63,64	91,92
90	00,00	00,00	00,00

Quadro 5 - Variação da velocidade em função da variação do ângulo

Fonte: INMETRO (Apostila de Curso de Medidores de Velocidade), Carvalho, Francisco; Portugal, Sérgio; 1999)

### 4.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS METODOLOGIAS UTILIZADAS POR ALEMANHA, ESPANHA E A ATUAL DO BRASIL.

Com relação às metodologias mencionadas, observam-se algumas vantagens e desvantagens na aplicação prática:

#### 4.3.1 Alemanha

##### 4.3.1.1 Vantagens:

- nível de incerteza bastante baixo;

- a confirmação da medição através da leitura das fotos seqüenciais, além de convalidar a medição efetuada com o Laser, também funciona como um registro da medição.

#### 4.3.1.2 Desvantagens:

- pouca praticidade no uso em campo, dificuldades de montagem do sistema;
- ajuste crítico, em função da necessidade de estabelecer o paralelismo entre as partes montadas na lateral da via;
- a avaliação através das fotos, não tem resultado imediato à medição.

### **4.3.2 Espanha**

#### 4.3.2.1 Vantagens:

- instrumento de fácil portabilidade;
- se corretamente instalado e ajustado, possui um nível de incerteza muitíssimo baixo;
- resultados imediatos da medição.

#### 4.3.2.2 Desvantagens:

- necessita de operador qualificado para efetuar o ajuste do ângulo de operação;
- interferências ambientais, podem interferir na medição tais como, emissora de rádio freqüência instalada próximo ao local de uso;
- instrumento sensível que requer cuidados ao manuseio.

### **4.3.3 Metodologia atual utilizada no Brasil**

#### 4.3.3.1 Vantagens:

Não foram observadas vantagens na manutenção da metodologia atual. Ela foi adotada no início da utilização dos medidores de velocidade para veículos automotores, período em que não havia um Regulamento Técnico Metrológico, e sim muita pressão política dos órgãos governamentais para o início dessas atividades no Brasil. Na verdade, foi uma solução paliativa, mas sem grande consistência técnica e sem garantia metrológica.

#### 4.3.3.2 Desvantagens:

- É totalmente insegura do ponto de vista operacional.
- Não avalia plenamente o comportamento do instrumento.
- Possui alto custo operacional.
- É cansativa e estressante para os técnicos envolvidos no ensaio.

### **4.3.4 Metodologia proposta**

#### 4.3.4.1 Vantagens:

São notórias as vantagens atribuídas à metodologia objeto desta pesquisa, não só em relação à metodologia atualmente aplicada no Brasil, mas como também em relação às metodologias utilizadas em outros países, integrantes da OIML, onde pode-se destacar:

- Redução dos riscos de danos pessoais e materiais, na execução dos ensaios em condições reais de tráfego;

- Redução substancial do custo dessas verificações, ao se reduzir o número de pessoas envolvidas no ensaio, assim como o custo oriundo do uso do padrão, no caso o veículo;

- Enriquecimento da avaliação do comportamento do instrumento sob ensaio em função da possibilidade da emulação de diversos tipos de veículos e situações intrínsecas ao tráfego de veículos nas vias públicas. Diferentemente do ensaio hoje executado, que é efetuado em área restrita ao ensaio, isolada com o auxílio da autoridade de trânsito local, se utilizando apenas de um veículo no qual é instalado o instrumento padrão;

- Possibilidade de emulação de situações diversas, obtidas através da utilização dos perfis magnéticos, coletados e armazenados no banco de dados criado;

- A partir da utilização de placas eletrônicas com capacidade de capturar, com taxa de amostragem cada vez maior, os perfis magnéticos gerados pelos laços indutivos, assim como o desenvolvimento de softwares capazes de analisar, com a rapidez e assertividades necessárias esses perfis, e possível hoje se ter respostas, à sempre crescente demanda de questionamentos impostos pela sociedade à utilização de medidores eletrônicos, autônomos, de velocidade para emissão de multas de trânsito.

## **5 METODOLOGIA PROPOSTA NESTE ESTUDO A SER APLICADA NOS ENSAIOS EM CONDIÇÕES REAIS DE TRÁFEGO EM TODAS AS ETAPAS DO CONTROLE METROLÓGICO DE MEDIDORES DE VELOCIDADE PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES**

### **5.1 ASPECTOS GERAIS**

A metodologia proposta nesse estudo objetiva substituir a metodologia hoje utilizada, sendo basicamente fundamentada, na emulação do ensaio em condições reais de tráfego. Essa emulação se fará por meio da utilização de curvas de perfis magnéticos reais armazenados, em quantidade e diversidade, tal que se torna possível definir curvas, para determinados eventos, envolvendo veículos em trânsito, com o cálculo da incerteza incluído no método.

Essas curvas, já existentes e reais, além de normalizadas, podem ser manipuladas em tempo e amplitude, para reprodução dos perfis característicos de um tipo de veículo a uma determinada velocidade, podendo-se através desse recurso, reproduzir qualquer evento característico do tráfego de veículos em qualquer circunstância imaginável.

A partir de uma curva armazenada, representativa de um veículo automotor a uma determinada velocidade, pode-se fazer variar esta velocidade para qualquer outra, bastando para isso modificar a distância entre as curvas no tempo (eixo horizontal).

É possível, também, combinar curvas características de dois eventos distintos, emulando um terceiro evento, por exemplo: Pode-se avaliar qual a interferência gerada por um caminhão passando por uma pista, na medição da velocidade de uma motocicleta, em outra pista paralela e colateral.

## 5.2 VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA

Para a execução e validação desse estudo, foram utilizadas informações do perfil magnético de cerca de vinte mil registros de veículos, dos mais variados tipos, coletados em instrumentos instalados em diversos locais, abrangendo condições de tráfego das mais variadas.

É uma metodologia baseada na avaliação analógica do perfil magnético de cada tipo de veículo, a partir da qual foi montado um banco de dados de perfis magnéticos, que servirá de base para a elaboração de perfis magnéticos padrão, normalizados, para cada tipo de veículo, velocidades e situações de trânsito que se queira emular.

Em função do elevado número de dados coletados em campo, com veículos reais, pode-se retratar com nível de segurança metrológica adequado as mais diversas situações ocorridas no trânsito, com o desempenho e a fundamentação estatística requerida para validação do estudo em questão.

A composição do banco de dados foi possível, através da implantação desse sistema de aquisição em equipamentos de fiscalização eletrônica de velocidade, em locais específicos. Esses locais foram escolhidos, objetivando acumular dados de perfis magnéticos de veículos diversos e das mais variadas situações ocorridas em condições de tráfego, tais como diferentes: velocidades máximas regulamentadas, fluxo de veículos, características construtivas dos laços indutivos e outros.

## 5.3 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia proposta para o ensaio em condições reais de tráfego, em substituição à hoje utilizada, poderá ser aplicada de duas formas distintas:

a) leitura paralela, com o instrumento sob ensaio, das informações fornecidas pelos laços indutivos desse instrumento ao serem sensibilizados pela passagem de um veículo sobre os laços, através da qual se fará a comparação da indicação de velocidade fornecida pelos dois instrumentos, o que está sob ensaio e o considerado padrão (apêndice I). Essa utilização destina-se a perícias, investigações, nas quais se quer avaliar o comportamento do instrumento sob ensaio, em situações específicas como, por exemplo, em casos de denúncias.

b) simulação de situações conhecidas, nas quais os sensores dos instrumentos sob ensaio são sensibilizados pelo campo eletromagnético correspondente a curvas emuladas de perfis magnéticos de veículos e interferências diversas e conhecidas, armazenadas na memória da jiga de testes (apêndice II). Essa simulação será possível, através de variações no campo eletromagnético dos laços indutivos, geradas por uma jiga de testes que, dadas as suas características amostrais e reduzidas incertezas, pode-se considerar o instrumento referência para o ensaio, o padrão. Esta opção é a mais adequada para uso nas verificações subseqüentes e eventuais após reparo do instrumento.

O princípio de funcionamento do sistema proposto e testado adota um algoritmo para o cálculo da velocidade dos veículos automotores, que tem como base o deslocamento no eixo “x” da curva do perfil magnético detectado no segundo laço indutivo, sobre a curva do perfil magnético detectado no primeiro laço indutivo, até que seja estabelecida a máxima correlação dessas curvas. A figura 26 mostra esse deslocamento, apresentando, em três fases, a aproximação das curvas até a máxima correlação.

Sendo o eixo “x” o eixo dos tempos, logo à distância percorrida da posição inicial das curvas, até a posição de máxima convergência, determinará o tempo médio que um veículo levou para percorrer a distância entre o respectivo par de laços, integrantes do sistema de medição do instrumento.

Para o processo de deslocamento, é utilizada a correlação como métrica da qualidade da superposição entre as curvas dos perfis magnéticos. Várias

correlações são efetuadas, e o ponto de correlação máxima representa a medida mais precisa, onde se agrega a menor incerteza à medição.

Na figura 26 estão demonstrados três tempos distintos integrantes de uma amostra da correlação ocorrida, desde a posição inicial das curvas, até a posição de maior correlação, onde as curvas aparecem sobrepostas.

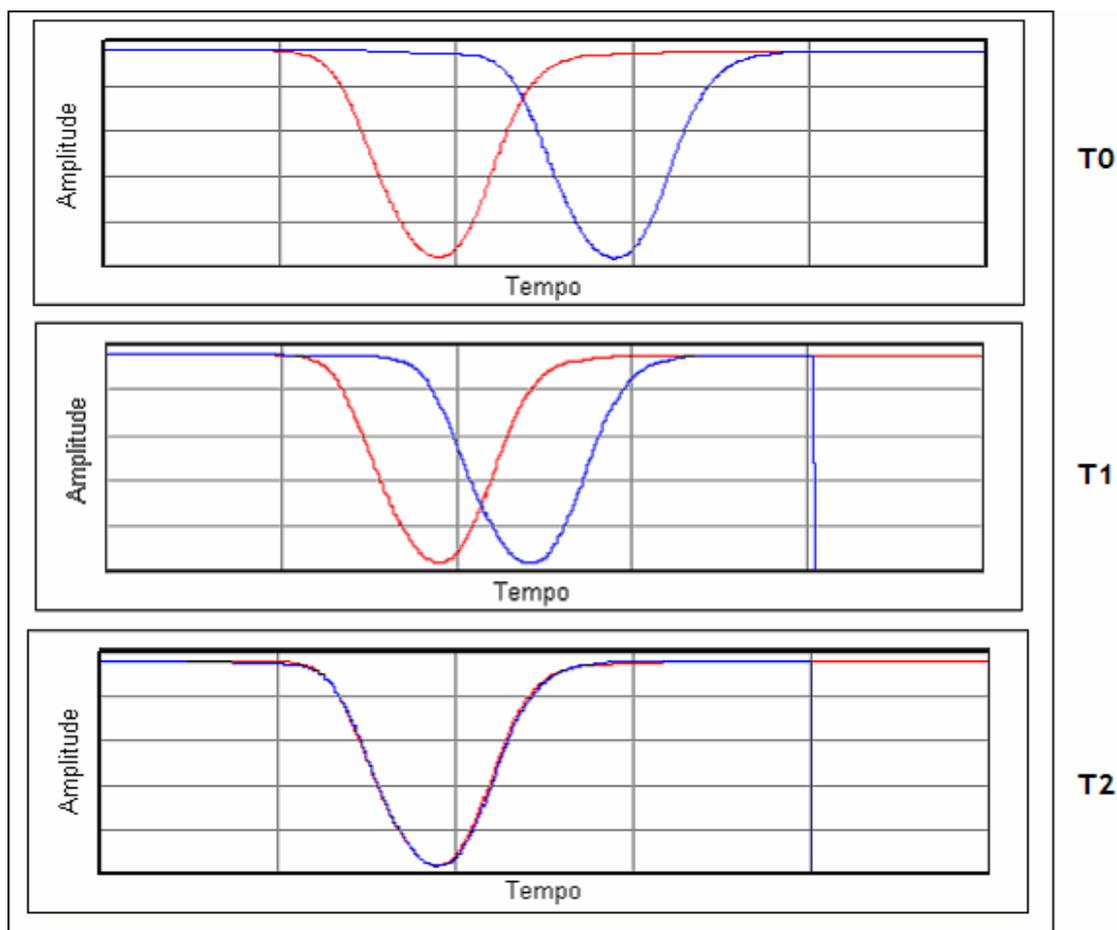


Figura 26 – Processo de correlação para o cálculo da velocidade

Observando as curvas de variação dos perfis magnéticos de diversos tipos de veículos, foram definidos alguns coeficientes para sintetizar a análise dessas curvas.

Nessa etapa, representou-se o perfil magnético em poucos parâmetros, reduzindo a quantidade de dados e facilitando a análise.

Neste trabalho, foram utilizados os instrumentos denominados REV (Redutor Eletrônico de Velocidade) e DEV (Detector Eletrônico de Velocidade), integrantes do

parque instalado em território brasileiro, conhecidos como lombadas eletrônicas, utilizados para controle de infrações de trânsito, distribuídos conforme quadro 6.

Endereço	CIDADE	MÁXIMA VELOCIDADE PERMITIDA NA VIA
Campo de Provas	Curitiba/PR	60 km/h
Avenida Anita Garibaldi, 1755	Curitiba/PR	40 km/h
Avenida Erasto Gaertner, 2078	Curitiba/PR	40 km/h
Avenida Pres. Kennedy, 3080	Curitiba/PR	40 km/h
BR 476 km 125	Curitiba/PR	60 km/h
BR 116 km 125	Faz. Rio Grande / PR	60 km/h
BR 116 km 126,6	Faz. Rio Grande / PR	40 km/h
BR 116 km 6,6	Quatro Barras / PR	60 km/h
BR 376 km 596,67	Curitiba / PR	60 km/h
BR 476 km 117,5	Colombo / PR	40 km/h
BR 476 km 117,3	Colombo / PR	40 km/h
BR 476 km 124,3	Curitiba / PR	60 km/h
Rodovia SP 310 km 178	Rio Claro / SP	110 km/h
Rodovia AL 220 Km 99	Maceió/ AL	40 km/h
BR 222 km 1	Fortaleza / CE	60 km/h
Av. Alfredo Lisboa	Recife/PE	40 km/h

Quadro 6 – Locais de coleta dos dados

O número de registros coletados superou os 20000 registros, contendo além das informações obrigatórias, determinadas pelo Regulamento Técnico Metrológico, as fotos dos veículos, a velocidade calculada pelo sistema convencional (*trigger*), utilizado pelo instrumento, assim como a curva do perfil magnético respectivo a cada veículo capturado. Para o enriquecimento do banco de dados formado, foram

coletados registros em instrumentos instalados também em São Paulo, Alagoas, Ceará, Pernambuco e Paraná.

A função do sistema de verificação é detectar a passagem do veículo, através da sensibilização dos laços indutivos, fazer o cálculo e a conferência da velocidade desses veículos e, se detectada uma anormalidade, dispara o sistema integrado de captura de vídeo. A Figura 27 mostra o diagrama de blocos das funções básicas do sistema.

Figura 27 - Blocos do sistema de detecção de veículos

Em estudo recente (Poter, 2004), pode-se observar a evolução tecnológica desses sistemas a partir dos anos 60 até os sistemas atuais, que agora se utilizam muito mais das facilidades promovidas por softwares poderosos, que substituem diversas ações antes realizadas por um conjunto de hardwares de extrema complexidade.

No mercado, estão disponíveis diversas placas de aquisição de dados, detectoras de laços indutivos, comerciais, utilizadas pelos instrumentos medidores de velocidade de veículos automotores. Algumas dessas simplesmente detectam a presença do veículo sobre o laço indutivo e fornecem essa informação para que um sistema externo a placa, faça o cálculo da velocidade. Outras, além de detectar a presença, efetuam também os cálculos necessários para obtenção de velocidade e comprimento dos veículos, assim como adquirem informações necessárias à composição da curva do perfil magnético dos veículos detectados.

Aos sistemas medidores de velocidade para veículos automotores utilizados neste estudo, foram implementadas placas de aquisição de dados, desenvolvida no

Brasil, que incorporam a tecnologia do perfil magnético, placa essa que também fora usada na construção da jiga de testes, desenvolvida para ser utilizada como padrão na metodologia, objeto deste estudo.

As placas detectoras de laços indutivos, usadas na aquisição dos dados, são capazes de monitorar concomitantemente até duas pistas, com quatro laços indutivos montados em pares, e possuem as características descritas a seguir

- Processamento digital dos sinais em alta velocidade, cálculo dinâmico para uso de aplicações em tempo real. Sistema utilizando arquiteturas de DSP (*Digital Signal Processor*), série 5000 Texas Instruments;

- Taxa de aquisição de 1000 pontos (leituras) por segundo, que garante a aquisição dos dados provenientes dos laços indutivos, com excelente grau de precisão para os cálculos de velocidade, comprimento e principalmente a definição das curvas de perfil magnético, com ótima definição para o reconhecimento de falhas na medição;

- Filtros com capacidade de rejeitar ruídos espúrios externos, o que garante a confiabilidade da medição e o funcionamento do sistema em diferentes condições ambientais e eletromagnéticas;

- Capacidade de efetuar o cálculo da velocidade e do comprimento a partir das informações da curva do perfil magnético dos veículos automotores, utilizando-se de algoritmos de correlação matemática, oferecendo precisão na medição, superior aos instrumentos convencionais que calculam a velocidade utilizando apenas uma linha de corte, pré-estabelecida e aplicada às curvas geradas pelos laços indutivos;

- Ajuste automatizado que modifica os parâmetros de medição, compensando variações ambientais, como a temperatura, fazendo com que o sistema de medição trabalhe com maior nível de estabilidade;

- Memória interna para armazenamento dos dados que compõem as curvas de perfil magnético, para posterior processamento do cálculo da velocidade e comprimento a partir dessas curvas.

O padrão proposto para substituição do padrão utilizado atualmente, composto de um carro com um medidor digital de velocidade instalado, é basicamente um sistema montado com uma placa detectora de laços indutivos (PrkDet), capaz de fazer a aquisição dos dados referentes as curva dos perfis magnéticos dos veículos que passarem pelos laços indutivos conectados a ela, essa placa tem capacidade de detectar e armazenar as curvas correspondentes aos perfis magnéticos para cada situação que se queira simular posteriormente.

Esse padrão também é capaz de, utilizando-se dos dados de curvas de perfis magnéticos, armazenadas em sua memória, gerar sinais de variação de campo eletromagnético correspondentes a essas curvas, que serão inseridos nos instrumentos os quais se deseja avaliar o comportamento, durante o ensaio em condições reais de tráfego realizado na Apreciação Técnica de Modelo, e principalmente nas verificações metrológicas.

Para testar a funcionalidade, nos ensaios efetuados no laboratório, utilizaram-se no lugar dos laços indutivos, pequenos indutores, com indutâncias de valores numericamente iguais as dos laços indutivos e, através da utilização de software específico, simulou-se a passagem de veículos com diversas características, coletando e armazenando essas curvas.

Para validação do funcionamento desta jiga de testes padrão, foram efetuados testes com laços indutivos reais, no lugar dos componentes indutivos utilizados para emular os laços indutivos em laboratório, durante o desenvolvimento do sistema. Com os laços reais, foram levantadas curvas de perfis magnéticos reais, coletadas em campo com a instalação dessas placas detectoras nos instrumentos instalados e em funcionamento.

Ainda com os laços indutivos reais, instalados sob o asfalto, em condições normais de uso, fez-se a coleta de perfis magnéticos de diversos veículos diferentes,

para se ter então, parâmetros para comparação entre as curvas geradas pelo laço real e as curvas geradas pelo sistema criado, com indutores, para emular, em laboratório, o laço indutivo.

Em relação às condições dos testes, foi utilizado nesse teste um instrumento medidor de velocidade para veículos automotores, instalado com todos os módulos necessários para seu pleno funcionamento, inclusive com a emissão de registros contendo as fotos dos veículos capturados, assim como as curvas dos respectivos perfis magnéticos.

As informações básicas do instrumento utilizado estão relacionadas a seguir:

a) Instrumento instalado em via externa convencional no campo de provas situado na Marginal BR 116 km 399;

b) Laços indutivos de 3,0 m de largura (medida transversal a via), 1,0 m de comprimento (medida longitudinal a via), quatro espiras confeccionadas em fio de cobre, laços distanciados de 3 metros, com as impedâncias medidas, citadas no Quadro 2.

Laço	Indutância
L1	100 $\mu$ H
L2	99 $\mu$ H
L3	95 $\mu$ H
L4	92 $\mu$ H

Quadro 7 – Indutâncias dos laços indutivos

Isso feito com o objetivo de demonstrar que o perfil coletado pela detectora PrkDet quando o veículo passa pelo laço é similar ao gerado pela jiga de testes.

Antes de iniciar as coletas, é necessário que se faça a calibração da jiga de testes, e a verificação da estabilidade de funcionamento da mesma, para tal são

gerados quatro sinais internos com amplitudes iguais, pequeno *offset* entre eles, para defasá-los no eixo “**x**” e “**y**”, para que possam ser comparadas as suas formas e verificada a similaridade dessas formas (figura 28).

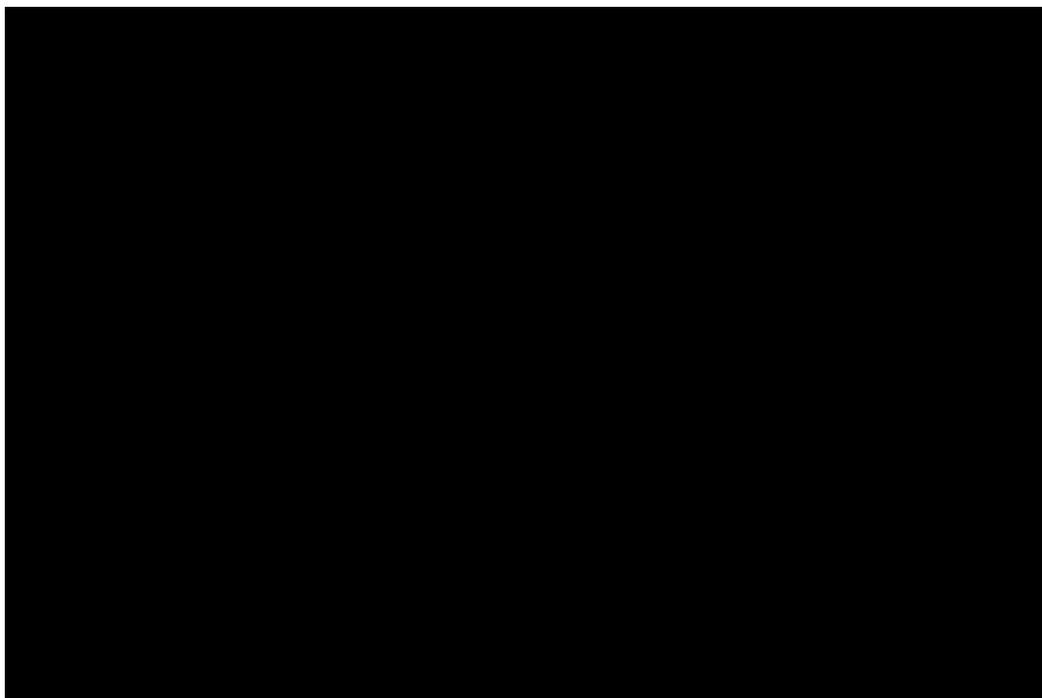
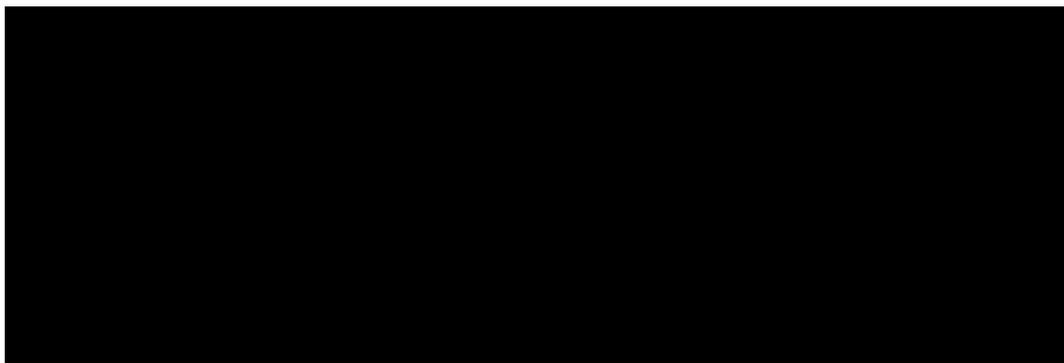


Figura 28 - Sinais de calibração da jiga de teste

Tais sinais são referentes aos níveis de informação que serão responsáveis pela geração do sinal dos veículos. Deve-se verificar se as formas de onda são similares, de forma a se garantir uma conformidade no funcionamento do sistema. Após a calibração da jiga de testes, inicia-se a coleta de informações dos sinais correspondentes as curva dos perfis magnéticos gerados pelos veículos passantes.

Nas figuras abaixo, além das fotos, estão às curvas características dos veículos capturados com os laços indutivos reais. Nas figuras contendo apenas o gráfico de forma cartesiana, estão às curvas geradas pela jiga de testes para emulação de passagem pelos laços, do mesmo tipo de veículo capturado pelos laços indutivos reais.



a)

b)

Figura 29<sup>4</sup> – Curvas de perfil magnético coletado, referentes a um carro: a) 57 km/h; b) 55 km/h.



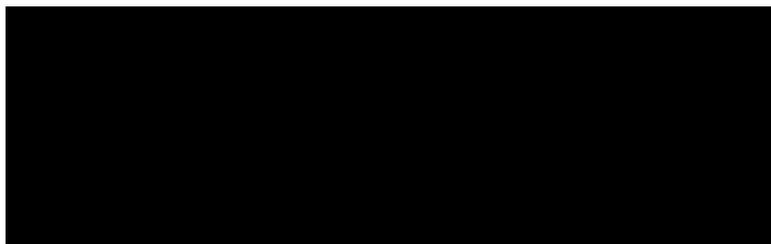


Figura 32 – Curvas do perfil de uma moto gerada pela jiga de testes a 70 km/h.

Com as informações anteriores, tem-se, com o auxílio da Figura 31, um parâmetro visual para avaliação das curvas que estão sendo geradas pela jiga de testes, para emular a passagem de uma motocicleta, de forma a poder-se comparar com as curvas geradas pelos laços indutivos reais.

Pode-se, então, apresentar diversas simulações de curvas feitas pela jiga de testes, para diferentes tipos de veículos em diferentes velocidades.

a) Moto

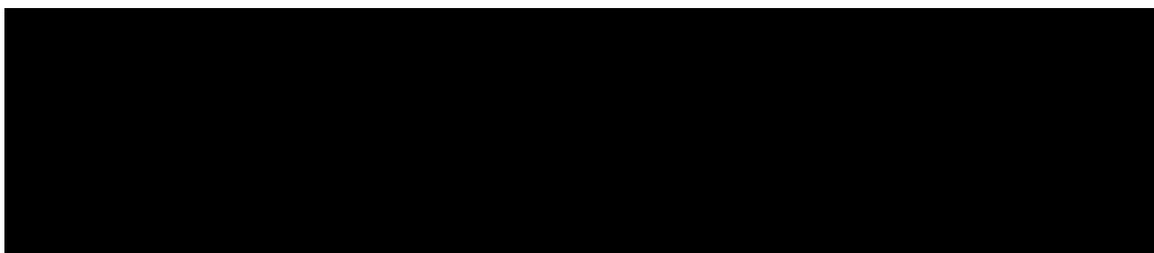


Figura 33 – Curvas de perfis magnéticos de motocicletas, geradas pela jiga de testes a: a) 10 km/h; b) 70 km/h; c) 140 km/h.

b) Carro de passeio

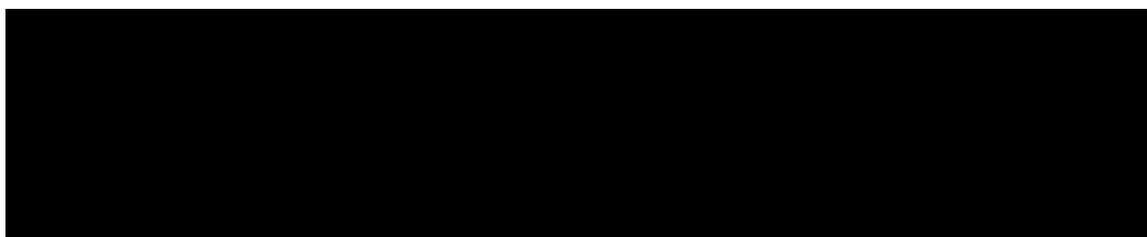


Figura 34 – Curvas de perfis magnéticos de carros de passeio, geradas pela jiga de testes a: a) 10 km/h; b) 70 km/h; c) 140 km/h.

## b) Ônibus

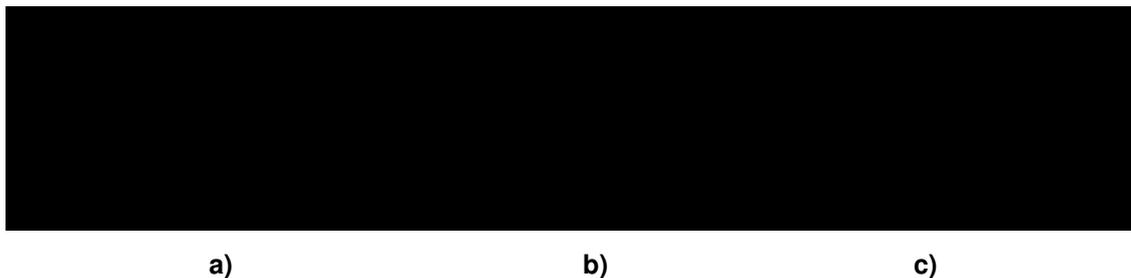


Figura 35 – Curvas de perfis magnéticos de ônibus, geradas pela jiga de testes a: a) 10 km/h; b) 70 km/h; c) 140 km/h.

## c) Caminhão

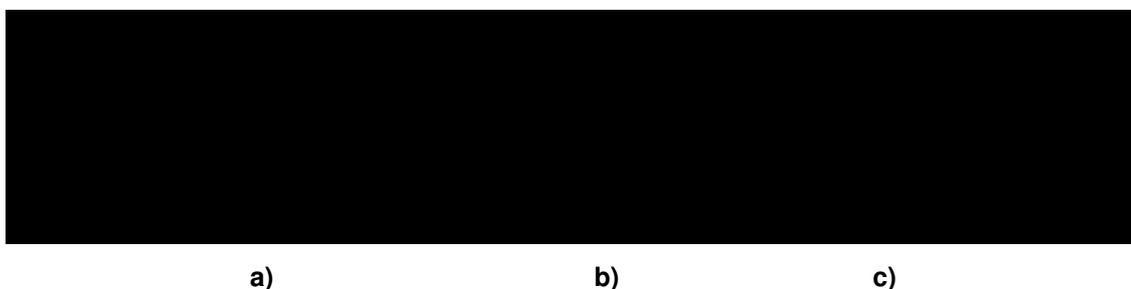


Figura 36 – Curvas de perfis magnéticos de caminhões, geradas pela jiga de testes a: a) 10 km/h; b) 70 km/h; c) 140 km/h.

Foi também desenvolvida uma tabela de velocidades, utilizando-se o software J-Det, com o intuito de facilitar as avaliações operacionais do sistema desenvolvido, agregando uma rotina que gera relatórios e tabelas. Esta rotina ainda interage com o microcomputador.

Utilizando-se dessa interação, são apresentados os resultados dos testes realizados com a detectora PrkDet, simulando um carro com 4 metros, em um intervalo de velocidades variando de 10 a 135 km/h. Os resultados são mostrados na Figura 37.

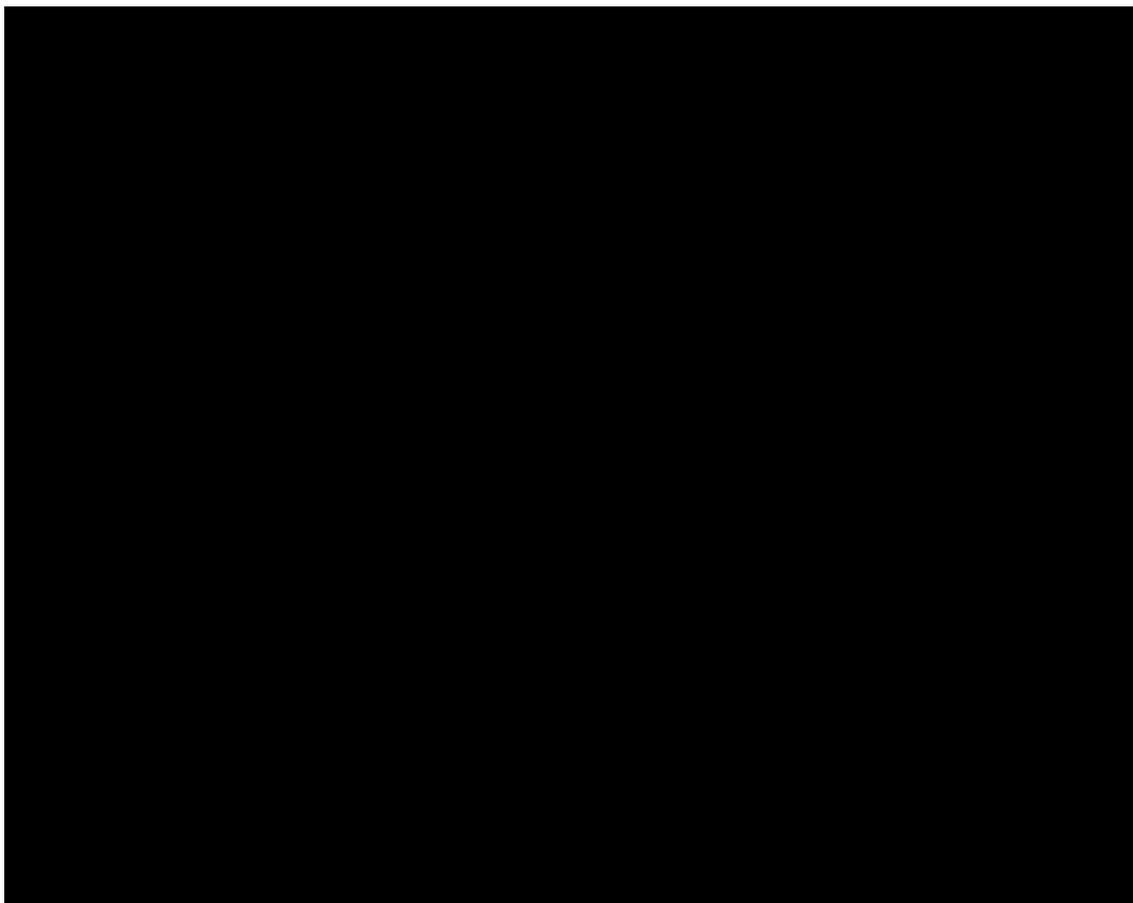


Figura 37 - Tela gerada pelo software J-Det

Para visualização, concomitante, dos registros fotográficos gerados a partir da medição convencional realizada pelos instrumentos utilizados em campo, contendo a velocidade medida, e as respectivas curvas dos perfis magnéticos, foi criado um software, visualizador (Perfil), através do qual, é possível tornar válida uma medição feita com o sistema de medição convencional ou descartá-la, se após a análise visual de sua curva, essa demonstrar ter havido alguma interferência externa à medição, importante, causada por outro veículo, ou um evento qualquer, que no momento da medição possa ter gerado tal interferência, conforme mostram as figuras 38, 39 e 40.

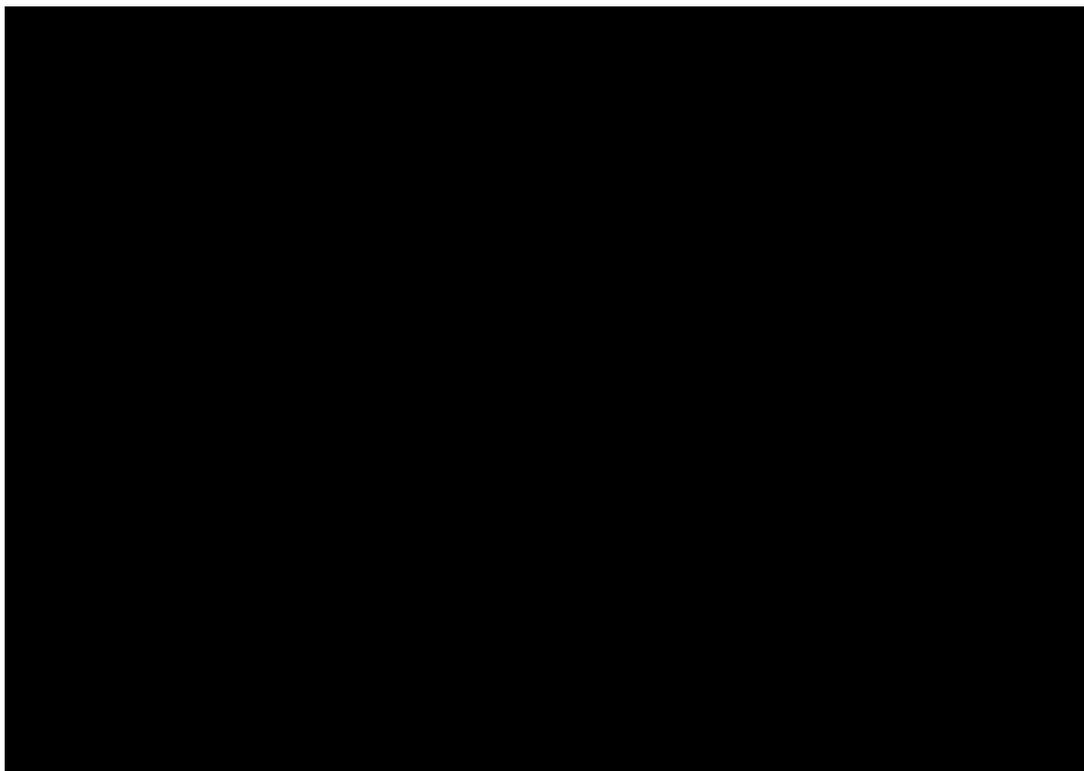


Figura 38 – Interferência não identificada no momento da medição.

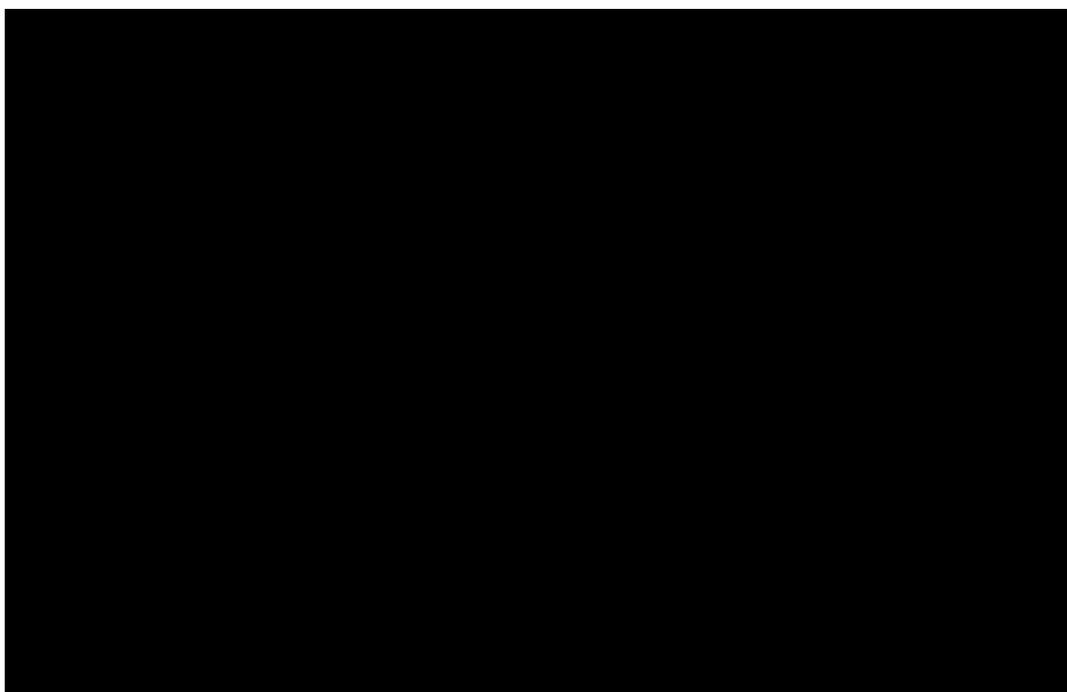


Figura 39 – Interferência causada por uma moto em ultrapassagem a outra.

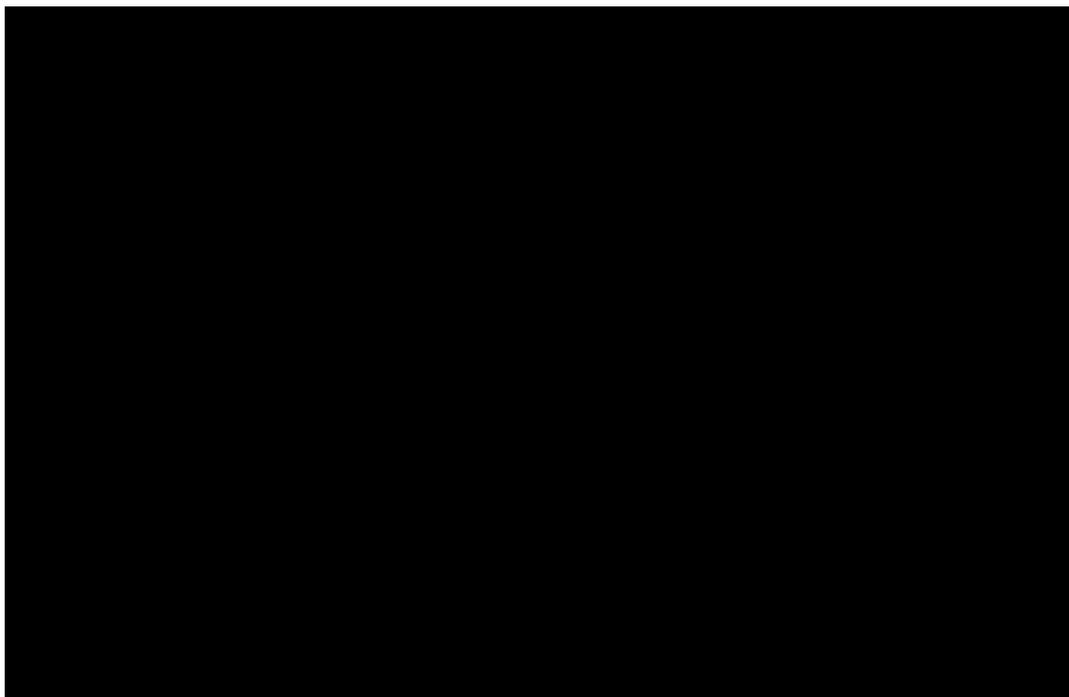


Figura 40 – Interferência causada pela passagem do veículo entre as faixas de medição.

#### 5.4 IMPLANTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

Algumas fases são necessárias e imprescindíveis à implantação e implementação desta nova metodologia.

##### 5.4.1 Fase de Implantação

Nesta fase, relacionam-se as ações de infra-estrutura necessárias, a implantação da metodologia proposta:

Aquisição dos padrões - após a validação da metodologia proposta, utilizando-se da jiga de teste descrita, será necessária a produção em quantidade suficiente, de jigas (padrão de trabalho), para utilização pelos órgãos executores do INMETRO, avalia-se inicialmente a necessidade de 120 padrões;

Confecção de norma de procedimento - a implantação de uma metodologia deve ser documentada através de uma norma de procedimento, contendo os passos operacionais necessários à execução do trabalho, de forma ordenada, controlada e uniforme;

Treinamento técnico operacional - Com os padrões adquiridos, e a norma estabelecida, é necessário promover-se treinamento aos técnicos, da Rede Brasileira de Metrologia, envolvidos na operacionalização das verificações metrológicas. Esse treinamento conterá basicamente dois módulos, a saber: treinamento no uso do padrão, e na metodologia aplicada à verificação.

#### **5.4.2 Fase de Implementação**

Nessa fase, será efetuado o acompanhamento do desenvolvimento dos técnicos em campo, será iniciado o ciclo **PDCA**, quando se observarão as oportunidades de melhorias e refinamento da metodologia.

Ainda nessa fase, poderá haver mudanças na metodologia, decorrentes das observações feitas no acompanhamento das verificações metrológicas executadas com a nova metodologia.

É também nessa fase, que as observações dos técnicos executores, têm mais ênfase e podem gerar melhorias ao processo, pois durante a execução do trabalho é possível observar-se algumas dificuldades, não identificadas durante a elaboração da norma de procedimentos para o ensaio.

## 6 CONCLUSÕES

### 6.1 QUANTO À METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia proposta, é mais segura que a atualmente utilizada, pois há considerável redução da incerteza intrínseca do ensaio, visto que podemos ressaltar diante mão a grande relevância da quantidade de pontos observados para o cálculo da velocidade, enquanto na metodologia atual o cálculo é efetuado tomando-se como referência apenas um ponto de cada curva do perfil magnético.

Na metodologia proposta considera-se toda a curva, representada por um conjunto de 300 pontos, para cada curva, dando maior confiabilidade no cálculo da velocidade, assim como facilitando a identificação de medições não válidas, em função de interferências do ambiente.

### 6.2 QUANTO AOS OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS

Os resultados obtidos a partir da análise dos dados coletados para a validação do padrão e metodologia propostos, demonstram claramente o atendimento aos objetivos estabelecidos para a pesquisa objeto deste estudo, pois a metodologia foi desenvolvida e validada para ensaios de verificação periódica.

### 6.3 QUANTO ÀS QUESTÕES A SEREM RESPONDIDAS

a) Existe outra metodologia aceitável, do ponto de vista metrológico e regulatório, para a execução do ensaio em condições reais de tráfego, que agregue maior segurança à integridade física dos envolvidos?

Esta pesquisa evidencia uma proposta que comprovadamente reduz a praticamente zero, as possibilidades de acidentes durante os ensaios em condições reais de tráfego, assim como enriquece sobre maneira a avaliação metrológica ao extrapolar a análise a diversos tipos de veículos diferentes, com características que inclusive podem ser alteradas para estudos de comportamento do instrumento medidor de velocidade para veículos automotores.

b) Essa metodologia deve necessariamente, para ser validada, utilizar-se de veículos automotores?

Sim, única e exclusivamente para o levantamento dos perfis magnéticos reais, primários, a partir dos quais foram criados os perfis emulados, que estes sim, servirão de padrão na avaliação dos instrumentos sob ensaio, para fins de verificação metrológica. Embora existam condições de se emular também os perfis primários, optou-se por utilizar os perfis reais, para dar maior credibilidade às validações.

c) É possível a realização dos ensaios em condições reais de tráfego, utilizando-se dos recursos da emulação, tão difundidos nas mais diversas áreas de pesquisas científicas atuais? Nessa situação consideram-se todas as variáveis envolvidas no evento, fazendo com que a observância dessas variáveis seja de tal forma tão realista, que ao aproximar-se da realidade em níveis tão significativos, poder-se-á considerar, para efeitos práticos, à realização do evento real.

Sim, é possível, ficou demonstrado neste estudo, respaldado pela literatura apresentada, e pelos desenvolvimentos efetuados.

#### 6.4 RECOMENDAÇÕES

Uma possibilidade de utilização dessa metodologia, também para os ensaios em condições reais de tráfego, na fase de aprovação de modelo e primeira verificação metrológica, em instrumentos do tipo fixo, onde os erros admitidos são

menores ( $\pm 3$  km/h), fica muito evidenciada, a depender de pequenos ajustes que poderão ser efetuados no prosseguimento deste estudo.

## 6.5 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Em metrologia Legal, a base da avaliação de comportamento de um instrumento de medição, quando em seu uso precípua, é extremamente pragmática, como o próprio Regulamento Metrológico também o é, quando diz que o instrumento deve funcionar normalmente nas condições prescritas.

Este estudo mostra uma abertura significativa, para o uso da emulação de situações reais, quando essas não forem possíveis, forem muito perigosas ou onerosas, trazendo altos riscos a integridade das pessoas envolvidas e/ou, a incerteza adequada ao ensaio metrológico.

## 6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma maior conscientização da sociedade brasileira vem exigindo dos órgãos regulamentadores, reguladores e fiscalizadores maiores investimentos no desenvolvimento tecnológico, isto é um fato inegável e bem vindo como fato criador de oportunidades de crescimento.

A capacidade criativa e inovadora das pessoas, hoje, mais conscientizadas política e tecnologicamente, é aguçada pela necessidade de desenvolvimento e atendimento a demandas cada vez mais exigentes.

Essa postura, não é diferente nas atividades de Metrologia Legal e Qualidade, onde a vigilância desses órgãos perpassa por atividades que demandam cada vez mais por credibilidade e qualidade nas medições.

Assim, o desenvolvimento das atividades de Metrologia Legal deve vislumbrar e experimentar uma visão inovadora, que deve quebrar alguns paradigmas estabelecidos e de difícil quebra, como é a utilização dos recursos da emulação de eventos, tratada neste estudo.

A emulação de eventos fica clara como solução validada e cabal para a execução de ensaio de extrema complexidade, no que diz respeito à periculosidade do mesmo, como é o caso do ensaio em condições reais de tráfego, para todas as fases do Controle Metrológico dos medidores de velocidade para veículos automotores.

Vale enfatizar que os órgãos congêneres de Metrologia Legal ao redor do mundo, vêm experimentando mudanças estruturais, de forma a melhor suprir de respostas rápidas e eficazes às demandas de serviços inerentes à sua missão.

## REFERÊNCIAS

ANDREOTTI, M. **Sensoriamento Indutivo para veículos automotores**. 2001. 105f. Dissertação (Pós-Graduação em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba. 2006.

BASTOS, L. et al, **Manual para a Elaboração de Projetos e Relatórios de Pesquisa, Teses, Dissertações e Monografias**. Rio de Janeiro: LTC, 1995.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de Setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Código de Trânsito Brasileiro**, Brasília, DF, 23 set. 1999. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/ctb.htm>. Acesso em: 15 jul. 2005.

\_\_\_\_\_. Lei nº 5.996, de 11 de dezembro de 1973. **Institui o Sinmetro, cria o CONMETRO e o INMETRO, e dá outras providências**. Rio de Janeiro, RJ, 15 jul. 2005. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/lei5966.asp>. Acesso em: 15 jul. 2005.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.933, de 20 de dezembro de 1999. **Dispõe sobre as competências do CONMETRO e do INMETRO, institui a taxa de serviços metrológicos, e dá outras providências**. Rio de Janeiro, RJ, 16 jul. 2005. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/lei9986.asp>. Acesso em: 16 jul. 2005.

\_\_\_\_\_. Resolução CONMETRO nº 01, de 14 de agosto de 2003. **Aprova as diretrizes para a metrologia brasileira para 2003/2007 e dá outras providências**. Rio de Janeiro, RJ, 16 jul. 2005. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/resc/consulta.asp>. Acesso em: 16 jul. 2005.

\_\_\_\_\_. Resolução CONMETRO nº 11, de 12 de outubro de 1988. **Aprova a regulamentação metrológica brasileira, e dá outras providências**. Rio de Janeiro, RJ, 16 jul. 2005. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/resc/consulta.asp>. Acesso em: 16 jul. 2005.

\_\_\_\_\_**Resolução CONTRAN n° 146, de 27 de agosto de 2003. Denatran – Departamento Nacional de Trânsito**, Rio de Janeiro, RJ, 17 jul. 2005. Disponível em: [www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/resolucao146\\_03.doc](http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/resolucao146_03.doc). Acesso em: 17 jul. 2005.

INMETRO. Plano Estratégico do Macroprocesso Controle Metrológico 2004-2007, In: Encontro de Gestores Internos, 2004, Duque de Caxias, **Controle Metrológico 2004-2007**. Duque de Caxias, 2004. 22 p.

\_\_\_\_\_**NIE-DIMEL-014. Marcas de verificação e etiquetas de interdição e reparo**. Rio de Janeiro, RJ, fev. 2006. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/metlegal/docDisponiveis.asp>. Acesso em: 22 fev. 2006.

\_\_\_\_\_**NIE-DIMEL-032. Elaboração de certificados, laudos e relatórios emitidos pela DIMEL e RNML**. Rio de Janeiro, RJ, set. 2003. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/metlegal/docDisponiveis.asp>. Acesso em: 18 jul. 2005.

\_\_\_\_\_**NIE-DIMEL-034. Norma interna específica para verificação e inspeção de medidores de velocidade para veículos automotores**. Rio de Janeiro, RJ, ago. 2001. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/metlegal/docDisponiveis.asp>. Acesso em: 18 jul. 2005.

\_\_\_\_\_**Portaria INMETRO n° 083 de 01 de junho de 1990. Instrumentos de Medir e Medidas Materializadas**. Rio de Janeiro, RJ, 01 jun. 1990. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000110.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2005.

\_\_\_\_\_**Portaria INMETRO n° 114, de 29 de junho de 1998. Critérios Gerais de Metrologia Legal para Instrumentos de medição**. Rio de Janeiro, RJ, 29 jun. 1998. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000536.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2005.

\_\_\_\_\_**Portaria INMETRO n° 115, de 29 de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico Metrológico aplicáveis aos medidores de velocidade para veículos automotores e dá providências**. Rio de Janeiro, RJ, 29 jun. 1998. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000537.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2005.

\_\_\_\_\_ **Vocabulário de Metrologia Legal**. 3. ed. Brasília: SENAI/DN, 2003.

\_\_\_\_\_ **Vocabulário Internacional de Termos de Metrologia Legal**. 4. ed. Brasília: SENAI/DN, 2005.

\_\_\_\_\_ **Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia**. 3. ed. Brasília: SENAI/DN, 2003.

CALVERT, J. B., Eddy. **Correntes**. Maio, 2004. Disponível em: <http://www.du.edu/~jcalvert/phys/eddy.htm>. Acesso em: 18 jan. 2005.

CARVALHO, Francisco J.M.; PORTUGAL, Sérgio Aguiar. **Apostila do curso de medidores de velocidade para veículos automotores**. 1. ed. Rio de Janeiro: INMETRO, 1999.

CERVO, A. L. e BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia Científica**. 3. ed. Rio de Janeiro: INMETRO, 1998.

DIAS, J. L. M. **Medida Normalização e Qualidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: INMETRO, 1998.

DOIRON, T. & STOUP, STOUP J. **Uncertainty and dimensional calibrations**. *Journal of Research of the Institute of Standards and Technology*, 1997. v. 102. n° 6. November/ December.

GAJDA, J., STENCEL, M. **Identification of road vehicle types using a inductive detector**. In: Proceedings of XIV IMEKO World Congress, Tampere - Finland, 1997.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas, 1991.

HARTMUT, Apel. **European directive for measuring instruments: A new challenge to industry and to the state.** Paris: Bulletin OIML, 2000. 41 v. p. 1-20.

ISO-GUM – **Guia para a expressão da incerteza de medição.** Rio de Janeiro: 1998.

KAMON, M. **Efficient Techniques for Inductance Extraction of Complex 3-D Geometries.** Massachusetts Institute of Technology. New York: Cambridge, 1991.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Técnicas de pesquisa: Planejamento e execução de pesquisas amostragens e técnica de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

MACCARLEY, A. **Advanced image sensing methods for traffic surveillance and detection.** Path Research Report, UCB-ITS-PRR-99-11. Califórnia: Berkeley, 1999.

MELLO JORGE, M. H. P. **Mortalidade por Causas Violentas no Município de São Paulo.** 1979. 185f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1979.

MELLO JORGE, M. H. P.; LATORRE, Maria Rosário D. O. **Traffic accidents in Brazil: data and tendencies.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1994. 10. v. supl.1, p.19-44.

NEVES S., João Alberto. **Estratégias de melhoria da qualidade orientadas para o cliente na saúde no Brasil: um modelo para auxiliar sua implementação em hospitais.** 2000. 426 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005.

Nishimoto, R. ; Coelho, L.F.; Neves Jr., F. **A Computational Tool for Inductive Loop Analysis,** maio, 2005.

OIML, International Document OIML D 3 Edition 1979 (E).

\_\_\_\_\_ International Document OIML D 11 Edition 2004 (E).

\_\_\_\_\_ International Recommendation OIML R 55 Edition 1981 (E).

\_\_\_\_\_ International Recommendation OIML R 91 Edition 1990 (E).

\_\_\_\_\_ International Vocabulary of Terms in Legal Metrology Edition 2000

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE METROLOGIA LEGAL. **Verificação inicial de instrumentos de medição utilizando o sistema da qualidade do fabricante:** Documento internacional 27. Paris: BIML, 2001.

POPPER, Karl R. **A lógica da Pesquisa Científica.** 2. ed. São Paulo: Editora Cultrix, 1975.

POTTER, T. **The evolution of inductive loop detector technology**, Reno A&E. Disponível em: <http://www.renoae.com/Documentation/MISC/Advances%20in%20Loop%20Detector%20Technology.pdf>. Acesso em: 02 out. 2004.

PRADO FILHO, Hayrton Rodrigues. **O retorno financeiro que a metrologia oferece às empresas.** Banas Metrologia on line. Disponível em: <http://www.banasmetrologia.com.br/textos.asp?codigo=841&secao=revista>. Acesso em: 15 abr. 2006.

Preis, K.; Stögner, H.; Ritcher, K.R. **Calculation of Eddy Current Losses in Air Coils by Finite Element Method.** IEEE Transactions on Magnetics, Vol. Mag-18, No. 6, November 1982.

PURSULA, M., KOSONEN I. **Microprocessor and PC-based vehicle classification equipments using inductive loops.** Proceedings of the Second International Publication Number 299, London. February 7-9. Pg 24-28, 1989.

RÉCHE, Maurício Martinelli. **A Metrologia e Qualidade de Vida da Sociedade**. Rio de Janeiro: ESG, 1996. 80f.

RITCHIE S. G. ; SUN, C. ; OH S. ; OH C. **Section-related measures of traffic system performance: prototype field implementation**. Path Research Report, UCB- UCB-ITS-PRR-2001-32. Califórnia: Berkeley, 2001.

SILVA, Maurício Evangelista da. **A Garantia Metrológica na Medição de Volume**. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2004.

SOMMER, Klaus-Dietre; CHAPPELL, Samuel; KOCHSIEK, Manfred. **Calibration and verification: two procedures having comparable objectives and results**. Paris: Bulletin OIML, 2001. 42. v. p. 1-12 .

SUN, C. **An Investigation in the use of inductive loop signatures for vehicle classification**. Path Research Report, UCB-ITS-PRR-2000-4. Califórnia: Berkeley, 2000.

THE MATHWORKS, INC. **Matlab®**. Disponível em: <http://www.mathworks.com>. Acesso em: 10 out. 2005.

VERGARA, S.C. **Começando a definir a metodologia**. In:\_\_\_\_\_. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000. p. 46-49.

## APÊNDICE I

### Entrevista

Luzia Gomes da Silva (Tecnologista do INMETRO)

Atua na área de Metrologia Legal (DIMEL), desde 1988

1 - Qual a sua opinião quanto à metodologia atualmente utilizada para os ensaios em condições reais de tráfego, na avaliação do comportamento dos medidores de velocidade em seu uso precípua?

E um ensaio com alto risco em função da faixa de velocidade envolvida, onde a iminência de um acidente existe e em um nível muito elevado.

A metodologia desse ensaio foi desenvolvida em 1996, quando do início das atividades de apreciação técnica em medidores de velocidade para implantação de controle de velocidade no Brasil.

Não havia regulamento para medidores de velocidade no Brasil, o INMETRO foi chamado a fazer o controle metrológico nesses medidores, uma equipe técnica foi formada e após algumas avaliações, estabeleceu-se que para, minimamente, garantir a medição em tais medidores, dever-se-ia fazer uma avaliação em seu funcionamento em campo.

2 - Em seu entendimento, o padrão utilizado no Brasil, atende as necessidades do ensaio em condições reais de tráfego?

Não, hoje é fácil perceber que o padrão, assim como a metodologia aplicada nesse ensaio, não atende as necessidades de avaliação metrológica dos medidores de velocidade, visto que além do perigo intrínseco ao ensaio, não é avaliado o comportamento do instrumento na medição da velocidade de outros tipos de

veículos se não o disponível pelos órgãos executores do ensaio (Ipem), carro de passeio, modelo gol.

É necessário que se avalie o comportamento dos medidores de velocidade quando por sobre eles passam outros veículos, como caminhões, carretas, ônibus, ônibus articulados, motocicletas e outros.

3 - E de seu conhecimento outras metodologias, que se utilize de outro tipo de padrão diferente desse usado no Brasil?

Sim, em visita a institutos congêneres, na Europa, pude observar que nenhum dos países por mim visitados, utiliza metodologia parecida com essa adotada no Brasil, para avaliação em campo dos medidores de velocidade.

Na maioria dos países da Europa, são utilizados medidores de velocidade, estáticos, de efeito Doppler ou Laser como padrão nos ensaios de campo para efeito de verificações metrológicas.

A metodologia consiste basicamente em medir a velocidade dos veículos que passam pelo medidor sob ensaio, paralelamente com o instrumento padrão, e por comparação das medições faz-se a avaliação do comportamento do instrumento, frente a todos os tipos de veículos que por ele transitam.

4 - Hoje, os fabricantes de medidores de velocidade falam, muito, sobre perfil magnético e suas aplicações no trânsito como contra prova da medida de velocidade feita pelo método convencional ou para classificação de veículos.

Qual sua opinião sobre essa tecnologia?

O perfil magnético já há algum tempo vem sendo desenvolvido, principalmente para classificação de veículos, porem não vejo nenhum problema na aplicação como contra prova, na medição da velocidade dos veículos, visto ser uma medição mais precisa que a convencional, que considera apenas dois pontos de medição, ao contrário da medição feita com o perfil magnético que considera toda a curva capturada pela placa detectora de laços, possivelmente a mesma não é

utilizada em larga escala em função do alto custo do sistema de hardware e software necessários.

5 - Você tem conhecimento de algum país que utilize o perfil magnético para medição da velocidade para efeito de emissão de multa de trânsito ou como padrão para verificação metrológica?

Não, não é de meu conhecimento o uso desta tecnologia com essas finalidades, tenho sim conhecimento do uso na classificação de veículos, que imagino ser bem eficiente, pois o perfil magnético identifica muito claramente os veículos, estabelecendo como que uma assinatura magnética para cada tipo de veículo.

6 - Quanto ao Regulamento Técnico Metrológico, você vê a necessidade de uma atualização do mesmo?

Sim, com certeza, há hoje um desnível bastante significativo entre as tecnologias utilizadas na época da confecção do atual RTM, e as tecnologias utilizadas hoje.

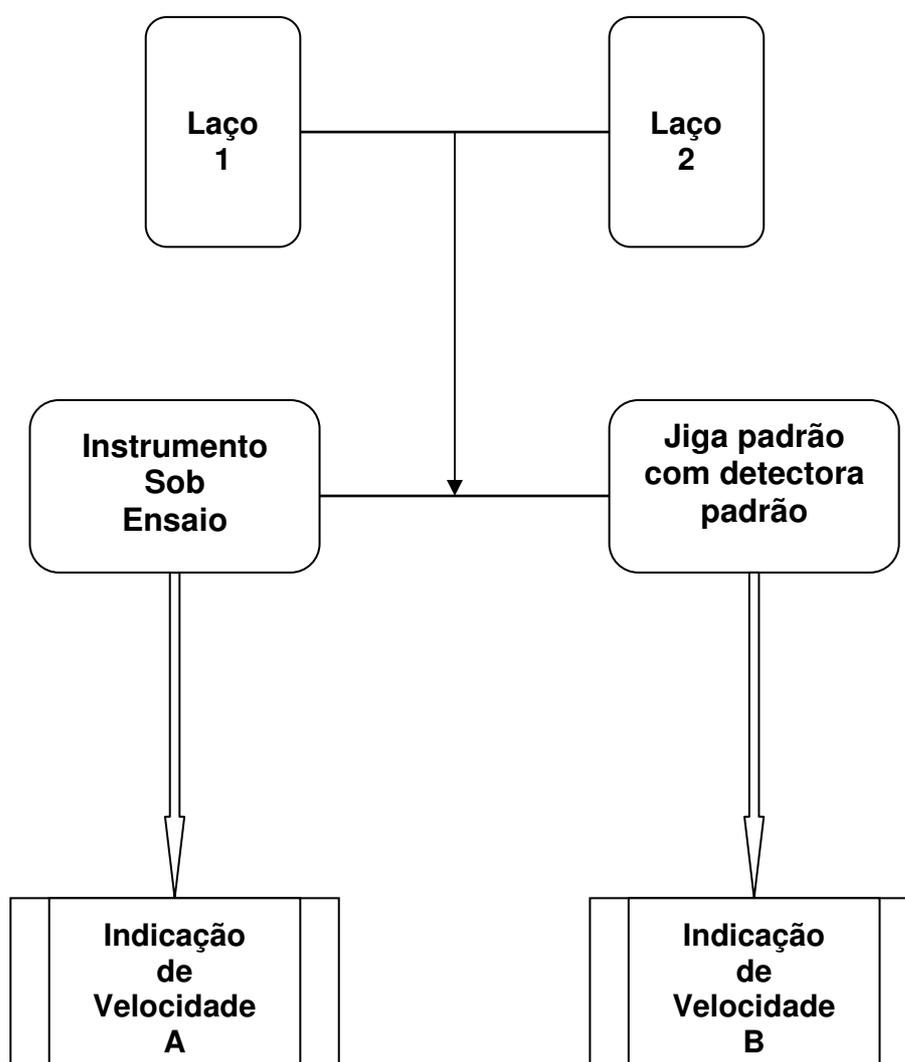
O avanço tecnológico na microeletrônica, o desenvolvimento de softwares poderosos, com capacidade de tratamento de enormes massas de dados, assim como o leque de aplicações vislumbradas pelos usuários dos medidores de velocidade, para efeito de multas no trânsito, tem colaborado significativamente com o desenvolvimento tecnológico desse setor.

7 - Para substituir a atual metodologia utilizada, que sugestões você teria?

Pelo que vi nos países que visitei, assim como, pela simplicidade e redução de riscos no ensaio, eu pensaria imediatamente em um instrumento Doppler, porém ao conhecer esta tecnologia, que simula os eventos através da curva do perfil magnético, achei bastante interessante, pois além da possibilidade de se emular os diversos eventos possíveis em um trânsito, também se reduz significativamente o tempo de ensaio, sem mencionar quanto à redução do risco, que é notória.

## APÊNDICE II

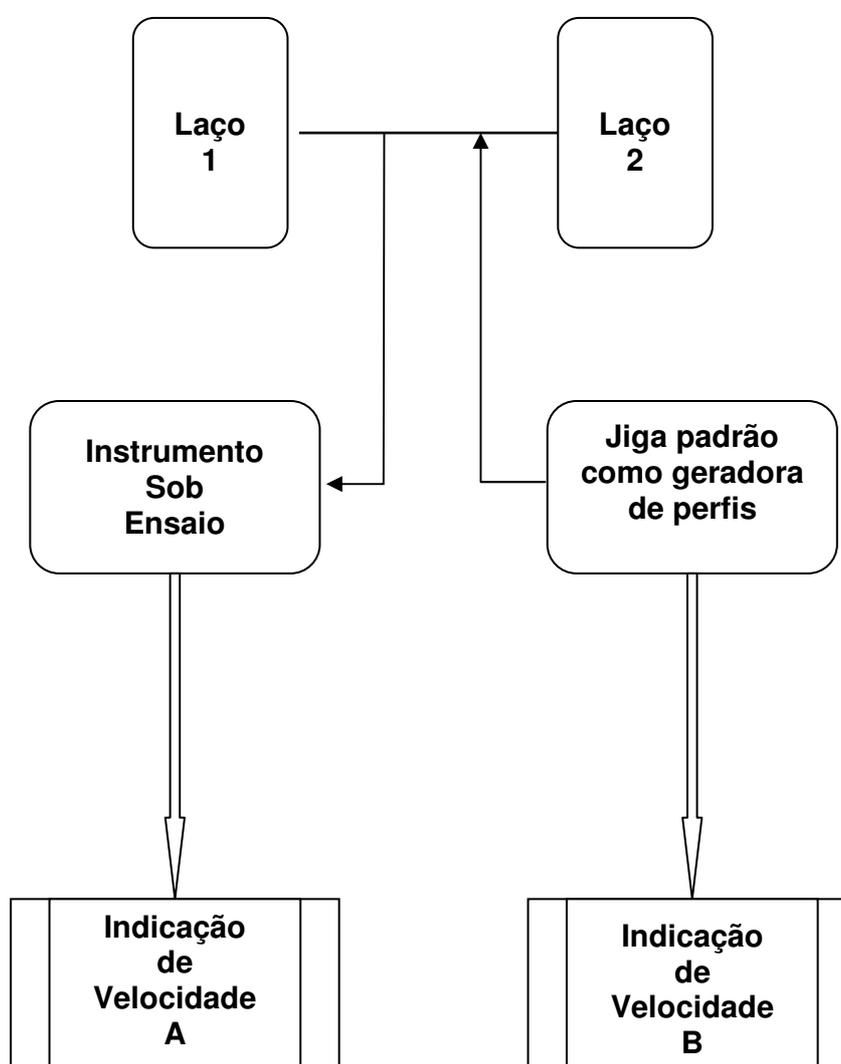
**Fluxo de utilização da Jiga de teste como padrão instalada em paralelo com o instrumento sob ensaio**



**Se  $A - B \leq \pm 5$  km/h o instrumento sob ensaio está aprovado em verificação periódica**

## APÊNDICE III

**Fluxo da utilização da Jiga de teste como padrão gerador de perfis magnéticos inseridos nos laços indutivos do instrumento sob ensaio**



**Se  $A - B \leq \pm 5$  km/h o instrumento sob ensaio está aprovado em verificação periódica**

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)