

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO E
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE LOMBADAS
ELETRÔNICAS EM ÁREAS URBANAS**

Charlie Williams Rengifo Bocanegra

Porto Alegre, Outubro de 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO E
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE LOMBADAS
ELETRÔNICAS EM ÁREAS URBANAS

Charlie Williams Rengifo Bocanegra

Orientadora: Professora Helena Beatriz Bettella Cybis, Ph.D.

Banca Examinadora:

Professor Luis Antonio Lindau, Ph.D.

Professora Maria Alice Prudêncio Jacques, Dra.

Professora Lenise Grando Goldner, Dra.

Professora Christine Tessele Nodari, Dra.

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção como requisito parcial à obtenção do título de
DOUTOR EM ENGENHARIA

Modalidade: Acadêmica

Área de concentração: Sistemas de Transportes

Porto Alegre, Outubro de 2006

Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Profa. Helena Beatriz Bettella Cybis, Ph.D.

Orientadora PPGEP/UFRGS

Prof. Luis Antonio Lindau, Ph.D.

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Luis Antonio Lindau, Ph.D.

PPGEP/UFRGS

Professora Maria Alice Prudêncio Jacques, Dra.

ENC/UnB

Professora Lenise Grando Goldner, Dra.

PPGEC/UFSC

Professora Christine Tessele Nodari, Dra.

PPGEP/UFRGS

Dedicatória

A meus pais, Doris e Willian, e a minha irmã,
Karen, por terem me apoiado sempre, mesmo
estando longe daqui. A Solange pelo seu
carinho, amor e paciência.

AGRADECIMENTOS

A Deus;

Aos meus pais, Willian e Doris, a minha irmã Karen e a minha esposa Solange, que com todo seu apoio e ajuda fizeram possível empreender e finalizar este trabalho;

À Prof. Dra. Helena Beatriz Bettella Cybis, minha orientadora, pelos ensinamentos repassados através da orientação, através dos quais aprendi mais sobre a área de transportes;

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, que compartilharam seus conhecimentos e contribuíram em muito para meu desenvolvimento profissional;

Aos colegas do PPGEP, especialmente: Paula, Andréa, Rita, Cristiano, Marcelo, Marcelo Hansen, Gilmar, Daniel García, Carol, Patrícia, Dani, Rafael, Felipe, Rodrigo e muitos outros, pela agradável convivência dentro e fora do departamento;

A Ingrid, que desde a secretaria do LASTRAN sempre me auxiliou quando precisei de alguma ajuda administrativa;

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para este trabalho.

RESUMO

BOCANEGRA, C.W.R. **Procedimentos para implantação e avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas em áreas urbanas**. 2006. 149f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

O objetivo principal desta tese é a determinação de procedimentos para implantação e avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas em áreas urbanas, a partir de parâmetros relacionados às variáveis velocidade e acidentes. O procedimento para implantação de Lombadas Eletrônicas prevê a simulação do efeito desse dispositivo na velocidade veicular, através da utilização de modelos de previsão e de uma análise microscópica do tráfego. O procedimento para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas busca determinar se estes dispositivos de controle têm resultados satisfatórios em relação à redução da velocidade veicular e, conseqüentemente, do número e gravidade dos acidentes. Ainda, foi realizado um estudo de caso para a aplicação dos procedimentos propostos para implantação e avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas, através do qual procura-se mostrar a aplicabilidade desses procedimentos de uma maneira simples e clara.

Palavras-chave: Lombada Eletrônica, Acidentes, Velocidade, Análise Microscópica do Tráfego

ABSTRACT

BOCANEGRA, C.W.R. **Procedures to implement and evaluate Electronic Speed Barriers performance in urban areas**. 2006. 149f. Thesis (Doctor in Production Engineering, Post-graduate program in Production Engineering, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006).

The main objective of this work is the development of a procedure to implement and to evaluate the performance of Electronic Speed Barriers in urban areas. The procedure for Electronic Speed Barriers implementation includes the simulation of the device influence in vehicular speed, through forecasting models and microscopic traffic simulation analysis. The procedure for the evaluation of Electronic Speed Barriers seeks to determine if this control device has a satisfactory result in reducing vehicular speed, and accidents numbers and seriousness. The proposed procedures are applied to a case study in order to demonstrate their applicability.

Key-words: Electronic Speed Barriers, Accidents, Speed, Traffic Microscopic Analysis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	15
1.2 OBJETIVO.....	16
1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE.....	18
2.1 FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE NO MUNDO	21
2.1.1 Estados Unidos de América.....	22
2.1.2 Canadá.....	24
2.1.3 Austrália	25
2.1.4 Reino Unido	26
2.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO BRASIL.....	28
2.2.1 Lombada ou Barreira Eletrônica.....	30
2.2.2 Radar Fixo.....	33
2.2.3 Radares Estáticos	33
2.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	34
2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM OS PROGRAMAS DE FISCALIZAÇÃO DE VELOCIDADE.....	37
2.4.1 Meta das atividades de fiscalização.....	37
2.4.2 Intensidade da fiscalização	38
2.5 SUPORTE PARA A FISCALIZAÇÃO DE VELOCIDADE	39
2.5.1 Percepções da comunidade.....	39
2.5.2 Suporte através da Mídia	40
2.6 MÉTODOS DE FISCALIZAÇÃO	42
2.7 PRINCÍPIOS GERAIS PARA FISCALIZAÇÃO DE VELOCIDADE	46
2.8 CRITÉRIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DA VELOCIDADE ..	47
2.9 AVALIAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE	53
2.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
3 ACIDENTES DE TRÂNSITO E VELOCIDADE.....	59
3.1. ACIDENTES DE TRÂNSITO.....	59
3.1.2 Dados de acidentes.....	60
3.1.3 Tipos de acidentes.....	62
3.1.4 Taxa de severidade dos acidentes.....	64

3.2. VELOCIDADE.....	66
3.2.1 Dados de velocidade	67
3.2.2 Velocidade no 85º percentil.....	69
4 PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE LOMBADAS ELETRÔNICAS	71
4.1 PROCEDIMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE LOMBADAS ELETRÔNICAS.....	71
4.1.1 Etapa A: Obtenção de dados.....	75
4.1.2 Etapa B: Análise do número de acidentes.....	77
4.1.3 Etapa C: Obtenção da taxa de severidade dos acidentes.....	78
4.1.4 Etapa D: Análise da velocidade no 85º percentil.....	78
4.1.5 Etapa E: Simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular.....	79
4.1.5.1 Modelo de Previsão.....	82
4.1.5.2 Análise microscópica do tráfego.....	87
4.1.6 Etapa F: Comparação entre a velocidade no 85º percentil observada e simulada.....	88
4.1.7 Etapa G: Soluções alternativas.....	88
4.2 PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE LOMBADAS ELETRÔNICAS... 90	90
4.2.1 Esquema de acompanhamento da Lombada Eletrônica durante o período de teste.....	90
4.2.1.1 Atividade A: Monitoramento da velocidade e histórico de acidentes.....	91
4.2.1.2 Atividade B: Manutenção da visibilidade e sinalização.....	91
4.2.1.3 Atividade C: Pesquisas de opinião pública.....	91
4.2.2 Procedimento para avaliação de Lombadas Eletrônicas instaladas definitivamente.....	92
4.2.2.1 Etapa A: Obtenção de dados.....	93
4.2.2.2 Etapa B: Avaliação da velocidade no 85º percentil “antes” e “depois” da implantação de Lombadas Eletrônicas.....	94
4.2.2.3 Etapa C: Relação entre infrações registradas e volume veicular.....	94
4.2.2.4 Etapa D: Análise do número de acidentes.....	95
4.2.2.5 Etapa E: Soluções alternativas ou complementares.....	96
4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
5 ESTUDO DE CASO	98
5.1 PROCEDIMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE LOMBADAS ELETRÔNICAS.....	98
5.1.1 Local de estudo.....	98
5.1.2 Etapa A: Obtenção de dados.....	100
5.1.3 Etapa B: análise do número de acidentes.....	102
5.1.4 Etapa C: Obtenção da taxa de severidade dos acidentes.....	103
5.1.5 Etapa D: Análise da velocidade no 85º percentil.....	105
5.1.6 Etapa E: Simulação do efeito da lombada eletrônica na velocidade veicular.....	107
5.1.6.1 Modelo de previsão.....	107
5.1.6.2 Análise microscópica do tráfego.....	111
5.1.7 Etapa F: Comparação entre a velocidade observada e simulada.....	124
5.2 PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE LOMBADAS ELETRÔNICAS... 127	127
5.2.1 Etapa A: Obtenção de dados.....	127
5.2.2 Etapa B: Avaliação da velocidade “antes” e “depois” da implantação de Lombadas Eletrônicas....	128
5.2.3 Etapa C: Relação entre infrações registradas e volume veicular.....	131
5.2.4 Etapa D: Análise do número de acidentes.....	132
5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	133
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	136
6.1 CONCLUSÕES.....	136
6.2 RECOMENDAÇÕES.....	140
REFERÊNCIAS	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Relação entre a intensidade da fiscalização e o valor da multa	21
Figura 2.2: Radar Estático dentro de uma viatura policial (EUA)	22
Figura 2.3: Radares Fixos (EUA)	23
Figura 2.4: Radar Fixo (Austrália)	25
Figura 2.5: Radar Estático (Reino Unido)	27
Figura 2.6: Radar Fixo (Reino Unido)	27
Figura 2.7: Lombada Eletrônica do tipo “pórtico”	31
Figura 2.8: Lombada Eletrônica do tipo “monolito”	32
Figura 2.9: Dispositivo tipo “bandeira”	32
Figura 2.10: Radar Fixo localizado ao lado de uma via	33
Figura 2.11: Radar Estático	34
Figura 2.12: Fotografia de um veículo infrator tirada pelo dispositivo de controle de velocidade	36
Figura 4.1: Procedimentos para Implantação de Lombadas Eletrônicas	74
Figura 4.2: Simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular	80
Figura 4.3: Velocidade Média estimada com o modelo de previsão e na análise microscópica do tráfego para um local de estudo sem conflitos de tráfego	81
Figura 4.4: Velocidade Média estimada com o modelo de previsão e na análise microscópica do tráfego para um local de estudo com uma parada de ônibus	82
Figura 4.5: Perfil de velocidade média observado e estimado pelos modelos de regressão linear e de RNA para o fluxo veicular médio	85
Figura 4.6: Comparação dos perfis de velocidade média estimados nos modelos de regressão linear e de RNA para o maior e o menor fluxo veicular	86
Figura 4.7: Esquema de acompanhamento da Lombada Eletrônica durante o período de teste	90
Figura 4.8: procedimento para avaliação de Lombadas Eletrônicas instaladas definitivamente	92
Figura 5.1: Local de estudo	99
Figura 5.2: Velocidade no 85º percentil, sentido Centro-Bairro	105
Figura 5.3: Velocidade no 85º percentil, sentido Bairro-Centro	106
Figura 5.4: Velocidade média pontual estimada com o modelo de RNA, sentido Centro-Bairro	109
Figura 5.5: Velocidade média pontual estimada com o modelo de RNA, sentido Bairro-Centro	109
Figura 5.6: Velocidade média dos trechos do local de estudo definida a partir modelo de RNA: sentido Centro-Bairro	110

Figura 5.7: Velocidade média dos trechos do local de estudo definida a partir modelo de RNA: sentido BC.....	111
Figura 5.8: Simulação do cenário sem conversão à esquerda e sem parada de ônibus.....	113
Figura 5.9: Simulação do cenário com conversão à esquerda e sem parada de ônibus.....	114
Figura 5.10: Simulação do cenário sem conversão à esquerda e com parada de ônibus.....	115
Figura 5.11: Simulação do cenário sem conversão à esquerda, sem parada de ônibus e com Lombada Eletrônica utilizando o coeficiente de variação da velocidade <i>default</i> (0,2) e ajustado (0,07).....	118
Figura 5.12: Simulação do cenário com conversão à esquerda, sem parada de ônibus e com Lombada Eletrônica utilizando o coeficiente de variação da velocidade <i>default</i> (0,2) e ajustado (0,07).....	119
Figura 5.13: Simulação do cenário sem conversão à esquerda, com parada de ônibus e com Lombada Eletrônica utilizando o coeficiente de variação da velocidade <i>default</i> (0,2) e ajustado (0,07).....	120
Figura 5.14: Simulação do cenário com conversão a esquerda, parada de ônibus e Lombada Eletrônica, sentido Centro-Bairro.....	122
Figura 5.15: Simulação do cenário com conversão a esquerda, parada de ônibus e Lombada Eletrônica, sentido Bairro-Centro.....	123
Figura 5.16: Velocidade no 85° percentil observada (sem Lombada Eletrônica) e simulada (com Lombada Eletrônica), menor volume veicular (300 veíc/h), sentido Centro-Bairro.....	124
Figura 5.17: Velocidade no 85° percentil observada (sem Lombada Eletrônica) e simulada (com Lombada Eletrônica), menor volume veicular (300 veíc/h), sentido Bairro-Centro.....	125
Figura 5.18: Velocidade no 85° percentil observada (sem Lombada Eletrônica) e simulada (com Lombada Eletrônica), maior volume veicular (2500 veíc/h), sentido Centro-Bairro.....	125
Figura 5.19: Velocidade no 85° percentil observada (sem Lombada Eletrônica) e simulada (com Lombada Eletrônica), maior volume veicular (2500 veíc/h), sentido Bairro-Centro.....	126
Figura 5.20: Local de estudo fictício para aplicação do procedimento proposto para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas.....	127
Figura 5.21: Comparação das velocidades “antes” e “depois” da implantação da Lombada Eletrônica: período de menor volume veicular, sentido Centro-Bairro.....	129
Figura 5.22: Comparação das velocidades “antes” e “depois” da implantação da Lombada Eletrônica: período de menor volume veicular, sentido Bairro-Centro.....	129
Figura 5.23: Comparação das velocidades “antes” e “depois” da implantação da Lombada Eletrônica: período de maior volume veicular, sentido Centro-Bairro.....	130
Figura 5.24: Comparação das velocidades “antes” e “depois” da implantação da Lombada Eletrônica: período de maior volume veicular, sentido Bairro-Centro.....	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Distâncias entre as placas (R-19) e o dispositivo de controle de velocidade	30
Tabela 2.2: Métodos apropriados de fiscalização (.....	43
Tabela 2.3: Método do cenário de risco	45
Tabela 2.4: Critérios para implantação de FEV no Reino Unido	48
Tabela 2.5: Critérios para implantação de FEV em British Columbia, Canadá	50
Tabela 2.6: Indicadores para a avaliação da FEV	54
Tabela 2.7: Tipos de via	55
Tabela 2.8: Medidas de desempenho da atividade da FEV	56
Tabela 3.1: Velocidade de impacto e gravidade das lesões	68
Tabela 3.2: Possibilidade de acidentes por severidade do ferimento do pedestre em função da velocidade regulamentada para a via	69
Tabela 4.1: Tolerância de velocidade para autuação em locais com Fiscalização Eletrônica de Velocidade no Brasil	79
Tabela 5.1: Número de acidentes com mortes e feridos no local de estudo, sentido Centro- Bairro	102
Tabela 5.2: Número de acidentes com mortes e feridos no local de estudo, sentido Bairro- Centro	102
Tabela 5.3: Número de acidentes em UPS, sentido Centro-Bairro	103
Tabela 5.4: Número de acidentes em UPS, sentido Bairro-Centro	103
Tabela 5.5: Taxa de severidade dos acidentes, sentido Centro-Bairro	104
Tabela 5.6: Taxa de severidade dos acidentes, sentido Bairro-Centro	104
Tabela 5.7: Volumes veiculares do local de estudo	108
Tabela 5.8: Cenários simulados no DRACULA	112
Tabela 5.9: Infrações registradas e volume veicular	131
Tabela 5.10: Acidentes com mortes e feridos registrados, sentido Centro-Bairro	132
Tabela 5.11: Acidentes com mortes e feridos registrados, sentido Bairro-Centro	133

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACPO	<i>Association of Chief Police Officers</i>
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
CETRAN	Conselho Estadual de Trânsito
CNH	Carteira Nacional de Habilitação
CNT	Confederação Nacional de Transportes
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DER/SP	Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte
DRACULA	<i>Dynamic Route Assignment Combining User Learning and MicroSimulation</i>
FEV	Fiscalização Eletrônica de Velocidade
FHWA	<i>Federal Highway Administration</i>
IIHS	<i>Insurance Institute For Highway Safety</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
KSI	<i>Killed and Serious Injuries</i>
MAPE	Erro Percentual Absoluto Médio
NHTSA	<i>National Highway Traffic Safety Administration</i>
NHWA	<i>National Highway Administration</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
RNA	Redes Neurais Artificiais
RTA	<i>Roads and Traffic Authority</i>
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
UPS	Unidade Padrão de Severidade
VRI	Velocidade Relativa de Impacto

1 INTRODUÇÃO

O aumento do número de acidentes de trânsito no Brasil contribuiu para a reavaliação dos procedimentos tradicionais de fiscalização de velocidade. Dentre diversos fatores responsáveis por este crescimento, observa-se principalmente a falta de respeito dos motoristas em relação aos limites de velocidade impostos pelas autoridades. Para amenizar o problema da insegurança viária, são utilizados dispositivos como, por exemplo, ondulações transversais.

Em 1992, baseado em estudos sobre prejuízos causados pelas ondulações transversais, realizados pela empresa Perkons Equipamentos Eletrônicos Ltda. na cidade de Curitiba, foi desenvolvido um tipo de dispositivo chamado de barreira ou Lombada Eletrônica com a finalidade de gerenciar a velocidade em pontos específicos da via (PERKONS, 2003). Posteriormente, o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) dispôs sobre a utilização e validade desse equipamento para fiscalização de trânsito (CONTRAN, 1994).

Devido aos bons resultados iniciais alcançados, a oferta de barreiras eletrônicas passou a aumentar de forma considerável. O CONTRAN, com a finalidade de regulamentar o uso das barreiras eletrônicas no trânsito, publicou uma série de resoluções nas quais definiu os tipos de controladores de velocidade e os requisitos mínimos para sua autorização e instalação (CONTRAN, 1995a, 1995b, 1995c, 1996, 1998a, 1998b, 1998c, 2002).

A partir da Resolução nº 146 (CONTRAN, 2003), atualmente em vigor e que determinou que os critérios de localização, instalação e operação são de responsabilidade dos órgãos encarregados do trânsito, começaram a surgir diferentes critérios empíricos, utilizados pelos diversos órgãos de trânsito, para a implantação de dispositivos de Fiscalização Eletrônica de Velocidade (FEV), sejam fixos ou estáticos.

Entre os critérios mais utilizados se encontram os referentes ao excesso de velocidade e ao número de acidentes. Também são consideradas, nos critérios para implantação de dispositivos de FEV, diversas solicitações da comunidade, apontando a real necessidade de instalação dos equipamentos, assim como a identificação de trechos com geometria desfavorável, que podem incrementar o número de acidentes.

No entanto, não foi verificada no Brasil, uma padronização dos critérios que justifiquem a implantação de FEV. Além disso, no país não existe obrigatoriedade de fazer estudos que visem a avaliação do desempenho da FEV, com os quais se possa justificar a continuação da operação dos equipamentos de fiscalização, muitos dos quais estão mal localizados ou até precisando ser desativados.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O agravamento das reclamações contra os órgãos de trânsito no que se refere a uma maior transparência da FEV cria a necessidade de desenvolvimento de mecanismos que possam justificar claramente a utilização dos dispositivos de controle de velocidade.

A não obrigatoriedade de estudos técnicos que justifiquem a implantação de dispositivos eletrônicos de fiscalização de velocidade levou ao uso indiscriminado destes equipamentos por parte de muitos órgãos de trânsito. Muitas vezes acusados de visar arrecadação de dinheiro, e não simplesmente de manter um trânsito seguro nas vias.

Esta situação modificou-se a partir de 2002, quando a Resolução N° 141 (CONTRAN, 2002) dispôs que a definição do local de instalação de instrumentos, de equipamento ou de qualquer outro meio tecnológico utilizado para FEV deverá ser precedida de estudos técnicos que contemplem, dentre outras variáveis, os índices de acidentes, as características da localidade, a velocidade máxima da via, a geometria da via, a densidade veicular, o potencial de risco aos usuários, e que comprovem a necessidade de fiscalização, sempre dando prioridade à educação para o trânsito, à redução e prevenção de acidentes.

Em 2003, a Resolução N° 146 (CONTRAN, 2003), que revogou a Resolução N° 141, dispôs que a utilização de instrumentos ou equipamentos medidores de velocidade em trechos da via com velocidades inferiores às regulamentadas no trecho anterior, deve ser precedida de estudos técnicos. Como em geral, as Lombadas Eletrônicas (dispositivo fixo e ostensivo de FEV) estabelecem velocidades menores que a velocidade dos trechos que a precedem e sucedem, existe a necessidade de realização do estudo para comprovar a necessidade de implantação destes equipamentos.

Ainda, como as velocidades definidas pelas Lombadas Eletrônicas são menores que o limite da via, é importante justificar a sua localização avaliando seu desempenho, de modo a evitar as críticas que a associam ao objetivo principal de arrecadar multas.

Esses fatos incentivaram a definição de procedimentos que possam ser utilizados na implantação e avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas em áreas urbanas. Ainda, o procedimento definido nesta tese para implantação de Lombadas Eletrônicas é inovador ao utilizar a simulação do efeito das Lombadas Eletrônicas na velocidade veicular. Esta abordagem, inédita, serve para analisar as possíveis tendências da velocidade, através do traçado do perfil de velocidade, ocasionadas pela implantação desses dispositivos. Esta abordagem utilizou ferramentas como modelos de previsão e a análise microscópica do tráfego para seu desenvolvimento.

1.2 OBJETIVO

A partir do exposto anteriormente, o presente trabalho tem como objetivo principal a definição de procedimentos para implantação de Lombadas Eletrônicas em áreas urbanas, assim como para a avaliação do seu desempenho.

No procedimento para implementação de Lombadas Eletrônicas procura-se determinar a necessidade de fiscalização da velocidade utilizando esse equipamento, visando-se a diminuição do número e gravidade dos acidentes, que têm como principal fator contribuinte as altas velocidades.

No procedimento para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas procura-se avaliar os resultados obtidos por equipamentos que foram instalados, principalmente, sem nenhum estudo técnico que os sustentasse, para determinar se os equipamentos devem permanecer ou se é necessário considerar a implementação de soluções alternativas ou complementares.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho propõe a definição de procedimentos para determinar a implantação de Lombadas Eletrônicas em áreas urbanas, assim como avaliar seu desempenho. Este é um

campo vasto e pode envolver várias abordagens. Por isso, procurou-se focar apenas um só tipo de dispositivo de FEV e uma área de aplicação, não sendo contemplados:

- os Radares Fixos, popularmente conhecidos como “Pardais”;
- a implantação e a avaliação de Lombadas Eletrônicas em áreas rurais;

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por 6 capítulos. O presente capítulo apresenta a contextualização do estudo, através da caracterização do problema, justificativa, objetivos e delimitações do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta o estado da arte da Fiscalização Eletrônica de Velocidade, principais características e modo de operação, tanto no Brasil como em países que adotaram esse sistema de controle.

No Capítulo 3 são discutidos os principais conceitos relativos a acidentes de trânsito e velocidade, parâmetros importantes a partir dos quais foram definidos os procedimentos apresentados neste trabalho.

O Capítulo 4 apresenta os procedimentos propostos para definir a implementação de Lombadas Eletrônicas em áreas urbanas, e para avaliar seu desempenho. No Capítulo 5 é apresentado um estudo de caso, onde são aplicados os procedimentos propostos em determinados locais de estudo, assim como a análise dos resultados dessas aplicações.

No Capítulo 6 são anotadas as conclusões obtidas ao longo deste trabalho, bem como sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

2 FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE

Zaal (1994) classifica a fiscalização de velocidade em dois tipos: tradicional ou eletrônica. Segundo o autor a fiscalização de velocidade tradicional é aquela que envolve atividades associadas com detecção, parada e autuação *in loco* do motorista que infringe o limite de velocidade. A Fiscalização Eletrônica de Velocidade (FEV) pode ser descrita como aquela que utiliza meios eletrônicos a fim de controlar o cumprimento das normas sobre velocidade de veículos no trânsito.

A diferença principal entre os dois tipos de fiscalização é o registro das imagens dos veículos infratores. Além da posterior notificação da infração, postada alguns dias ou semanas após cometido o delito, realizada pela fiscalização eletrônica.

A FEV funciona por meio da medição eletrônica da velocidade de cada veículo fiscalizado, identificação de veículos trafegando a velocidades acima das permitidas, e registro dos dados básicos dessas infrações. Isto permite a posterior autuação desses infratores e/ou a tomada de outras providências para solucionar os problemas de tráfego, tal como o reforço de sinalização viária a respeito de limites de velocidade.

Os equipamentos de fiscalização eletrônica detectam e registram os veículos trafegando acima da velocidade regulamentada, através de uma imagem digital. Esta imagem serve como base ao agente do órgão de trânsito para a emissão do auto de infração. O órgão de trânsito, após verificar a consistência do auto de infração aplica ao infrator as punições existentes, como multas, pontuação da carteira de habilitação (CNH), ou suspensão da CNH, de acordo com os procedimentos específicos no Código de Trânsito Brasileiro (CTB) (BRASIL, Lei nº 9.503, 1997).

Existem diferentes tipos de equipamentos para fiscalização eletrônica de velocidade, com objetivos distintos e com características físicas e operacionais diversas. A escolha do melhor equipamento e a maneira de utilizá-lo depende das necessidades de controle e das características dos locais a serem controlados.

O surgimento dos dispositivos eletrônicos de fiscalização tem auxiliado os órgãos gerenciadores de tráfego na tarefa de exercer um controle mais efetivo sobre a velocidade veicular. No Brasil, diversas cidades estão utilizando dispositivos eletrônicos para a fiscalização automática da velocidade, através de Lombadas Eletrônicas e Radares Fixos, na tentativa de diminuir o número de acidentes nas suas principais vias (STUMPF, 1998).

Hollanda e Ferreira (1996) citaram a adoção dos dispositivos eletrônicos em cidades como Curitiba, Campo Grande, Cuiabá, Brasília, Belo Horizonte, Natal, São Paulo e Porto Alegre. Indicaram ainda que Brasília foi a primeira capital do País a implantar simultaneamente Radares Estáticos, Lombadas Eletrônicas e Radares Fixos. Segundo estes autores, no Distrito Federal, em outubro de 1995, 47 pessoas morreram em acidentes de trânsito; já em 1996, no mesmo período, foram registradas 26 mortes.

Segundo Cannell (2001), a constante supervisão dos dispositivos de FEV, trabalhando 24 horas ao dia e em todas os períodos do ano, teve um efeito significativo nas estatísticas de acidentes, tendo reduzido consideravelmente a incidência destes eventos em cidades como São Paulo, Campinas, Brasília e Salvador.

Segundo um estudo do Banco Interamericano de Desenvolvimento, quando os dispositivos de FEV são colocados corretamente nos locais em que existe maior perigo, a diminuição pode chegar a 30% dos acidentes e 60% do número de mortes (CNT, 2001).

Portes e Silva (2001) apresentaram o modelo de FEV adotado em Uberlândia, Minas Gerais, realçando não apenas seus aspectos positivos, mas também as dificuldades encontradas e os erros assumidos na sua operação. Costa e Torquato (2001) mostraram também a experiência, em Campina Grande, na Paraíba, da operação do sistema de fiscalização de velocidade.

Bertazzo *et al.* (2002) apresentaram uma metodologia para definir e hierarquizar trechos para a instalação do controle eletrônico da velocidade. A metodologia propõe a determinação de um índice (H) composto pela unidade padrão de severidade de acidentes (UPS), volume diário médio, fator de risco baseado na velocidade total, fator de localidade, período de análise e comprimento do trecho analisado. Para cada trecho em análise, o índice H serve para hierarquização dos mesmos quando há possibilidade de implantação de um controlador eletrônico de velocidade.

Segundo Gold (2003), um sistema de controle de velocidade pode ter seu funcionamento considerado satisfatório, com a ocorrência simultânea de quatro condições imprescindíveis:

- Os condutores devem estar cientes da velocidade máxima permitida nas vias onde estão circulando;
- Os potenciais infratores devem sentir que há grande chance de ter suas infrações detectadas, registradas e punidas;
- As medidas punitivas devem ser aplicadas de fato e devem ser suficientemente fortes para influir sobre o comportamento dos potenciais infratores; e
- A população de condutores, em geral, deve ser alvo de campanhas publicitárias efetivas que expliquem e justifiquem plenamente as velocidades máximas fixadas e as medidas de fiscalização, inclusive com a divulgação dos resultados da fiscalização, em termos de vítimas e acidentes.

Dessa maneira, quanto melhor o sistema de informação aos condutores das velocidades permitidas e dos motivos para esses limites, melhor o resultado do sistema de controle. Um bom resultado é alcançado quando a grande maioria dos condutores trafega dentro dos limites permitidos de velocidade, ou seja, o número de infratores é mínimo e, portanto, poucos condutores são multados.

Pode-se falar, então, da Intensidade (I) das atividades de detecção e registro de infrações e do valor (V) da multa, ou outro tipo de autuação, como sendo os dois elementos fundamentais do sistema de controle de velocidade por meio de fiscalização e autuação. Se a Intensidade de detecção e registro não ultrapassar um valor mínimo (I_0) o usuário infrator percebe que há pouca chance de ser detectado e não se preocupa em evitar infrações, mesmo que o valor das multas seja alto.

Por exemplo, detecção por meio de blitz eventual representa intensidade baixa. Detecção por meio da presença contínua de policiais ou fiscais de trânsito representa intensidade média – enquanto anotam dados sobre uma infração não detectam outras ocorrendo no momento. Por outro lado equipamentos fixos, como Lombadas Eletrônicas ou Radares Fixos, atingem detecção e registro de até 100% das infrações no local onde se encontram.

A Figura 2.1 apresenta as diferentes situações básicas que podem ocorrer em relação à Intensidade das atividades de detecção e registro de infrações, e o valor da multa.

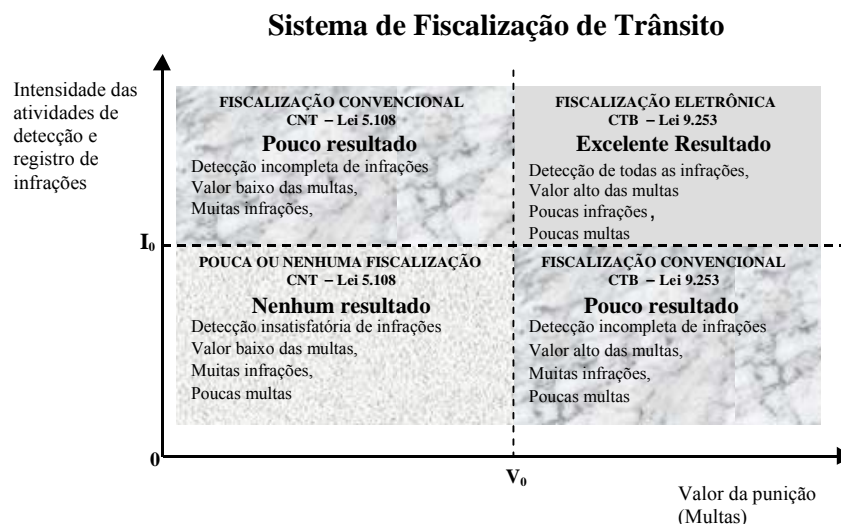


Figura 2.1: Relação entre a intensidade da fiscalização e o valor da multa (GOLD, 2003)

Pode-se observar, da figura anterior, que quanto maior os valores de I e V , maior o esforço do motorista em não cometer infrações, menor a frequência de infrações cometidas e, conseqüentemente, maior é a segurança do trânsito.

2.1 FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE NO MUNDO

A Fiscalização Eletrônica de Velocidade (FEV) é utilizada amplamente em muitas partes do mundo. Pesquisas têm demonstrado, consistentemente, os benefícios positivos na segurança viária, atingidos com esse sistema. Porém, existe uma ampla diferença na natureza, extensão de uso e aceitação pública da FEV, particularmente quando é a principal forma de fiscalização de velocidade.

Nesta seção veremos o sistema de FEV utilizado na Austrália, Reino Unido, Canadá e Estados Unidos da América (EUA), principais países que adotaram esse sistema. Cabe destacar que os tipos de dispositivos utilizados nesses países são a *Fixed Speed Camera* e a *Mobile Speed Camera*, (Radar Fixo e Radar Estático, como conhecidos no Brasil, respectivamente).

2.1.1 Estados Unidos de América

Através dos Estados Unidos de América (EUA) o uso de Radares como principal forma de fiscalização de velocidade é muito limitada. Literatura publicada, como a IIHS (2006), aponta que o uso de Radares é restringido a um pequeno número de cidades (21 cidades mais Washington D.C. em julho de 2006). Embora seu uso esteja se incrementando conforme vão definindo-se leis que autorizam seu uso nos diversos Estados do país. Nos lugares onde são utilizados esses dispositivos, geralmente sua operação é ostensiva, com placas educativas informando a presença dos dispositivos na área ou em lugares específicos.

A cidade de Paradise Valley (Arizona), em 1987, foi a primeira cidade dos EUA a implementar um programa de segurança no tráfego utilizando dispositivos de FEV. Os dispositivos utilizados são os Radares Estáticos.

Os Radares Estáticos são os dispositivos mais utilizados nos EUA, sendo operados principalmente a partir de viaturas policiais posicionadas em lugares definidos como problemáticos, com base no histórico de acidentes e de altas velocidades. Em algumas cidades são utilizadas *vans* no lugar de viaturas policiais. Nas Figuras 2.2 e 2.3 são mostrados exemplos dos dispositivos Radares Fixos e Estáticos utilizados nos EUA.



Figura 2.2: Radar Estático dentro de uma viatura policial (EUA)



Figura 2.3: Radares Fixos (EUA)

Retting e Farmer (2003) realizaram uma avaliação do efeito do programa de FEV do Distrito de Columbia (D.C.). Este programa começou em 2001, envolveu cinco veículos equipados com câmeras alternados em 60 zonas de fiscalização através da cidade. Foram coletados dados de velocidade em sete trechos viários sem a presença dos dispositivos de fiscalização, e seis meses depois dos dispositivos serem deslocados nesses trechos. Em todos os locais, a proporção de motoristas dirigindo 16 km/h acima do limite de velocidade diminuiu entre 38 e 89%. Ainda, foi constatado que as velocidades médias declinaram 14% nos seis primeiros meses de implementação da FEV.

Resultados similares foram encontrados em um programa piloto de FEV em Beaverton e Portland, Oregon (*PORTLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION*, 1997). Engenheiros compararam velocidades veiculares antes e depois da implementação de Radares. Em Beaverton, a percentagem de veículos excedendo o limite de velocidade em mais de 8 km/h diminuiu 28% em vias fiscalizadas, incrementando-se 16% em vias sem fiscalização. Do mesmo modo, em Portland a percentagem de veículos excedendo o limite de

velocidade em mais de 16 km/h diminuiu 27% em vias com fiscalização, incrementando-se 12% em vias sem fiscalização.

Uma das causas pelas que os Radares não são muito utilizados nos EUA é que muitas autoridades acreditam que não existe apoio público. Porém, uma pesquisa em Washington, D.C., 9 meses depois que o programa de FEV começou a operar, encontrou que a maioria da população (51%) apoiou o programa (RETTING, 2003). Na avaliação do programa de FEV em Beaverton e Portland, Oregon, encontrou-se um forte apoio público para o uso de Radares em áreas escolares (88-89%) e áreas urbanas (74-78%) (*PORTLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION*, 1997).

2.1.2 Canadá

Os Radares foram introduzidas em 1988 como teste no sudoeste da província de British Columbia, em áreas da ilha de Vancouver. Pesquisas foram conduzidas em pequenas cidades para determinar as percepções dos motoristas sobre a efetividade dos dispositivos de FEV para reduzir as infrações de velocidade (ZUO; COOPER, 1991).

Em 1996 os dispositivos de FEV do tipo Radar Estático começaram a operar oficialmente em British Columbia. O programa estava constituído por 30 dispositivos distribuídos através da província, sendo amplamente informado aos motoristas sobre a presença desses dispositivos.

Em 2001, como resultado de um *lobby* de grupos contrários ao sistema de fiscalização, apoiados pelo novo governo eleito nesse ano, o programa foi paralisado. Porém, antes da paralisação das operações de FEV, foram realizados dois trabalhos (CHEN *et al.*, 2000; CHEN *et al.*, 2002) para avaliar o programa de FEV em British Columbia. Os trabalhos mostraram uma redução de 2,4 a 2,8 km/h na velocidade média e de 17% nos acidentes fatais. Ainda, foi relatado que a natureza imprevisível dos deslocamentos dos Radares Estáticos levou os motoristas a modificarem seu comportamento ao longo da via fiscalizada, devido, principalmente, a que eles não poderiam saber exatamente qual o segmento fiscalizado.

2.1.3 Austrália

No estado de Victoria, um teste com Radares, começou em 1985. Em 1991 foram utilizados 54 dispositivos através do Estado, com uma média de operação de 4.200 horas mensais. Os dispositivos eram do tipo Radar Estático, os quais são movidos entre locais através da rede viária, e operados de forma não ostensiva. Na Figura 2.4 é apresentado um dos equipamentos utilizados na Austrália.



Figura 2.4: Radar Fixo (Austrália)

A intenção do programa de FEV é de criar uma percepção entre os motoristas que velocidades ilegais podem ser detectadas em qualquer lugar da rede viária, e assim, reduzir velocidades e frequência de acidentes (DELANEY *et al.*, 2005)

Durante 2001/2002, as seguintes mudanças foram realizadas nas operações dos Radares Estáticos:

- Incremento progressivo das horas de operação dos dispositivos (de 4200 a 6000 horas mensais) entre Agosto de 2001 e Fevereiro de 2002;
- Introdução de operações sem *flash* das câmeras durante o dia, uso de uma grande variedade de veículos encobertos e uso de novas locações e períodos do dia, visando fazer a fiscalização menos ostensiva e imprevisível para os motoristas que dirigem em alta velocidade;
- Redução progressiva na detecção de motoristas dirigindo mais de 10 km/h acima do limite de velocidade, de Março a Setembro de 2002.

Essas mudanças foram atingidas incrementando o número de caixas e, conseqüentemente, a natureza imprevisível dos locais de fiscalização. Estudos do programa de FEV de Victoria demonstraram sua efetividade na redução da freqüência e severidade dos acidentes, seja nos locais fiscalizados ou ao longo da rede viária (CAMERON *et al.*, 1992; ROGERSON *et al.*, 1994).

Outros estados Australianos também possuem programas de fiscalização de velocidade com Radares, alguns dos quais seguem as abordagens do estado de Victoria, operação não ostensiva com Radar Estático, e outros confiam fortemente em operações ostensivas com Radares Fixos, como o caso do Estado de New South Wales.

2.1.4 Reino Unido

O programa de fiscalização de velocidade com Radares do Reino Unido começou em 1991. Em 2000 existiam 4500 locais fiscalizados nas vias britânicas. A maioria dos locais empregava dispositivos fixos com um pequeno número de Radares Estáticos.

Cabe destacar que nem todos os suportes para Radares contêm um dispositivo, o qual é deslocado entre vários locais. Ao contrário do programa de Victoria, na Austrália, os dispositivos operando no Reino Unido são altamente visíveis aos motoristas, e são predominantemente localizados em locais com um histórico de acidentes. Placas informando

o uso de Radares Fixos são colocadas antes dos locais fiscalizados, e em rotas nas quais é freqüente a operação de Radares Estáticos. Nas Figuras 2.5 e 2.6 são mostrados alguns dos equipamentos utilizados no Reino Unido.



Figura 2.5: Radar Estático (Reino Unido)



Figura 2.6: Radar Fixo (Reino Unido)

Uma avaliação de dois anos de operação (GAINS *et al.*, 2003), demonstrou a efetividade da FEV na redução do número de pessoas mortas ou seriamente feridas em acidentes de trânsito nos locais fiscalizados. A efetividade dos dispositivos fixos na redução de mortes ou feridos graves foi de 65%, a redução atingida com os Radares Estáticos foi de 29%. Além disso, coletas de velocidade mostraram que a velocidade veicular nos locais fiscalizados tem-se reduzido em média 3,7 mph (6 km/h).

2.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO BRASIL

Segundo a Resolução nº 146 do CONTRAN (2003), a medição de velocidade deve ser efetuada por meio de instrumento ou equipamento que registre ou indique a velocidade medida, com ou sem dispositivo registrador de imagem, dos seguintes tipos:

- a) Fixo: medidor de velocidade instalado em local e em caráter permanente;
- b) Estático: medidor de velocidade instalado em veículo parado ou em um suporte apropriado;
- c) Móvel: medidor de velocidade instalado em veículo em movimento, procedendo à medição ao longo da via;
- d) Portátil: medidor de velocidade direcionado manualmente para o veículo alvo.

Segundo Gold (2003), pode-se realizar uma classificação mais abrangente, útil, eficaz, e que venha a ser amplamente entendida, não somente por técnicos da área senão por toda a população. Essa classificação pode ser baseada nos objetivos e funções de cada um dos tipos de equipamentos de fiscalização existentes. A classificação pode ser a seguinte:

- a) Quanto ao modo de operação
 - Operação automática: são os equipamentos que, uma vez instalados, executam a detecção de veículos independentemente da ordem do operador.
 - Operação manual: são aqueles que são comandados diretamente pelo operador.
- b) Quanto ao registro da infração
 - Registro com imagem: são os equipamentos que registram a imagem do veículo infrator, através de foto ou processos digitais.

- Registro sem imagem: são os equipamentos que não registram a imagem do veículo infrator.

c) Quanto ao tipo de instalação

- Instalação permanente: os locais de instalação são fixos, para uma fiscalização constante.
- Instalação eventual: são locais de instalação por um determinado intervalo de tempo, para atender alguma característica especial do local.

d) Quanto ao modo de detecção de veículos

- Através de sensores de solo: esses sensores podem ser indutivos ou piezelétricos, sendo instalados de forma fixa no solo.
- Por reflexão de ondas: podem ser microondas, ultra-som (*Doppler*), ou Laser, não sendo necessária à instalação de forma fixa desses equipamentos.

e) Quanto à amplitude de controle

- Monitoramento geral: são equipamentos que monitoram todas as faixas de trânsito da via onde se encontram, cobrindo indiscriminadamente todos os veículos que por elas trafegam.
- Monitoramento seletivo: são equipamentos que monitoram somente a velocidade de um veículo escolhido de cada vez.

f) Quanto à visibilidade

- Equipamentos ostensivos: são os equipamentos que possuem grande visibilidade, e sinalização própria acionada pelo veículo fiscalizado, como lâmpadas, sinais sonoros, mostradores de velocidade, etc.
- Equipamentos não ostensivos: são equipamentos que não tem fisicamente grande visibilidade.

Segundo a Portaria nº 115/98 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO, 1998), os erros máximos admitidos, para os distintos tipos de radar (fixo, móvel ou estático), são:

- Em laboratório:
 - Analógico: 1,5 km/h até 100 km/h e 1,5% acima;
 - Digital: 1 km/h até 100 km/h e 2 km/h acima

- Em operação:
 - 7 km/h até 100 km/h e 7% acima

Segundo a Resolução nº 146 (CONTRAN, 2003), para a fiscalização de velocidade com dispositivo do tipo fixo, estático ou portátil deve ser observada, entre a placa de regulamentação de velocidade máxima permitida (R-19) e o dispositivo de fiscalização, uma distância compreendida no intervalo estabelecido na seguinte tabela:

Tabela 2.1: Distâncias entre as placas (R-19) e o dispositivo de controle de velocidade

Velocidade Regulamentada (km/h)	Intervalo de Distância (metros)	
	Via Urbana	Via Rural
$V \geq 80$	400 a 500	1000 a 2000
$V < 80$	100 a 300	300 a 1000

2.2.1 Lombada ou Barreira Eletrônica

A Lombada ou Barreira Eletrônica é um equipamento propriamente brasileiro e amplamente utilizado em todo o país. Funciona como um sistema de controle de velocidade e acompanhamento de fluxo de trânsito, que reúne equipamentos e *softwares* de captação e processamento de dados e imagens. As Lombadas Eletrônicas são mais apropriadas em locais pontuais ou trechos de pequena extensão, onde é essencial obter a atenção plena de todos os condutores dos veículos a respeito da velocidade máxima permitida, para garantir a sua própria segurança ou a dos outros usuários.

Nesses casos o objetivo da fiscalização é a eliminação total, se possível, de veículos trafegando com velocidades acima do limite máximo regulamentado, já que qualquer excesso geraria risco de acidentes graves.

Por suas características, as Lombadas Eletrônicas são fixas e de natureza ostensiva, com sinalização da velocidade praticada, acionada pelo veículo monitorado. Este equipamento tem detecção por sensores de solo, funcionamento automático, e capacidade de monitoramento geral com registro de imagens.

Para seu funcionamento dois sensores do tipo laço indutivo são instalados na pista no sentido do tráfego, com uma distância de quatro metros entre eles. Ao passar sobre os laços, o veículo é imediatamente detectado. Assim, um microprocessador recebe os sinais elétricos dos sensores e calcula sua velocidade com alta precisão. No mesmo instante, o “*display*” informa a velocidade e um conjunto de sinais sonoros ou luminosos indica aos motoristas e pedestres a condição de tráfego do veículo.

Entre os tipos de Lombadas Eletrônicas podem ser encontrados o “pórtico” (Figura 2.7) e o “monolito” (Figura 2.8). Além disso, existe um dispositivo que muitas vezes é considerado como Lombada Eletrônica pelo seu caráter não ostensivo, embora não possua “*display*” mostrando a velocidade dos veículos. Esse tipo de dispositivo é chamado de “bandeira” (Figura 2.9), e é utilizado principalmente em rodovias.



Figura 2.7: Lombada Eletrônica do tipo “pórtico”



Figura 2.8: Lombada Eletrônica do tipo “monolito”



Figura 2.9: Dispositivo tipo “bandeira”

2.2.2 Radar Fixo

Similar à Lombada Eletrônica, é um sistema de controle de velocidade e acompanhamento de fluxo de trânsito de instalação fixa. A diferença está na natureza não ostensiva do Radar Fixo. Eles são mais apropriados para trechos de média e grande extensão, onde é necessário limitar a velocidade média do tráfego, embora a eventual passagem de veículos, com velocidades ligeiramente acima dos limites máximos estabelecidos, nem sempre representem alto risco de ocorrência de acidentes graves.

O funcionamento do Radar Fixo é semelhante ao da Lombada Eletrônica. A diferença reside no fato de que no Radar Fixo não existe um “*display*” que informe a velocidade, nem sinais sonoros ou luminosos que indiquem a condição do tráfego do veículo. Na Figura 2.10 é mostrado um exemplo de Radar Fixo.



Figura 2.10: Radar Fixo localizado ao lado de uma via

2.2.3 Radares Estáticos

São aqueles utilizados para fiscalizar a velocidade de veículos em pontos escolhidos de vias, de forma eventual. São de caráter não ostensivo, podendo ser instalados em tripés. A detecção é efetuada por reflexão de ondas, tendo funcionamento automático, com capacidade de monitoramento geral, com ou sem registro de imagens.

Segundo a Resolução nº 146 (CONTRAN, 2003), não é obrigatória a presença da autoridade ou do agente da autoridade de trânsito, no local da infração, quando utilizado o medidor de velocidade estático com dispositivo registrador de imagem. Na Figura 2.11 pode-se observar um exemplo de um radar estático.



Figura 2.11: Radar Estático

2.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

No Brasil existem diversas empresas que produzem equipamentos de FEV, cada uma com modelos diferentes para seus produtos. Não entanto, a natureza do funcionamento desses

equipamentos é praticamente a mesma, seja Lombada Eletrônica, Radar Fixo ou Radar Estático. Assim, o processamento dos dados registrados pelos equipamentos também é similar. Um resumo desse processamento é mostrado a seguir:

- a) Os veículos são detectados pelo equipamento. Os dados de todos os veículos e as imagens digitais daqueles que trafegam em velocidade excessiva são armazenados em disco rígido e levados a uma central de processamento.
- b) No momento em que a imagem do veículo é captada, os seguintes dados são incorporados automaticamente: velocidade do veículo (km/h), velocidade regulamentada para o local (km/h), números seqüenciais da imagem, local (codificado ou não), data e hora da infração.
- c) As imagens registradas pelos equipamentos são criptografadas e possuem assinatura digital que garantem sua total integridade. Nenhum programa convencional consegue abrir e alterar as imagens registradas.
- d) Quando um veículo passa pelos laços com velocidade excessiva, são registradas duas imagens consecutivas, de forma superposta, com um intervalo de 1/60 de segundo. Através do cálculo do deslocamento entre as duas imagens, o *software* tem condições de verificar a distância que o carro percorreu nesse intervalo de tempo, tornando possível comprovar que o veículo estava, efetivamente, acima do limite de velocidade permitido para aquele ponto.
- e) As duas imagens são unidas e a placa e características do veículo são comparadas com o cadastro do órgão de trânsito; a imagem do motorista é encoberta digitalmente e o auto de infração é emitido. Caso o veículo não possa ser reconhecido, sua imagem é descartada e classificada para uso da autoridade de trânsito.
- f) As imagens geradas são guardadas em um arquivo de formato JPG, o qual é nomeado segundo o formato utilizado pelo órgão de trânsito encarregado da via. Por exemplo, o Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER/SP), forma o nome do arquivo a partir dos dados correspondentes à imagem (MARTINEZ FILHO, 2003). Assim, segundo o formato do DER/SP o nome do arquivo que guarda a imagem da Figura 2.12 será:

00015054 000 330 111 054 Sul 1 25112002 150726 100 118 129237 0000000.jpg
 a b c d e f g h i j k l m

Onde:

- a. Número do equipamento dado pelo DER/SP: 8 dígitos
- b. Acesso da rodovia: 3 dígitos
- c. Rodovia: 3 dígitos
- d. Quilômetro: 3 dígitos
- e. Distância do começo do quilômetro: 3 dígitos
- f. Sentido de tráfego: 3 caracteres
- g. Faixa: 1 dígito
- h. Data: 8 dígitos
- i. Hora: 6 dígitos
- j. Velocidade regulamentada: 3 dígitos
- k. Velocidade medida: 3 dígitos
- l. Número seqüencial: 6 dígitos
- m. Campo vago: 7 dígitos (com número zero)



Figura 2.12: Fotografia de um veículo infrator tirada pelo dispositivo de controle de velocidade

2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM OS PROGRAMAS DE FISCALIZAÇÃO DE VELOCIDADE

Um dos fatores mais importantes para assegurar uma eficiente fiscalização da velocidade é relacionado à tolerância de velocidade. Enquanto um certo nível de tolerância de velocidade é provavelmente inevitável, devido ao erro do velocímetro e dos limites de precisão dos dispositivos de fiscalização, tolerâncias excessivas podem enfraquecer a credibilidade dos limites de velocidades (McINERNEY *et al.*, 2001).

2.4.1 Meta das atividades de fiscalização

Estudos, como os de Corbett (1995) e Elvik (1998), discutem a importância de traçar metas para a fiscalização, relativas a reduções de acidentes e/ou do excesso de velocidade em locais específicos. Resultados típicos variam em torno de 20% na redução da incidência de acidentes, com várias reduções na velocidade percebidas em períodos de 7 a 17 dias após períodos intensos de fiscalização com radares estáticos (ZAAL, 1994; VAA, 1997).

Na Austrália, embora seja reconhecido o benefício de traçar metas para a fiscalização em um local específico, através de uma perspectiva de “segurança total”, ainda recusa-se esta medida com o argumento de que os efeitos amplos de uma fiscalização estática aleatória na rede viária podem fornecer maiores benefícios.

Leggett (1997) sugeriu que os métodos tradicionais e eletrônicos de fiscalização podem alcançar um resultado satisfatório quando utilizado um sistema de gerenciamento da fiscalização programado aleatoriamente. O foco desta programação está no controle e na maximização da divulgação da fiscalização em inúmeras localizações.

Newstead *et al.* (1999) avaliaram a implementação do programa “*Random Road Watch*” em Brisbane, Austrália, por um período de três anos. Este programa também envolveu fiscalização programada aleatoriamente. A cidade foi dividida em setores, os quais foram visitados aleatoriamente por uma viatura policial equipada com Radar Estático, durante um tempo também determinado aleatoriamente. Dentro do período de teste, o programa produziu uma significativa redução na taxa de acidentes e severidades. Os efeitos positivos foram maiores fora da área metropolitana de Brisbane, onde a incidência dos acidentes fatais

diminuiu em 31%. Também foi observado um incremento nas reduções de ocorrência e severidade de acidentes fora do período de fiscalização.

Esse método de fiscalização também foi testado nos estados de New South Wales e Tasmânia, na Austrália, e na Nova Zelândia. Efeitos similares aos observados em Brisbane foram encontrados para todos os locais, mas somente na Tasmânia os resultados se mostraram estatisticamente significativos (McINERNEY *et al.*, 2001).

2.4.2 Intensidade da fiscalização

A intensidade da fiscalização de velocidade é importante para alcançar resultados relativos à diminuição de velocidade e acidentes. Dispositivos operando 24 horas ou distribuídos em diversos locais ao longo de uma via podem ser mais efetivos na dissuasão dos motoristas, dependendo do espaçamento entre eles.

Oei (1996), em testes realizados na Holanda, determinou que uma pistola a laser utilizada por 12 horas, uma vez por mês, em um determinado local, pode manter uma taxa de confiabilidade na fiscalização por parte da população de 85%. Stark (1996) determinou que a colocação aleatória de um radar com câmera, uma vez por mês, em determinados locais ao longo de um trecho viário de oito quilômetros, juntamente com placas de advertência, foi efetiva na redução de infrações, já que os motoristas ficaram atentos ao fato de que sua velocidade poderia ser avaliada em algum momento.

Zaal (1994) estudou o melhoramento da eficiência da fiscalização. Segundo este autor, a implementação da atividade de fiscalização deve ser acompanhada de uma conscientização do público sobre a fiscalização. Além disso, a fiscalização deve ter suas atividades concentradas em locais com maior incidência de acidentes.

De Waard e Rooijers (1994) realizaram na Holanda um estudo para estabelecer o método de fiscalização de velocidade, com Radar Estático, mais efetivo, e a estratégia mais eficiente, visando determinar o número de policiais necessários para a realização dessa tarefa. Testou-se, então, o efeito de três variáveis sobre a fiscalização de velocidade em autopistas: (i) intensidade da fiscalização; (ii) método de fiscalização; e (iii) tempo necessário para enviar as autuações para os infratores.

Os resultados do estudo de De Waard e Rooijers (1994) mostraram que quanto maior a intensidade de fiscalização com Radar Estático maior é a redução de velocidade. Além disso, foi comprovado que o efeito preventivo da fiscalização de velocidade é mais importante do que seu efeito repressivo. Isto porque a fiscalização principalmente dissuade os motoristas não infratores, que são maioria na corrente de tráfego, de andar acima da velocidade regulamentada.

Em Porto Alegre, devido ao aumento de infrações do limite de velocidade, intensificou-se a fiscalização aleatória em toda a cidade, que vinha sendo realizada somente em algumas vias, verificando-se uma diminuição de 35% no número de multas (DUARTE, 2003).

2.5 SUPORTE PARA A FISCALIZAÇÃO DE VELOCIDADE

O sucesso na solução dos problemas relacionados à velocidade está diretamente interligado à visão clara de como a velocidade será controlada. Essa visão deve ser formada por todos os participantes no processo de fiscalização. O público, usuários da via, policiais, especialistas em segurança de tráfego, engenheiros rodoviários e outros, devem saber seu papel e responsabilidades para que assim ajudem a encontrar o sistema de controle de velocidade mais adequado a ser adotado.

2.5.1 Percepções da comunidade

Dois fatores da fiscalização têm sido identificados para auxiliar o estabelecimento do suporte comunitário: a credibilidade e a visibilidade (FHWA, 1995). A visibilidade da fiscalização é importante porque aumenta a percepção pública do risco de ser autuado com excesso de velocidade, o que pode incentivar os motoristas a modificarem seu comportamento (SWADLING, 1997). Por essa razão, exposição em longo prazo à fiscalização de velocidade visível pode também ajudar na mudança de comportamento.

Também é importante que a comunidade acredite que as atividades de fiscalização têm credibilidade. Se esse *status* é atingido, estratégias de suporte, tais como campanhas de conscientização pública, terão mais sucesso.

Em uma pesquisa realizada pelo Escritório Federal de Segurança Viária da Austrália (MITCHELL-TAVERNER *et al.*, 1997), sobre atitudes da comunidade relativas à segurança viária, observou-se que 39% dos respondentes identificaram velocidade como sendo a principal causa dos acidentes. Do total dos entrevistados, 80% admitiram que já excederam o limite de velocidade em 10 km/h ou mais, ao menos ocasionalmente.

Nessa mesma pesquisa, quase um terço dos respondentes declararam que dirigem a uma velocidade mais baixa que aquela que costumavam utilizar antes da fiscalização de velocidade. Também foi verificado que 53% da população jovem (entre 15 e 24 anos) considera as altas velocidades um fator de risco de acidentes.

Finalmente, no relatório australiano, dois terços das pessoas observaram um incremento na fiscalização da velocidade e, 90% das pessoas sentem que os limites de velocidade atuais são aceitáveis. Do total de respondentes, 65% apóiam ou não tem objeção de um limite de velocidade de 50 km/h para áreas residenciais. Ainda, um limite de velocidade de 40 km/h é apoiada por menos de 25%.

No Brasil, Thielen (2002) analisou as percepções dos motoristas sobre o excesso de velocidade no trânsito da cidade de Curitiba, entrevistando motoristas multados mais de nove vezes (total de 20 motoristas) e motoristas sem multas (total de 16 motoristas). A autora concluiu que os motoristas que cometem infrações percebem os riscos envolvidos no excesso de velocidade, bem como definem excesso de velocidade da mesma maneira que motoristas que não cometem infrações.

Ainda, o trabalho de Thielen (2002) constatou que o papel da fiscalização eletrônica como instrumento para coibir o excesso de velocidade se mostrou útil: i) nas percepções dos motoristas infratores, por imposição; ii) nas percepções dos motoristas não infratores, pela aceitação de um mecanismo regulador que orienta o trânsito; e, iii) na análise técnica dos órgãos responsáveis pelo gerenciamento da fiscalização, pela constatação da redução de acidentes e da velocidade.

2.5.2 Suporte através da Mídia

Zaal (1994) refletiu sobre o papel da publicidade para garantir uma efetiva fiscalização da velocidade. Segundo este autor, a fiscalização é mais efetiva quando combinada com uma

publicidade apropriada. É reforçada a percepção de que quando a fiscalização é abrangente, a publicidade tem um importante papel no convencimento do público, tanto sobre a necessidade de fiscalizar a velocidade como na construção de um clima de apoio por parte da opinião pública. Assim, a mídia pode ser uma poderosa ferramenta para destacar mensagens de segurança viária e incentivar o apoio da comunidade para medidas de segurança de velocidade.

Walker (1996) revisou as campanhas da mídia conduzidas na Austrália, concluindo que as percepções dos motoristas sobre os riscos associados à velocidade e sobre a mudança comportamental foram modificadas significativamente. Segundo o autor, propagandas devem ter credibilidade e ser realistas, e o suporte da fiscalização deve ser altamente visível. Propagandas também podem ser utilizadas para destacar o fato de que radares com câmera são uma ferramenta em prol da segurança e não apenas criadoras de receita.

Elliott (1993) conduziu uma análise estatística utilizando 87 campanhas da mídia, previamente avaliadas, cujos alvos foram álcool, velocidade e fadiga. Segundo o autor, as características das campanhas educativas de maior sucesso, em termos de melhorias para o conhecimento, atitudes e comportamentos da população, são:

- Ser mais persuasivas que educativas;
- Ser baseadas em modelos teóricos e pesquisas prévias;
- Servir como apoio da fiscalização;
- Ser mais emocionais do que racionais;
- Solicitar ou instruir um comportamento específico;
- Utilizar propagandas onde haja imagens e voz e não apresentar celebridades ou especialistas.

Aceita-se que os meios de comunicação são de grande valia para o sistema de fiscalização de velocidade, especialmente nas fases iniciais de fiscalização. Através deles pode-se informar a utilização, os objetivos e a importância do sistema de fiscalização para os usuários da via e a comunidade. Dessa maneira, essas pessoas tornam-se preparadas, e a probabilidade de aceitarem o sistema de fiscalização aumenta (McINERNEY *et al.*, 2001)

Uma questão em que há controvérsia é o uso da mídia para anunciar os locais exatos, as datas e os horários onde se realizará a fiscalização da velocidade com dispositivos estáticos.

Em Porto Alegre, Brasil, desde o início da divulgação prévia das vias fiscalizadas por radar estático, abril de 2003, as multas caíram em 35%. Segundo Duarte (2003) esta queda é atribuída ao fato de os motoristas conhecerem o lugar e o momento exato onde se realizaria a fiscalização.

O mesmo problema ocorre com os equipamentos fixos localizados em vias urbanas, sejam eles ostensivos ou não ostensivos, uma vez que a grande maioria dos usuários acaba sabendo a exata localização dos mesmos.

2.6 MÉTODOS DE FISCALIZAÇÃO

A fiscalização de velocidade pode influenciar o comportamento do motorista através de dois tipos de dissuasão: (i) dissuasão específica, a qual motiva os motoristas que foram autuados previamente a não excederem o limite de velocidade; e (ii) dissuasão geral, na qual a fiscalização influencia o comportamento dos motoristas, independente de eles terem sido ou não autuados alguma vez (McINERNEY *et al.*, 2001).

A fiscalização pode ainda ser classificada em não ostensiva ou ostensiva. A ostensiva serve como aviso de que o controle de velocidade representa uma ameaça para os motoristas que excedem o limite de velocidade.

Operações ostensivas, quando são utilizadas para avisar aos motoristas sobre a existência de fiscalização não ostensiva de velocidade, desempenham uma função de dissuasão geral. Atingir um equilíbrio adequado entre as reações negativas às operações não ostensivas e assegurar que a dissuasão seja atingida através de uma rede viária são questões que causam muitas dificuldades aos órgãos responsáveis pela fiscalização.

Por esse motivo, aceita-se, geralmente, que a estratégia mais efetiva envolva um equilíbrio criterioso entre fiscalização não ostensiva e ostensiva. Porém, não existem teorias estabelecidas nem firmes evidências empíricas que auxiliem os encarregados a decidir sobre o tipo e a intensidade da fiscalização nas diversas circunstâncias.

Assim, estabelecer recomendações precisas sobre a melhor prática para métodos de fiscalização de velocidade é difícil. Porém, é possível afirmar que uma mistura de fiscalização não ostensiva e ostensiva seja necessária, assim como vários tipos de dispositivos (fixos,

estáticos e móveis), além de uma estratégia que assegure a cobertura de uma ampla área. Recomendações relativas ao tipo de fiscalização a ser utilizada em circunstâncias específicas podem ser observadas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Métodos apropriados de fiscalização (McINERNEY *et al.*, 2001)

Local	Tipo de fiscalização
Locais com muitos acidentes	Fixo ou estático ostensivo freqüente, para maximizar o efeito geral de dissuasão.
Demais localidades da rede viária em períodos de viagens normais, incluindo os períodos de picos de viagens diárias.	Estática e móvel, sendo ambas não ostensivas ou ostensivas. Necessita manter mensagem de dissuasão geral enquanto se utiliza a oportunidade para ampliar a ameaça de dissuasão específica. *
Demais localidades do sistema em períodos de picos de viagens	Estática e móvel, com particular ênfase sobre a visibilidade para reforçar a mensagem de dissuasão geral e assegurar um grande número de motoristas vendo a atividade de fiscalização. *

* Ampla cobertura da rede viária é desejável

Opiniões sobre os méritos das operações ostensivas e não ostensivas são bastante variáveis. Considerando a operação dos Radares Fixos, em alguns Estados da Austrália há um consenso geral de que as operações devem ser ostensivas, fazendo com que os motoristas fiquem mais conscientes da probabilidade de uma infração imediata (McINERNEY *et al.*, 2001).

O alcance da fiscalização em locais com grande incidência de acidentes provoca opiniões distintas. Por um lado, reduções de velocidade nesses locais provavelmente têm sucesso na redução de acidentes. De outro lado, uma fiscalização concentrada em uma parte limitada da rede viária pode incrementar a previsibilidade e, conseqüentemente, reduzir o efeito da dissuasão geral ao longo da via.

É preciso considerar que, embora a redução da quantidade de acidentes possa não ocorrer em alguns casos, a redução da severidade sempre ocorre quando a velocidade do(s) veículo(s) envolvidos é menor.

Existe, ainda, a interpretação de que a maior atividade de fiscalização deve estar concentrada onde existam problemas comprovados. Se vários locais com problemas são reconhecidos e recebem uma fiscalização adequada, poder-se-á atingir um efeito de dissuasão geral (McINERNEY *et al.*, 2001). Porém, alguns especialistas defendem a visão de que pouco ou nenhum recurso de fiscalização deve ser aplicado em locais específicos, mas sim ao longo

da rede viária, maximizando o efeito dissuasivo da fiscalização. Se esse efeito for suficiente, resultará em uma diminuição da velocidade em toda a rede viária e reduzirá o número de acidentes inclusive nos locais com alto número de acidentes.

Mountain *et al.* (2005) realizaram uma avaliação do impacto de vários esquemas de gerenciamento da velocidade, em vias de 30 mph (48 km/h), que utilizam moderação de tráfego, ondulações transversais e radares com câmera. Os autores concluíram que, em termos absolutos, todos os esquemas têm efeitos similares na velocidade, com uma diminuição na média de acidentes de 1 acidente por km por ano. Em termos de redução percentual, houve uma diminuição de 44% nos acidentes quando utilizadas ondulações transversais, 22% quando utilizados radares com câmera e 29% nos outros tipos de esquemas.

No Brasil, Brandão (2006), apresenta algumas recomendações para instalação dos diferentes tipos de equipamentos baseada no método dos cenários de risco, que recomenda a instalação dos seguintes equipamentos para cada um dos diferentes cenários, conforme a Tabela 2.3. Este método consiste de quatro etapas, sendo elas apresentadas a seguir:

- a. Etapa 1: O processo tem início no reconhecimento dos cenários de risco de Acidentes de Trânsito por Excesso de Velocidade (ATEV), culminando na elaboração de mapas para análise. Representando as situações potenciais de acidentes violentos, os cenários em que estão inseridos os ATEVs são identificados e reconstruídos em mapas;
- b. Etapa 2: Nessa etapa são hierarquizados os cenários reconhecidos para tratamento. Têm prioridade: (a) locais identificados como críticos em ATEV por ordem de importância, segundo critério a ser apresentado pela metodologia; (b) locais onde não há registros de acidentes com vítimas graves ou fatais apontados como perigosos pela comunidade ou pela mídia; (c) locais em que foram instalados recentes pólos geradores de tráfego, porém não há registros de acidentes com vítimas graves ou fatais;
- c. Etapa 3: Na etapa de tratamento dos locais críticos, definem-se níveis de velocidade compatíveis para zonas especiais de velocidade, seguidos da seleção, projeto e implantação do equipamento adequado às situações de conflito que compõem os cenários identificados;

- d. Etapa 4: A sistemática avaliação técnica e econômica dos equipamentos medidores de velocidade permite constatar parâmetros de desempenho dos equipamentos para análise e verificação dos resultados esperados. Em casos de discrepâncias entre os índices obtidos e os esperados, o processo deve ser revisto.

Tabela 2.3: Método do cenário de risco (BRANDÃO, 2006)

Cód.	Cenários de Risco	Dispositivo de FEV
1	Via de trânsito rápido ou arterial com forte presença de edificações comerciais ou de serviços.	Bandeira ou Lombada Eletrônica
2	Via de trânsito rápido ou arterial com presença de pólo gerador de viagens a pé ou rotas de pedestres.	Lombada Eletrônica
3	Via de trânsito rápido ou arterial com presença de pólo gerador de viagens pelo modo bicicleta ou rotas de ciclistas.	Lombada Eletrônica
4	Via arterial ou coletora com presença de escolas e rotas de pedestres.	Lombada Eletrônica
5	Via arterial ou coletora com presença de escolas e rotas de ciclistas.	Lombada Eletrônica
6	Via local central (centro de negócios) com indevido tráfego de passagem.	Lombada Eletrônica
7	Via local com indevido tráfego de passagem em função de nova ligação por ela propiciada (via em processo de alteração de sua função).	Lombada Eletrônica
8	Trecho rodoviário com rotas de pedestres, nas proximidades de interseção com ou sem semáforo.	Lombada Eletrônica
9	Trecho rodoviário com rotas de ciclistas, nas proximidades de interseção com ou sem semáforo.	Lombada Eletrônica
10	Via de trânsito rápido ou arterial com entrada/saída de pólo gerador de tráfego antes, durante ou depois de trechos em curva.	Bandeira ou Lombada Eletrônica
11	Via de trânsito rápido ou arterial com entrada/saída de pólo gerador de tráfego com ausência de taper de transição de acesso-egresso.	Bandeira ou Lombada Eletrônica
12	Via arterial em trecho sem ocupação do solo lindeiro.	Radar Fixo (Pardal)
13	Via arterial semaforizada com trechos extensos entre cruzamentos (400 a 500m).	Radar Fixo (Pardal)
14	Cruzamento ou trecho rodoviário de acesso a área urbana nas proximidades de interseção semaforizada ou não, com forte presença de veículo de cargas na rodovia.	Bandeira ou Lombada Eletrônica
15	Via de trânsito rápido, arterial ou rodovia, apresentando parâmetros físicos incompatíveis com a segurança local (raios de curvas, sobrelargura, sobrelevação insuficientes).	Bandeira ou Lombada Eletrônica
16	Via de trânsito rápido, arterial ou rodovia, apresentando defeitos no pavimento ou drenagem deficiente.	Bandeira ou Lombada Eletrônica
17	Trecho rodoviário, via de trânsito rápido ou arterial durante grandes eventos ou picos de temporadas.	Radar Estático

2.7 PRINCÍPIOS GERAIS PARA FISCALIZAÇÃO DE VELOCIDADE

Delaney *et al.* (2003) examinaram a fiscalização de velocidade realizada com Radares Fixos, Estáticos, com “pistola de laser” e com o programa “*Random Road Watch*”, na Austrália. O “*Random Road Watch*” envolve a distribuição de recursos de fiscalização ostensiva de uma maneira aleatória com relação ao tempo e ao espaço. A partir desse trabalho, os autores sugeriram os seguintes princípios para a fiscalização de velocidade:

- a) A duração do efeito da fiscalização ostensiva de velocidade com Radar Estático, que resulta em uma autuação no momento da infração, é provavelmente imediata, mas apresenta menor dissuasão nos motoristas, quando comparada com o efeito das operações não ostensivas com Radar Fixo, as quais detectam mais infrações por hora de fiscalização.
- b) Para maximizar o efeito de dissuasão geral dos programas de fiscalização ostensiva, a intensidade destes programas deve variar de baixa para média em diversos locais ao longo da rede viária.
- c) Campanhas educativas, conjuntamente a um incremento da fiscalização, durante a noite e madrugada, devem ter como público alvo os motoristas menores de 29 anos, que não mudam seu modo de conduzir por causa da fiscalização, e são denominados grupo de risco.
- d) Campanhas educativas voltadas aos motoristas que dirigem profissionalmente e que apresentam características especiais (homens, morando em áreas metropolitanas e apresentando alto nível de exposição à fiscalização e ao risco de acidentes) devem incluir advertências através das estações de rádio.
- e) Deve existir um incremento na detecção de infrações atribuída a certos grupos de motoristas que possuem um baixo risco de detecção ou que acreditam que podem evitar a fiscalização.
- f) O uso de campanhas na mídia relacionadas à fiscalização deve incrementar a efetividade dos programas de fiscalização.
- g) Em curto prazo, a publicidade pode ser utilizada como uma medida temporária efetiva para reduzir a frequência de acidentes quando os níveis de fiscalização são baixos.

2.8 CRITÉRIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DA VELOCIDADE

No Brasil, a Resolução nº 146 (CONTRAN, 2003), atualmente em vigor, especificou que cabe à autoridade de trânsito, com circunscrição sobre a via, determinar a localização, a instalação e a operação dos instrumentos ou equipamentos medidores de velocidade. A maioria dos órgãos de trânsito carecem de estudos que visem a definição de critérios para implantação de equipamentos de FEV.

Em Porto Alegre, Bertazzo *et al.* (2002) apresentaram uma metodologia para definir e hierarquizar trechos para a instalação do controle eletrônico da velocidade. A metodologia propõe a determinação de um índice (H) composto pela unidade padrão de severidade de acidentes (UPS), volume diário médio, fator de risco baseado na velocidade total, fator de localidade, período de análise e comprimento do trecho analisado. Para cada trecho em análise, o índice H servirá para hierarquização dos mesmos quanto à possibilidade de implantação de dispositivos de FEV.

Brandão (2006) apresenta um método racional para o tratamento de locais críticos em acidentes de trânsito por excesso de velocidade. Este método serve como roteiro para a tomada de decisões com vistas à implantação de equipamentos de controle de velocidade, visando a redução e prevenção de acidentes com vítimas, especialmente as graves e fatais.

As Leis nº 11824, de 13/08/2002, e nº 12142, de 05/04/2002, dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, respectivamente, definiram que somente serão instalados, nas rodovias estaduais gaúchas e catarinenses, dispositivos de FEV com sinal sonoro indicador de infração e painel indicador da velocidade desenvolvida pelos veículos (Lombada Eletrônica).

Ainda, as leis anteriores sugerem a instalação dos controladores de velocidade em locais considerados de alto risco, como área de travessia de pedestres e veículos, em frente a hospitais, quartéis, corpo de bombeiros, delegacias, escolas, e em locais com grande histórico de acidentes.

Essas leis estaduais, apesar de padronizar os critérios e recomendações para a implementação de dispositivos de FEV nas rodovias estaduais sob sua jurisdição, não contemplam aspectos como o uso de sinalização educativa nos locais fiscalizados, a qual é importante para a dissuasão do motorista, ou a realização de estudos técnicos para justificar a

localização do equipamento. Cabe destacar, também, que essas leis são anticonstitucionais porque compete exclusivamente a União legislar sobre trânsito.

Tanto Bertazzo *et al.* (2002), como as leis estaduais mencionadas, consideram acidentes como um parâmetro importante, seja para calcular a UPS ou como parte do histórico de acidentes, mas não especificam a natureza dos acidentes que são contabilizados, os quais deveriam estar relacionados com as características de velocidade e não apenas com outras causas, como alcoolismo, drogas, problemas na via, imprudência do pedestre, etc.

Em alguns países onde se utiliza a fiscalização eletrônica de velocidade, como é o caso do Reino Unido, Canadá e Austrália, existem critérios claros para a instalação dos dispositivos. No Reino Unido, o *Department for Transport* (2004) propõe dez critérios para seleção dos locais onde podem ser implantados dispositivos de fiscalização eletrônica de velocidade. Na Tabela 2.4 são mostrados esses critérios.

Tabela 2.4: Critérios para implantação de FEV no Reino Unido (DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 2004)

Critério	Tipo de dispositivo	
	Fixo	Estático
Comprimento do local estudado	Entre 0,4 – 1,5 km	Entre 0,4 e 5 km
Número de colisões com mortes e feridos graves – <i>KSI (Killed and Serious Injury) collisions</i>	Pelo menos 4 <i>KSI collisions</i> por km no período base de estudo.	Pelo menos 2 <i>KSI collisions</i> por km no período base.
Velocidade no 85º percentil	A velocidade no 85º percentil, em fluxo livre, é igual ou superior ao limite estipulado pela “ <i>Association of Chief Police Officers</i> ” (ACPO), 10% + 2 mph (3,2 km/h).	
Porcentagem de infratores	Pelo menos 20% dos motoristas estão excedendo a velocidade limite, excluindo períodos de congestionamento.	
Condições do local são adequadas para o tipo de fiscalização proposta	Carga e descarga da câmera se realiza de forma segura.	Locação para fiscalização estática é facilmente acessível, e existe espaço para que a fiscalização se realize de uma maneira segura e visível.
Outras soluções de engenharia não são apropriadas	Ao ser avaliado o local de estudo, por um engenheiro de segurança, não se encontrou medidas de engenharia apropriadas para melhorar a segurança viária ao longo do trecho em estudo.	
Visibilidade da câmera	Deve existir uma boa visibilidade dos radares com câmeras por parte dos motoristas, acompanhada de uma boa sinalização, 60 m quando o limite de velocidade da via é até 40 mph (64 km/h), e 100 m nos outros limites de velocidade.	

Segundo o *Department for Transport* (2004), o período base de estudo deve ser de 36 meses, dentro do qual devem estar contemplados os dados de acidentes e a velocidade no 85º percentil.

Com relação aos acidentes, quando o número de colisões com mortes e feridos graves não atinge o valor recomendado (quatro colisões para Radar fixo e, duas colisões para Radar Estático), mas existe um grande número de colisões com feridos leves, pode-se fiscalizar o local de maneira excepcional. Assim, assume-se que o incremento de motoristas infratores levará a um crescimento das colisões com mortes e feridos graves.

O *Department for Transport* (2004) também estipula que a escolha do tipo de radar (fixo ou estático) a ser utilizado no local proposto, deve considerar a quantidade, severidade e distribuição dos acidentes. Quando as colisões estão aglomeradas em uma parte da via, um Radar Fixo é o mais adequado. Quando as colisões são distribuídas amplamente através de um longo trecho viário, ou quando acontecem em momentos específicos do dia ou do ano, um radar estático pode ser utilizado.

Embora paralisado por problemas políticos desde junho de 2001, o programa de fiscalização eletrônica de velocidade da província de British Columbia, no Canadá (*OFFICE OF THE OMBUDSMAN*, 2004), adotou em 1996 critérios para a seleção de locais a serem implementados com FEV. Posteriormente, em 1997, foi feita uma revisão dos critérios definidos originalmente, como é apresentado na Tabela 2.5.

Na Tabela 2.5 pode-se observar que os critérios, tanto originais como revisados, não são muito específicos, e alguns critérios revisados ficaram ambíguos, o que dá espaço para inúmeras interpretações, que podem levar a uma implementação errada dos dispositivos de FEV.

Tabela 2.5: Critérios para implantação de FEV em British Columbia, Canadá (SENSE, 1997)

Critério original (1996)	Critério revisado (1997)
A escolha dos locais será baseada no histórico de acidentes ou no histórico de motoristas dirigindo em alta velocidade. Os acidentes utilizados nas estatísticas serão aqueles que têm a velocidade como um fator contribuinte.	A escolha dos locais será baseada no histórico de acidentes ou no histórico de motoristas dirigindo em alta velocidade
Não se implementará a FEV em uma comunidade na qual não exista um claro apoio público para esse programa de fiscalização.	Revogado
Não será estabelecida a FEV em um local a menos de 150 metros de uma placa de mudança de velocidade dentro de uma cidade ou, a menos de 300 metros de uma placa de mudança de velocidade em uma rodovia ou uma zona de transição de velocidade. Uma zona de transição é uma zona relativamente curta, entre uma zona com uma velocidade maior e uma com velocidade menor, por exemplo, uma zona de transição de 70 km/h é utilizada entre uma zona de velocidade de 50 km/h, dentro de uma cidade, e uma zona de velocidade de 90 km/h em uma área rural adjacente.	Não será estabelecida a FEV perto ou dentro de uma zona de transição de velocidade.
Os locais selecionados deverão estar sobre seções de via relativamente planas e retas, onde os veículos viajam a uma velocidade constante.	Revogado
No caso de radar estático, o local a ser implementado não deve ser perigoso para o operador do dispositivo ou para os motoristas.	Mantido
O local selecionado deve estar pelo menos a 500 metros de distância de semáforos, placas de “PARE”, placas de “DÊ A PREFERÊNCIA” e rampas de <i>Freeway</i> .	O local selecionado não deve estar próximo de semáforos, placas de “PARE”, placas de “DÊ A PREFERÊNCIA” e rampas de <i>Freeway</i> .
O local selecionado deve estar pelo menos a 300 metros de distância de curvas com velocidades controladas.	O local selecionado não deve estar próximo de curvas com velocidades controladas.
O local selecionado deve estar a 300 metros de distância de pontes.	O local selecionado não deve estar próximo de pontes.
O local selecionado não deve estar localizado depois de alguma atividade de fiscalização, a qual pode causar uma desaceleração maior do que a usual nos veículos.	Mantido
No caso de radar estático, no local selecionado o operador e o dispositivo poderão ficar escondidos para não influenciar a velocidade dos veículos.	Revogado
A FEV não será estabelecida em uma zona de velocidade que tenha sido definida como imprópria.	Revogado

No caso dos acidentes, o critério revisado não considera a observação de que os acidentes utilizados nas estatísticas devem ter como fator contribuinte a velocidade, uma vez que os dispositivos de FEV de velocidade são utilizados para reduzir o número e a severidade dos acidentes relacionados com velocidade. Além disso, não são considerados valores mínimos de acidentes nos locais propostos.

No caso de existir uma zona de transição de velocidade, semáforos, placas de “PARE” e “DÊ A PREFERÊNCIA”, rampas de *freeway*, curvas com velocidade controlada e pontes na vizinhança dos locais propostos, o critério revisado menciona uma distância mínima a ser respeitada, porém, esta não é quantificada. Este fato pode implicar na localização de dispositivos em locais onde o motorista não consiga desacelerar adequadamente.

Ao ser revogado o critério que especifica que o local selecionado deve estar em seções viárias relativamente planas e retas, onde os veículos viajem a uma velocidade constante, se permite, por exemplo, localizar dispositivos de FEV em declives. Dessa maneira, aumenta-se o risco para os motoristas, devido à probabilidade de acidentes como consequência da diminuição brusca da velocidade.

Também pode-se observar que nenhum critério envolve uma pesquisa de velocidade, com a qual se pretende determinar a velocidade no 85º percentil dos locais propostos. Através desse dado é possível analisar se a velocidade atual dos veículos está acima do limite de velocidade da via, assim como a porcentagem de veículos acima da velocidade.

Na Austrália, no estado de New South Wales, a FEV é implementada em locais que respeitem critérios baseados na taxa de acidentes e na velocidade. Isso assegura que os dispositivos sejam instalados em “pontos críticos” (trechos viários com uma alta taxa de acidentes) e locais com problemas de velocidade evidentes. O processo utilizado para identificar os locais potenciais onde implementar a FEV é descrito a seguir (RTA, 2005):

- a. Identificação de locais problemáticos, através de notificações à autoridade de trânsito pela polícia, grupos da comunidade ou pelos próprios membros da autoridade de trânsito.
- b. Avaliação de dados de acidentes, de um período de três anos, relativos a um trecho viário de aproximadamente 1 km. Nessa avaliação são comparados dois critérios separadamente: taxa de acidentes e taxa de feridos. Essa avaliação é baseada no tipo de via (urbana, rural e rodovia):
 - Para vias urbanas, a taxa total de acidentes deve ser maior de 80 acidentes por 100 milhões de quilômetros rodados pelos veículos e a taxa de acidentes com feridos deve ser maior de 0,5 acidentes com feridos por quilômetro por ano.

- Para vias rurais, a taxa total de acidentes deve ser maior de 40 acidentes por 100 milhões de quilômetros rodados pelos veículos e a taxa de acidentes com feridos deve ser maior de 0,5 acidentes com feridos por quilômetro por ano.
 - Para rodovias, a taxa total de acidentes deve ser maior de 25 acidentes por 100 milhões de quilômetros rodados pelos veículos e a taxa de acidentes com feridos deve ser maior de 0,5 acidentes com feridos por quilômetro por ano.
- c. Realização de pesquisas de velocidade, durante uma semana inteira ao longo do trecho analisado, com a finalidade de obter um exato perfil do comportamento dos motoristas que dirigem com altas velocidades. A partir dos dados da pesquisa de velocidade é analisada e avaliada a velocidade média e no 85º percentil.
- d. No referente à alta incidência de acidentes fatais ocorridos em curvas, e relacionados à velocidade, critérios adicionais de seleção de locais em curvas de vias rurais foram desenvolvidos como um anexo dos critérios gerais detalhados nos itens a, b e c. Esses critérios suplementares são:
- Mesmo histórico de acidentes como aplicado nos critérios gerais;
 - Os pontos problemáticos incluem uma curva ou séries de curvas;
 - Análise e avaliação da velocidade no 85º percentil e da velocidade média.

Pode-se notar que os critérios australianos não apresentam valores mínimos referentes à percentagem de veículos acima do limite de velocidade ou percentagem de velocidade acima do limite estabelecido, embora especifiquem valores mínimos no referente a acidentes. Um ponto importante é que são considerados os acidentes relacionados à velocidade.

Tanto os critérios australianos como os canadenses são válidos para radares fixos e estáticos, já os ingleses definiram critérios diferenciados para ambos os tipos de radares. Ainda, no Reino Unido se define o tipo de radar a ser utilizado baseado na distribuição dos acidentes nos locais propostos. Esta visão é muito importante, já que os acidentes podem estar distribuídos ao longo de um trecho viário, acontecer em momentos específicos do dia ou ano, ou estar conglomerados somente em uma parte da via.

Outro ponto importante é relacionado ao caráter ostensivo ou não ostensivo dos radares fixos e estáticos. Nos critérios do Canadá e da Austrália não se especifica a obrigatoriedade de sinalização educativa antes dos locais de fiscalização, dando livre escolha aos órgãos de

trânsito para definir esse critério. No Reino Unido é obrigatório que os dois tipos de radares sejam ostensivos.

No caso do Brasil, embora a Resolução nº 146 (CONTRAN, 2003) defina como opcional o uso de sinalização educativa, a fiscalização é ostensiva. Em áreas urbanas, os motoristas, com o passar do tempo, identificam a posição dos Radares Fixos, desacelerando pouco antes deles e acelerando logo depois de ultrapassá-los, criando um efeito pontual sobre a velocidade, que muitas vezes não soluciona o problema de acidentes relacionados com altas velocidades.

2.9 AVALIAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE

Embora no Brasil existam trabalhos que avaliaram o desempenho de dispositivos de FEV, como o trabalho de Framarim *et al.* (2003), eles foram baseados somente na redução de acidentes como consequência da implantação dos dispositivos, não sendo considerados outros critérios como efeito na velocidade, relação entre o volume veicular e o número de multas, entre outros.

Entre os trabalhos realizados no mundo, o de Gelau *et al.* (2000), fez uma revisão de indicadores aplicados por diversos estudos para auxiliar na análise, e posterior avaliação, da FEV. Os autores dividiram os indicadores em quatro categorias: indicadores da atividade de fiscalização, das atitudes e do comportamento dos motoristas e variáveis para análise de acidentes. Estas categorias ilustram o relacionamento entre a atividade do órgão de trânsito e a segurança viária, e podem ser observados na Tabela 2.6.

Tabela 2.6: Indicadores para a avaliação da FEV (GELAU *et al.*, 2000)

Tipo de Indicadores	Indicadores
INDICADORES DA ATIVIDADE DE FISCALIZAÇÃO	<p>Gerais: estimativa anual ou mensal do:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Total de veículos registrados pelo dispositivo ▪ Número de locais monitorados ▪ Número de dispositivos em operação ▪ Número de horas trabalhadas (ou por local) ▪ Número de notificações emitidas (ou número médio diário de infratores detectados) ▪ Percentagem de notificações diretamente pagas, postadas pela segunda vez, etc. ▪ Soma total de multas pagas. <p>Específicos: percentagem de uso de radares em um tipo específico de via. Tempo médio de demora de uma notificação.</p>
INDICADORES DAS ATITUDES DOS MOTORISTAS	<p>Proporção de motoristas favoráveis ao uso de dispositivos de FEV. Proporção de motoristas que acreditam na efetividade dos dispositivos de FEV. Perfil dos motoristas (idade, sexo, características de condução e experiência com acidentes) que não apóiam o uso de dispositivos de FEV. Percentagem de motoristas que mudam seu comportamento relativo à velocidade desde que a instalação da FEV foi realizada. Percentagem de motoristas que estão informados dos detalhes do sistema de FEV. Probabilidade de autuação relatada pelo motorista.</p>
INDICADORES DO COMPORTAMENTO DOS MOTORISTAS	<p>Velocidades médias e a percentagem de veículos excedendo o limite de velocidade. Mudanças nas distribuições de velocidade, incluindo os valores por faixa da velocidade no 85º percentil.</p>
VARIÁVEIS PARA ANÁLISE DE ACIDENTES	<p>Percentagem de redução de acidentes. Análise da relação das probabilidades para vários grupos de acidentes (definido por severidade do acidente). Percentagem de mudança da frequência de acidentes na área de projeto, como estimado por um modelo de séries de tempo, confrontado com a percentagem de mudança em uma área de comparação.</p>

Segundo Gelau *et al.* (2000) é recomendável utilizar grupos de indicadores mais convenientes para grupos específicos de projetos de fiscalização, subdivididos por áreas e extensão, por exemplo. Os indicadores considerados não são somente parâmetros quantitativos de um fenômeno; usualmente são desenvolvidos com a finalidade de chegar à conclusão de como a fiscalização de velocidade influencia as atitudes e comportamento do motorista ou a segurança viária.

Segundo McInerney *et al.* (2001), o estabelecimento de medidas de desempenho é útil para monitorar a operação dos dispositivos de FEV. Na Austrália várias medidas de desempenho, como: (i) tipo de via, (ii) atividades do dispositivo de FEV e (iii) infrações, são atualmente utilizadas. A partir dessas medidas foi desenvolvido um esquema consistente para registrar, armazenar e avaliar a informação, o qual permite a comparação das operações de fiscalização de velocidade dentro e entre os municípios.

(i) Tipo de via

A natureza do problema das altas velocidades e os métodos apropriados para poder solucioná-lo, varia dependendo do tipo de via considerado. Portanto, é importante que medidas de desempenho da FEV reflitam essas diferenças.

Agrupar os tipos de via permite reconhecer os diferentes propósitos e as condições de condução nessas vias. O principal grupo definido é aquele que agrupa operações rurais e urbanas. Um subgrupo considerando a funcionalidade da via é também importante para representar o propósito da via e, portanto, dos motoristas viajando nessa via (SWADLING; McINERNEY, 1999). Os principais tipos de vias, na Austrália, são mostrados na Tabela 2.7.

Tabela 2.7: Tipos de via (McINERNEY *et al.*, 2001)

AMBIENTE URBANO ¹	<i>Freeway</i>
	Arterial
	Coletora
	Local
CENTRO RURAL ²	Via principal
	Coletora
	Rural
INTER RURAL ³	Estrada rural (>2 faixas)
	Coletora Rural
	Via secundária rural pavimentada
	Via secundária rural não pavimentada
REGIÃO AFASTADA	Via pavimentada
	Via não pavimentada

¹ Ambiente urbano: centros com populações > 10000 habitantes.

² Centro Rural: centros com populações entre 10 e 10000 habitantes.

³ Inter Rural: vias entre centros e/ou ambientes urbanos.

(ii) Atividades do dispositivo de Fiscalização Eletrônica de Velocidade

McInerney *et al.* (2001) recomendam que a atividade dos dispositivos de FEV deve ser registrada para cada tipo de via, permitindo assim uma comparação mais detalhada dos locais

de fiscalização. Segundo Swadling e McInerney (1999), as atividades que devem ser registradas, e as medidas recomendadas para fins de comparação são as apresentadas na Tabela 2.8:

Tabela 2.8: Medidas de desempenho da atividade da FEV (SWADLING; McINERNEY, 1999)

Atividade da Fiscalização Eletrônica	Medidas
Número de veículos checados	Por 10000 veículos registrados na área Por 100000 habitantes na área
Total de horas de fiscalização	Por 10000 veículos registrados na área Por 100000 habitantes na área
Percentagem de veículos excedendo o limite de velocidade no dispositivo	Comparados com dados da contagem de tráfego no local (se disponível) Comparados com dados da velocidade monitorada no local (se disponível)
Percentagem de veículos viajando acima da tolerância de velocidade da fiscalização	Comparados com dados da contagem de tráfego no local (se disponível) Comparados com dados da velocidade monitorada no local (se disponível)
Número de visitas separadas realizadas (radar estático)	Por 10000 veículos registrados na área Por 100000 habitantes na área
Número de locais específicos visitados (radar estático)	Por 10000 veículos registrados na área Por 100000 habitantes na área
Taxas de uso (uso médio diário, por exemplo, horas por dispositivo e horas totais)	

Agrupando cada medida por tipo de via em que a atividade de fiscalização eletrônica acontece, obtém-se informações mais detalhadas sobre a resposta do motorista relativa ao propósito do dispositivo de controle e ao tipo de via. Estes dados refletem o nível de dissuasão da atividade do dispositivo por tipo de via.

(iii) Infrações

Em relação ao processamento de infrações, McInerney *et al.* (2001) reportam alguns fatores para a otimização do processo. As medidas de desempenho do processamento de infrações propostas por McInerney *et al.* (2001) são as seguintes:

- Tempo médio entre o registro da imagem do veículo infrator e o começo do julgamento.
- Tempo médio entre o julgamento e a emissão de uma multa.
- Número total de perguntas respondidas, verificações pessoais de petições, reclamações, multas reprocessadas e multas canceladas.

Com relação à emissão de infrações, Swadling e McInerney (1999) relatam que o monitoramento da situação das notificações de infração e dos pagamentos das multas fornecerá informação sobre a efetividade da estrutura do sistema de autuação. McInerney *et al.* (2001) sugeriram medidas de desempenho referentes a infrações, apresentadas a seguir:

- Número e valores de multas pagas.
- Número e valores de multas não pagas.
- Níveis atuais de infrações não pagas.
- Número de infrações revogadas.
- Infrações canceladas.
- Infrações questionadas resultando em ações judiciais.

É importante ressaltar que a abordagem australiana avalia o desempenho da FEV mensurando suas atividades (McINERNEY *et al.*, 2001; SWADLING; McINERNEY, 1999), enquanto que a abordagem europeia (GELAU *et al.*, 2000), além de considerar as atividades da FEV, também envolve os indicadores relacionados aos motoristas e aos acidentes.

2.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Fiscalização Eletrônica de Velocidade é um sistema utilizado tanto no Brasil como no mundo para tentar diminuir as infrações de velocidade e, em consequência, o número e a gravidade dos acidentes. Em geral, os dispositivos utilizados são do tipo fixo e estático. Além disso, os dispositivos podem ser ostensivos e não ostensivos.

Nos principais países que utilizam Radares Fixos e Estáticos, como Austrália, Reino Unido e EUA, existe o consenso de colocar sinalização educativa, através da qual se comunica aos motoristas da existência de fiscalização eletrônica em uma área determinada da via, não o local exato do equipamento, o qual se mantém não ostensivo.

Essa combinação de sinalização educativa e de dispositivo não ostensivo funciona bem quando o objetivo é diminuir a velocidade praticada e o número e gravidade dos acidentes ao longo de segmentos viários. No caso do Brasil, embora a legislação não obrigue o seu uso, a sinalização educativa pode ser utilizada junto com os Radares Fixos e Estáticos para conseguir maior impacto na diminuição de infrações do limite de velocidade.

No caso da Lombada Eletrônica, como o próprio dispositivo já é ostensivo não precisa de uma sinalização educativa ao longo da via comunicando sobre a presença do mesmo, basta simplesmente as placas indicando o limite de velocidade da via. Com isso a diminuição de velocidade será em uma área menor que na abordagem explicada anteriormente, mas que está de acordo com o objetivo da Lombada Eletrônica, que é a diminuição de velocidade e do número e gravidade dos acidentes em pontos específicos da via.

Como visto neste capítulo, a legislação sobre FEV no Brasil recomenda realizar estudos técnicos quando se utilizem Lombadas Eletrônicas, as quais estabelecem velocidades menores que a velocidade dos segmentos que a antecedem e precedem. Assim, este estudo técnico se torna necessário para justificar a localização de novos equipamentos de modo a evitar o questionamento de “indústria da multa”.

Mas no Brasil existem muitas Lombadas Eletrônicas que foram implantadas antes mesmo de ser obrigatório o estudo técnico. Nesse caso é importante avaliar o desempenho desses equipamentos para justificar o seu uso. Assim, através dessa avaliação pode ser possível a definição de equipamentos com um desempenho não muito satisfatório, os quais podem ser deslocados a outros pontos ou mesmo desativados.

Assim, é uma necessidade realizar esse tipo de avaliação nas Lombadas Eletrônicas implantadas antes da obrigatoriedade do estudo técnico, devido à incerteza crescente na população sobre o real desempenho desses equipamentos. Dessa maneira, pode-se evitar o questionamento de “indústria da multa” muito difundido em todo o país, e que cresceu, principalmente, pela implantação indiscriminada de equipamentos de fiscalização em muitas cidades.

Com tudo isso, justifica-se a necessidade de definição de procedimentos para implantação e avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas, os quais podem servir de apoio aos órgãos de trânsito no desenvolvimento de estudos técnicos. Estes estudos podem ser para justificar a implantação de Lombadas Eletrônicas em determinados locais, ou para avaliar o desempenho dos equipamentos que já foram implantados, verificando se existe a diminuição da velocidade e do número e gravidade dos acidentes, o que caracteriza um funcionamento satisfatório.

3 ACIDENTES DE TRÂNSITO E VELOCIDADE

No Brasil, diariamente ocorrem acidentes de trânsito, que trazem consigo diversas conseqüências, como, danos materiais, físicos e emocionais. Dessa forma, são gerados problemas financeiros e jurídicos a muitas pessoas, os envolvidos sofrem diversos ferimentos e vidas são tiradas, deixando familiares e amigos com dores irreparáveis.

Através da análise dessas ocorrências pode-se observar como fatores contribuintes dos acidentes de trânsito: excesso de velocidade, desrespeito à sinalização e às normas de trânsito, não manter a distância de segurança entre veículos, avançar o sinal vermelho, uso de bebidas alcoólicas, não sinalizar ao fazer uma manobra, etc. Todos esses fatores caracterizados como imprudência, imperícia e negligência de alguns condutores, demonstrando assim, que estão diretamente relacionadas à falha humana.

Dentre os possíveis fatores contribuintes de acidentes de trânsito, o excesso de velocidade é indicado como um dos principais em vários estudos realizados. Entre esses estudos, temos o de Taylor *et al.* (2000), que a partir do histórico de acidentes de 300 seções de vias, de dois milhões de medidas de velocidade e do histórico de acidentes auto-relatado por 10.000 motoristas, concluíram que existe uma forte correlação entre velocidade e a frequência de acidentes.

Assim, alguns aspectos teóricos sobre acidentes de trânsito e velocidade serão abordados nas próximas seções. Dessa maneira, busca-se dar uma visão geral sobre esses dois parâmetros, muito utilizados nos critérios para implantação e avaliação do desempenho de dispositivos de FEV encontrados na literatura.

3.1. ACIDENTES DE TRÂNSITO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define acidente de trânsito como “a ocorrência resultante da colisão entre veículos, pedestres e/ou animais. Envolve e é função de: veículo(s), meio ambiente (inclusive a via) e vítimas (condutores, passageiros e/ou pedestres)” (ABNT, 1983).

A ABNT, em outra norma, traz uma definição diferente da anterior: “todo evento não premeditado de que resulte dano em veículo ou na sua carga e/ou lesões em pessoas e/ou animais, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou áreas abertas ao público. Pode originar-se, terminar ou envolver veículo parcialmente na via pública” (ABNT, 1989).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define acidente como um evento independente do desejo do homem, causado por uma força externa, alheia, que atua subitamente e deixa feridos no corpo e na mente (GOLD, 1998).

Dessa forma, segundo Gold (1998), um acidente de trânsito pode ser definido como um evento do tipo descrito pela OMS que envolve ao menos um veículo que circula, normalmente por uma via para trânsito veicular, podendo ser o veículo motorizado ou não.

Rozestraten (1988) define acidente de trânsito como: “uma desavença não intencionada, envolvendo um ou mais participantes do trânsito, implicando algum dano e noticiada à polícia diretamente ou através dos serviços de medicina legal”.

Para a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP) trata-se de: “um evento não intencional, que produz ferimento ou dano, que envolve pelo menos um veículo que circula, normalmente, em via carroçável, sendo que o veículo pode ou ser motorizado” (CET, 1994).

A partir das definições anteriores, podemos considerar uma outra, a qual sintetiza as idéias apresentadas: “acidente de trânsito é um evento inesperado, envolvendo um veículo e ou pessoa ou vários deles, resultando em prejuízo, físico ou material”.

3.1.2 Dados de acidentes

Os dados de acidentes nas vias são importantes já que fornecem informações para a execução de medidas preventivas nos locais de maior periculosidade. Para poder identificar locais críticos são determinantes a qualidade do registro e a disponibilidade dos dados sobre acidentes de trânsito.

Não existe um padrão quanto às formas de registro, coleta e tratamento dos dados sobre acidentes de trânsito no Brasil. Na maioria das cidades o registro e a coleta de informações são realizados por policiais militares e civis em duas situações distintas:

- Quando o atendimento é feito no local do acidente, em caso de óbito ou feridos, ou quando há envolvimento de veículos “oficiais”, as informações são consignadas por policiais militares em um documento denominado Boletim de Ocorrência (BO).
- Quando não há atendimento no local do acidente, as partes interessadas, na maioria das vezes para atender a exigências contratuais com seguradores, registram a ocorrência nas delegacias especializadas, sendo então lavrado o Registro de Ocorrência (RO).

As informações contidas no BO são preenchidas por policias militares com certa experiência e costumam ser mais precisas, até porque têm, a princípio, a finalidade de instrução processual. Ainda assim, as informações dos BO têm limitações que impedem um grande aprofundamento na sua análise devido, principalmente, ao modelo de BO utilizado amplamente no país no país e à compilação em banco de dados.

Fontes e Cunha (2001), apresentaram os problemas dos BO utilizados no Rio de Janeiro, sendo citados a continuação:

- O tamanho do formulário (tamanho A4) dificulta a participação de agentes “não motorizados”, pois torna o bloco grande para que seja carregado junto aos demais acessórios de um guarda de trânsito. Assim, para que o registro seja feito é necessário que uma viatura de trânsito chegue até o local do acidente portando o formulário. Isto compromete a agilidade do processo e traz prejuízos também à fluidez do tráfego pois os veículos envolvidos demoram a ser removidos;
- Existem campos de preenchimento livre (por exemplo, Condições do Tempo, Descrição Sumária do Acidente etc.), dando margem à subjetividade do agente e dificultando a posterior análise da engenharia de tráfego e do judiciário;
- O formulário é de difícil transcrição para o meio digital, pois existem muitos campos dissertativos o que dificulta a digitalização, seja por digitação manual ou por meio de digitalização de imagens (*scanner*);

Não existe um ordenamento racional de informações, o que faz com que os dados que interessam às estatísticas de acidentes se misturem aos dados que interessem somente ao poder judiciário (por exemplo, a identidade dos condutores, as placas dos veículos etc.), o que torna a consulta mais lenta e desagradável, além de dificultar a digitalização.

No caso dos ROs, os lançamentos são realizados pelas partes envolvidas e as informações costumam ser imprecisas e tendenciosas, não constituindo material confiável para fins de investigação de causas e fatores determinantes dos acidentes.

A participação dos órgãos municipais gestores do trânsito no processo de coleta e registro de informações no campo ainda esta em discussão. No presente, não há registros da substituição do policial militar nessas atividades, a despeito do interesse de muitas administrações municipais em realizar essa tarefa. Neste caso, observa-se que, o objetivo dessa participação seria a identificação das causas dos acidentes para subsidiar ações de caráter preventivo.

Poucos são os órgãos gestores que dispõem dessas informações em meio magnético e muito menos aqueles que as tratam de modo estruturado. O ideal seria que esses dados fossem georeferenciados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para uma melhor visualização e análise (SIMÕES *et al.*, 1998; CARDOSO, 2005; QUEIROZ, 2003).

Existem diversos procedimentos para identificação de locais críticos de acidentes de trânsito no mundo. Dessa forma também existem diferentes períodos base de estudo para avaliação de dados de acidentes. No Brasil esse período base é geralmente de um ano (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2002). Em outros países, como o Reino Unido e na Austrália (*DEPARTMENT FOR TRANSPORT*, 2004; RTA, 2005) é sugerido um período base de três anos.

3.1.3 Tipos de acidentes

A ABNT define através das normas NBR 10697 (ABNT, 1989) e NBR 12898 (ABNT, 1993) os diversos tipos de acidentes:

- atropelamento: acidente em que um veículo, motorizado ou não, em movimento, colhe uma pessoa ou animal, na pista ou na calçada;

- colisão: é o impacto de dois ou mais veículos em movimento no mesmo sentido ou em sentidos opostos, na mesma faixa da pista, frente a frente ou pela traseira. Classifica-se em frontal (colisão entre dois veículos em movimento em sentidos opostos); traseira (idem, para o mesmo sentido) e engavetamento (colisão entre três ou mais veículos, podendo ser frontal ou traseira);
- abalroamento: ocorre quando um veículo em movimento é colhido lateral ou transversalmente por outro veículo, também em movimento. No primeiro caso os dois veículos circulam no mesmo sentido, em faixas diferentes ou em sentidos opostos. No segundo caso é quando os veículos se abalroam andando em direções com ângulo próximo a 90°, geralmente em intersecções, saídas de estacionamentos etc. O abalroamento transversal pode ser também chamado de frontal, quando o impacto de ambos os veículos ocorre na parte dianteira. Algumas publicações classificam o abalroamento dentro dos tipos de colisão (transversal e lateral);
- choque: é o impacto de um veículo contra qualquer obstáculo fixo - poste, muro, árvore etc, inclusive com outro veículo estacionado;
- capotamento: ocorre quando o veículo em movimento gira em qualquer sentido, ficando com as rodas para cima, mesmo que momentaneamente, ocupando depois a posição lateral ou de tombamento;
- tombamento: ocorre quando um veículo em movimento tomba lateral ou frontalmente e permanece imobilizado nessa posição;
- queda: acidente em que há impacto em razão da queda livre do veículo, ou de pessoas ou cargas por ele transportadas;
- combinação: ocorrência de dois ou mais tipos de acidentes;
- outros: qualquer acidente que não se enquadra nas definições acima, como incêndio, raio, explosão etc.

A NBR 10697 define, ainda, “acidente pessoal de trânsito”: “todo acidente em que o pedestre sofre lesões corporais ou danos materiais, desde que não haja participação de veículos ou ação criminosa”.

Embora a classificação anterior seja utilizada como padrão em todo o país. Alguns órgãos de trânsito utilizam uma classificação própria, como o caso da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP), em conjunto com a Polícia Militar. Esta classificação define quatro grupos de acidentes: (i) acidente com vítima fatal (no local); (ii) acidente com vítima (não fatal); (iii) acidente sem vítima; e, (iv) atropelamento. Além disso, a CET-SP e a Polícia Militar codificaram cada um dos grupos de acidentes a fim de agilizar a comunicação em campo via rádio e também sintetizar as informações dos relatórios de acidentes. Essa codificação é apresentada a seguir

- Código 01: acidente com vítima fatal (no local);
- Código 02: acidente com vítima (não fatal);
- Código 03: acidente sem vítima;
- Código 04: atropelamento.

A desvantagem que esse tipo de classificação apresenta é a falta de informações quanto à gravidade do acidente. Um simples arranhão na pintura de um carro é classificado como Código 03, assim como um capotamento onde o veículo foi totalmente destruído, mas seus ocupantes nada sofreram. Da mesma forma, as lesões causadas à vítima de acidente ou atropelamento não são diferenciadas, sejam graves ou superficiais.

3.1.4 Taxa de severidade dos acidentes

No Brasil, como parte de uma metodologia para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito, é utilizada a taxa de severidade de acidentes (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2002). Esta taxa relaciona a quantidade de acidentes, dada em UPS (Unidade Padrão de Severidade), com o volume de tráfego. A seguinte equação é utilizada para determinar a taxa de severidade de acidentes em trechos viários.

$$T = \frac{N^{\circ} \text{ de UPS} \times 10^6}{P \times V \times E} \quad (1)$$

Onde:

T = Acidentes em UPS por milhões de veículos por km;

Nº de UPS = Número de acidentes expreso em UPS;

P = Período de estudo, em dias (geralmente 365 dias);

V = Volume médio diário que passa no trecho;

E = Extensão do trecho (em km);

O número de UPS corresponde à soma do número de acidentes ocorridos nas diferentes categorias corrigido com atribuições de peso para cada uma delas, conforme a gravidade do acidente. O DENATRAN (1987) sugere a adoção dos seguintes pesos: 1 para acidentes com danos materiais (DM), 5 para acidentes com feridos (F), e 13 para acidentes com vítimas fatais (VF). A Equação 5 representa a expressão matemática para a UPS.

$$UPS = DM + 5F + 13VF \quad (2)$$

Os pesos para o cálculo do número de acidentes em UPS, mostrados anteriormente, foram definidos com base no custo de cada categoria de acidentes a partir de um estudo desenvolvido em rodovias pelo DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem), atual DNIT (Departamento Nacional de Infra-Estrutura Terrestre), no ano de 1980. Para áreas urbanas pode-se adotar um valor mais atualizado, conforme os custos definidos pelo estudo do IPEA/ANTP (2003), relativos a acidentes ocorridos em aglomerações urbanas no ano de 2001.

Considerando os valores definidos pelo estudo do IPEA/ANTP (2003), tomando por base o peso 1 para acidentes com danos materiais, obtém-se os seguintes pesos: 5 para acidentes com feridos e 44 para acidentes com vítimas fatais. O fato do peso dos acidentes com vítimas fatais, com base no estudo do IPEA/ANTP, ser maior que o triplo do valor definido pelo estudo anterior do DNER, pode ser explicado em parte pelo fato que os custos humanos em áreas urbanas têm um percentual significativamente maior na composição do custo dos acidentes, tendo em vista a pouca incidência de prejuízos materiais.

3.2. VELOCIDADE

Um dos parâmetros básicos para a descrição e análise do fluxo de tráfego é a velocidade. A distribuição de velocidades é de fundamental importância, uma vez que para um determinado ponto ou seção de via, geralmente têm-se velocidades diferentes. Porém, nenhuma suposição deve ser feita quanto ao tipo de distribuição, já que esta depende da combinação do tráfego, das condições da via e da técnica de coleta de dados, entre outros (LEUTZBACH, 1988).

Segundo o ITE (1992), são definidos dois tipos de velocidade: velocidade média no espaço e velocidade média no tempo. A velocidade média no tempo é aquela velocidade medida em um ponto da via sob um determinado período de tempo. Esta velocidade é definida como:

$$\bar{V}_t = \frac{V_t}{n} \quad (3)$$

Onde:

\bar{V}_t = velocidade média no tempo, expressa em km/h

V_t = velocidades individuais observadas no tempo de estudo, expressas em km/h

n = número de observações

A velocidade média no espaço é definida como uma velocidade média de percurso, que é obtida a partir do tempo médio que os veículos necessitam para percorrer uma determinada distância conforme a seguinte equação:

$$\bar{V}_s = \frac{d}{\sum \frac{t}{n}} \quad (4)$$

Onde:

\bar{V}_s = velocidade média no espaço, expressa em km/h

d = distância percorrida, expressa em km

t = tempos individuais de percurso, expressos em h

n = número de observações

Modelos de fluxo de tráfego, onde se analisam as relações fundamentais entre as variáveis macroscópicas do fluxo de tráfego – volume (q), velocidade (v) e densidade (k) – consideram a velocidade média no espaço.

3.2.1 Dados de velocidade

Pesquisas sobre acidentes têm estabelecido que a velocidade excessiva ou inapropriada é o principal fator contribuinte em ao menos um terço de todos os acidentes de trânsito, se tornando o fator contribuinte mais comum de mortes e feridos nas vias do Reino Unido (*DEPARTMENT FOR TRANSPORT*, 2000).

A velocidade como fator crítico nos acidentes de trânsito é amplamente reconhecida. A Organização Mundial da Saúde (OMS), revela que, nos países desenvolvidos, a velocidade contribui, aproximadamente, com 30% das mortes nas estradas, ao passo que, nos países em desenvolvimento, a velocidade é o fator principal em 50% dos acidentes de trânsito (WHO, 2004).

A velocidade veicular excessiva aumenta a frequência de acidentes porque reduz o tempo disponível para decidir a manobra correta a uma dada distância e aumenta o tempo ou a distância necessária para executar a manobra evasiva (parar ou simplesmente reduzir a velocidade do veículo, desviar de obstáculos ou de conflitos com outros usuários da via).

Em caso de acidente, a velocidade de impacto é responsável pelo nível de danos e gravidade de ferimentos. Isso também é explicado pelas leis da Física. A energia cinética de um veículo em movimento é função de sua massa e de sua velocidade ao quadrado. Em um acidente, a Velocidade Relativa de Impacto (VRI), dos corpos envolvidos (veículo em movimento e obstáculo a esse movimento) determina a energia cinética a ser dissipada no choque ou na colisão por fricção, aquecimento e deformação da massa dos veículos.

Geralmente, quanto maior a energia a ser dissipada na colisão, maior o potencial de danos para os envolvidos, ocupantes do veículo ou pedestres. O choque ou colisão mobiliza forças muito grandes, que correspondem a uma desaceleração drástica dos corpos (os veículos e, o mais preocupante, seus ocupantes). A desaceleração ocorre em frações de segundo, e é tanto mais intensa quanto maior a VRI entre os veículos.

Sendo a energia cinética determinada pelo quadrado da velocidade do veículo, no caso de acidente, a probabilidade de ferimentos graves tende também aumentar na mesma proporção. Por exemplo, um aumento de 10%, 30% e 50% na velocidade (de 50 para 55, 65 e 75 Km/h) resultaria, respectivamente, em 21%, 69% e 125% de aumento na energia cinética e acarretaria um potencial de dano proporcionalmente maior (STUSTER *et al.*, 1998).

O *Department for Transport* (1998), do Reino Unido, comprova a relação entre a velocidade de impacto e a gravidade das lesões, demonstrando que, a 32km/h, 5% dos pedestres atingidos morrem, 65% sofrem lesões e 30% sobrevivem ilesos; a 48km/h, 45% morrem, 50% sofrem lesões e 5% sobrevivem ilesos; a 64km/h, 85% morrem, e os 15% restantes sofrem algum tipo de lesão. A Tabela 3.1 mostra os dados organizados a partir desse estudo.

Tabela 3.1: Velocidade de impacto e gravidade das lesões (DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 1998)

Velocidade de Impacto (km/h)	Vítimas fatais (%)	Feridos (%)	Ilesos (%)
32	5	65	30
48	45	50	5
64	85	15	-

O estudo anterior mostra uma relação clara, reiteradamente obtida por diversos estudos, entre a velocidade de impacto no acidente com a gravidade resultante (fatalidade ou ferimento grave). No entanto, do ponto de vista da Engenharia de Tráfego, pode-se perguntar se a mesma relação é evidenciada quando a análise focaliza variáveis mais diretas, como a velocidade de operação na via (a velocidade média do tráfego ou a velocidade no 85º percentil). Ou então quando é analisada contra os limites de velocidade fixados nas vias. Os estudos científicos existentes também afirmam amplamente estas relações, seja para colisões ou para atropelamentos, em diferentes condições ou tipos de usuários.

Leaf e Preusser (1999), por exemplo, analisam a gravidade dos acidentes envolvendo pedestres e os limites de velocidade estabelecidos nas vias. A relação entre ambas pode ser observada na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Possibilidade de acidentes por severidade do ferimento do pedestre em função da velocidade regulamentada para a via (LEAF; PREUSSER, 1999)

Severidade dos ferimentos dos pedestres	Velocidade regulamentada (km/h)						Total
	< 32	40	48	56	64-72	> 80	
Fatal	1,2%	1,8%	5,4%	4,1%	8,6%	22,2%	5,7%
Incapacitante	14,6%	18,2%	23,4%	23,4%	30,8%	26,0%	22,8%
Não incapacitante	39,9%	34,5	32,4%	33,7%	26,5%	19,9%	31,7%
Leve ou nenhum	44,3%	45,5%	38,7%	38,8%	34,1%	31,9%	39,7%
Total de ocorrência	11564	84948	45672	40521	24013	45672	279528

Desta maneira, é necessário o levantamento de dados de velocidade (velocidade média e no 85° percentil) para os locais onde se propõe colocar dispositivos de FEV. Para o levantamento desses dados devem ser realizadas pesquisas amostrais, com a determinação da velocidade dos veículos em trechos ao longo dos locais propostos. Estes levantamentos devem ser realizados durante o dia, em períodos fora dos horários de pico, para atingir a velocidade em fluxo livre.

A velocidade média no tempo é a média aritmética das velocidades medidas na pesquisa de velocidade. Esta velocidade proporciona um primeiro esboço do comportamento do tráfego veicular com respeito ao limite de velocidade. Mas não pode ser utilizado como valor definitivo para chegar a alguma conclusão, pois na determinação desta velocidade estão inclusos veículos com velocidades altas ou baixas, as quais se equilibram dando como resultado uma impressão equivocada da velocidade em que transitam a maioria dos veículos. Por isso é utilizada a velocidade no 85° percentil, que é a velocidade abaixo da qual trafegam 85% dos veículos no local analisado.

3.2.2 Velocidade no 85° percentil

A FHWA (1998) sugere que a uniformidade da velocidade está associada com um baixo risco de acidentes e que o 85° percentil está dentro do intervalo de velocidade com menor risco de acidentes. Portanto, pode-se considerar uma velocidade segura aquela velocidade no

85º percentil que esteja dentro de um intervalo de tolerância em relação ao limite de velocidade.

A velocidade no 85º percentil é muitas vezes referenciada como a velocidade crítica. Os motoristas que excedem essa velocidade são considerados como os que dirigem mais depressa do que é seguro, nas condições existentes. Essa velocidade é considerada uma boa guia para se estabelecerem as velocidades limites (LEITE, 1980).

Assim, a velocidade no 85º percentil é amplamente utilizada como um dos parâmetros principais para configurar o limite de velocidade de vias urbanas e rurais. Como exemplo de metodologias que utilizam essa abordagem temos a da Nova Zelândia (LTSA, 2006), da Flórida, EUA (LU *et al.*, 2003), entre outras.

4 PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE LOMBADAS ELETRÔNICAS

A fiscalização eletrônica de velocidade, quando implantada convenientemente, compõe um sistema eficiente para controle das violações do limite de velocidade e, conseqüentemente, dos acidentes derivados dessas infrações. Desta forma, esta tese busca definir procedimentos para implantar e avaliar o desempenho de Lombadas Eletrônicas, dispositivos fixos de caráter ostensivo e propriamente brasileiros, utilizados amplamente em todo o país.

Este capítulo apresenta dois procedimentos referentes à fiscalização eletrônica de velocidade (FEV). O primeiro é proposto para avaliar a necessidade de implantação de Lombadas Eletrônicas a partir de parâmetros relacionados à velocidade e acidentes. Este procedimento utiliza como parte da sua abordagem modelos de previsão e análise microscópica do tráfego para simular o efeito da FEV na velocidade veicular. O segundo procedimento é proposto para avaliar o desempenho de Lombadas Eletrônicas a partir de dados referentes a infrações cometidas, volume veicular, velocidade e acidentes.

O desenvolvimento deste trabalho foi embasado por uma revisão da literatura sobre os procedimentos utilizados no Brasil e em outros países para justificar a implantação de dispositivos de FEV, bem como avaliar seu desempenho. Assim, buscou-se a definição de critérios adaptados à realidade brasileira.

O trabalho foi realizado em duas etapas principais. Na primeira, foram definidos os procedimentos para implantação e avaliação de Lombadas Eletrônicas, com a determinação dos critérios relativos a cada um deles. A segunda etapa contemplou a aplicação, através de um estudo de caso, dos procedimentos definidos previamente, a qual é apresentada no Capítulo 5.

4.1 PROCEDIMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE LOMBADAS ELETRÔNICAS

Esta seção descreve o procedimento proposto para avaliar a necessidade de implantação de Lombadas Eletrônicas. O passo inicial para a aplicação desse procedimento é a

determinação da extensão da área de estudo. O local proposto deve apresentar um histórico de acidentes e de altas velocidades que o caracterizem como um local de risco, como definido em critérios de implantação de FEV (*DEPARTMENT FOR TRANSPORT*, 2004; RTA, 2005; SENSE, 1997).

Segundo o *Department for Transport* (2004), a extensão da área de estudo deve estar compreendida entre 500 e 1500 metros, seja meio urbano ou rural. Stumpf (1998) verificou em um estudo realizado na cidade de Brasília que a uma distância maior de 210 metros, antes ou depois de uma Lombada Eletrônica, as velocidades veiculares assumem distribuições mais constantes. Neste trabalho, adotou-se uma área de estudo com extensão de 500 metros. Considerou-se que, por se tratar de um estudo aplicado em meio urbano, áreas maiores poderiam sofrer influências de fatores externos, tais como presença de retornos, interseções, semáforos, etc.

Para o estudo de implantação de Lombadas Eletrônicas, algumas análises de velocidade e do número e gravidade dos acidentes devem ser realizadas na área de estudo. As análises de velocidade são úteis para determinar se o limite de velocidade regulamentado para a via é respeitado. Na análise dos acidentes, busca-se determinar a quantidade de acidentes com mortos e feridos ocorridos na área de estudo, e identificar se os acidentes estão concentrados em trechos pontuais ou de pequena extensão. Essa tendência aponta a necessidade de fiscalização com Lombadas Eletrônicas. A utilização desses dispositivos pressupõe, ainda, a adoção de um limite de velocidade inferior ao limite regulamentado para a via, já que um valor superior representaria uma maior possibilidade de acidentes.

Em áreas urbanas, em geral, os órgãos de trânsito estabelecem um limite de velocidade na Lombada Eletrônica igual a 40 km/h. Em princípio, dada a evolução técnica dos veículos automotores, um limite máximo de velocidade de 40 km/h é baixo, considerando somente a segurança dos ocupantes dos veículos, especialmente se utilizarem os seus cintos de segurança e/ou se os veículos estiverem equipados com “*air bags*”. Por outro lado, em locais com alta circulação de pedestres, critérios de engenharia recomendam 30 km/h ou 40 km/h como velocidade máxima segura. Ainda, a diminuição do limite de velocidade de 60 a 40 km/h resulta na diminuição do risco de atropelamentos de pedestres, dos ferimentos mais graves decorrentes de atropelamentos e, também, significa o aumento considerável das chances de sobrevivência dos pedestres eventualmente atropelados.

Em alguns casos, a implantação de uma Lombada Eletrônica em local inadequado, ou até mesmo, a definição incorreta do limite de velocidade no dispositivo, pode gerar novos acidentes graves, filas e congestionamentos de veículos. Desta forma, torna-se importante um procedimento para implantação de Lombadas Eletrônicas, incluindo uma simulação da situação esperada após a introdução desses dispositivos.

O procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas está esquematicamente representado na Figura 4.1, e suas etapas são descritas nas próximas sub-seções.

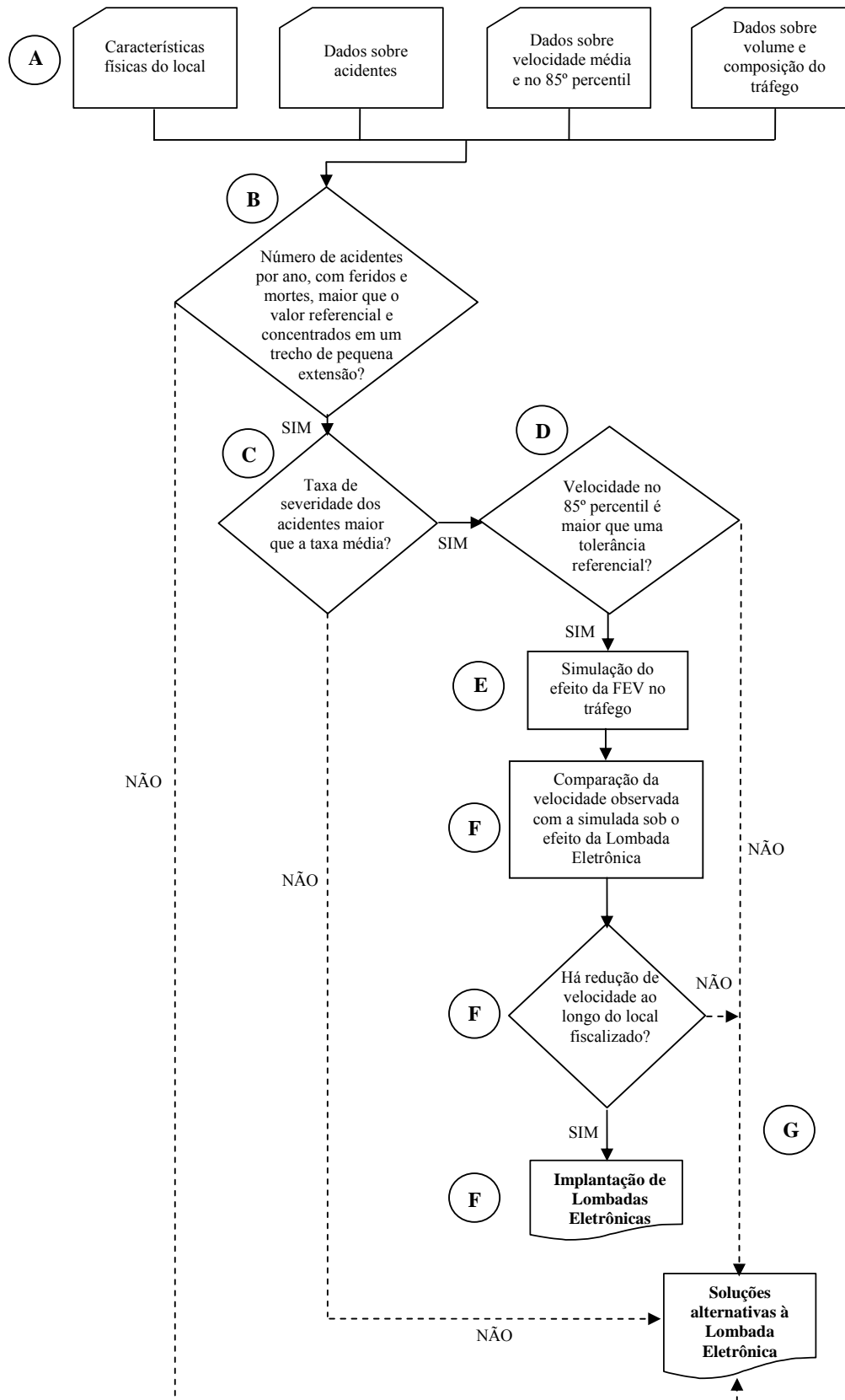


Figura 4.1: Procedimentos para Implantação de Lombadas Eletrônicas

4.1.1 Etapa A: Obtenção de dados

Esta etapa consiste na coleta dos dados necessários para o processo de implantação de Lombadas Eletrônicas. As características físicas do local, número de faixas, tipo de via, geometria viária, uso de solo e sinalização do entorno, entre outros, assim como dados de velocidade, volume e composição do tráfego são importantes para a aplicação do procedimento proposto. As características físicas do local são coletadas *in loco*, não apresentando dificuldades para sua obtenção. Os dados de velocidade e volume veicular podem ser obtidos através de uma pesquisa de tráfego.

É recomendável que o levantamento de dados de velocidade e de volume veicular seja realizado em períodos onde o tráfego de pedestres é significativo. A escolha desses períodos tem a finalidade de determinar se a circulação de pedestres é realizada com segurança ou se existe o risco iminente de atropelamentos. Acidentes envolvendo pedestres, que têm como um dos seus principais fatores contribuintes as altas velocidades, poderiam ser reduzidos através da fiscalização com Lombada Eletrônica.

O volume veicular tem como principal característica a sua variabilidade no tempo, que exerce influência sobre a velocidade. Por isso, deve-se realizar um levantamento de dados em diferentes períodos com tráfego significativo de pedestres ao longo do dia, durante uma semana. É importante, para isso, realizar uma análise prévia do local de estudo para determinar os períodos de maior fluxo de pedestres. Em geral, são horários críticos: início e final de expedientes, entrada e saída de escolas, entre outros.

O levantamento dos dados de volume veicular pode ser realizado através de contagens manuais ou de contagens automáticas. As contagens manuais são de fácil operação, com custos baixos e alta flexibilidade quanto à mudança de locais para cobertura de uma área em um período curto de tempo. No entanto, apresenta a desvantagem de não permitir contagens prolongadas, uma vez que é inviável econômica e operacionalmente fazer o revezamento de equipes, por exemplo, durante trinta dias no mesmo local.

Contagens automáticas normalmente não necessitam de intervenção humana, salvo as visitas periódicas de anotação de dados, manutenção e verificação de problemas. Existem vários tipos de aparelhos de contagem automática, sendo os mais comuns os eletromecânicos, que registram a passagem dos veículos através de um cabo de borracha estendido na via,

perpendicularmente ao seu eixo e preso nas extremidades, sobre a calçada ou em postes de iluminação.

A grande vantagem destes contadores é permitir pesquisas prolongadas no mesmo local, para aferição dos padrões de variação de fluxos. A desvantagem consiste em não permitir a separação dos movimentos quanto à sua direção. Outra desvantagem é a sub-contagem, causada pela passagem simultânea de dois veículos em faixas paralelas, e a super-contagem, causada pelos caminhões de mais de dois eixos ou pela passagem de veículos não perpendicularmente ao tubo.

Em relação aos dados de velocidade, existem diversos métodos para esse objetivo, entre estes têm-se o método das bases longas, método das bases curtas e a técnica de radar. O método das bases longas consiste na medição do tempo que um veículo demora em ultrapassar um trecho determinado, geralmente de 30 a 100 metros de comprimento. O dispositivo mais utilizado neste método é o cronômetro. A sua desvantagem principal consiste no erro derivado da decisão do pesquisador acerca dos instantes de passagem do veículo pelos extremos do trecho.

Os métodos das bases curtas medem o tempo de percurso do veículo em trechos muito curtos, necessitando, portanto, de aparelhos de alta precisão. A extensão do trecho, normalmente em torno de dois metros, diminui a probabilidade de erro motivada pela ultrapassagem de veículos entre as extremidades do mesmo: o veículo que em primeiro lugar for acusado no extremo inicial será provavelmente aquele que passará primeiro pelo extremo final. Estes aparelhos, de várias procedências e patentes, podem fornecer os resultados na forma de tempo de percurso ou já diretamente em termos de velocidade instantânea.

Outro dado importante no procedimento para implantação de Lombadas Eletrônicas é o histórico de acidentes com mortes e feridos, os quais devem ter como um dos seus fatores contribuintes o excesso de velocidade, e ter pedestres como vítimas decorrentes dos mesmos.

Estes dados, como visto na seção 3.1.2, são coletados principalmente pela Brigada Militar de cada cidade, e registrados como Boletim de Ocorrência (BO) ou Registro de Ocorrência (RO), embora alguns órgãos de trânsito também registram os dados de acidentes para fins de estudos e estatísticas. Estes dados devem estar agrupados por ano e incluir todos acidentes que tiverem como principal fator contribuinte as altas velocidades e pedestres envolvidos neles.

4.1.2 Etapa B: Análise do número de acidentes

Como visto anteriormente, o histórico de acidentes com mortes e feridos é um dado necessário no procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas, e nesta etapa é realizada uma análise numérica dos mesmos. É importante observar que estes acidentes tenham como principal fator contribuinte as altas velocidades e pedestres como vítimas decorrentes dos mesmos. Em áreas urbanas, as Lombadas Eletrônicas devem ser localizadas principalmente em locais de grande circulação de pedestres, nos quais o estabelecimento de um limite de velocidade abaixo do regulamentado para a via poderia gerar uma redução dos riscos de acidentes envolvendo pedestres.

No local de estudo, é importante identificar se existe uma concentração de acidentes em um pequeno trecho viário, necessitando a implantação de uma Lombada Eletrônica. As Lombadas Eletrônicas são mais apropriadas para locais pontuais, onde é essencial obter a atenção plena de todos os motoristas a respeito da velocidade máxima permitida, para garantir a sua própria segurança e a dos outros. Por outro lado, quando os acidentes estão distribuídos ao longo de segmentos viários de média e grande extensão, é mais adequado o uso de Radares Fixos ou Estáticos.

No Reino Unido, um dos principais países que utilizam dispositivos eletrônicos para a fiscalização de velocidade, os locais onde serão implantados esses equipamentos são selecionados de acordo ao número de acidentes com feridos graves e mortes, assim como outros fatores, como a velocidade. O número mínimo de acidentes com feridos graves e mortes utilizado nesse país é de quatro, para um período de três anos. Esse valor referencial de acidentes é aplicado tanto para áreas urbanas quanto para áreas rurais.

No Brasil, como parte do Programa PARE (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2002), os procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito definem como local crítico àquele com um mínimo de três acidentes de qualquer tipo, para um período de estudo de um ano, exceto locais com registro de pelo menos um acidente fatal para o mesmo período de estudo.

A partir de ambas as abordagens, pode-se sugerir um critério mínimo para o número de acidentes. Da abordagem do Reino Unido não se poderia considerar seu valor referencial, porque o procedimento proposto neste trabalho para implantação de Lombadas Eletrônicas é aplicado somente em áreas urbanas. No entanto, o período de coleta dos dados de acidentes

utilizado no Reino Unido, três anos, é adequado, sendo sugerido no procedimento proposto. Da abordagem utilizada no Brasil, adotou-se a valor de três acidentes, sendo estes com mortes e feridos graves. Assim, o procedimento utiliza como valor referencial três acidentes com mortes e feridos por ano.

4.1.3 Etapa C: Obtenção da taxa de severidade dos acidentes

A taxa de severidade dos acidentes é utilizada no procedimento proposto, devido à sua capacidade de relacionar quantidade de acidentes com volume de tráfego, para um trecho viário e um período de estudo específico. Como indicado na seção 3.1.4, a taxa de severidade dos acidentes é um parâmetro utilizado no Brasil para determinar locais críticos de acidentes de trânsito. Da mesma forma, na Austrália utiliza-se para determinação de locais críticos uma taxa de acidentes, como visto na seção 2.9.

Para determinar os locais críticos com a taxa de severidade dos acidentes, utilizou-se a abordagem do manual para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2002). Esse manual sugere o cálculo da taxa média de severidade de acidentes do conjunto de locais analisados e a definição dos locais cuja taxa encontra-se acima da taxa média, caracterizando-os como locais críticos.

4.1.4 Etapa D: Análise da velocidade no 85º percentil

Nesta etapa é analisada a velocidade no 85º percentil. Esta velocidade é utilizada no procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas, pois é uma velocidade internacionalmente reconhecida como representativa das velocidades praticadas pelos veículos. A velocidade média não é analisada porque na sua determinação estão inclusos veículos com velocidades muito altas ou muito baixas, as quais se equilibram podendo resultar em valores equivocados da velocidade exercida pela maioria dos veículos. Neste trabalho a velocidade média será utilizada apenas para a análise prevista na Etapa E.

No Reino Unido, o *Department for Transport* (2004) utiliza a velocidade no 85º percentil como um critério para implantação de dispositivos de FEV. Estabelece como aceitável uma velocidade no 85º percentil igual ou menor a 10% do limite de velocidade mais 3,2 km/h. Esta tolerância utilizada para determinar os locais críticos onde se deve

implementar dispositivos de FEV é definida pela Associação de Chefes da Polícia (ACPO) e sua equação é mostrada a seguir:

$$V_{85} = 1,10 * \text{Velocidade limite} + 3,2 \text{ km/h} \quad (5)$$

Onde:

V_{85} = velocidade aceitável no 85° percentil.

No Brasil, existe uma tolerância de velocidade utilizada para autuação em locais com FEV, a qual é mostrada na Tabela 4.1. Esta tolerância foi definida pelo INMETRO (INMETRO, 1998) com base nos erros máximos admitidos para medição em serviço dos dispositivos de controle de velocidade existentes no País.

Tabela 4.1: Tolerância de velocidade para autuação em locais com Fiscalização Eletrônica de Velocidade no Brasil

Vias com limite de velocidade até 100km/h	7 km/h
Vias com limite de velocidade acima de 100km/h	7% do limite de velocidade

Pode-se observar que no Reino Unido é definida uma velocidade aceitável no 85° percentil para estabelecer os locais críticos que necessitam de fiscalização. Essa velocidade aceitável prima pela segurança, sendo definida pela Polícia, responsável pela fiscalização de velocidade nesse país. No Brasil, não está definida uma tolerância de velocidade no 85° percentil para definir um local como crítico, existindo somente uma tolerância de velocidade utilizada para autuação em locais com FEV. Esta tolerância é definida com base nos erros de medição dos equipamentos de fiscalização.

Assim, neste procedimento proposto adotou-se a tolerância utilizada no Reino Unido, a qual é definida para determinar locais críticos visando a segurança dos usuários da via.

4.1.5 Etapa E: Simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular

Se os critérios das etapas “B”, “C” e “D” estiverem acima dos valores referenciais, ou seja, em situações críticas sob o ponto de vista do procedimento proposto, a etapa seguinte prevê a simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular. O processo de simulação sugerido neste trabalho se desenvolve conforme o esquema apresentado na Figura 4.2.

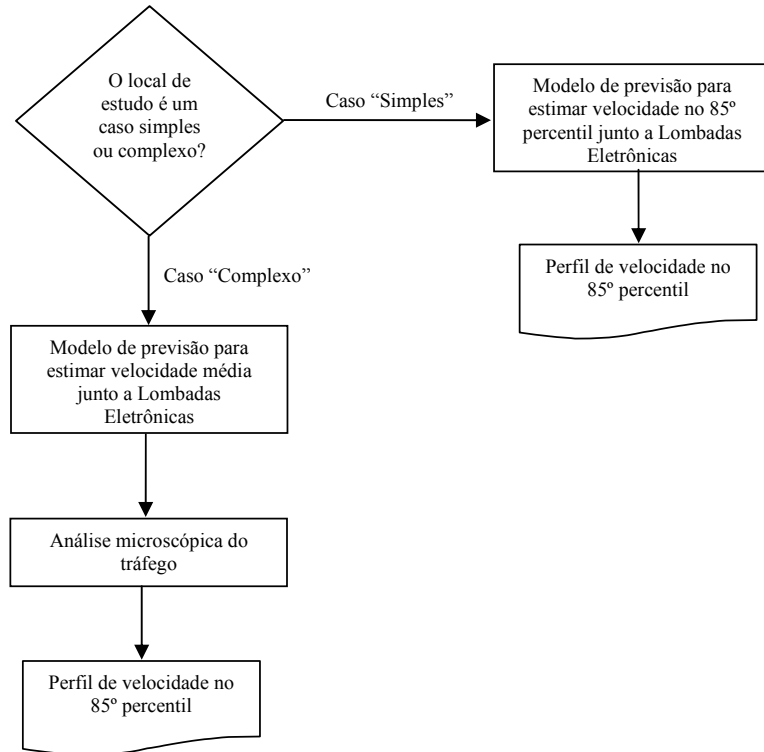


Figura 4.2: Simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular

A simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular envolve várias etapas. Primeiramente deve-se determinar a característica do local de estudo desde o ponto de vista do tráfego. Assim, o local de estudo pode ser um caso “simples” ou “complexo”. Um caso “simples” caracteriza-se pela ausência de qualquer conflito de tráfego que possa alterar ainda mais a velocidade veicular depois da instalação de uma Lombada Eletrônica.

Neste caso, um modelo de previsão que estime a velocidade no 85º percentil seria suficiente para representar a velocidade veicular sob o efeito da Lombada Eletrônica. Isto porque a velocidade estimada com o modelo de previsão e a simulada com a análise microscópica do tráfego são similares, não sendo necessária a utilização desta última (Figura 4.3).

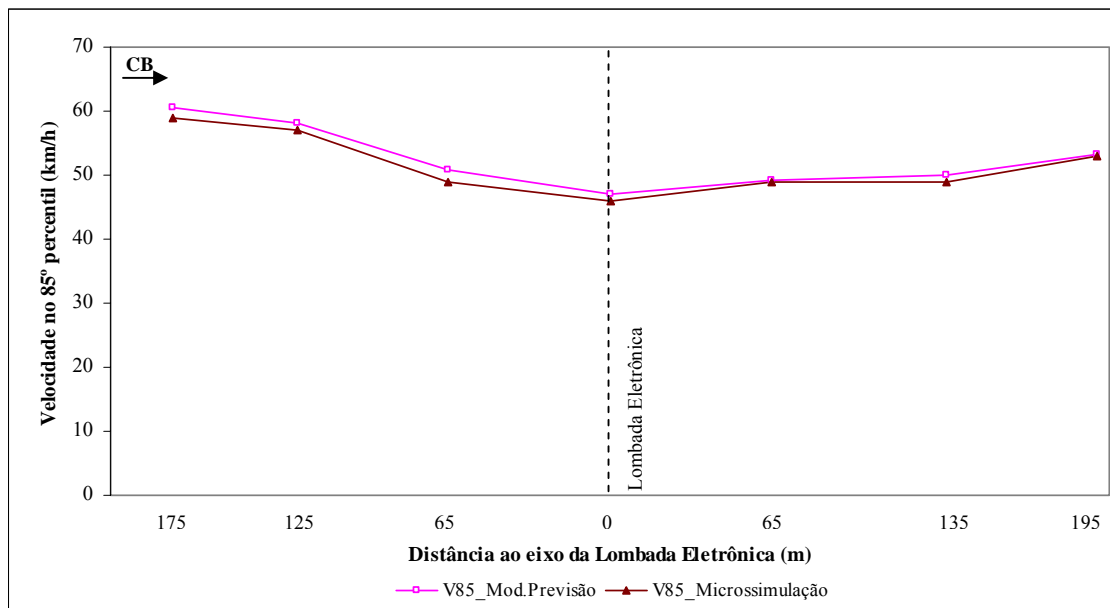


Figura 4.3: Velocidade Média estimada com o modelo de previsão e na análise microscópica do tráfego para um local de estudo sem conflitos de tráfego

Um caso “complexo” significa a presença, no local de estudo, de conflitos de tráfego decorrentes da presença de ponto de ônibus, conversões à esquerda, grandes volumes veiculares nas vias secundárias, entre outros. Nesse caso, a velocidade no 85º percentil estimada com o modelo de previsão não representaria bem a influência desses conflitos na velocidade veicular. Assim, torna-se necessário a realização de uma análise microscópica do tráfego para uma melhor avaliação do efeito combinado da Lombada Eletrônica e os outros conflitos que possam acontecer no local de estudo. Dessa maneira, pode ser simulada a influência combinada da Lombada Eletrônica e de outros conflitos que possam existir no local de estudo, fazendo que as velocidades estimadas com o modelo de previsão e com a análise microscópica do tráfego sejam diferentes (Figura 4.4).

A realização da análise microscópica do tráfego pressupõe a utilização de um modelo de previsão que estime a velocidade média no entorno de Lombadas Eletrônicas. Isto porque os modelos de microsimulação que podem ser utilizados na análise microscópica do tráfego necessitam como dado de entrada a velocidade média em fluxo livre. A velocidade média em fluxo livre reflete o desejo dos motoristas, no sentido de imprimirem ao veículo a velocidade que julgam adequada para as condições geométricas, ambientais e de tráfego existentes no local. Através desta análise microscópica pode-se analisar a velocidade no 85º percentil,

muitas vezes referenciada como a velocidade crítica da via, sendo os motoristas que excedem esta velocidade considerados de risco, nas condições existentes.

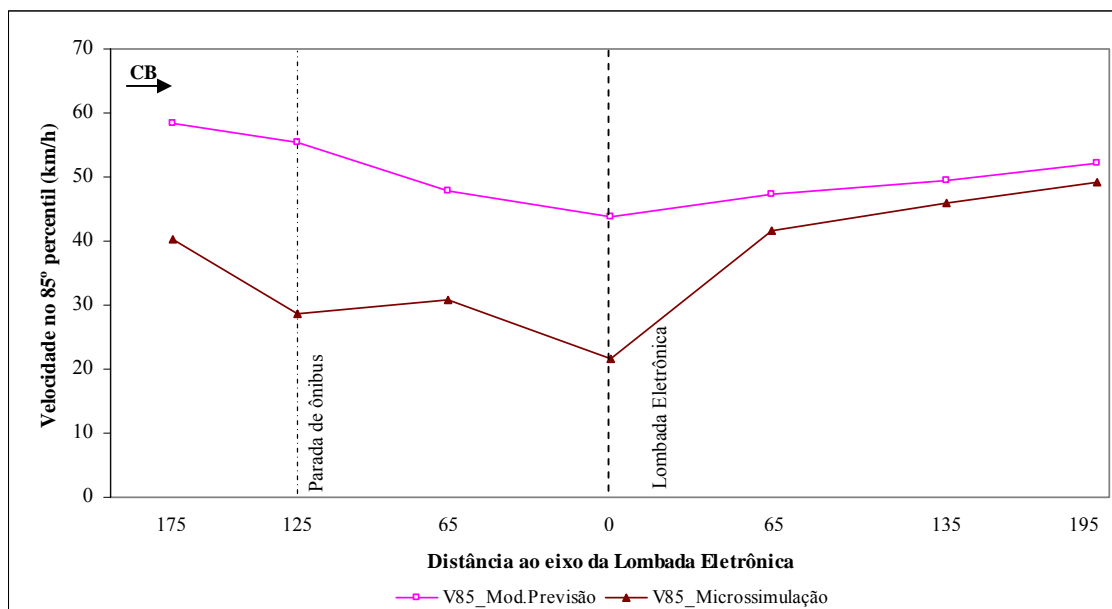


Figura 4.4: Velocidade Média estimada com o modelo de previsão e na análise microscópica do tráfego para um local de estudo com uma parada de ônibus

Para replicar a tendência que a velocidade veicular assume quando existe uma Lombada Eletrônica no local de estudo, utiliza-se um modelo de previsão que estime a velocidade média no entorno desse dispositivo, para fornecer dados de velocidade para a análise microscópica de tráfego.

Nas seguintes sub-seções serão dados mais detalhes sobre o modelo de previsão e a análise microscópica do tráfego, ferramentas utilizadas na simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular.

4.1.5.1 Modelo de Previsão

Modelos de previsão devem ser desenvolvidos para estimar a velocidade média e no 85º percentil no entorno de Lombadas Eletrônicas para locais com características semelhantes. Para isto, esses locais devem estar implementados com esse tipo de dispositivo de FEV.

Para o desenvolvimento dos modelos de previsão podem-se utilizar procedimentos estatísticos, como a regressão linear simples ou múltipla, ou procedimentos mais avançados, como as Redes Neurais Artificiais (RNA).

O modelo de previsão para estimar a velocidade no 85º percentil é utilizado quando o local de estudo é um caso “simples”, ou seja, não apresenta conflitos que possam influenciar a velocidade. Assim, as velocidades estimadas com este modelo serão suficientes para observar o efeito que causaria na velocidade a implantação de uma Lombada Eletrônica.

Se o local de estudo é um caso “complexo”, devido à existência de conflitos, como conversões à esquerda, paradas de ônibus, entre outros, pressupõe-se a realização de uma análise microscópica do tráfego. Nessa situação deve-se utilizar o modelo de previsão para estimar a velocidade média, toda vez que os diversos microssimuladores que podem ser utilizados para realizar a análise microscópica utilizam como um dos seus principais dados de entrada a velocidade média em fluxo livre. Dessa maneira, o modelo de previsão para estimar a velocidade média serve como alimentador da análise microscópica do tráfego.

Na literatura não foram encontrados modelos desenvolvidos para estimar a velocidade no 85º percentil no entorno de Lombadas Eletrônicas, só foram encontrados modelos que estimam a velocidade média no entorno desses dispositivos de controle. Entre esses modelos destaca-se o de Stumpf (1998), que desenvolveu dois modelos de regressão linear com a finalidade de estimar a velocidade média em pontos antes e depois de Lombadas Eletrônicas. Posteriormente, Bocanegra *et al.* (2004a), com a mesma base de dados de Stumpf, desenvolveram um novo modelo de previsão utilizando as Redes Neurais Artificiais (RNA).

Os modelos de regressão linear de Stumpf são representados matematicamente pelas seguintes equações:

$$V_{ant} = \beta_0 + \beta_1 V_v + \beta_2 V_b + \beta_3 d + \beta_4 d^2 + \beta_5 F + \beta_6 R + \beta_7 D1 + \beta_8 D2 + \beta_9 (V_b F) \quad (6)$$

$$V_{post} = \beta_0 + \beta_1 V_v + \beta_2 V_b + \beta_3 d + \beta_4 F + \beta_5 R + \beta_6 D1 + \beta_8 D2 \quad (7)$$

Onde:

V_{ant} é a variável dependente, correspondendo à velocidade da corrente de tráfego no segmento anterior, expressa em km/h;

V_{post} é a variável dependente, correspondendo à velocidade da corrente de tráfego no segmento posterior, expressa em km/h;

V_v é a variável correspondente à velocidade limite da via, expressa em km/h;

V_b é a variável correspondente à velocidade limite na barreira, expressa em km/h;

d é a variável correspondente à distância relativa ao eixo da barreira, expressa em m;

F é a variável *dummy* correspondente à presença de faixa de pedestres;

R é a variável *dummy* correspondente à presença de retornos;

$D1$ e $D2$ são as variáveis *dummy* correspondentes à declividade da via; e

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_9$ são os parâmetros associados.

Como pode ser visto anteriormente, a declividade da via, a presença de faixa de pedestres e a presença de retornos representam variáveis de natureza qualitativa, denominadas de *dummy*. Variáveis qualitativas geralmente indicam a presença ou ausência de uma qualidade ou atributo, que podem ser representadas através de construção de variáveis artificiais que recebem os valores de 0 (zero) e 1 (um): 0 (zero) indicando a ausência de um determinado atributo e 1 (um) indicando sua presença (GUJARATI *apud* BARBOSA, 1995).

Bocanegra *et al.* (2004a), utilizando a base de dados de Stumpf, desenvolveram um modelo de Redes Neurais Artificiais (RNA) que estima a velocidade média em pontos antes e depois de uma Lombada Eletrônica.

As variáveis utilizadas para o desenvolvimento do modelo de RNA foram aquelas que, de alguma maneira, influenciam a velocidade veicular, e são as seguintes:

- Volume veicular: coletado em intervalos de quinze minutos ao longo de doze horas, durante dias típicos, na faixa de maior volume veicular;
- Uso de solo no entorno do local de estudo: pode ser residencial, misto ou sem uso;
- Número de faixas da via;
- Declividade da via: aclave, declive ou plano;
- Posição do ponto de coleta de velocidade em relação ao dispositivo de fiscalização: pode ser antes, depois ou no mesmo dispositivo;

- Limite de velocidade da via: corresponde ao limite de velocidade estabelecido pelo órgão de trânsito responsável pela via;
- Limite de velocidade no dispositivo de fiscalização: corresponde ao limite de velocidade estabelecido para a zona de velocidade antes e depois da Lombada Eletrônica; e,
- Distância do ponto de coleta de velocidade em relação à Lombada Eletrônica.

Uma comparação entre os modelos desenvolvidos com regressão linear e com RNA foi realizada por Bocanegra *et al.* (2004b). Os resultados indicaram que ambos os modelos fornecem estimativas aceitáveis para velocidades médias no entorno das Lombadas Eletrônicas. No entanto, o modelo de RNA apresentou um melhor desempenho, estimando perfis de velocidades mais próximos dos valores coletados em campo (Figura 4.5).

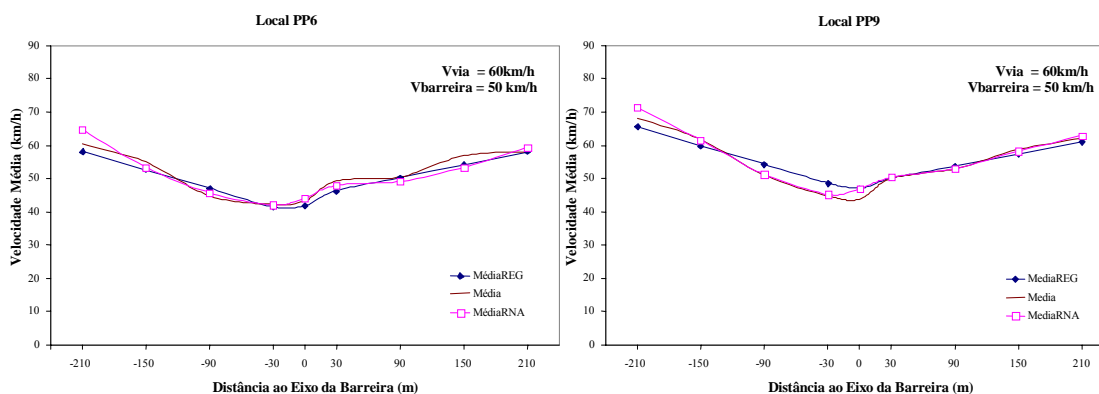


Figura 4.5: Perfil de velocidade média observado e estimado pelos modelos de regressão linear e de RNA para o fluxo veicular médio (BOCANEGRA *et al.*, 2004b)

No mesmo trabalho de Bocanegra *et al.* (2004b) realizou-se uma análise de sensibilidade dos modelos, através da qual foi possível observar a alteração da velocidade como consequência da presença da Lombada Eletrônica. A Figura 4.6 apresenta as curvas de velocidade estimadas com os modelos de regressão e com o modelo de Redes Neurais Artificiais. Através dessas curvas pode-se observar a tendência que a velocidade veicular assume como consequência da presença de uma Lombada eletrônica.

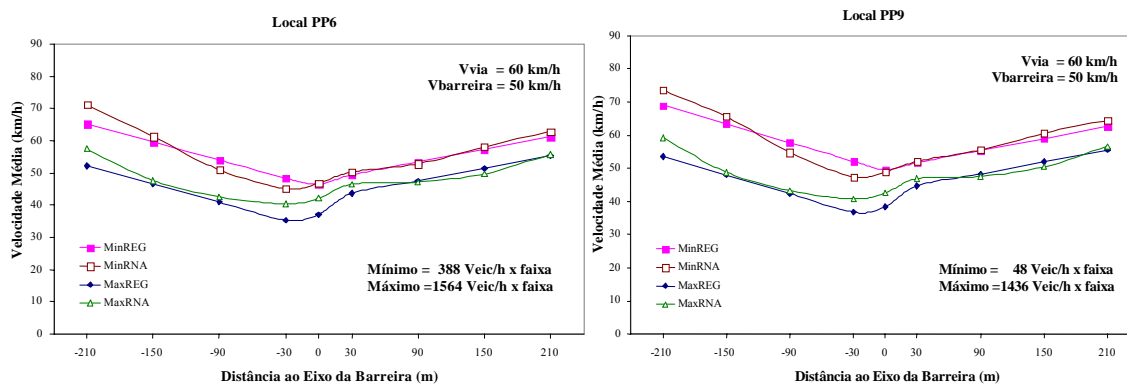


Figura 4.6: Comparação dos perfis de velocidade média estimados nos modelos de regressão linear e de RNA para o maior e o menor fluxo veicular (Bocanegra *et al.*, 2004b)

Através da análise das figuras, é possível identificar o processo de aceleração e desaceleração ocorrido a distâncias próximas da barreira eletrônica. Na maioria dos locais modelados, o processo de desaceleração parece ser mais intenso que a retomada de velocidade após a barreira eletrônica.

Pode-se observar, também, que em todas as curvas estimadas com as RNA, a menor velocidade é atingida sempre antes da barreira eletrônica, refletindo o comportamento real do fluxo veicular. Contudo, nos perfis estimados através dos modelos de regressão linear este comportamento é observado apenas em alguns locais.

Ainda, é importante ressaltar que, conforme esperado, as velocidades médias em pontos antes e depois da Lombada Eletrônica são dependentes do fluxo de veículos. Entretanto, a variação da velocidade com o fluxo é menor no trecho de retomada de velocidades, após o dispositivo. Esse fato é observado tanto nos modelos de regressão como no modelo RNA.

O perfil de velocidade estimado com o modelo de previsão é suficiente para observar o efeito da instalação de uma Lombada Eletrônica na velocidade veicular quando o local de estudo não apresenta conflitos que possam alterar ainda mais a velocidade.

No caso de existirem conflitos no local de estudo, tais como ponto de ônibus, conversões à esquerda, entre outros, deve-se realizar, adicionalmente, uma análise microscópica do tráfego para avaliar melhor o efeito combinado da Lombada Eletrônica e dos outros conflitos.

4.1.5.2 Análise microscópica do tráfego

A análise microscópica do tráfego em locais de estudo que apresentam conflitos decorrentes de conversões à esquerda, pontos de ônibus, entre outros, torna-se importante para avaliar melhor o efeito combinado da implantação da Lombada Eletrônica e esses conflitos sobre a velocidade veicular.

A análise microscópica das relações entre pares de veículos de uma mesma corrente de tráfego permite o estudo de fluxos não necessariamente homogêneos ou ininterruptos. O tratamento individualizado dos veículos exige mais recursos computacionais do que a abordagem macroscópica. Na abordagem microscópica caracteriza-se o fluxo de tráfego considerando-se cada veículo na via e seu movimento através de variáveis como posição, velocidade e aceleração.

A análise microscópica do tráfego é realizada através de modelos de simulação, como os chamados “modelos de perseguição” ou “leis de seqüência” (*car following*). Os modelos clássicos de perseguição buscam traduzir a variação da velocidade de um veículo (chamado “seguidor”) como resposta ao estímulo representado pela velocidade relativa entre ele e um veículo que se desloca à sua frente em uma corrente de tráfego (chamado “líder”).

Especificamente, modelos de simulação são representações matemáticas/lógicas (ou abstratas) de sistemas do mundo real, os quais são operacionalizados por um *software* executado em um computador de forma experimental. O usuário do *software* de simulação de tráfego especifica um “cenário” (por exemplo, configuração da rede viária, demanda de tráfego) como entrada do modelo. Os resultados da simulação descrevem as operações do sistema em dois formatos: (i) estatístico e (ii) gráfico.

Modelos de simulação de tráfego podem estimar capacidade, atrasos, e outros parâmetros para um determinado conjunto de condições viárias. Devido ao fato de que modelos de simulação seguem os movimentos dos veículos sobre uma base individual, eles possibilitam a análise de uma escala ampla de configurações viárias e condições operacionais superiores aos limites de ferramentas de análise convencional.

Existem no mercado diversos *softwares* para realizar a análise microscópica do tráfego, tais como o AISUM (BARCELO *et al.*, 1995), SISTM (WILSON, 2001), DRACULA (LIU *et*

al., 1995), VISSIM (NUTTALL; FELLENDORF, 1996), PARAMICS (CAMERON; DUNCAN, 1996), NETSIM (RATHI; SANTIAGO, 1990), entre outros.

A partir da análise microscópica do tráfego pode ser obtida, além da velocidade média, a velocidade no 85º percentil simulada sob o efeito da Lombada Eletrônica. Esta velocidade é bastante utilizada para configurar o limite de velocidade adequado para uma via. Além disso, é considerada uma velocidade crítica, acima da qual, motoristas imprudentes dirigem mais depressa do que é seguro nas condições existentes.

4.1.6 Etapa F: Comparação entre a velocidade no 85º percentil observada e simulada

Nesta etapa é realizada uma comparação entre a velocidade no 85º percentil simulada na análise microscópica do tráfego e a velocidade no 85º percentil observada nos locais de estudo. A partir desta análise, pode-se observar se efetivamente existem reduções nas velocidades da área de estudo.

Na literatura não são encontrados trabalhos que relatem a redução da velocidade no 85º percentil como consequência do uso de dispositivos de FEV. Estudos encontrados, como os de Chen *et al.* (2000), Chen *et al.* (2002), Keall *et al.* (2001), Keall *et al.* (2002) e Retting e Farmer (2003), relataram reduções entre 1,6 e 4,8 km/h na velocidade média em locais fiscalizados do Canadá, Nova Zelândia e EUA.

Assim, a partir das reduções relatadas na velocidade média nos trabalhos encontrados na literatura, no procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas define-se como redução satisfatória na velocidade no 85º percentil aquela na ordem 2 a 5 km/h. Assim, locais com reduções muito abaixo desse intervalo devem ser revistas, podendo ser necessário a utilização de soluções alternativas à FEV.

4.1.7 Etapa G: Soluções alternativas

Quando não é necessária a implantação de Lombadas Eletrônicas, uma vez que não foram atingidos os critérios mínimos do procedimento proposto, deve-se optar por soluções alternativas. Existem várias soluções alternativas, cada uma com funcionamento e restrições distintas.

Uma solução alternativa bastante utilizada é a moderação de tráfego (*Traffic Calming*). Esta técnica compreende um conjunto de intervenções nas vias para a recuperação de suas funções primárias, reduzindo a supremacia do automóvel e promovendo a humanização de ruas e calçadas, através do controle das velocidades e dos volumes excessivos de tráfego. Entre as intervenções mais utilizadas estão as deflexões verticais, que são porções ou seções elevadas de via, e as deflexões horizontais, que apresentam alterações no alinhamento horizontal das vias.

As medidas de moderação de tráfego são utilizadas principalmente em áreas residenciais. Nessas áreas essas medidas têm mostrado bons resultados como reportado nos trabalhos de Cottrell *et al.* (2006), Mountain *et al.* (2005), Pau e Angius (2001), entre outros.

O estreitamento de vias é outra medida de moderação de tráfego amplamente utilizada para limitar a velocidade e as ultrapassagens, assim como facilitar a travessia de pedestres, reduzindo a distância de travessia na pista de rolamento. Um fator positivo dessa medida é que serve de apoio para outras medidas de redução de velocidade. Além disso, o estreitamento reforça a proibição do tráfego de veículos pesados, quando necessário. No entanto, esta medida pode não apresentar resultados positivos quando aplicada como uma medida isolada, sendo necessária a combinação com outras medidas para ser eficaz na redução de velocidade.

Cabe destacar que o uso de medidas de moderação de tráfego em vias com fluxos veiculares maiores (por exemplo, vias arteriais), além de causar maior desgaste ao veículo e suas peças, também pode ocasionar acidentes. Além disso, pode provocar a diminuição da capacidade da via, resultando em congestionamentos e aumento excessivo do tempo de viagem.

Uma adequada sinalização com placas indicando o limite de velocidade ou alertando sobre lugares com freqüente travessia de pedestres pode ajudar a dissuadir motoristas que dirigem acima do limite de velocidade, quando estes formam um grupo reduzido em relação ao fluxo veicular. Outra opção envolve a implantação de semáforos, através dos quais os pedestres poderiam ter brechas na corrente de tráfego para atravessar a via com segurança. Para isso, os critérios mínimos indicados no manual do DENATRAN devem ser cumpridos (DENATRAN, 1984).

4.2 PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE LOMBADAS ELETRÔNICAS

Esta seção descreve os procedimentos propostos para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas. O primeiro procedimento refere-se ao esquema de acompanhamento da Lombada Eletrônica durante o período de teste, o qual irá avaliar o desempenho do equipamento durante esse período. O período de teste deve, idealmente, ocorrer durante um ano para reduzir a influência da sazonalidade sobre os dados apurados e, por conseqüência, obtenção de resultados mais significativos (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2002).

O segundo procedimento, que busca analisar periodicamente o desempenho da Lombada Eletrônica, envolve o procedimento para avaliação dos equipamentos instalados definitivamente após a finalização do período de teste.

4.2.1 Esquema de acompanhamento da Lombada Eletrônica durante o período de teste

Uma vez satisfeitos os critérios de implantação de Lombadas Eletrônicas, deve-se realizar a operação dos equipamentos por um período de testes, período no qual um acompanhamento deve ser realizado para observar as mudanças iniciais na velocidade e na redução dos acidentes causados pela utilização desses dispositivos. A Figura 4.7 mostra o esquema de acompanhamento da operação de Lombadas Eletrônicas no período de testes.

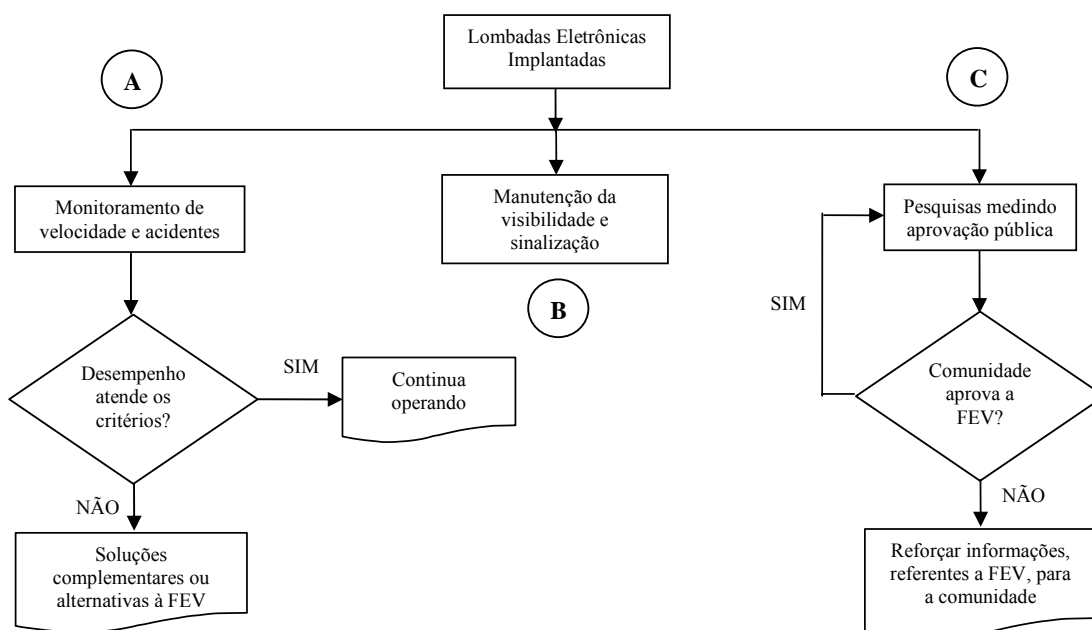


Figura 4.7: Esquema de acompanhamento da Lombada Eletrônica durante o período de teste

O esquema proposto de acompanhamento da Fiscalização Eletrônica de Velocidade, através de Lombadas Eletrônicas, prevê a realização das seguintes atividades:

4.2.1.1 Atividade A: Monitoramento da velocidade e histórico de acidentes

Nesta etapa as velocidades dos veículos e a ocorrência de acidentes devem ser monitoradas e analisadas. Dessa maneira, pode ser observado o impacto inicial das Lombadas Eletrônicas sobre a velocidade veicular e a gravidade e número de acidentes.

Se os resultados obtidos forem considerados satisfatórios, ou seja, redução na velocidade veicular e, conseqüentemente, na gravidade e número de acidentes, a Lombada Eletrônica pode ser implantada definitivamente. No entanto, é importante manter uma avaliação periódica das condições de velocidade e ocorrência de acidentes, identificando possíveis ações necessárias no sistema.

4.2.1.2 Atividade B: Manutenção da visibilidade e sinalização

Paralelamente à Etapa A, deve-se realizar a manutenção da visibilidade e sinalização dos locais fiscalizados. Essa sinalização deve ser de regulamentação, com a utilização da placa R-19 (Velocidade Máxima Permitida) e educativa, através de uma placa indicando que o local é fiscalizado por Lombadas Eletrônicas. Esta sinalização pode ser localizada na distância estipulada na Resolução nº 146 (CONTRAN, 2003). Dessa maneira, o caráter ostensivo da fiscalização com Lombadas Eletrônicas é mantido. Uma maior dissuasão nos motoristas, para que respeitem o limite de velocidade, é alcançada em função da visibilidade dos dispositivos.

4.2.1.3 Atividade C: Pesquisas de opinião pública

É importante ressaltar que deve haver um acompanhamento da opinião pública com relação ao sistema. É fundamental transmitir ao público em geral que o objetivo do sistema é salvar vidas e não arrecadar dinheiro. Dessa maneira, periodicamente deve-se realizar pesquisas na comunidade referentes à fiscalização com Lombadas Eletrônicas. Se a comunidade não aprova esse sistema de fiscalização, as informações sobre o desempenho das

Lombadas Eletrônicas têm que ser reforçadas. Assim, a população terá uma informação mais ampla e clara, que ajudará a definir melhor seu conceito com respeito à Lombada Eletrônica.

4.2.2 Procedimento para avaliação de Lombadas Eletrônicas instaladas definitivamente

Esta seção descreve os passos do procedimento proposto para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas instaladas definitivamente após o período de testes. Desta maneira, apresenta-se de forma descritiva as etapas do procedimento, representadas esquematicamente na Figura 4.8.

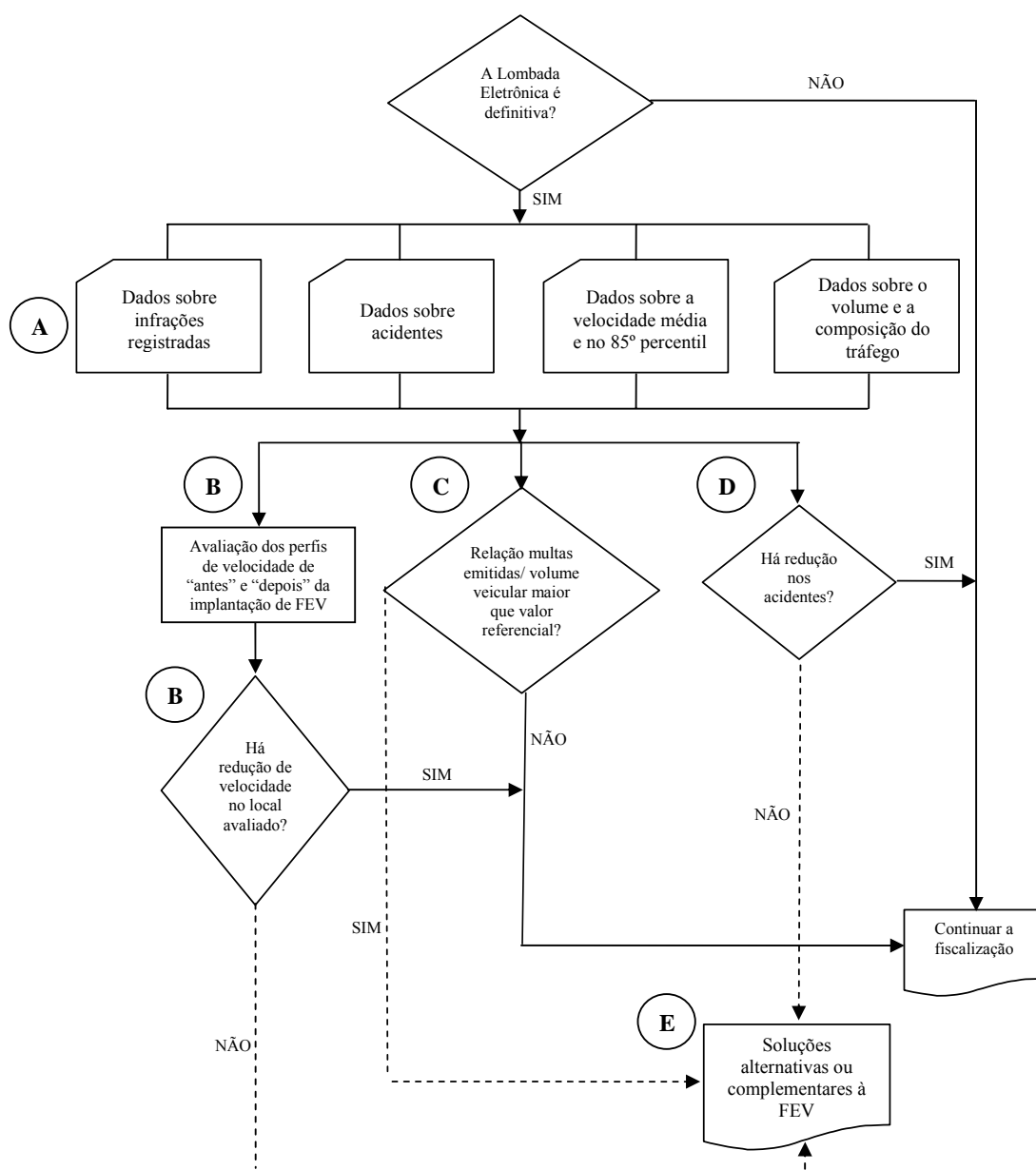


Figura 4.8: procedimento para avaliação de Lombadas Eletrônicas instaladas definitivamente

A aplicação do procedimento prevê a realização das seguintes etapas:

4.2.2.1 Etapa A: Obtenção de dados

A primeira etapa do procedimento proposto corresponde à coleta de dados necessária para avaliar o desempenho das Lombadas Eletrônicas. Entre estes dados pode-se citar a velocidade veicular, o histórico de acidentes, o volume veicular e o histórico de infrações registradas pelo dispositivo.

Os dados de velocidade correspondem à velocidade no 85º percentil, no local fiscalizado antes e depois da implantação da Lombada Eletrônica. Com estes dados será realizada a avaliação dos perfis de velocidade (Etapa B) e se determinará o nível da redução da velocidade decorrente da implantação desse dispositivo de controle (Etapa C).

O dados de volume veicular podem ser obtidos da mesma Lombada Eletrônica através dos laços indutivos utilizados para medir as velocidades veiculares. Esses dados correspondem ao volume total de veículos que passaram pelo dispositivo ao longo de um período determinado, que pode ser por dia, mês ou ano.

Cabe destacar que os períodos onde serão coletados os dados de velocidade e do volume veicular, com a presença da Lombada Eletrônica, devem ser os mesmos períodos onde foram levantados esses dados antes da instalação desse equipamento. Nesses períodos existe um fluxo significativo de pedestres, pelo que é importante avaliar a tendência da velocidade veicular, e observar se depois da instalação da Lombada Eletrônica ela esta dentro de um limite de segurança para o pedestre.

Para o levantamento dos dados de velocidade e volume veicular existem diversos métodos como apontado na seção 4.1.1. A escolha do método dependerá das características físicas do local de estudo e da disponibilidade de recursos, tanto materiais quanto humanos, que possa existir.

O número de infrações registradas é um dado disponível no órgão de trânsito, e corresponde aos veículos que infringiram o limite de velocidade e que foram registrados pela Lombada Eletrônica. Muitas vezes, veículos trafegando em alta velocidade e fotografados pela Lombada Eletrônica não são punidos por distintas razões. Entre as principais razões têm-

se, por exemplo, o fato de o veículo pertencer ao órgão de trânsito, ser uma viatura policial, não aparecer nitidamente o número da placa na foto, entre outras. Para uma melhor análise das infrações registradas pelo dispositivo, devem ser discretizadas por mês. Assim, pode-se observar melhor a tendência das infrações ao longo do ano.

O histórico de acidentes com mortes e feridos deve corresponder ao período “antes” e “depois” da implantação da Lombada Eletrônica. Assim, pode-se analisar e determinar se houve uma redução do número e gravidade dos acidentes como resultado da implantação do dispositivo de controle. Estes dados podem ser obtidos junto à Brigada Militar e, em outros casos, no órgão de trânsito correspondente.

4.2.2.2 Etapa B: Avaliação da velocidade no 85º percentil “antes” e “depois” da implantação de Lombadas Eletrônicas

Nesta etapa deve-se realizar a avaliação da velocidade no 85º percentil “antes” e “depois” da implantação das Lombadas Eletrônicas. Dessa maneira, pode ser observada a tendência dos motoristas na redução dessa velocidade no local fiscalizado.

Se, através da comparação dessas velocidades, é observada uma redução significativa no local avaliado, pode-se continuar fiscalizando com a Lombada Eletrônica, pois os resultados mostram-se satisfatórios. Reduções satisfatórias na velocidade no 85º percentil podem ser aquelas na ordem de 2 a 5 km/h, como adotado no procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas (seção 4.1.6). Mas, se os resultados mostram reduções abaixo desse valor deve-se procurar por soluções alternativas ou complementares a estes dispositivos.

4.2.2.3 Etapa C: Relação entre infrações registradas e volume veicular

É importante também analisar a relação entre as infrações registradas por ano e o volume veicular que passa pelo local fiscalizado. Essa relação é importante, pois permite determinar, durante o período de teste, o comportamento dos motoristas com relação aos dispositivos implantados. Um bom resultado significa que a relação entre o número de infratores e o total de veículos que passaram pelo dispositivo é muito baixa e, portanto, poucos condutores são multados. Isto indica que a Lombada Eletrônica está cumprindo seu

objetivo no que se refere a fazer respeitar o limite de velocidade por parte dos motoristas, e, conseqüentemente, diminuir a gravidade e o número de acidentes.

Adicionalmente, poder-se-ia ter um levantamento geral do número de infrações registradas e das multas emitidas em todas as Lombadas Eletrônicas em operação, para uma análise de cada equipamento dentro do contexto geral da cidade.

4.2.2.4 Etapa D: Análise do número de acidentes

Nesta etapa são analisados os dados de acidentes com a finalidade de observar as reduções resultantes da implantação do dispositivo de FEV. Segundo os trabalhos da ETSC (1999), da *European Commission* (1999) e de Elvik *et al.* (2004), por cada km/h que se diminui da velocidade média ocorre uma redução de 2 a 4 % nos acidentes com feridos e mortos. A redução do número e gravidade dos acidentes esta relacionada diretamente com a redução da velocidade.

É importante observar, nesta análise, que o resultado não seja afetado por fenômenos como à regressão à média ou a migração de acidentes. A tendência de regressão à média da série temporal de dados aleatórios é um fenômeno estatístico. A medida de tendência central da série temporal de qualquer evento muitas vezes é representada pela média. Os valores distantes da média se aproximam da mesma no período subsequente de seu registro, inclinando-se para o valor da tendência central. Valores altos tendem a ser seguidos por valores baixos e vice-versa. Este efeito é conhecido como fenômeno de regressão à média (FRAMARIM *et al.*, 2003).

No fenômeno de migração de acidentes, o termo “migração”, atribuído a este fenômeno, baseia-se no deslocamento dos acidentes para locais adjacentes ao local tratado. A redução do número de acidentes em um ponto crítico pode ser acompanhada por um aumento do número de acidentes na “vizinhança” deste local. O efeito global da medida mitigadora pode não ter valor devido ao incremento no número médio de acidentes em locais adjacentes ao tratamento (FRAMARIM *et al.*, 2003).

Estudos como os de Chen *et al.* (2002), Swali *apud* Chen *et al.* (2000) e Framarim *et al.* (2003) revelaram reduções da ordem de 20 a 30% na ocorrência de acidentes depois da implantação de FEV em Londres, em trechos rodoviários do Canadá e na cidade de Porto

Alegre, respectivamente. Estas reduções mostram o respeito do limite de velocidade, por parte dos motoristas, sob o efeito dos dispositivos de FEV.

4.2.2.5 Etapa E: Soluções alternativas ou complementares

Soluções alternativas ou complementares à FEV são utilizadas quando o objetivo de diminuir a velocidade e a gravidade e o número de acidentes não esta sendo atingido satisfatoriamente pelo dispositivo de controle. No caso do dispositivo de FEV não conseguir que a velocidade veicular seja reduzida gradualmente ao longo do local fiscalizado, busca-se soluções alternativas. Entre estas pode-se citar o uso de técnicas de moderação de tráfego, implantação de semáforos, alteração do limite de velocidade, entre outras, apresentadas na seção 4.1.7.

Eventualmente, soluções complementares podem ser utilizadas como o uso de Radares Estáticos na vizinhança do local fiscalizado com Lombada Eletrônica, caso não seja possível a retirada definitiva do dispositivo. Essa abordagem pode proporcionar uma maior dissuasão dos motoristas para que respeitem os limites de velocidade, e, conseqüentemente, trafeguem com a velocidade reduzida nos locais com Lombadas Eletrônicas.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da definição dos procedimentos para implantação e avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas, busca-se contribuir em uma área tão conflitante como é a Fiscalização Eletrônica de Velocidade. Nesses procedimentos são sugeridos critérios mínimos a serem atingidos para implantação ou avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas.

No procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas é importante observar que o histórico de acidentes, utilizado na análise correspondente, deve conter os acidentes com mortes e feridos envolvendo pedestres. Isto deve-se ao fato de que, em áreas urbanas, as Lombadas Eletrônicas são localizadas em pontos de grande circulação de pedestres, apresentando grande risco de atropelamentos devido às altas velocidades praticadas. Além disso, é estabelecido no dispositivo, um limite de velocidade abaixo do regulamentado para a via.

A determinação da redução de velocidade em relação à velocidade limite da via no ponto fiscalizado dependerá da caracterização do fluxo de veículos (volumes e velocidade), e de simulações da situação esperada após a introdução dos equipamentos, através das quais poderá ser observada se a velocidade limite definida na Lombada Eletrônica provoca efeitos negativos ou não ao fluxo de veículos.

No procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas também é importante destacar a etapa da simulação do efeito desse equipamento na velocidade veicular, inédita nos procedimentos estrangeiros pesquisados. Essa simulação é útil para avaliar a possível tendência sofrida pela velocidade veicular em consequência da implantação dos dispositivos de controle.

O procedimento proposto para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas é importante para determinar se os resultados desse dispositivo de fiscalização estão sendo satisfatórios. Esse procedimento é útil nos locais em que foram implantadas Lombadas Eletrônicas sem nenhum estudo técnico que as sustentasse.

Ainda, neste procedimento apresentou-se um esquema de acompanhamento dos dispositivos instalados durante seu período de teste. Neste esquema, faz-se necessário um monitoramento contínuo dos dados de acidentes e velocidade, uma vez que este auxilia na avaliação constante do sistema de fiscalização.

O seguinte capítulo apresenta um estudo de caso onde é realizada uma aplicação dos procedimentos propostos para implantação e avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas.

5 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é abordada a aplicação dos procedimentos propostos para implantação e avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas através de um estudo de caso. Assim, procura-se mostrar de maneira simples e clara a aplicabilidade de cada uma das etapas envolvidas no processo de implantação e avaliação desses equipamentos.

5.1 PROCEDIMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE LOMBADAS ELETRÔNICAS

Nesta seção é apresentada a aplicação do procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas em áreas urbanas através de um exemplo prático. Foram utilizados, neste exemplo, dados reais e fictícios com a finalidade de uma aplicação plena do procedimento proposto. Os dados reais são referentes às características físicas e ao volume veicular de um local existente na cidade de Passo Fundo, RS, Brasil, o qual apresenta problemas de acidentes e altas velocidades, que poderiam ser resolvidos com a implantação de uma Lombada Eletrônica. Os dados relativos a velocidades e acidentes no local foram, neste estudo de caso, complementados com informações fictícias para permitir uma exemplificação completa da metodologia.

5.1.1 Local de estudo

O local escolhido para o estudo de caso localiza-se em uma área com elevados volumes de tráfego veicular, além de apresentar grande volume de pedestres em travessias. Além disso, as altas velocidades representam um grande risco para os pedestres que trafegam na região, e representam um fator contribuinte para a ocorrência de acidentes. Estes problemas poderiam ser solucionados com a implantação de uma Lombada Eletrônica. Na Figura 5.1 é mostrado o local de estudo.

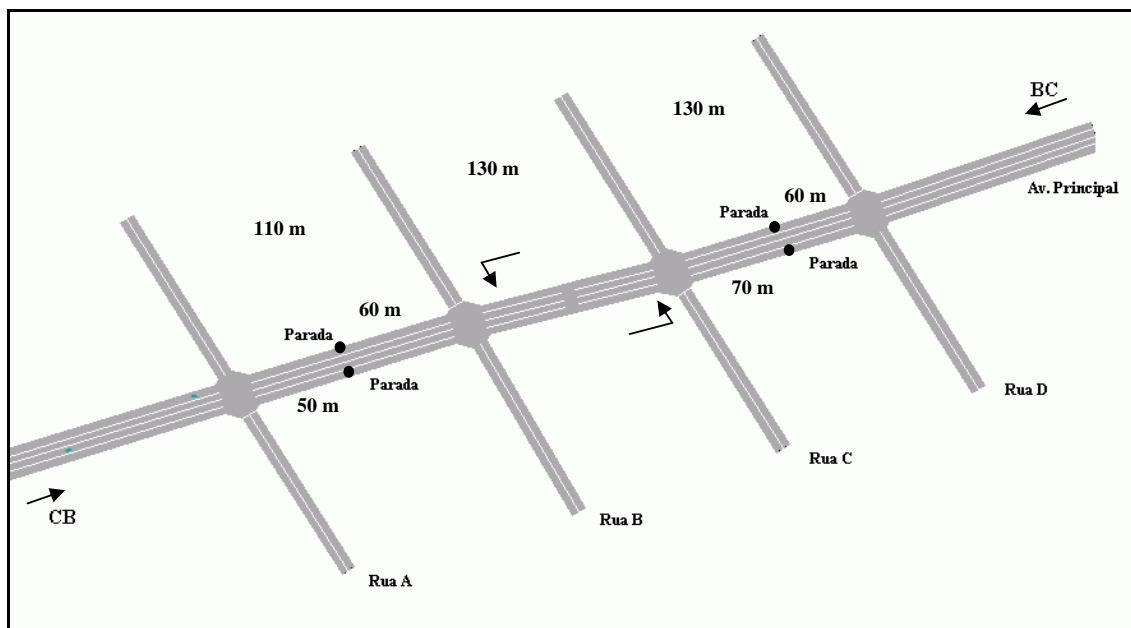


Figura 5.1: Local de estudo

O local de estudo (Figura 5.1) é conformado pela Av. Principal, e as ruas A, B, C e D, definidas como as vias secundárias, e tem um comprimento de 370 m, sendo dividido em três trechos. O primeiro trecho (entre as ruas A e B) tem 110 m, o segundo trecho (entre as ruas B e C) tem 130 m, o terceiro trecho (entre a rua C e D) tem 130 m.

Na Av. Principal, entre as ruas B e C, no sentido Centro-Bairro (CB), existe uma escola, fazendo com que exista um grande fluxo de pedestres, especialmente nos horários de entrada e saída dos alunos. Além disso, por ser uma área que mistura residências e comércio, nos diversos períodos do dia existem fluxos consideráveis de pedestres trafegando pelo local de estudo. Somado a isso temos veículos trafegando a altas velocidades, o que ocasionou números consideráveis de acidentes, que envolveu mortes e feridos, especialmente de pedestres, nos últimos anos.

A Av. Principal possui duas faixas de rolamento, sendo seu limite de velocidade regulamentado de 60 km/h. Entre as ruas B e C, em ambos os sentidos de trânsito existem conversões à esquerda, as quais criam conflitos especialmente nos períodos de maior volume veicular. A Av. Principal é uma via importante que liga o centro aos bairros da cidade, apresentando um volume veicular significativo em períodos de pico, e em outros períodos existem veículos que trafegam em alta velocidade, o que ocasiona riscos aos pedestres.

Também, pode-se observar que em ambos os locais de estudo existem pontos de ônibus, utilizados por várias empresas de transporte urbano, e em alguns casos interurbano. Em ambos os locais, os ônibus param em uma das faixas de rolamento, obstaculizando o tráfego veicular nessa faixa, especialmente nos períodos de maior demanda de passageiros.

5.1.2 Etapa A: Obtenção de dados

Como apresentado na seção 4.2.1, nesta etapa é realizada a coleta dos dados necessários para a aplicação do procedimento para implantação de Lombadas Eletrônicas. Dentre esses dados têm-se a velocidade no 85º percentil, o volume veicular, as características físicas do local de estudo e o histórico de acidentes de trânsito com mortes e feridos.

a. Dados de acidentes

Em relação ao histórico de acidentes com mortes e feridos, é ideal obter os dados de pelo menos três anos para ter uma análise mais ampla desses dados. Além disso, estes acidentes devem ter como um dos seus fatores contribuintes o excesso de velocidade e pedestres como vítimas decorrentes dos mesmos.

Em algumas cidades, estes dados podem ser obtidos diretamente no órgão de trânsito, os quais estão digitalizados, sendo mais simples sua utilização. Em outros casos, a Brigada Militar é quem fornece esses dados, onde podem ser encontrados registros em papel e digitalizados.

O histórico de acidentes necessário para a aplicação deve corresponder a cada um dos trechos viários que compõem o local de estudo, tanto para o sentido Centro-Bairro (CB) como para o sentido Bairro-Centro (BC). Assim, é possível observar se os acidentes são distribuídos ao longo do local ou concentrados em um trecho viário pequeno, caracterizando a utilização de uma Lombada Eletrônica.

b. Dados de velocidade e volume veicular

Os dados de velocidade e volume veicular podem ser obtidos através de uma pesquisa de tráfego realizada nos períodos de maior fluxo de pedestres. Existem diferentes métodos

para realizar a pesquisa de tráfego, sendo a escolha determinada pela disponibilidade de equipamentos, recursos humanos ou pelas características do local de estudo. No caso de coleta de dados de velocidade, dentre os principais métodos têm-se o método das bases longas, método das bases curtas e a técnica de radar.

O método das bases longas consiste na medição do tempo que um veículo utiliza para transpor um trecho determinado, geralmente de 30 a 100 metros de comprimento. Os métodos das bases curtas medem o tempo de percurso do veículo em trechos muito curtos (normalmente em torno de dois metros), necessitando, portanto, de aparelhos de alta precisão colocados sobre a via. Na técnica do radar é utilizado um radar de efeito *Doppler* para medir velocidades veiculares.

A coleta de dados do volume veicular é realizada através de contagens, que podem ser manuais, realizadas por pesquisadores postados ao lado da via, ou automáticas, realizadas por aparelhos instalados ao lado (ou sobre) a via, que registram a passagem dos veículos. Os dados de volume veicular podem ser discretizados em períodos de 15 minutos ou de uma hora, embora possa ter qualquer tamanho julgado conveniente para a pesquisa. No estudo de caso, o modelo de previsão utiliza o volume veicular por período de 15 minutos, enquanto que na análise microscópica do tráfego são utilizados os dados por período de uma hora.

Com a finalidade de observar a variabilidade da velocidade ao longo do tempo, é necessário realizar o levantamento de dados de velocidade em diversos períodos do dia, considerando os períodos de maior tráfego de pedestres. Estes dados, junto com os dados de volume veicular, são utilizados principalmente na etapa de simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular, apresentada posteriormente.

c. Outros dados

Outros dados importantes nesta aplicação, especialmente na etapa de simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular, são as características físicas do local de estudo. Estes dados são utilizados no modelo de previsão para estimar a velocidade em torno desses equipamentos de fiscalização, e são coletados *in loco*. Entre as características físicas que devem ser coletadas tem-se o número de faixas da via, o uso de solo no entorno do local de estudo, a declividade da via, a existência de sinalização, a geometria viária, entre outros.

5.1.3 Etapa B: análise do número de acidentes

Como apresentado na seção 4.2.2, nesta etapa é observada, primeiramente, a tendência que assumem os acidentes no local de estudo. Se os acidentes estão concentrados em um trecho viário de pequena extensão é adequada a utilização de uma Lombada Eletrônica. Nos casos em que os acidentes são distribuídos ao longo de segmentos viários grandes pode-se utilizar Radares Fixos ou Estáticos. Nas Tabelas 5.1 e 5.2 é apresentado o histórico de acidentes definido para o exemplo, correspondente a um período de três anos.

Tabela 5.1: Número de acidentes com mortes e feridos no local de estudo, sentido Centro-Bairro

Trechos	Número de acidentes						Total
	Mortes			Feridos			
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	
Rua A – Rua B	0	0	0	1	0	0	1
Rua B – Rua C	4	5	4	2	1	2	18
Rua C – Rua D	0	0	0	0	0	1	1

Tabela 5.2: Número de acidentes com mortes e feridos no local de estudo, sentido Bairro-Centro

Trechos	Número de acidentes						Total
	Mortes			Feridos			
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	
Rua D – Rua C	0	0	0	0	0	1	1
Rua C – Rua B	3	4	4	2	1	2	16
Rua B – Rua A	0	0	0	1	0	0	1

Nas Tabelas 5.1 e 5.2 pode-se observar que a maior parte dos acidentes está concentrada no trecho viário entre as ruas B e C, em ambos os sentidos do tráfego, indicando o possível uso da Lombada Eletrônica nesse trecho. Uma vez definido a possível utilização do dispositivo, o seguinte passo é analisar o número de acidentes com mortes e feridos, que tenham com um dos seus principais fatores contribuintes o excesso de velocidade, registrados no local de estudo.

Observando o número de acidentes no trecho entre as ruas B e C, em ambos os sentidos do tráfego, ao longo dos anos 2003, 2004 e 2005, pode-se observar que este valor é maior que

o valor referencial proposto para este caso: três acidentes com feridos e mortes por ano. Dessa maneira, este trecho viário pode ser definido como crítico em relação aos acidentes.

5.1.4 Etapa C: Obtenção da taxa de severidade dos acidentes

Uma vez definido que pelo menos um dos trechos do local de estudo é crítico de acidentes e que poderia utilizar-se uma Lombada Eletrônica devido à concentração destes em um pequeno trecho viário, o seguinte passo é o cálculo da taxa de severidade dos acidentes. Através desta taxa pode-se confirmar se o trecho é efetivamente crítico de acidentes.

Para o cálculo da taxa de severidade dos acidentes é utilizada a equação (1) (seção 3.1.4). Esta equação utiliza o número de acidentes em UPS (Unidade Padrão de Severidade), o período de estudo em dias (geralmente 365 dias), o volume médio diário que passa pelo trecho viário (neste exemplo esse dado foi definido como sendo 20000 e 25000 veículos por dia, nos sentidos CB e BC, respectivamente) e a extensão do trecho viário (0,13 km: entre rua A e B, 0,13 km: entre rua B e C, e 0,13 km: entre rua C e D)

Os dados numéricos de acidentes são convertidos a UPS utilizando a equação (2) da seção 3.1.4. Nas Tabelas 5.3 e 5.4 são apresentados os resultados dessa conversão.

Tabela 5.3: Número de acidentes em UPS, sentido Centro-Bairro

Trechos	Acidentes em UPS		
	2003	2004	2005
Rua A – Rua B	5	0	0
Rua B – Rua C	62	70	62
Rua C – Rua D	0	0	5

Tabela 5.4: Número de acidentes em UPS, sentido Bairro-Centro

Trechos	Acidentes em UPS		
	2003	2004	2005
Rua D – Rua C	0	0	5
Rua C – Rua B	49	70	62
Rua B – Rua A	5	0	0

Obtidos todos os dados necessários procedeu-se ao cálculo da taxa de severidade dos acidentes, a qual é apresentada nas Tabelas 5.5 e 5.6.

Tabela 5.5: Taxa de severidade dos acidentes, sentido Centro-Bairro

Trechos	Taxa de severidade dos acidentes		
	2003	2004	2005
Rua A – Rua B	5	0	0
Rua B – Rua C	65	74	65
Rua C – Rua D	0	0	5

Tabela 5.6: Taxa de severidade dos acidentes, sentido Bairro-Centro

Trechos	Taxa de severidade dos acidentes		
	2003	2004	2005
Rua D – Rua C	0	0	4
Rua C – Rua B	41	59	52
Rua B – Rua A	4	0	0

Para determinar os trechos críticos calculamos primeiramente a taxa média de severidade dos acidentes no local de estudo, para todo o período de estudo. Aqueles trechos que estejam acima desse valor serão considerados críticos. Neste exemplo, a taxa média corresponde à média das taxas de severidade de acidentes dos trechos viários, sentidos CB e BC, para os anos 2003, 2004 e 2005 (dezoito dados). Dessa maneira, a taxa média de severidade dos acidentes para o exemplo é igual a:

$$Taxa\ média = \frac{5 + 0 + 0 + 65 + 74 + 65 + 0 + 0 + 5 + 0 + 0 + 4 + 41 + 59 + 52 + 4 + 0 + 0}{18}$$

Taxa média = 21 acidentes em UPS por milhões de veículos x km

Assim, pode-se observar que o trecho entre as ruas B e C, sentidos CB e BC, é o mais crítico. As taxas de severidade de acidentes para esse trecho foram maiores que a taxa média (21 acidentes em UPS por milhões de veículos x km). Os outros trechos viários não

ultrapassaram a taxa média, não tendo, portanto, problemas críticos relacionados com acidentes.

5.1.5 Etapa D: Análise da velocidade no 85º percentil

Uma vez confirmado na etapa anterior que existe pelo menos um trecho crítico de acidentes, o seguinte passo é determinar se esse trecho crítico e os outros trechos têm problemas relacionados com velocidade. Assim, nesta etapa é analisada a velocidade no 85º percentil do local de estudo, determinada a partir dos dados da pesquisa de velocidade. Nas Figuras 5.2 e 5.3 é mostrada a velocidade no 85º percentil, definida para este exemplo, correspondente ao menor e maior volume veicular observado no local.

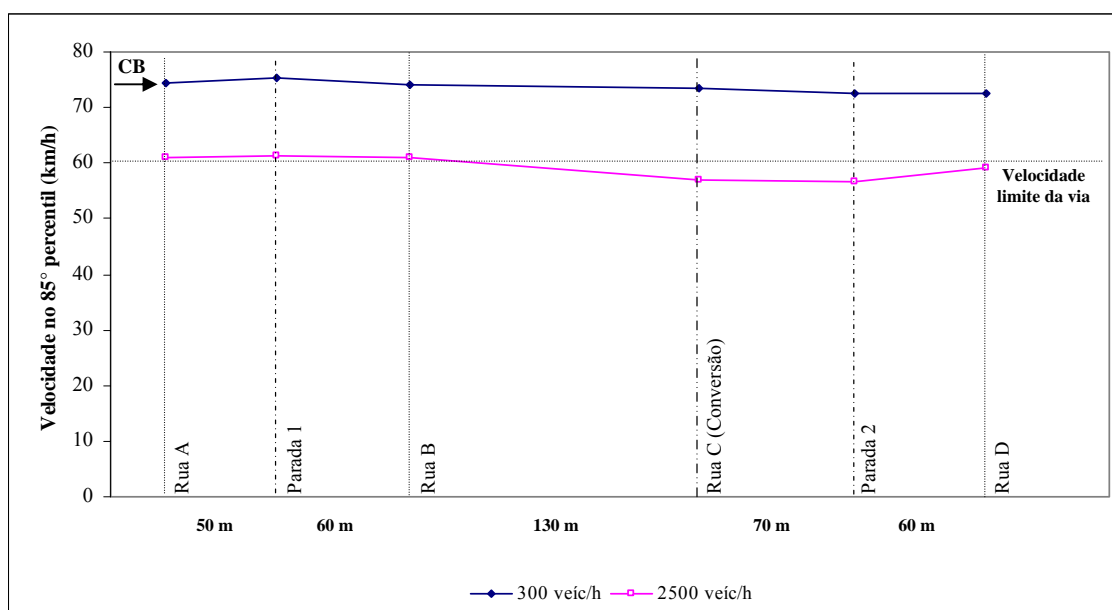


Figura 5.2: Velocidade no 85º percentil, sentido Centro-Bairro

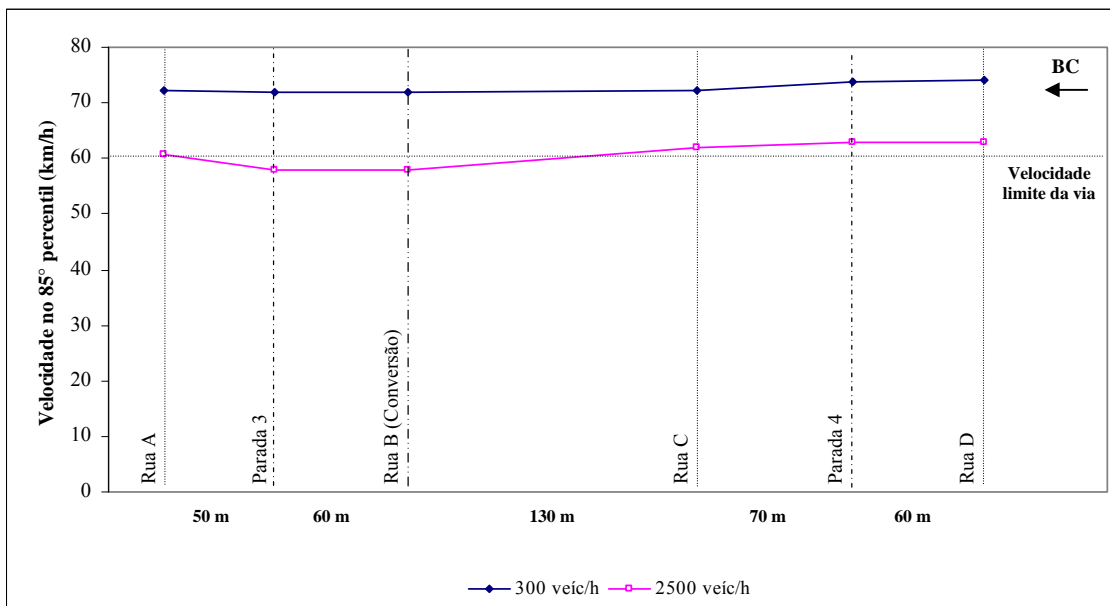


Figura 5.3: Velocidade no 85º percentil, sentido Bairro-Centro

Pode-se observar, através das Figuras 5.2 e 5.3, que a velocidade no 85º percentil para o menor volume veicular (300 veíc/h) está acima do limite de velocidade da via, estipulado em 60 km/h. Além disso, essa velocidade é maior que tolerância referencial adotada no procedimento proposto para definir se o local tem problemas relacionados com velocidade no 85º percentil (limite de velocidade $\times 1,10 + 3,2$ km/h = 69,2 km/h). No maior volume veicular (2500 veíc/h), pode-se observar que velocidade no 85º percentil diminui em alguns pontos da via como consequência dos conflitos existentes no local, como as conversões à esquerda e as paradas de ônibus, que influenciam na velocidade.

Analisando a velocidade no 85º percentil, é importante observar que os períodos onde geralmente existe menos volume veicular são os mais favoráveis às altas velocidades. Assim, nestes períodos existe maior probabilidade de acontecer mais acidentes com maior severidade, como consequência dessas velocidades.

Assim, a partir da análise dos dados de acidentes realizada nas etapas anteriores, e da análise da velocidade no 85º percentil realizada nesta etapa, pode-se determinar a possível instalação de uma Lombada Eletrônica no trecho mais crítico de acidentes e de velocidade. Este trecho foi definido como sendo aquele entre as ruas B e C, em ambos os sentidos de tráfego, já que ele apresenta os maiores problemas tanto de acidentes quanto de altas velocidades.

Uma vez definida a necessidade de instalação de uma Lombada Eletrônica, é necessário observar qual seria o possível efeito desse dispositivo no local de estudo. Para isso, é realizada uma simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular.

5.1.6 Etapa E: Simulação do efeito da lombada eletrônica na velocidade veicular

Uma vez satisfeitos os critérios mínimos das etapas B, C e D, do procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas, realizou-se a simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular.

Cabe destacar que no local de estudo existem conversões à esquerda e pontos de ônibus, que influenciam na velocidade. Assim, as velocidades estimadas com o modelo de previsão não seriam suficientes para mostrar o efeito combinado da Lombada Eletrônica e outros conflitos na velocidade. Dessa maneira, é necessário realizar uma análise microscópica do tráfego para melhor avaliar esse efeito.

5.1.6.1 Modelo de previsão

Nesta etapa foi utilizado como modelo de previsão o modelo de Bocanegra *et al.* (2004a). Este modelo foi desenvolvido com Redes Neurais Artificiais (RNA), utilizando dados da cidade de Brasília, e estima a velocidade média em pontos no entorno de Lombadas Eletrônicas.

A utilização desse modelo também se justifica pela semelhança de algumas características dos dados de Brasília e do exemplo fictício. Entre essas características têm-se a ausência de semáforos, o número de faixas das vias (2 faixas), o uso de solo no entorno dos locais de estudo (residencial), a declividade (plano).

Dentre os dados necessários para o modelo de RNA estimar a velocidade junto às Lombadas Eletrônicas, vistos na seção 4.2.5.1, está o volume veicular e o limite de velocidade no dispositivo de fiscalização.

Com a finalidade de observar a variabilidade da velocidade nos locais de estudo, foram realizadas estimativas utilizando três volumes veiculares: volume mínimo, volume médio e volume máximo. A velocidade estimada no volume mínimo definido neste exemplo é aquela

que mais se aproxima da velocidade em fluxo livre, atingida sem obstáculos, e considerada como desejada pelos motoristas. Na Tabela 5.7 são mostrados os volumes veiculares definidos para o local de estudo.

Tabela 5.7: Volumes veiculares do local de estudo

	CB	BC
Volume mínimo	300 veíc/h	300 veíc/h
Volume médio	1500 veíc/h	1500 veíc/h
Volume máximo	2500 veíc/h	2500 veíc/h

No caso da variável “limite de velocidade no dispositivo de fiscalização”, esta foi definida para o exemplo como sendo 40 km/h. Isto foi definido devido ao local de estudo estar inserido em uma área urbana que possui uma escola e outros locais que geram um grande fluxo de pedestres. Nesse caso, os critérios de engenharia recomendam 30 ou 40 km/h como velocidade máxima segura. Assim, com uma velocidade menor poderia-se criar um ambiente mais propício para a travessia segura de pedestres, sem provocar grandes distúrbios para o fluxo de veículos. Além disso, uma velocidade menor reduziria o número e a gravidade dos acidentes envolvendo pedestres.

A partir dos dados fornecidos ao modelo de RNA, foram estimadas as velocidades médias em pontos antes e depois da Lombada Eletrônica proposta. Estas velocidades são mostradas nas Figuras 5.4 e 5.5.

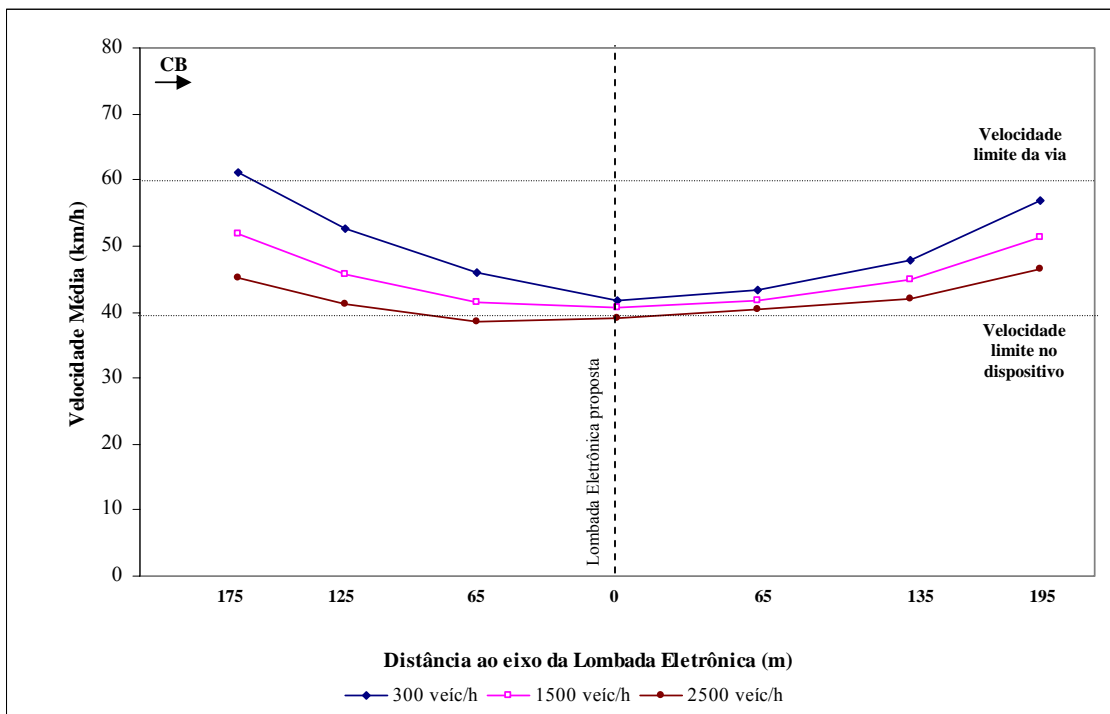


Figura 5.4: Velocidade média pontual estimada com o modelo de RNA, sentido Centro-Bairro

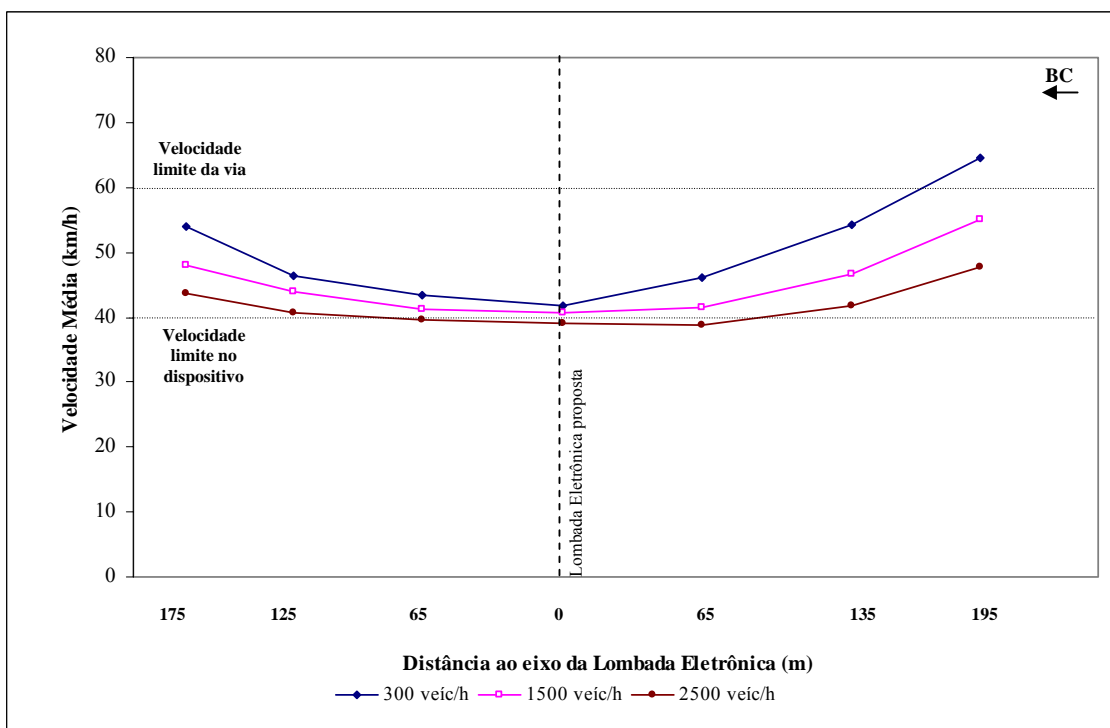


Figura 5.5: Velocidade média pontual estimada com o modelo de RNA, sentido Bairro-Centro

Pode-se observar que, conforme esperado, a velocidade média pontual estimada no entorno da Lombada Eletrônica é dependente do volume veicular. Entretanto, a variação da velocidade com o volume é menor no trecho de retomada de velocidade, após o dispositivo de controle. Essa tendência é observada também nas velocidades estimadas no trabalho de Bocanegra *et al.* (2004a), que confirma um padrão das velocidades no entorno de Lombadas Eletrônicas.

Como explicado anteriormente, devido à presença de conflitos gerados por conversões à esquerda e pontos de ônibus no local de estudo, deve-se realizar adicionalmente uma análise microscópica do tráfego. Através dessa análise pode-se avaliar melhor o impacto combinado da Lombada Eletrônica e os outros conflitos.

A realização da análise microscópica do tráfego pressupõe a utilização das velocidades média em fluxo livre para cada trecho viário do local de estudo. No estudo de caso, essa velocidade foi assumida como sendo a velocidade média obtida a partir das velocidades pontuais estimadas com o modelo de RNA para o menor fluxo veicular (300 veíc/h). Essa velocidade média foi definida como sendo a média das velocidades do ponto inicial e final de cada trecho viário existente no local de estudo. Nas Figuras 5.6 e 5,7 são apresentadas as velocidades médias obtidas a partir dos resultados do modelo de RNA.

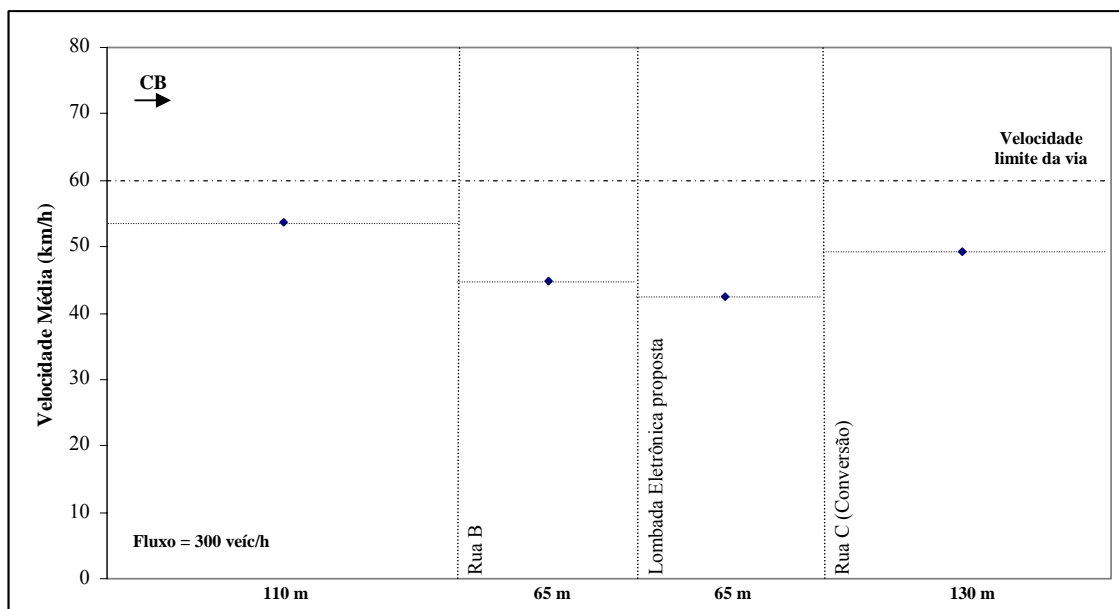


Figura 5.6: Velocidade média dos trechos do local de estudo definida a partir modelo de RNA: sentido Centro-Bairro

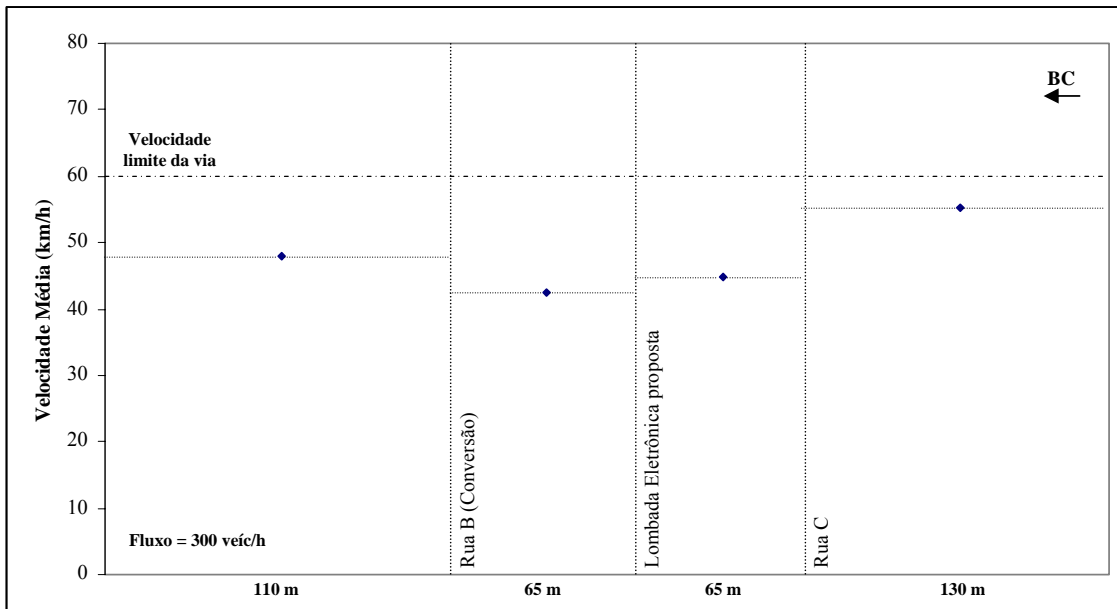


Figura 5.7: Velocidade média dos trechos do local de estudo definida a partir modelo de RNA: sentido BC

5.1.6.2 Análise microscópica do tráfego

A análise microscópica do tráfego foi realizada com o *software* de microssimulação de tráfego DRACULA (*Dynamic Route Assignment Combining User Learning and MicroSimulation*). Este microssimulador foi escolhido por permitir a codificação de nó *dummy*, que possibilita a representação da Lombada Eletrônica. Dessa maneira, podem ser atribuídas diferentes velocidades aos arcos à montante e à jusante do nó *dummy*.

O DRACULA foi desenvolvido na Universidade de Leeds, em 1993 (LIU *et al.*, 1995), e adaptou uma nova abordagem para modelagem de redes viárias, na qual a ênfase está na simulação das trajetórias individuais dos veículos e das escolhas individuais dos motoristas.

O DRACULA exige três conjuntos de dados de entrada: (i) descrição das características operacionais e geométricas da rede; (ii) quantificação da demanda através de fluxos nas rotas (automóveis e veículos de carga); e (iii) parâmetros comportamentais e características dos veículos. O modelo é estocástico, permitindo reproduzir a variabilidade nos três conjuntos de dados de entrada (LIU, 2003).

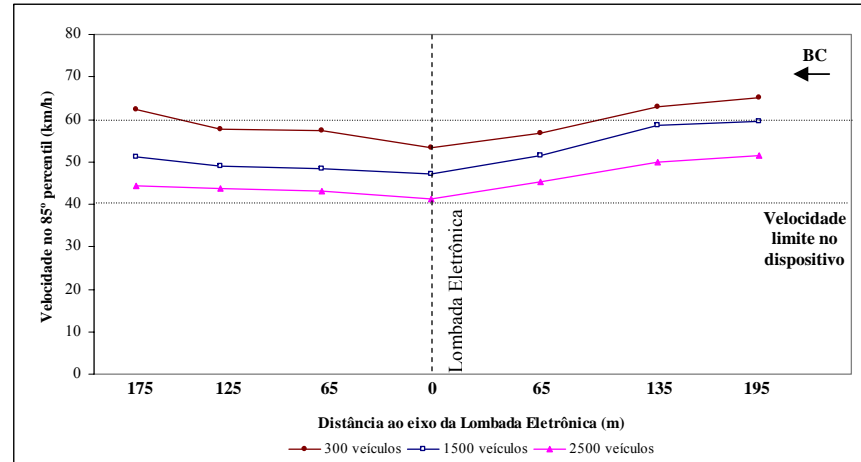
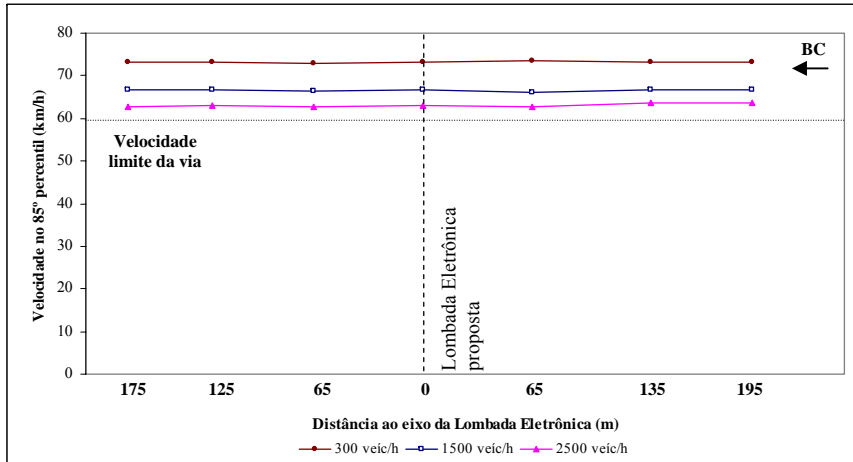
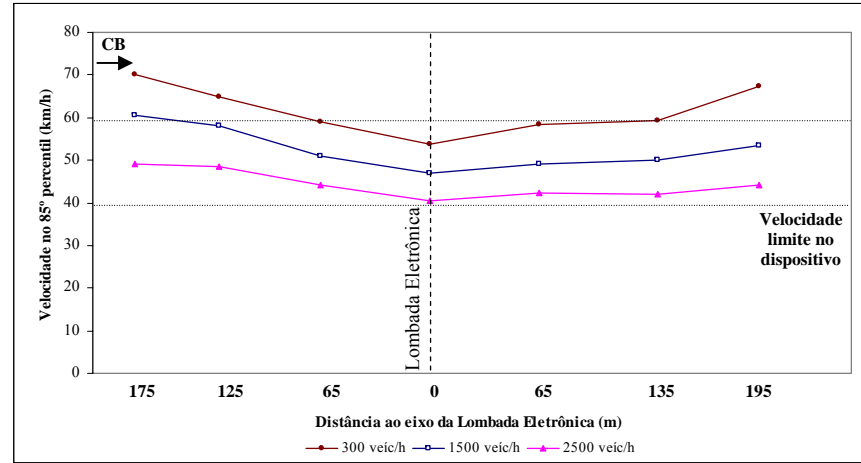
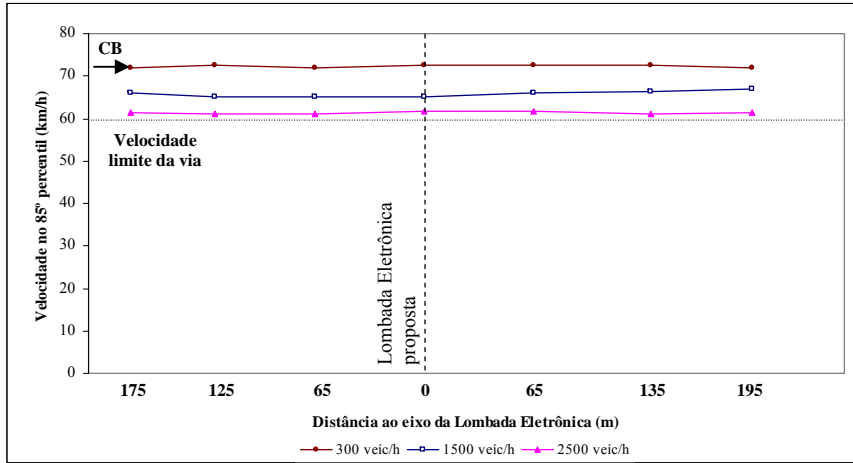
No estudo de caso, dados referentes à descrição das características operacionais e geométricas da rede (incluída a velocidade média para o menor volume veicular estimada do

modelo de previsão), quantificação da demanda através de fluxos nas rotas e parâmetros comportamentais e características dos veículos foram introduzidos no DRACULA como dados de entrada.

Através do DRACULA foram simulados vários cenários com a finalidade de observar a tendência da velocidade veicular como consequência da presença de conversões à esquerda, de pontos de ônibus e da presença da Lombada Eletrônica no local de estudo. Dessa maneira pode-se avaliar melhor o efeito conjunto desses conflitos na velocidade veicular. As simulações foram realizadas utilizando os valores predeterminados dos parâmetros do DRACULA. Os cenários simulados são mostrados na Tabela 5.8, e os resultados dessas simulações são mostrados nas Figuras 5.8, 5.9 e 5.10.

Tabela 5.8: Cenários simulados no DRACULA

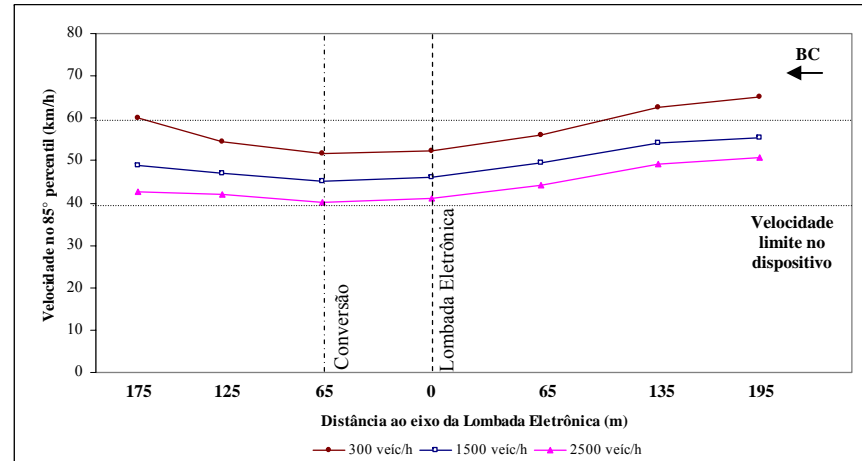
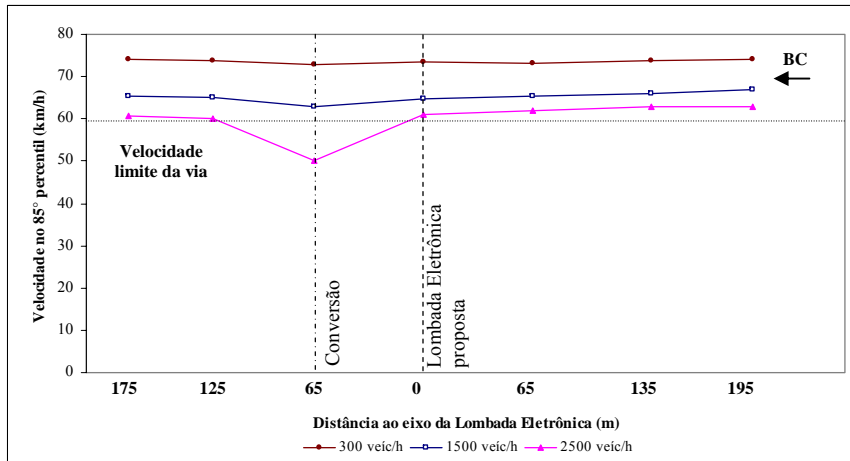
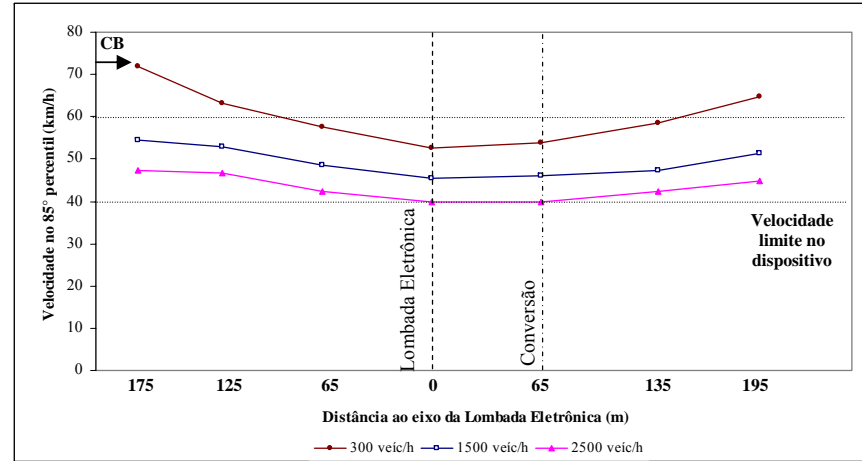
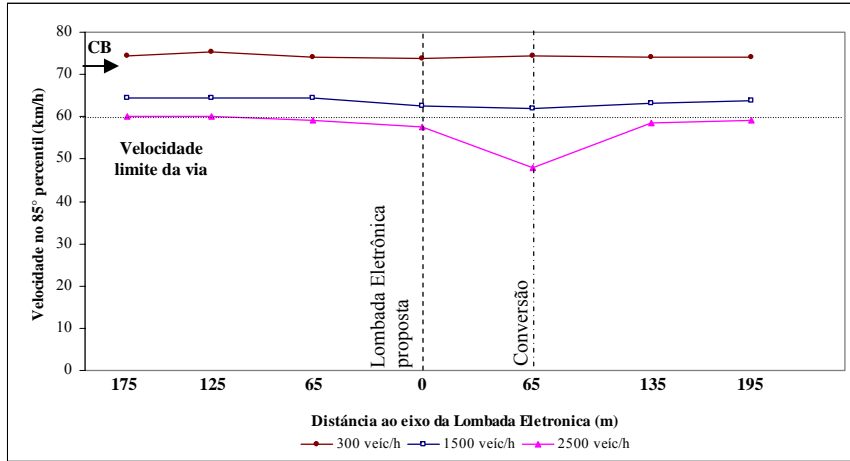
Cenários	Observações
a. Sem conversão à esquerda, sem Lombada Eletrônica e sem ponto de ônibus.	Volumes de 300, 1500 e 2500 veículos x hora
b. Sem conversão à esquerda, com Lombada Eletrônica e sem ponto de ônibus.	Volumes de 300, 1500 e 2500 veículos x hora
c. Com conversão à esquerda, sem Lombada Eletrônica e sem ponto de ônibus.	10% de cada volume veicular realizou a conversão à esquerda.
d. Com conversão à esquerda, com Lombada Eletrônica e sem ponto de ônibus.	10% de cada volume veicular realizou a conversão à esquerda.
e. Sem conversão à esquerda, sem Lombada Eletrônica e com ponto de ônibus.	Volume de 2500 veículos x hora, 20 ônibus x hora (20 passageiros) e 60 ônibus x hora (50 e 150 passageiros)
f. Sem conversão à esquerda, com Lombada Eletrônica e com ponto de ônibus.	Volume de 2500 veículos x hora, 20 ônibus x hora (20 passageiros) e 60 ônibus x hora (50 e 150 passageiros)



Cenário a: Sem Lomada Eletrônica

Cenário b: Com Lomada Eletrônica

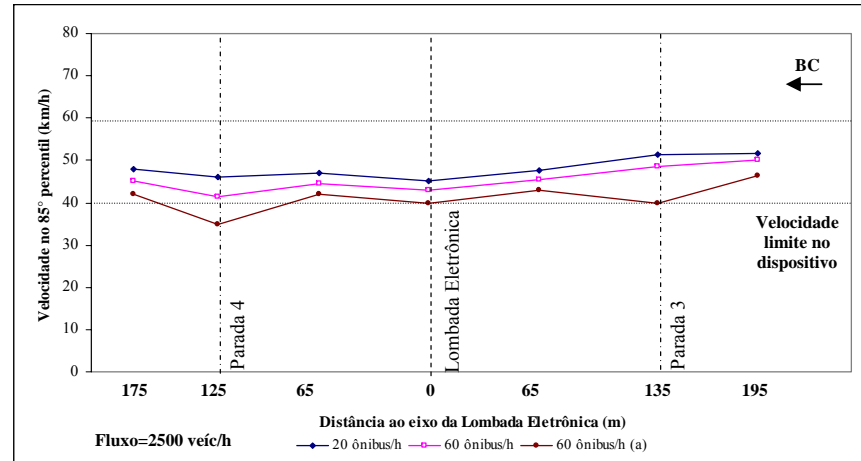
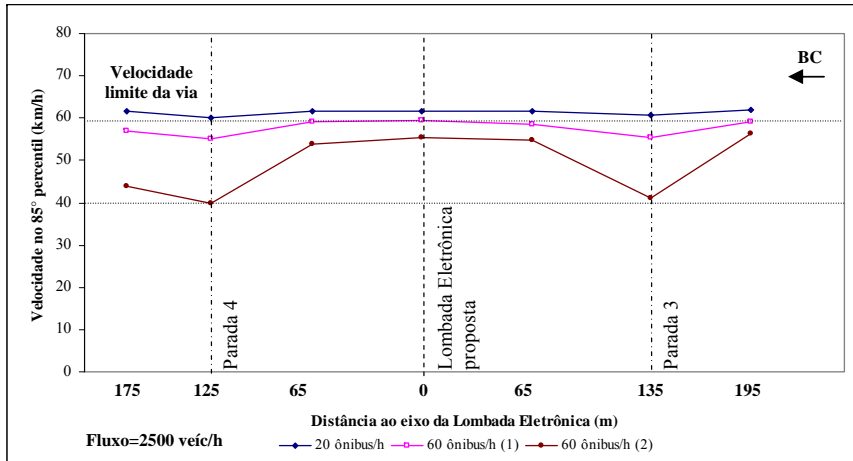
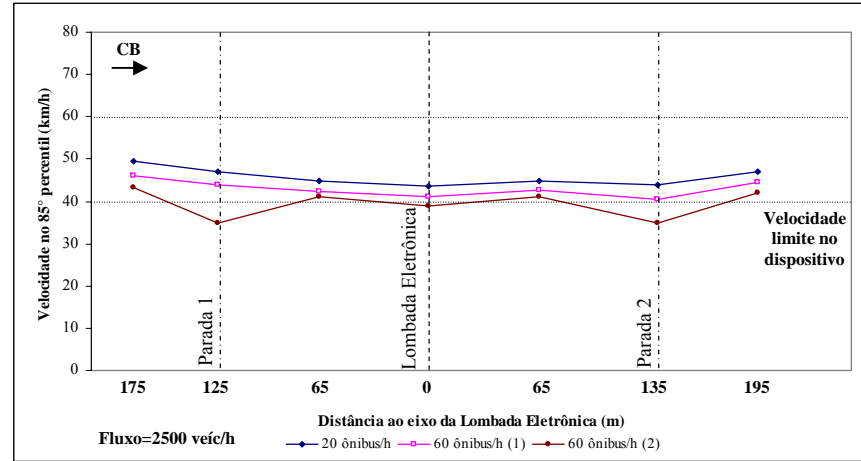
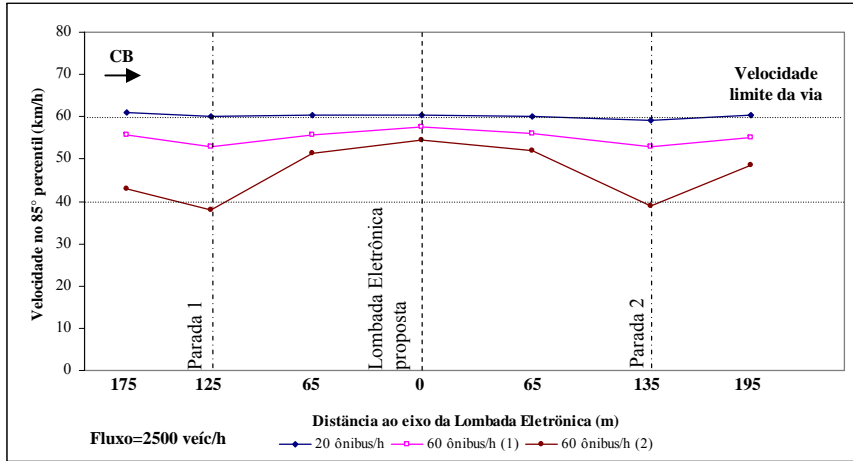
Figura 5.8: Simulação do cenário sem conversão à esquerda, sem parada de ônibus



Cenário c: Sem Lombada Eletrônica

Cenário d: Com Lombada Eletrônica

Figura 5.9: Simulação do cenário com conversão à esquerda e sem parada de ônibus



Cenário e: Sem Lombada Eletrônica

Cenário f: Com Lombada Eletrônica

Figura 5.10: Simulação do cenário sem conversão à esquerda e com parada de ônibus

Na Figura 5.8, que corresponde ao cenário sem conversão à esquerda e sem parada de ônibus, pode-se observar que quando não existe Lombada Eletrônica, as velocidades no 85º percentil são constantes e maiores que o limite de velocidade da via (60 km/h). Conforme o volume veicular aumenta, a velocidade diminui, porém, permanece acima do limite estabelecido. Quando é introduzida uma Lombada Eletrônica, as velocidades diminuem bastante no entorno do equipamento. No entanto, no menor volume veicular a velocidade na Lombada Eletrônica ultrapassa o limite estabelecido no dispositivo mais a tolerância para autuação ($40 \text{ km/h} + 7 \text{ km/h} = 47 \text{ km/h}$). No entanto, no volume médio e máximo esse limite não é ultrapassado.

Na Figura 5.9 pode-se observar que a presença de conversões à esquerda, no cenário sem Lombadas Eletrônicas, influencia a velocidade nos maiores volumes veiculares, especialmente nos pontos onde se realiza a conversão. Mesmo assim, as velocidades no 85º percentil se mantêm altas, especialmente nos períodos de pouco volume veicular, onde as conversões à esquerda não influenciam a velocidade veicular. Quando introduzidas Lombadas Eletrônicas observa-se que ocorre uma diminuição na velocidade veicular. Na curva de velocidade, a influência da conversão à esquerda, embora levemente, é percebida no ponto de conversão. Isto se deve ao fato de que os veículos já trafegam com velocidades baixas em função da Lombada Eletrônica, não sendo necessário desacelerar no ponto de conversão à esquerda.

Na Figura 5.10 pode-se observar, no cenário sem conversão à esquerda e com paradas de ônibus, que quando não há uma Lombada Eletrônica, ocorre uma diminuição da velocidade nos pontos correspondentes às paradas de ônibus, embora seja mais marcante na situação crítica (60 ônibus/h e 150 passageiros em cada parada de ônibus). Assim, observou-se que quanto mais passageiros e mais ônibus existam no local de estudo maior será o impacto deles na velocidade, especificamente nas paradas de ônibus.

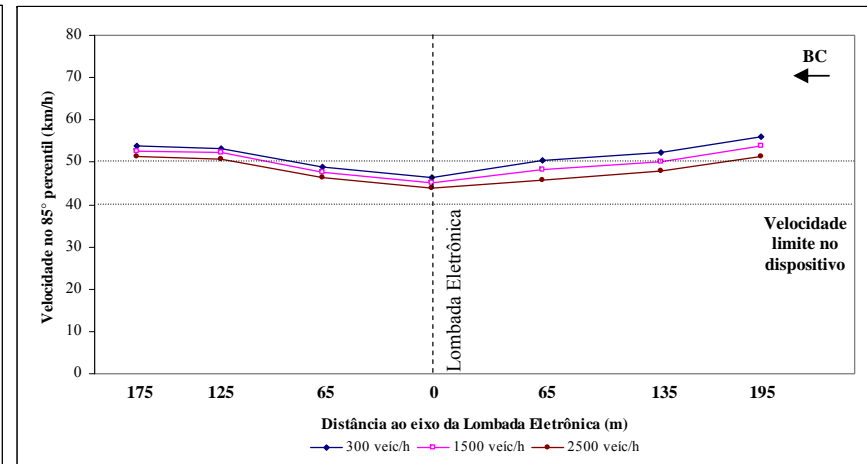
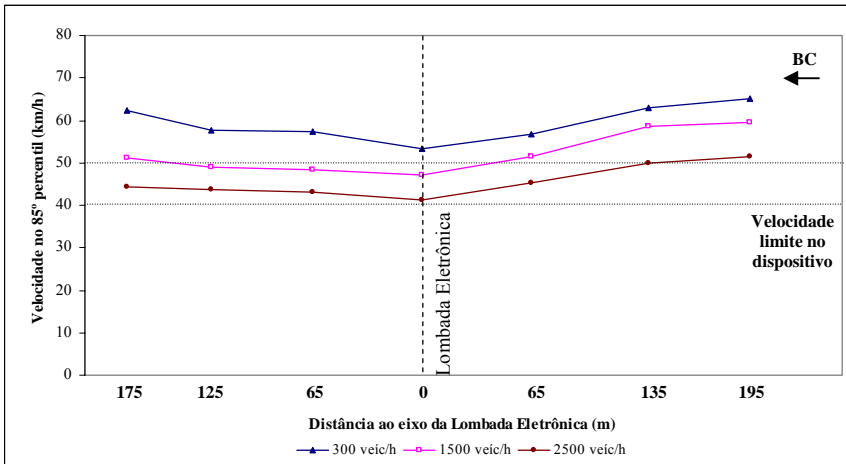
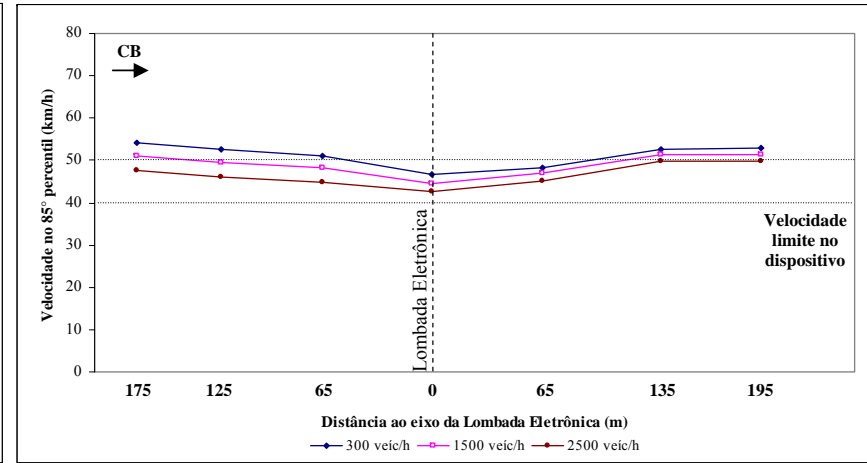
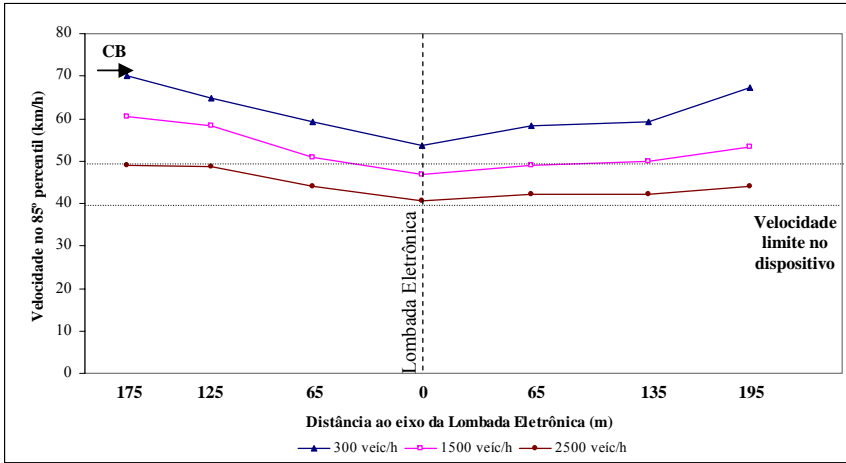
Quando foi instalada a Lombada Eletrônica, observou-se a mesma tendência, onde a velocidade diminui nos pontos correspondentes às paradas de ônibus, especialmente na situação crítica. Além disso, as velocidades ficaram mais próximas, não apresentando grandes diferenças. Isto porque o efeito da Lombada Eletrônica faz que os veículos mantenham uma velocidade baixa e próxima ao longo do local fiscalizado.

Um ponto importante observado nas Figuras 5.8 e 5.9 é o fato da velocidade no 85º percentil na Lombada Eletrônica ser maior que o limite de velocidade mais a tolerância para autuação (49 km/h). Isto pode estar relacionado ao valor *default* do coeficiente de variação da velocidade utilizado pelo microssimulador DRACULA. O valor *default* de 0,2 pressupõe o uso de um desvio padrão elevado, com o qual haveria uma grande dispersão na distribuição de velocidade, o que não corresponde a locais com FEV. Em locais com dispositivos de FEV, a dispersão de velocidades é menor, uma vez que todos os veículos tendem a trafegar no local com velocidades baixas e próximas ao valor regulamentado. Provavelmente, com uma calibração mais detalhada do DRACULA poderiam definir-se valores compatíveis com a simulação de um local com FEV.

A partir de dados de velocidade observados em Lombadas Eletrônicas, na cidade de Porto Alegre, obteve-se um coeficiente de variação da velocidade de 0,07, além de um desvio padrão da velocidade média e no 85º percentil de 2,07 e 2,34 km/h, respectivamente. Esses resultados confirmam que existe pouca dispersão dos dados de velocidade em locais fiscalizados com Lombadas Eletrônicas, decorrentes das velocidades baixas e próximas que os motoristas costumam praticar nessas situações.

Dessa maneira, foi realizada uma nova simulação dos cenários com Lombadas Eletrônicas, utilizando o novo coeficiente de variação da velocidade, obtido a partir de dados de velocidade levantados em locais fiscalizados com Lombadas Eletrônicas (0,07).

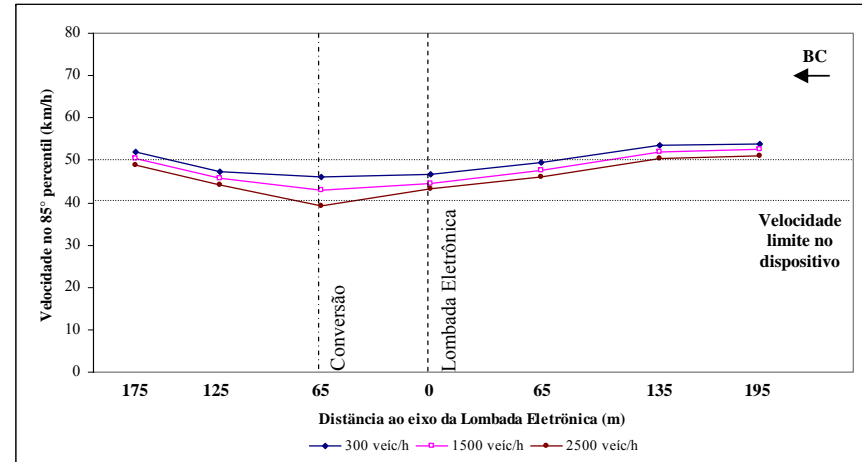
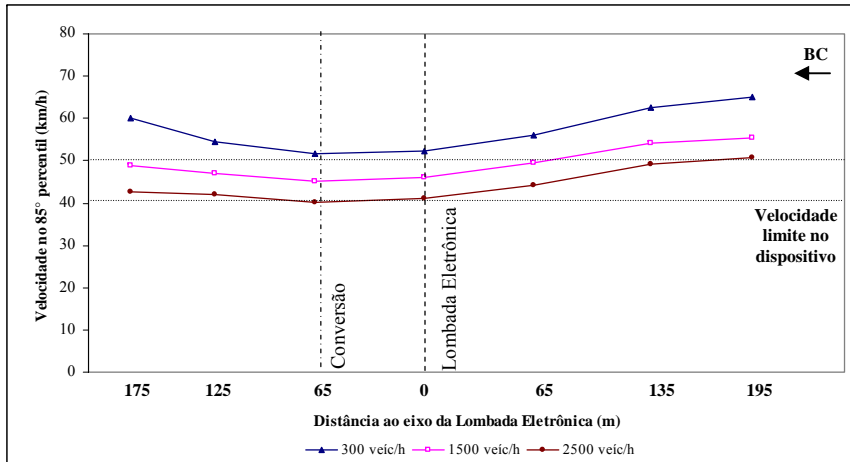
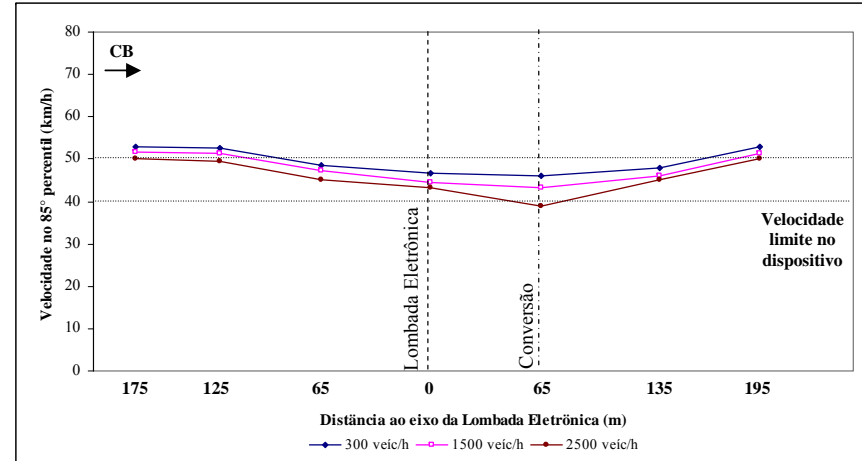
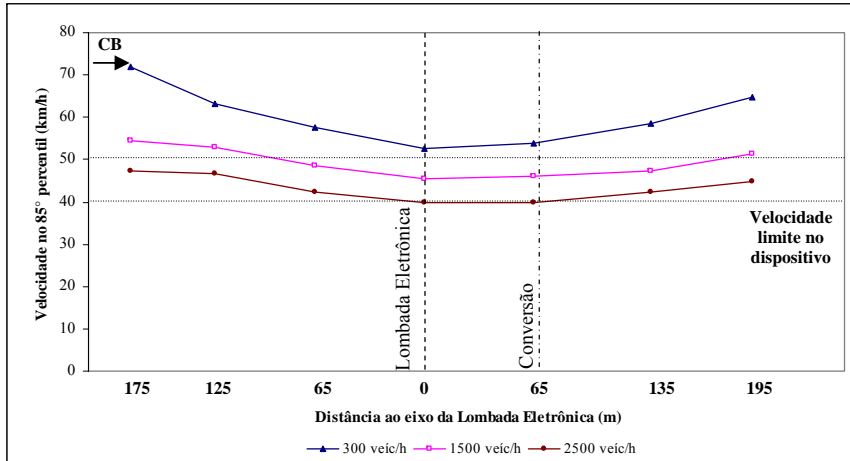
Os dados obtidos da nova simulação foram comparados com aqueles obtidos utilizando o coeficiente de variação de velocidade *default* utilizado no DRACULA. Assim, pôde-se observar as mudanças apresentadas na velocidade no 85º percentil decorrentes da menor dispersão dos dados de velocidade.



Coefficiente de variação da velocidade = 0,2 (default)

Coefficiente de variação da velocidade = 0,07 (ajustado)

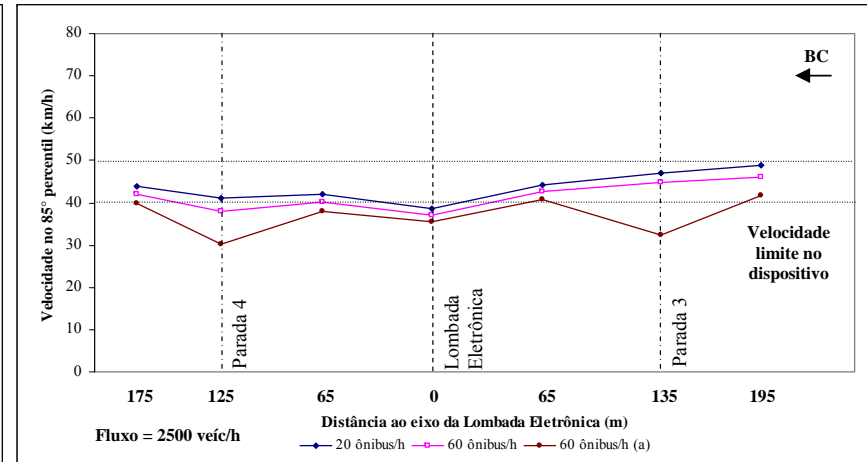
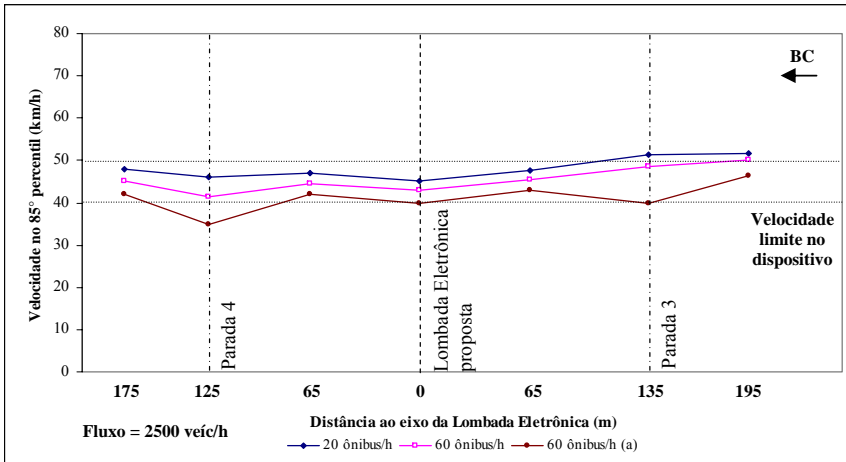
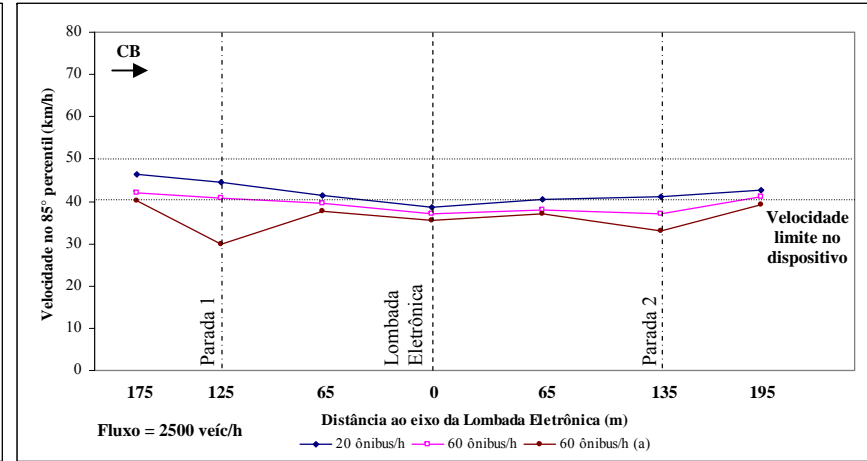
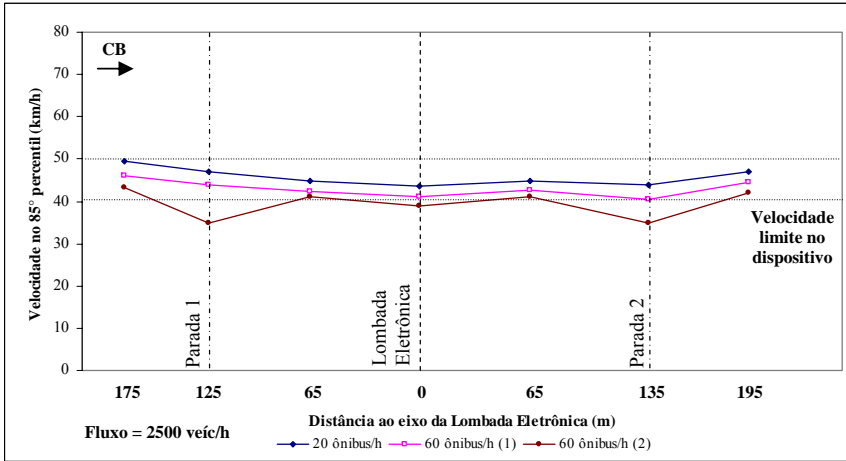
Figura 5.11: Simulação do cenário sem conversão à esquerda, sem parada de ônibus e com Lombada Eletrônica utilizando o coeficiente de variação da velocidade default (0,2) e ajustado (0,07)



Coefficiente de variação da velocidade = 0,2 (default)

Coefficiente de variação da velocidade = 0,07 (ajustado)

Figura 5.12: Simulação do cenário com conversão à esquerda, sem parada de ônibus e com Lombada Eletrônica utilizando o coeficiente de variação da velocidade default (0,2) e ajustado (0,07)



Coefficiente de variação da velocidade = 0,2 (default)

Coefficiente de variação da velocidade = 0,07 (ajustado)

Figura 5.13: Simulação do cenário sem conversão à esquerda, com parada de ônibus e com Lombada Eletrônica utilizando o coeficiente de variação da velocidade default (0,2) e ajustado (0,07)

Como se pode observar nas Figuras 5.11 e 5.12, a velocidade no 85º percentil para os diferentes volumes veiculares fica mais próxima em consequência do uso de um coeficiente de variação da velocidade menor (0,07), apresentando, desse modo, menor dispersão entre os dados de velocidade. Também, pode-se verificar a diminuição da velocidade em comparação com os resultados obtidos da simulação utilizando o coeficiente de variação da velocidade *default* do DRACULA. Além disso, no menor volume veicular, a velocidade na mesma Lombada Eletrônica é menor que o limite de velocidade no dispositivo mais a tolerância para autuação ($40 \text{ km/h} + 7 \text{ km/h} = 47 \text{ km/h}$).

Dessa maneira, os perfis de velocidade são similares aos encontrados em locais fiscalizados com Lombadas Eletrônicas, onde as velocidades para diversos volumes veiculares são mais próximas e a dispersão dos dados de velocidade é menor.

Na Figura 5.12, no cenário com conversão à esquerda, pode-se constatar que no maior volume veicular a influência desse conflito é mais clara. Como o ponto onde se realiza a conversão está após a Lombada Eletrônica, os veículos diminuem ainda mais sua velocidade depois de ultrapassar o dispositivo. Em geral, em locais onde não existem conflitos, a menor velocidade é sempre atingida antes da Lombada Eletrônica, devido à tendência existente entre os motoristas de desacelerar o suficiente pouco antes da Lombada Eletrônica para não serem autuados. Portanto, os veículos começam a acelerar novamente antes de ultrapassar o equipamento de fiscalização, embora o processo de aceleração seja mais demorado que o de desaceleração.

Na Figura 5.13, no cenário com parada de ônibus, sem conversão à esquerda e com Lombada Eletrônica, pode-se observar que na situação mais crítica (60 ônibus/h e 150 passageiros) a velocidade sofre uma queda significativa no mesmo ponto da parada de ônibus. Isto é devido ao maior tempo que o ônibus permanece parado obstaculizando uma faixa de rolamento em função da maior demanda de passageiros. Nas outras situações simuladas, a influência das paradas de ônibus é mais leve, devido ao menor tempo que o ônibus permanece parado como consequência de uma menor demanda de passageiros. Além disso, a velocidade na mesma Lombada Eletrônica, para o menor volume veicular, ficou abaixo do limite de velocidade estabelecido no dispositivo devido à menor dispersão de dados de velocidade.

Até aqui, nas simulações realizadas foi observada a influência que exercem separadamente na velocidade os diferentes conflitos existentes no local de estudo. Para poder

observar os efeitos combinados dos conflitos existentes no local de estudo e a Lombada Eletrônica a ser instalada, foi realizada uma simulação utilizando o cenário com conversões à esquerda, paradas de ônibus e uma Lombada Eletrônica.

Para a realização dessa simulação foi utilizado o coeficiente de variação da velocidade ajustado (0,07), com a finalidade de obter uma menor dispersão dos dados de velocidade, que acontece em locais fiscalizados com Lombadas Eletrônicas. Além disso, as simulações foram realizadas para os três volumes veiculares observados no local de estudo (300, 1500 e 2500 veíc/h). Nas Figuras 5.14 e 5.15 são mostrados os resultados da simulação.

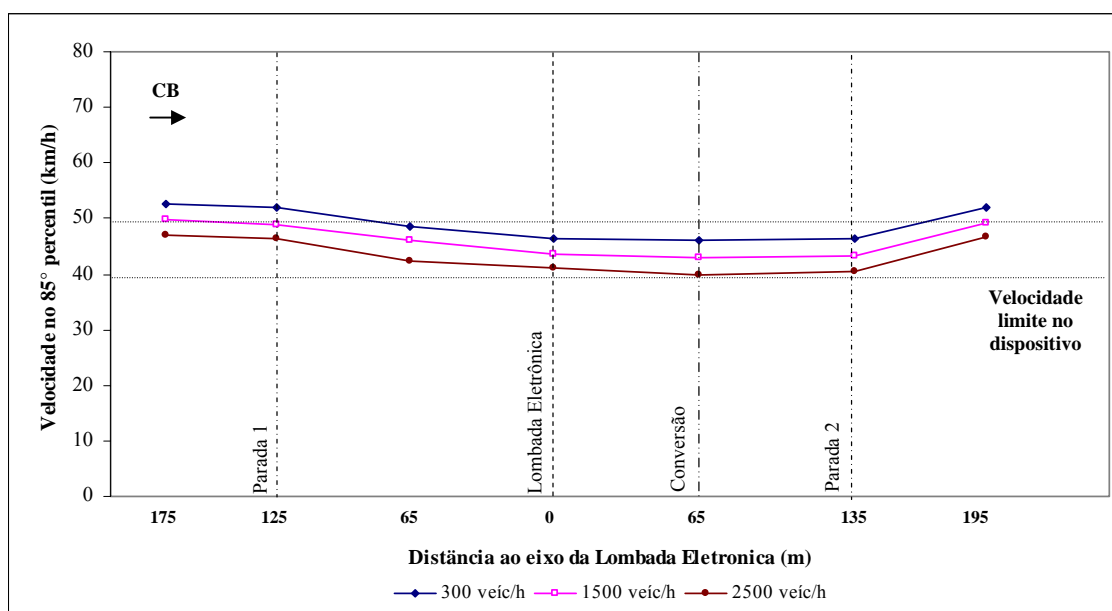


Figura 5.14: Simulação do cenário com conversão a esquerda, parada de ônibus e Lombada Eletrônica, sentido Centro-Bairro

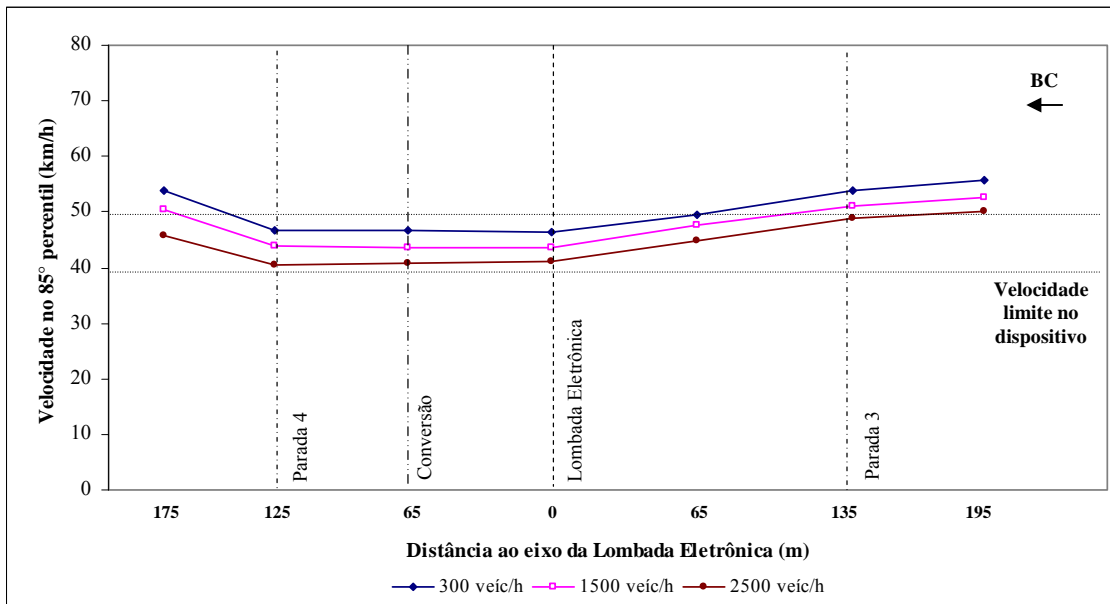


Figura 5.15: Simulação do cenário com conversão a esquerda, parada de ônibus e Lombada Eletrônica, sentido Bairro-Centro

Nas figuras anteriores pode-se observar que a velocidade diminuiu ainda mais após a Lombada Eletrônica em função da conversão à esquerda e da segunda parada de ônibus. Além disso, as velocidades atingidas na Lombada Eletrônica, para os diferentes volumes veiculares, estão abaixo do limite de velocidade estabelecido no dispositivo mais a tolerância para autuação (47 km/h). Isto é devido à menor dispersão de dados da velocidade decorrente da utilização do coeficiente de variação da velocidade ajustado de 0,07.

Ainda, as velocidades se mantêm abaixo dos 47 km/h até a segunda parada de ônibus, 135 e 125 metros depois da Lombada Eletrônica, para os sentidos CB e BC, respectivamente. Também, as velocidades no 85º percentil tanto para o menor quanto para o maior volume estão próximas, devido à pouca dispersão existente nos dados de velocidade derivada do uso do coeficiente de variação da velocidade ajustado (0,07). A menor dispersão de dados de velocidade é uma característica de locais fiscalizados com Lombadas Eletrônicas, onde se atingem velocidades baixas e próximas nos diversos períodos do dia.

O resultado da simulação anterior mostrou o efeito combinado da conversão à esquerda, das paradas de ônibus e da Lombada Eletrônica na velocidade veicular. Isto demonstra que a realização da análise microscópica do tráfego é necessária em locais onde existem conflitos como conversões à esquerda, paradas de ônibus, entre outros, para uma melhor análise do

efeito combinado, uma vez que apenas a utilização do modelo de previsão não é suficiente para mostrar esse efeito.

5.1.7 Etapa F: Comparação entre a velocidade observada e simulada

Realizada a simulação do efeito combinado da Lombada Eletrônica e dos conflitos existente no local de estudo na velocidade veicular, através de um modelo de previsão e de uma análise microscópica do tráfego, o seguinte passo pressupõe a comparação entre as velocidades no 85º percentil observadas e simuladas, caso se implante uma Lombada Eletrônica. As Figuras 5.16, 5.17, 5.18 e 5.19 mostram a comparação entre essas velocidades para o exemplo dado, tanto para o período de menor volume (300 veíc/h) quanto para o de maior volume veicular (2500 veíc/h).

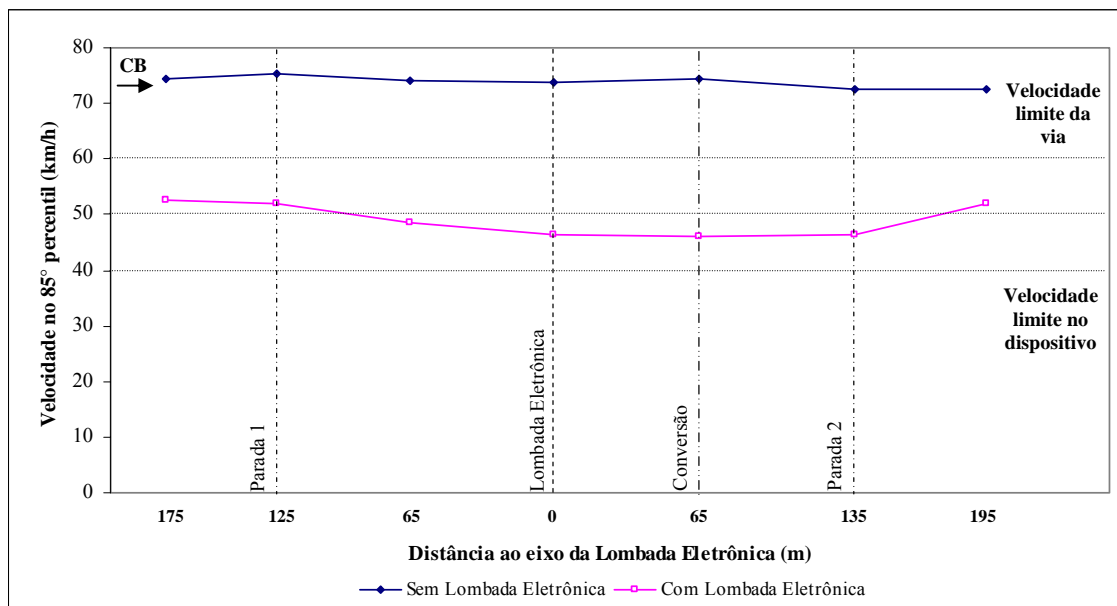


Figura 5.16: Velocidade no 85º percentil observada (sem Lombada Eletrônica) e simulada (com Lombada Eletrônica), menor volume veicular (300 veíc/h), sentido Centro-Bairro

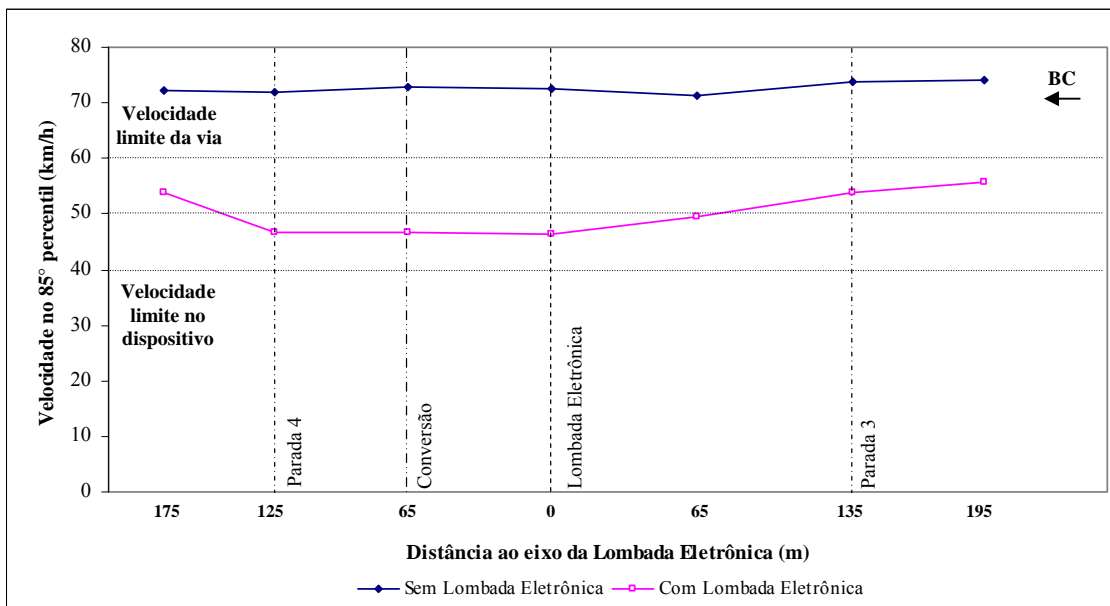


Figura 5.17: Velocidade no 85º percentil observada (sem Lombada Eletrônica) e simulada (com Lombada Eletrônica), menor volume veicular (300 veíc/h), sentido Bairro-Centro

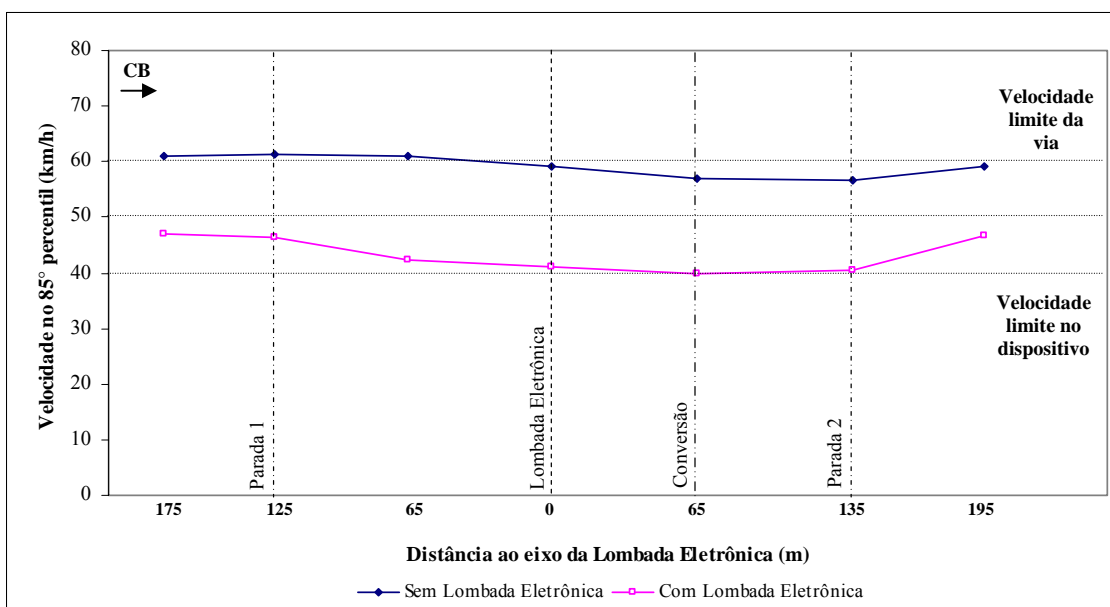


Figura 5.18: Velocidade no 85º percentil observada (sem Lombada Eletrônica) e simulada (com Lombada Eletrônica), maior volume veicular (2500 veíc/h), sentido Centro-Bairro

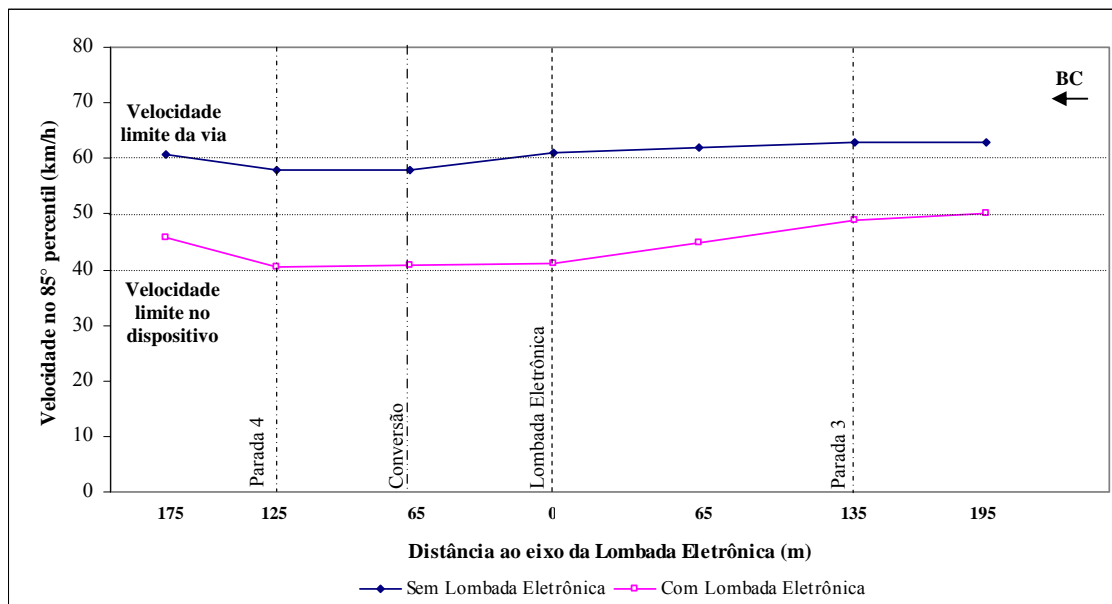


Figura 5.19: Velocidade no 85º percentil observada (sem Lombada Eletrônica) e simulada (com Lombada Eletrônica), maior volume veicular (2500 veíc/h), sentido Bairro-Centro

Pode-se observar nas figuras apresentadas que ocorre uma diminuição significativa da velocidade no 85º percentil ao longo do local de estudo, em ambos os horários de menor e maior volume veicular. Cabe destacar que, após a Lombada Eletrônica, a velocidade veicular diminui ainda mais em consequência da conversão à esquerda e da parada de ônibus, localizada depois do ponto de conversão. No menor volume veicular, pode-se observar que a velocidade atingida na Lombada Eletrônica está pouco abaixo do limite de velocidade no dispositivo mais a tolerância para autuação (47 km/h), enquanto que no maior volume veicular esta velocidade está pouco acima do limite de velocidade no dispositivo (40 km/h).

Assim, é possível destacar que tanto nos menores quanto nos maiores volumes veiculares a maioria dos motoristas tende a respeitar o limite de velocidade estabelecido na Lombada Eletrônica. Dessa maneira, poderá haver uma redução do número de autuações, e, em consequência a redução do número e gravidade dos acidentes.

A partir da comparação realizada, é possível concluir que a implantação de Lombadas Eletrônicas nas áreas de estudo é viável. Estes equipamentos podem influenciar de forma considerável a velocidade veicular, fazendo que esta diminua significativamente ao longo do local de estudo. Desta forma, poderia haver uma redução significativa do número e a gravidade dos acidentes, além de proporcionar uma situação mais favorável para que os pedestres possam atravessar a via com mais segurança.

5.2 PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE LOMBADAS ELETRÔNICAS

Nesta seção é aplicado o procedimento proposto para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas utilizando um exemplo, no qual os dados e as características do local avaliado são fictícios. Será mostrada a aplicabilidade de cada uma das etapas do procedimento para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas, de tal forma que fique mais claro sua utilidade. Na Figura 5.20 é mostrado graficamente o local de estudo fictício utilizado para aplicação do procedimento proposto para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas.

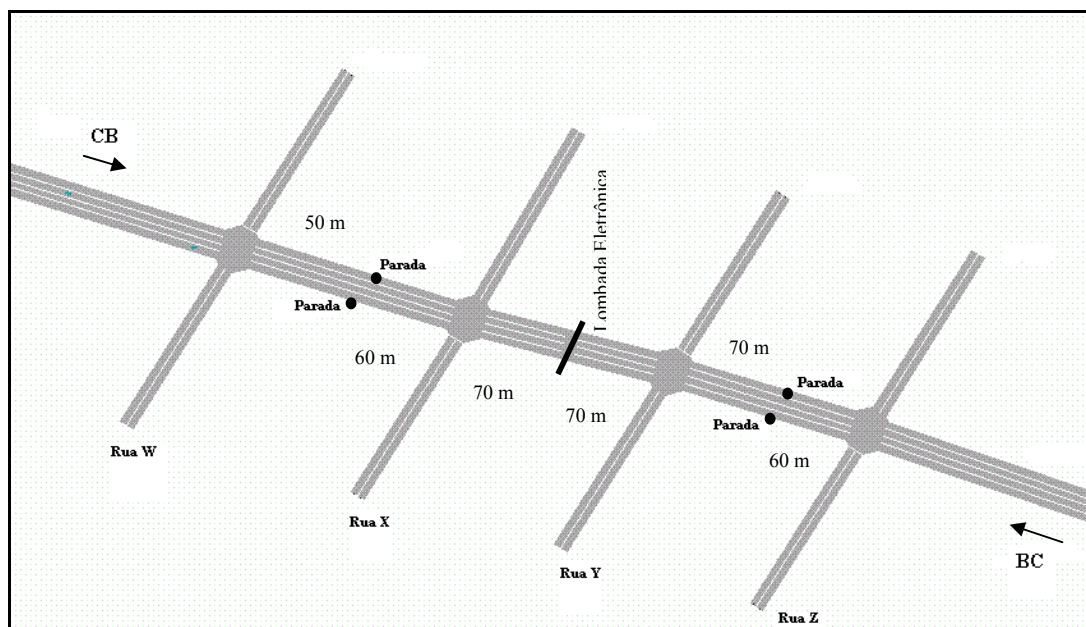


Figura 5.20: Local de estudo fictício para aplicação do procedimento proposto para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas

5.2.1 Etapa A: Obtenção de dados

Para a aplicação do procedimento proposto são necessários dados referentes às infrações de velocidade registradas pelo equipamento, o histórico de acidentes com mortes e feridos, que tenham como principal fator contribuinte as altas velocidades, a velocidade no 85º percentil, e dados do volume e composição do tráfego.

Os dados de infrações registradas pelas Lombadas Eletrônicas são obtidos junto ao órgão de trânsito encarregado pela fiscalização. Estas infrações correspondem a todas aquelas

registradas pelo dispositivo de controle ao longo de um ano, incluso aquelas que não chegam a se tornar em multa devido a problemas na imagem registrada do veículo infrator ou por causa de ser um veículo isento de multa (veículos oficiais e viaturas policiais).

O histórico de acidentes com mortes e feridos é obtido, como no procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas, junto ao órgão de trânsito ou à Brigada Militar, e corresponde a todos os tipos de acidentes com mortes e feridos, que têm como principal fator contribuinte as altas velocidades.

Os dados de velocidade e volume veicular são obtidos através de uma pesquisa de tráfego, da mesma maneira que no procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas. Esta pesquisa deve ser realizada nos mesmos períodos do dia em que foram coletados os dados de velocidade que são utilizados para comparação (velocidade antes da implantação da Lombada Eletrônica).

5.2.2 Etapa B: Avaliação da velocidade “antes” e “depois” da implantação de Lombadas Eletrônicas

Para realizar a análise da velocidade no 85º percentil “antes” e “depois” da implantação da Lombada Eletrônica, primeiro devemos obter as velocidades do local avaliado sem a presença do equipamento de fiscalização, período “antes”. Essas velocidades são comparadas com as velocidades coletadas na pesquisa de tráfego, já com a presença das Lombadas Eletrônicas, período “depois”. Nas Figuras 5.21, 5.22, 5.23 e 5.24 é mostrada a comparação entres essas velocidades para o período de maior e menor volume veicular.

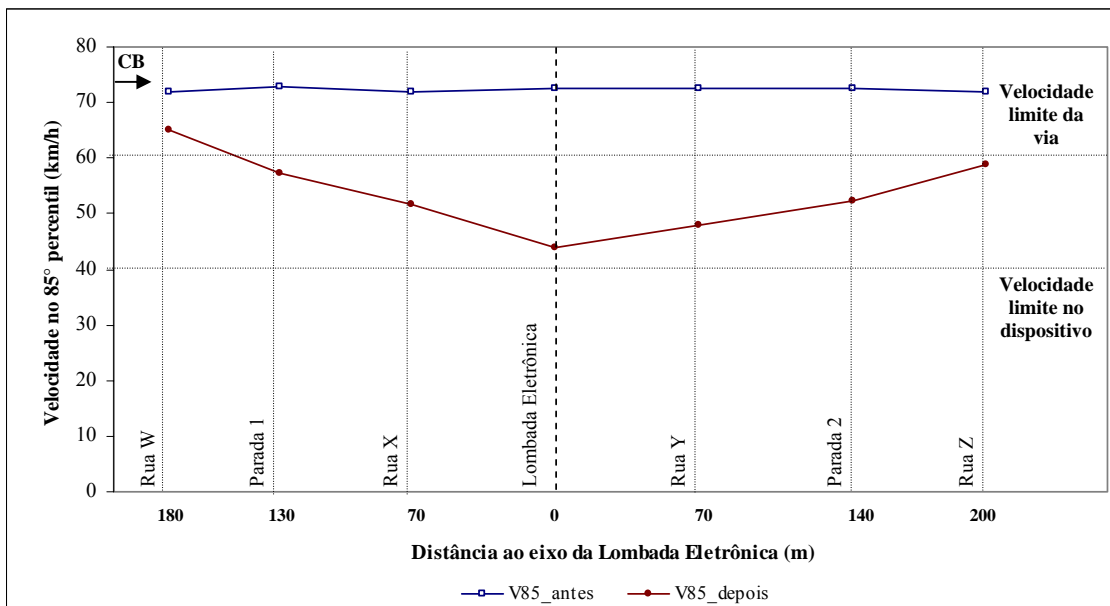


Figura 5.21: Comparação das velocidades “antes” e “depois” da implantação da Lombada Eletrônica: período de menor volume veicular, sentido Centro-Bairro

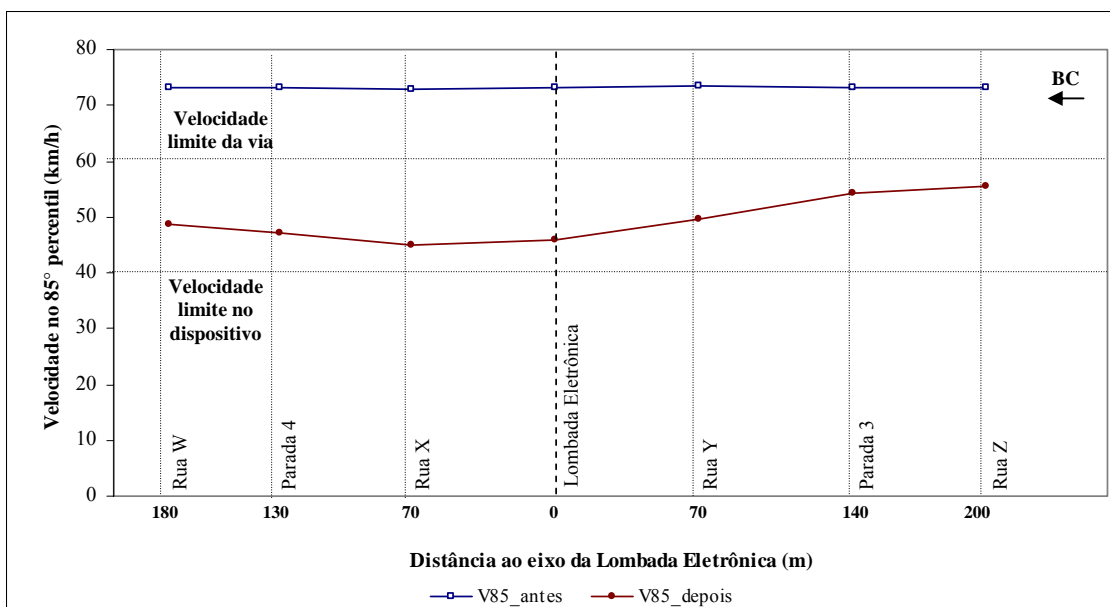


Figura 5.22: Comparação das velocidades “antes” e “depois” da implantação da Lombada Eletrônica: período de menor volume veicular, sentido Bairro-Centro

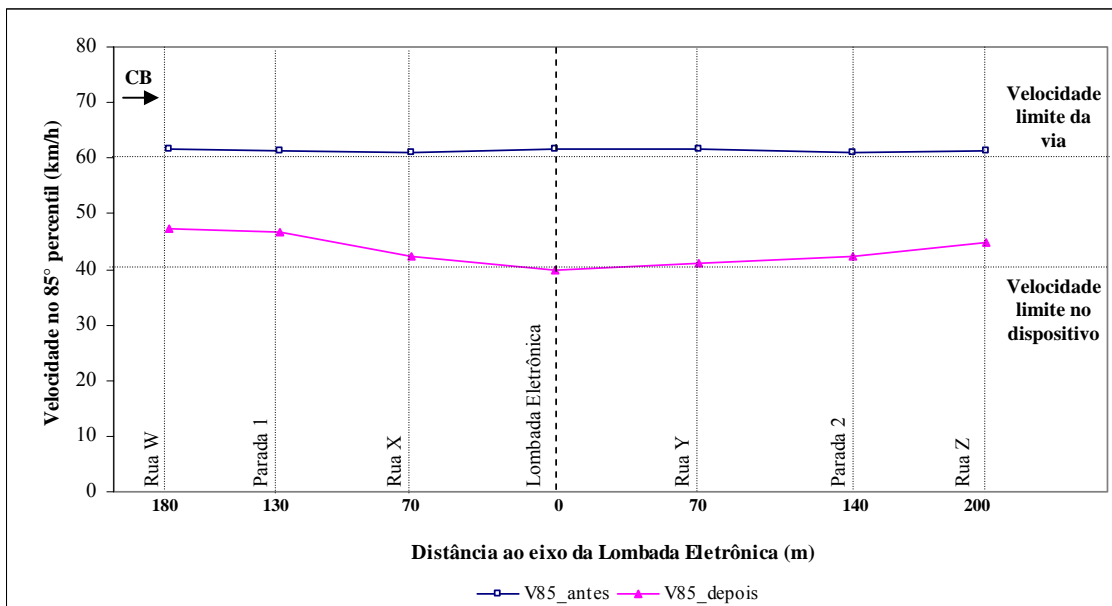


Figura 5.23: Comparação das velocidades “antes” e “depois” da implantação da Lombada Eletrônica: período de maior volume veicular, sentido Centro-Bairro

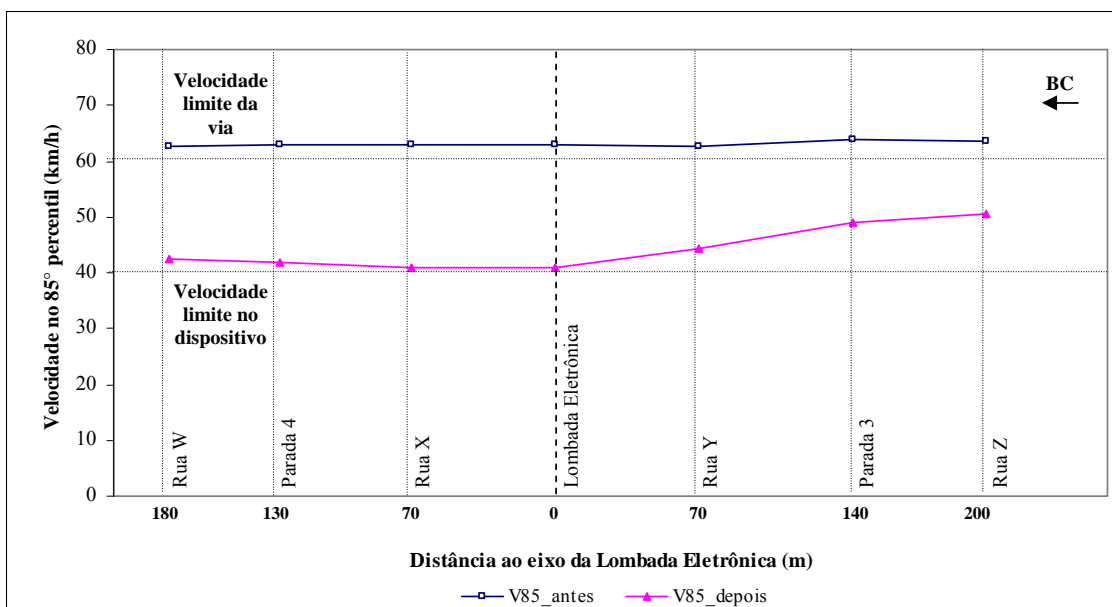


Figura 5.24: Comparação das velocidades “antes” e “depois” da implantação da Lombada Eletrônica: período de maior volume veicular, sentido Bairro-Centro

Nas figuras anteriores pode-se observar que, no horário de maior volume veicular, a velocidade nos trechos próximos da Lombada Eletrônica teve uma redução significativa como consequência da implantação desse equipamento e dos conflitos existentes no local de estudo. O efeito combinado da Lombada Eletrônica e as paradas de ônibus é mais significativo no

segmento posterior à Lombada Eletrônica, quando a velocidade se mantém baixa e constante até a segunda parada de ônibus. A diminuição significativa da velocidade refletiu-se a partir de 200 m antes e 180 m depois do equipamento, para o sentido CB, e 200 m antes e 180 m depois do equipamento, para o sentido BC.

No período de menor volume veicular as diminuições significativas de velocidade aconteceram a partir de 130 m antes e 140 m depois do equipamento, para o sentido CB, e 140 m antes e 130 m depois do equipamento, para o sentido BC. Aqui as paradas de ônibus não influenciam significativamente a velocidade.

Ainda, pode-se observar que os veículos, tanto no período de menor volume quanto de maior volume veicular, não ultrapassam o limite de velocidade mais a tolerância de autuação (47 km/h). Assim, o desempenho da Lombada Eletrônica é satisfatório no referente à diminuição da velocidade e, em consequência, do número e gravidade dos acidentes.

5.2.3 Etapa C: Relação entre infrações registradas e volume veicular

Nesta etapa é analisada a relação entre as infrações de velocidade registradas e o volume veicular que passa pelo local fiscalizado. As infrações registradas pela Lombada Eletrônica, definidas para o exemplo dado, são mostradas na Tabela 5.9.

Tabela 5.9: Infrações registradas e volume veicular

Meses	Veículos	Infrações registradas
Janeiro	344022	1238
Fevereiro	334658	1451
Março	419798	1506
Abril	385815	1601
Maiο	448737	1394
Junho	398233	1059
Julho	378444	1127
Agosto	428169	932
Setembro	370247	430
Outubro	426661	603
Novembro	422088	631
Dezembro	422088	631
Total	4778960	12603

Uma vez obtido o total de infrações registradas e o volume veicular correspondente ao período de um ano, esses valores são introduzidos na seguinte equação para calcular a relação entre eles:

$$\frac{\text{Infrações registradas } x \text{ ano}}{\text{volume veicular anual}} \quad (8)$$

$$\frac{\text{Infrações registradas } x \text{ ano}}{\text{volume veicular anual}} = \frac{12603}{4778960} = 0,0026$$

Pode-se observar que a relação entre as infrações registradas e o volume veicular é bastante baixa: 0,26% de veículos infratores. Pode-se notar com esse fato que os motoristas respeitam mais a velocidade regulamentada como consequência da existência da Lombada Eletrônica nesse local, não havendo muitas infrações. Embora o baixo percentual de veículos infratores, não existem estudos que definam um valor referencial para as infrações cometidas em locais fiscalizados com Lombadas Eletrônicas em áreas urbanas.

5.2.4 Etapa D: Análise do número de acidentes

Nesta etapa foi realizada uma análise numérica dos acidentes, embora o ideal seja analisar também fenômenos estatísticos como a tendência à média ou a migração de acidentes, que podem provocar distorções nos dados, como visto na seção 4.3.4. Assim, só foi realizada uma comparação numérica dos acidentes com mortes e feridos, cujo principal fator contribuinte sejam as altas velocidades, ocorridos um ano antes e um ano depois de serem instaladas as Lombadas Eletrônicas. As Tabelas 5.10 e 5.11 apresentam a comparação entre os dados definidos para o exemplo analisado.

Tabela 5.10: Acidentes com mortes e feridos registrados, sentido Centro-Bairro

Trechos	Acidentes ocorridos um ano antes	Acidentes ocorridos um ano depois
Rua W e Rua X	2	0
Rua X e Rua Y	8	5
Rua Y e Rua Z	1	0

Tabela 5.11: Acidentes com mortes e feridos registrados, sentido Bairro-Centro

Trechos	Acidentes ocorridos um ano antes	Acidentes ocorridos um ano depois
Rua Z e Rua Y	2	0
Rua Y e Rua X	7	3
Rua X e Rua W	1	0

Pode-se observar que houve uma redução de aproximadamente 60% dos acidentes no trecho mais crítico, entre ruas X e Y, em ambos os sentidos de tráfego. A partir deste resultado, e dos resultados obtidos nas etapas B e C, pode-se concluir que o desempenho da Lombada Eletrônica no local escolhido para avaliação é satisfatório. Assim, pode-se optar pela continuação da fiscalização.

5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com o término da aplicação dos procedimentos para implantação e avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas, cabe fazer uma análise crítica dos resultados obtidos com eles. Para tanto, é fundamental considerar os objetivos que encaminharam a realização desta tese e a definição do procedimento proposto neste trabalho.

Para a aplicação dos procedimentos propostos, optou-se pela utilização de exemplos, a partir dos quais pôde-se mostrar etapa por etapa a aplicabilidade dos procedimentos. No procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas foi utilizado como exemplo um local existente, cujos valores de velocidade e acidentes eram fictícios, e que pelas suas características, poderia ser fiscalizado utilizando esse equipamento. A necessidade de implantação do dispositivo decorre da existência de altas velocidades atingidas nesse local, tornando-o ponto de grande risco para os pedestres e para os próprios motoristas.

Além disso, no local de estudo existem conflitos decorrentes de pontos de ônibus e conversões à esquerda, cuja influência na velocidade não pode ser percebida através da velocidade estimada com o modelo de previsão. Assim, foi realizada na etapa de simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular uma análise microscópica do tráfego, com a finalidade de melhor avaliar o efeito combinado da Lombada Eletrônica e esses conflitos.

Na etapa de simulação do efeito da Lombada Eletrônica sobre a velocidade veicular foi utilizado como modelo de previsão, o modelo desenvolvido por Bocanegra *et al.* (2004a), que

estima a velocidade média junto a Lombadas Eletrônicas, embora o ideal fosse um modelo que estime a velocidade no 85º percentil diretamente. Além disso, a análise microscópica do tráfego foi realizada com o *software* DRACULA. Tanto o modelo de Bocanegra *et al.* (2004a) como o microssimulador DRACULA contribuíram para a obtenção dos resultados satisfatórios do estudo de caso.

Na estimativa da velocidade média com o modelo de Bocanegra *et al.* (2004a) foi utilizado 40 km/h como valor da variável “limite de velocidade no dispositivo”. Isto porque essa velocidade esta dentro de um intervalo seguro para os pedestres que circulam pelo local, além de não influenciar significativamente o fluxo de veículos na área de estudo.

Através das simulações realizadas no DRACULA, calibrado para condições normais de tráfego, buscou-se observar o efeito que as conversões à esquerda, as paradas de ônibus e a Lombada Eletrônica têm sobre a velocidade. Os resultados mostraram que as conversões à esquerda influenciam significativamente na velocidade, especialmente nos períodos de grande volume veicular. A influência não é muito significativa nos períodos de pouco volume veicular. Além disso, quando existe uma Lombada Eletrônica, a conversão à esquerda influencia ainda mais na velocidade, especialmente nos pontos onde esta é realizada.

No caso das paradas de ônibus, pode-se observar nos resultados da simulação, que eles influenciam significativamente quando existem mais passageiros e ônibus interagindo no local de estudo. Quando existe uma Lombada Eletrônica, os pontos de ônibus influenciam também a velocidade, fazendo que ela diminua ainda mais no mesmo local da parada de ônibus.

Os resultados também mostraram que as Lombadas Eletrônicas influenciam significativamente na diminuição da velocidade. No entanto, nos períodos de pouco volume veicular a velocidade no 85º percentil no dispositivo é maior que a tolerância de autuação (47 km/h). Isto se deve ao alto valor *default* (0,20) para o coeficiente de variação da velocidade utilizado no DRACULA, que provoca uma grande dispersão dos dados de velocidade. Este valor pode ser adequado para representar condições normais de tráfego, mas não reproduz o comportamento de motoristas no entorno de Lombadas Eletrônicas.

Para ajustar o valor *default* do coeficiente de variação da velocidade utilizado pelo DRACULA, foram utilizados dados levantados em Lombadas Eletrônicas da cidade de Porto Alegre. A partir desses dados, foi calculado um novo coeficiente de variação da velocidade

(0,07), o qual pressupõe uma menor dispersão dos dados de velocidade, como acontece em locais fiscalizados com Lombadas Eletrônicas.

Uma nova simulação foi realizada utilizando o coeficiente de variação da velocidade ajustado, onde observou-se que as velocidades para os diferentes volumes veiculares são próximas e baixas. A dispersão dos dados de velocidade foi menor, fazendo com que as velocidades atingidas na mesma Lombada Eletrônica, para os distintos volumes veiculares, fossem menor que o limite de velocidade no dispositivo mais a tolerância para autuação (47 km/h). Dessa maneira, pode-se observar que a maioria dos motoristas tende a respeitar o limite de velocidade no dispositivo, o que provavelmente acarretará uma diminuição no número e gravidade dos acidentes. Além disso, haverá uma situação mais favorável para que os pedestres possam atravessar a via com segurança.

Constatou-se através do resultado da aplicação do procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas, que a simulação do efeito desse equipamento, é útil para demonstrar a variação sofrida pela velocidade veicular. Esta variação é consequência do uso desse equipamento, assim como de outros conflitos que possam acontecer no local de estudo. A partir dos resultados obtidos para o exemplo, conclui-se que pode ser implantada uma Lombada Eletrônica no trecho mais crítico de acidentes e altas velocidades.

Na realização do estudo de caso para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas, foi utilizado um exemplo fictício, a partir do qual se mostrou a aplicabilidade do procedimento proposto. Foram analisados tanto os dados de acidentes e velocidade, do período “antes” e “depois” da implantação do equipamento de fiscalização. A partir dessa análise verificou-se o desempenho satisfatório da Lombada Eletrônica do exemplo, já que houve uma redução significativa tanto da velocidade no 85º percentil quanto do número de acidentes com mortes e feridos. Além disso, também observou-se um maior respeito pelo limite de velocidade, o que se reflete no índice reduzido de veículos que trafegaram a altas velocidades.

O próximo capítulo apresenta as conclusões deste trabalho, bem como as recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

A Fiscalização Eletrônica de Velocidade (FEV), quando implementada de forma adequada, é uma alternativa eficiente na luta contra as constantes violações do limite de velocidade que acontecem em todo o Brasil. As altas velocidades representam um dos principais fatores contribuintes para a severidade dos acidentes de trânsito. No Brasil, no entanto, não existem critérios específicos para a implantação e avaliação de dispositivos de FEV. Muitos dos dispositivos existentes, especialmente Lombadas Eletrônicas, foram instalados de maneira inadequada, fazendo aumentar, sob o ponto de vista da opinião pública, a idéia de que esse sistema de fiscalização é utilizado para arrecadação de receita.

Dessa maneira, este trabalho contribuiu com a definição de procedimentos para implementação e avaliação de Lombadas Eletrônicas em áreas urbanas. Através do procedimento proposto para implementação de Lombadas Eletrônicas pode-se determinar a necessidade de fiscalização utilizando esse equipamento, baseando-se, principalmente, na velocidade no 85º percentil praticada pelos motoristas e no histórico de acidentes ocorridos no local de estudo. O procedimento proposto para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas permite determinar se os dispositivos instalados estão cumprindo com seu objetivo de diminuir a velocidade e o número e gravidade dos acidentes envolvendo pedestres.

A literatura indica, de forma unânime, que existem duas variáveis importantes a partir das quais são definidos os critérios para implantação de dispositivos de FEV: velocidade e acidentes. Embora exista essa unanimidade, as variáveis são tratadas e analisadas de maneira diferente nos distintos métodos existentes no mundo. No caso de acidentes, por exemplo, no Reino Unido é utilizado o número absoluto de acidentes, enquanto que na Austrália é utilizada a taxa de acidentes.

Outro ponto importante dos procedimentos existentes no mundo diz respeito à diferença das áreas de aplicação, urbanas (Reino Unido e Canadá) e rurais (Reino Unido e Austrália), e

ao tipo de dispositivo implantado, não ostensivo (Canadá e Austrália) e ostensivo (Reino Unido).

No Brasil, os dispositivos de FEV podem ser não ostensivos (Radares Fixos) ou ostensivos (Lombadas Eletrônicas). O objetivo dos dispositivos não ostensivos é manter uma velocidade constante que não ultrapasse o limite de velocidade. A finalidade dos dispositivos ostensivos é diminuir o limite de velocidade em trechos viários para aumentar a segurança dos usuários da via. Embora o procedimento para implantação de Lombadas Eletrônicas, definido neste trabalho, seja focado para áreas urbanas, ele também pode ser aplicado em áreas rurais com algumas alterações nos critérios mínimos de implantação.

Os valores referenciais adotados para o procedimento de implantação de Lombadas Eletrônicas foram definidos a partir daqueles encontrados em procedimentos estrangeiros, e em alguns trabalhos realizados no Brasil. Por exemplo, a taxa de acidentes, é explicada e analisada em um trabalho sobre a metodologia para determinar pontos críticos referentes a acidentes de trânsito, que foi desenvolvido pelo Ministério dos Transportes. Todos esses critérios foram analisados e modificados, quando necessário, para serem aplicados à realidade brasileira, que apresenta características particulares.

O procedimento definido para implantação de Lombadas Eletrônicas é inovador ao utilizar a simulação do efeito das Lombadas Eletrônicas na velocidade veicular. É uma abordagem útil para analisar as possíveis tendências da velocidade, através do traçado do perfil de velocidade, ocasionadas pela implantação desses dispositivos. Nesta abordagem, utilizaram-se ferramentas como modelos de previsão e análise microscópica do tráfego para seu desenvolvimento.

Na simulação do efeito da Lombada Eletrônica na velocidade veicular deve-se definir primeiro se o local de estudo é um caso “simples” ou um caso “complexo”. Um caso “simples” é quando no local de estudo não existem conflitos decorrentes de paradas de ônibus, conversões à esquerda, entre outros. Nessa situação, para avaliar a influência desse equipamento na velocidade, é suficiente a utilização de um modelo de previsão, que estima a velocidade no 85º percentil no entorno de Lombadas Eletrônicas.

Um caso “complexo” contempla a presença de conflitos nos local de estudo. Nessa situação é necessário realizar uma análise microscópica do tráfego para melhor avaliar o efeito combinado da Lombada Eletrônica e de outros conflitos. A realização da análise

microscópica do tráfego pressupõe o uso de um modelo de previsão que estime a velocidade média no entorno de Lombadas Eletrônicas. Isto porque os diversos microssimuladores que podem ser utilizados para a realização da análise microscópica de tráfego necessitam como dado de entrada a velocidade média em fluxo livre, a qual pode ser estimada com o modelo de previsão.

É importante ressaltar que o procedimento para implantação de Lombadas Eletrônicas específica como última alternativa para solucionar os problemas de velocidade e acidentes em locais definidos como críticos o uso destes equipamentos. Para decidir a implantação desses dispositivos, devem ser atingidos tanto os critérios mínimos derivados da variável “acidentes” como da variável “velocidade”. Além disso, através da simulação do efeito desses equipamentos na velocidade veicular, deve-se comprovar a eficiência desses dispositivos na diminuição da velocidade e, em conseqüência, do número e severidade dos acidentes.

Na aplicação do procedimento para implantação de Lombadas Eletrônicas foi realizado um estudo de caso que utiliza dados reais e fictícios de um local existente na cidade de Passo Fundo, RS, Brasil. Os dados reais correspondem às características físicas e ao volume veicular, enquanto os dados de velocidade e acidentes são fictícios. A partir deste exemplo, buscou-se ilustrar a aplicabilidade do procedimento proposto de uma maneira simples e clara.

Devido à existência de conflitos no local de estudo, como paradas de ônibus e conversões à esquerda, foi realizada uma análise microscópica do tráfego com a finalidade de avaliar melhor o efeito combinado da Lombada Eletrônica e os outros conflitos na velocidade. Na análise microscópica de tráfego, a velocidade média em fluxo livre junto a esses equipamentos foi estimada através do modelo de previsão. Para a realização da análise microscópica utilizou-se o microssimulador de tráfego DRACULA.

Cabe destacar que é importante realizar uma calibração dos valores *default* dos parâmetros do microssimulador de tráfego utilizado, para obter resultados próximos de uma simulação de um local fiscalizado com Lombadas Eletrônicas. Nesses locais fiscalizados, a dispersão dos dados de velocidade é menor, fazendo que nos diferentes volumes veiculares se atinjam velocidades baixas e próximas. No caso de estudo, o microssimulador DRACULA utiliza 0,2 como valor *default* do coeficiente de variação da velocidade, que pressupõe uma grande dispersão de dados de velocidade. Para ajustar esse valor, foram utilizados dados coletados em locais fiscalizados com Lombadas Eletrônicas na cidade de Porto Alegre. A

partir desses dados foi obtido um coeficiente de variação da velocidade igual a 0,07, o qual pressupõe uma menor dispersão de dados.

Finalmente, na aplicação do procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas, foi observado o potencial da análise microscópica do tráfego através da simulação de diferentes cenários. Através destes cenários, buscou-se observar o efeito das conversões à esquerda, das paradas de ônibus e da Lombada Eletrônica na velocidade veicular, assim como o efeito combinado destes fatores com diferentes volumes veiculares. A simulação permitiu estimar os possíveis perfis de velocidade no trecho estudado submetido a diferentes condições operacionais.

Os critérios para avaliação do desempenho da Fiscalização Eletrônica de Velocidade foram baseados em critérios utilizados na Austrália e Europa encontrados na literatura. A abordagem australiana avalia o desempenho da Fiscalização Eletrônica de Velocidade mensurando suas atividades, enquanto que a abordagem européia, além de considerar as atividades da Fiscalização Eletrônica de Velocidade, também envolve os indicadores relacionados aos motoristas e aos acidentes. O método proposto para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas utilizou critérios encontrados na literatura, os quais foram analisados e adaptados para serem aplicados na realidade brasileira.

O procedimento proposto para avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas foi definido, primeiramente, para ser aplicado em locais que implantaram esses dispositivos a partir de estudos técnicos realizados pelos órgãos encarregados do trânsito nas cidades, fato que se tornou obrigatório em 2003, a partir da Resolução nº 141 do CONTRAN. Este procedimento também pode ser aplicado em dispositivos que estão operando há mais tempo, e que foram implantados sem nenhum estudo técnico.

A partir da avaliação do desempenho das Lombadas Eletrônicas pode-se optar pela continuidade desse equipamento ou pela necessidade de implantação de soluções alternativas ou complementares.

Freqüentemente, a implantação de Lombadas Eletrônicas é realizada a partir de critérios sem grande fundamentação técnica e, por isso, pode causar transtornos aos usuários. Desta forma, espera-se que os procedimentos propostos neste trabalho possam contribuir e auxiliar nas diversas abordagens utilizadas no Brasil para implantação e avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Os procedimentos propostos nesta tese podem ser ampliados e melhorados em alguns aspectos. Desta forma, recomenda-se a realização de futuras pesquisas sobre a temática explorada. As recomendações envolvem:

1. A redefinição de alguns critérios utilizados no procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas, em relação à área de aplicação, de urbana para rural, ou ao tipo de dispositivo de fiscalização, de Lombada Eletrônica para Radar Fixo.
2. A realização de pesquisas de velocidade em locais com dispositivos não ostensivos de FEV (Radares Fixos), com as quais poderiam ser definidas as tendências de velocidade praticadas pelos veículos nesses casos, além de subsidiar a construção de um modelo de previsão para estimar a velocidade, seja média ou no 85º percentil, junto a esses equipamentos de fiscalização. Esse modelo poderia ser utilizado na simulação do efeito da FEV em locais onde se pretende implantar esse tipo de dispositivo.
3. A realização de pesquisas para definir novos valores referenciais a serem adotados pelos critérios mínimos do procedimento proposto para implantação de Lombadas Eletrônicas. Como, por exemplo, os valores referentes a número mínimo e taxa mínima de acidentes para definir um local como crítico, assim como o período de tempo dos dados a serem analisados nos procedimentos definidos nesta tese.
4. A realização de pesquisas de velocidade com a finalidade de construir modelos capazes de estimar a velocidade no 85º percentil em áreas urbanas, que poderiam ser utilizados na redefinição dos limites de velocidade. No caso de locais com dispositivos de Fiscalização Eletrônica de Velocidade esses modelos poderiam auxiliar na análise da velocidade.
5. É importante que as autoridades de trânsito mantenham um banco de dados dos acidentes registrados nos locais com dispositivos de Fiscalização Eletrônica de Velocidade. Dessa maneira, pode ser realizada uma análise mais fiel dos índices de acidentes. Para a constituição deste banco de dados é necessário que os responsáveis

pela coleta de dados de acidentes estejam treinados adequadamente e utilizem procedimentos padronizados, evitando distorções nas análises.

6. É recomendável o acompanhamento periódico dos resultados obtidos pela implantação das Lombadas Eletrônicas com a divulgação pública dos mesmos. Essa divulgação é importante para apresentar à população e aos demais usuários os resultados positivos advindos desta implantação.
7. A realização de pesquisas para definir valores mínimos aceitáveis referentes ao número de veículos infratores em locais com Fiscalização Eletrônica de Velocidade localizados em áreas urbanas.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **Engenharia de Tráfego - Terminologia - NBR 7032**. Associação Brasileira De Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 1983.
- ABNT. **Pesquisas de Acidentes de Tráfego - NBR 10697**. Associação Brasileira De Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT. **Relatório de Acidente de Trânsito - RAT - NBR 12.898**. Associação Brasileira De Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 1993.
- BARCELO, J.; FERRER, J.; GRAU, R.; FLORIAN, M.; CHABINI, E. A. A route based version of the AIMSUN2 micro-simulation model. In: WORLD CONGRESS ON ITS, 2., Yokohama, 1995. **Proceedings...** Yokohama: ITS Japan, 1995.
- BARBOSA, H.M. **Impacts of traffic calming measures on speeds on urban roads**. 1995. Tese (Doctor of Philosophy) – Department of Civil Engineering, Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- BERTAZZO, A.; CARDOSO, G.; SAUERESSIG, M. Controladores eletrônicos de velocidade: metodologia para sua implementação e hierarquização dos trechos críticos. In: CONGRESSO DE ENSINO E PESQUISA EM TRANSPORTES, 16., Natal. **Anais...** Natal: UFRN, v.2, p.107-114, 2002.
- BOCANEGRA, C.W.R.; CYBIS, H.B.B.; JACQUES, M.A.P.; STUMPF, M.T. Modelo de redes neuronales artificiales para determinar la velocidad del tráfico en vías con fiscalización electrónica de la velocidad. In: CONGRESO DE INGENIERÍA DEL TRANSPORTE, 6, 2004a. Zaragoza. **Anais...**Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2004a.
- BOCANEGRA, C.W.R.; CYBIS, H.B.B.; JACQUES, M.A.P.; STUMPF, M.T. Comparação de modelos que determinam a velocidade junto a barreiras eletrônicas. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, v.1, p.490-500, 2004b.
- BRANDÃO, L.M. **Medidores Eletrônicos de Velocidade: uma visão da engenharia para implantação**. Perkons S. A. 2006. Disponível em: http://www.perkons.com.br/estudos_pesquisas.php?pg=1. Acesso em: 31 ago. 2006.
- BRASIL. Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, p. 1-64, 24 set. 1997.
- CAMERON, G.D.B; DUNCAN, G.I.D. PARAMICS, parallel microscopic simulation of road traffic. **Journal of supercomputing**, v.10, n.1, p.25-53, 1996.

CAMERON, M.H.; CAVALLO, A.; GILBERT, A. Crash-based evaluation of the speed camera program in Victoria 1990-91. Phase 1: General effects. Phase 2: Effects on program mechanisms. **Report N° 42**, Monash University Accident Research Centre, 1992.

CANNELL, A. A taste of discipline: Brazil's electronic enforcement efforts. **Traffic Technology International**, p.65-69, agosto/set. 2001.

CARDOSO, G. **O sistema de cadastro, consulta e análise de acidentes de trânsito em porto alegre**. Disponível em: <http://www.eptc.com.br/noticias/imagens/03.doc.doc>. Acesso em: 14 fev. 2005.

CHEN, G.; WILSON, J.; MECKLE, W.; COOPER, P. Evaluation of photo radar program in British Columbia. **Accident Analysis and Prevention**, v.32, n.4, p.517-526. 2000.

CHEN, G.; MECKLE, W.; WILSON, J. Speed and safety effect of photo radar enforcement on a highway corridor in British Columbia. **Accident Analysis and Prevention**, v.34, n.2, p.129-138. 2002.

CNT. A polêmica dos Radares Fixos. **Revista CNT**, v.7, n.74, p.42-43, Confederação Nacional de Transporte, 2001.

CET. **Informações para engenharia sobre acidentes de trânsito**. Companhia De Engenharia de Tráfego, São Paulo, 1994.

CONTRAN. **Resolução n° 785 de 26 de setembro de 1994**. Dispõe sobre a utilização e validade de equipamentos fotográficos, eletrônicos ou foto-eletrônicos no controle ou registro de cometimento de infrações de trânsito, Brasília. 1994.

CONTRAN. **Resolução n° 795 de 16 de maio de 1995**. Barreira eletrônica - definição, autorização, instalação e homologação, Brasília. 1995a.

CONTRAN. **Resolução n° 796 de 16 de maio de 1995**. Requisitos técnicos necessários a uma barreira eletrônica, Brasília. 1995b.

CONTRAN. **Resolução n° 801 de 27 de junho de 1995**. Requisitos técnicos necessários a uma barreira eletrônica, Brasília. 1995c.

CONTRAN. **Resolução n° 820 de 27 de junho de 1996**. Radar portátil avaliador de velocidade - definição homologação, requisitos técnicos e operação, Brasília. 1996.

CONTRAN. **Resolução n° 08 de 23 de janeiro de 1998**. Estabelece sinalização indicativa de fiscalização mecânica, elétrica, eletrônica ou fotográfica dos veículos em circulação, Brasília. 1998a.

CONTRAN. **Resolução n° 23 de 22 de maio de 1998**. Define e estabelece os requisitos mínimos necessários para autorização e instalação de instrumentos eletrônicos de medição de velocidade de operação autônoma, conforme o § 2° do art. 280 do Código de Trânsito Brasileiro, Brasília. 1998b.

CONTRAN. **Resolução n° 79 de 19 de novembro de 1998**. Estabelece a sinalização indicativa de fiscalização, Brasília. 1998c.

CONTRAN. **Resolução nº 141 de 03 de outubro de 2002**. Dispõe sobre o uso, a localização, a instalação e a operação de aparelho, de equipamento ou de qualquer outro meio tecnológico para auxiliar na gestão do trânsito, Brasília. 2002.

CONTRAN. **Resolução nº 146 de 27 de agosto de 2003**. Dispõe sobre requisitos técnicos mínimos para a fiscalização da velocidade de veículos automotores, reboques e semi-reboques, conforme o Código de Trânsito Brasileiro, Brasília. 2003.

CORBETT, C. Road traffic offending and the introduction of speed cameras in England: the first self report survey. **Accident Analysis and Prevention**, v.27, n.3, p.345-354, 1995.

COSTA, H.C.; TORQUATO, S.F. Operação e fiscalização de trânsito – experiência de Campina Grande. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 13., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTP, 2001. 1 CD-ROM.

COTTRELL, W.D.; KIM, N.; MARTIN, P.T.; PERRIN, JR., H.J. Effectiveness of traffic management in Salt Lake City, Utah. **Journal of Safety Research**, v.37, n.1, p.27-41, 2006.

DELANEY, A.; DIAMANTOPOULOU, K.; CAMERON, M. MUARC's speed enforcement research: principles learnt and implications for practice. **Report 200**, Monash University Accident Research Centre, 2003. Disponível em:
<http://www.monash.edu.au/muarc/reports/muarc200.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2005.

DELANEY, A.; WARD, H.; CAMERON, M. The history and development of speed camera use. **Report n. 242**, Accident Research Centre, Monash University, Australia, 2005.

DENATRAN. **Manual de Semáforos**. Departamento Nacional de Trânsito. Brasília. 1984.

DENATRAN. **Manual de identificação, análise e tratamento de pontos negros**. 2ª ed., 127 p., Brasília, 1987.

DEPARTMENT FOR TRANSPORT. **Traffic Calming Regulations**, Traffic Advisory Leaflet 07/93. 1998. Disponível em:
http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_roads/documents/pdf/dft_roads_pdf_504793.pdf. Acesso em 05 fev. 2006.

DEPARTMENT FOR TRANSPORT. **New directions in speed management: a review of policy**. 2000. Disponível em:
<http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_rdsafety/documents/pdf/dft_rdsafety_pdf_504682.pdf>. Acesso em 10 mar. 2005.

DEPARTMENT FOR TRANSPORT. **Handbook of rules and guidance for the national safety camera programme for England and Wales for 2005/06**. 2004. Disponível em:
http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_rdsafety/documents/page/dft_rdsafety_032652.pdf. Acesso em: 10 mar. 2005.

DE WAARD, D.; ROOIJERS, T. An experimental study to evaluate the effectiveness of different methods and intensities of law enforcement on driving speed on motorways. **Accident Analysis and Prevention**, v.26, n.6, p.751-765. 1994.

DUARTE, L. Excesso de velocidade responde por 43% das infrações na cidade. **Jornal Zero Hora**, Porto Alegre, 29 out. 2003.

ELLIOT, B. Road safety mass media campaigns: a meta analysis. **Road Safety Research Report CR 118**. Federal Office of Road Safety, Canberra, Australia, 1993.

ELVIK, R. Effects on accidents of automatic speed enforcement in Norway. **Transportation Research Record**, n.1595, p.14-19. 1998.

ELVIK, R.; CHRISTENSEN, P; AMUNDSEN, A. Speed and road accidents: an evaluation of the power model. **TOI Report 740**, Institute of Transport Economics, Noruega, 2004.

ETSC. **Police enforcement strategies to reduce traffic casualties in Europe**. European Transport Safety Council, Bruselas.1999. Disponível em:
<http://www.etsc.be/oldsite/strategies.pdf>. Acesso em 04 maio 2006.

EUROPEAN COMMISSION. **MASTER: Final Summary Report**. MASTER Project, European Commission, 1999. Disponível em:
<http://cordis.europa.eu/transport/src/masterrep.htm>. Acesso em 05 maio 2006.

FHWA. **Study tour for speed management and enforcement technology**. Federal Highway Administration, Washington DC. 1995. Disponível em:
<http://ntl.bts.gov/DOCS/speed06.html>. Acesso em 05 maio 2005.

FHWA. **Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Management**. Federal Highway Administration, Washington, EUA, 1998. Disponível em:
<http://www.tfhr.gov/safety/speed/spdtoc.htm>. Acesso em 05 maio 2005.

FONTES, A.S.; CUNHA, C.B.S.H. Um novo modelo para o boletim de registro de acidente de trânsito do rio de janeiro. In: CONGRESSO DE ENSINO E PESQUISA EM TRANSPORTES, 15., Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, Relatório de teses e dissertações em andamento e comunicações técnicas, p.135-142, 2002.

FRAMARIM, C.S.; CARDOSO, G.; LINDAU, L.A. **O impacto de controladores eletrônicos de velocidade na redução de acidentes**. In: Anisio Dourado; Maria Cristina Fogliatti de Sinay; Vânia Barcellos Gouvêa Campos. (Org.). **Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes**. Rio de Janeiro, 2003, v. 1, p. 530-541.

GAINS A, HUMBLE R, HEYDECKER B, ROBERTSON S. **A cost recovery system for speed and red light cameras – two year pilot evaluation, 2003**. Research Paper. London, England: Department for Transport, Road Safety Division, 2003. Disponível em:
http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_rdsafety/documents/page/dft_rdsafety_507639.pdf. Acesso em 10 maio 2006.

GELAU, C.; GITELMAN, V.; HAGENZIEKER, M.; HEIDSTRA, J.; JAYET, M.C.; BIECHER-FRETEL, M.B.; FISCHER, P.; MACOUN, T. Review of Descriptive Variables for Evaluating Police Enforcement. **Working Paper 10 Report**, ESCAPE Project, Transport RTD Programme, European Commission, 2000.

GOLD, P.A. **Segurança de trânsito - Aplicações de engenharia para reduzir acidentes**. Banco Interamericano de Desenvolvimento, Washington D.C., EUA, 1998.

GOLD, P.A. **Fiscalização eletrônica de velocidade**. 2003. Disponível em:
www.perkons.com.br/estudos_pesquisas.php?pg=5. Acesso em: 25 jun. 2005.

HOLLANDA, E.; FERREIRA, A. Cuidado, você esta sendo vigiado. **Revista ISTOÉ**. Ed. 1419, p.12. 1996.

IIHS. **Communities with speed cameras**. Insurance Institute For Highway Safety, 2006. Disponível em: http://www.iihs.org/research/topics/sc_cities.html. Acesso em: 30 de jun. 2006.

INMETRO. **Portaria nº 115 do 29 de junho de 1998**. Dispões sobre Medidores de velocidade para veículos automotivos, Brasília. 1998.

ITE. **Traffic Engineering Handbook**, 4a Ed. Institute of Transportation Engineers, Prentice Hall, New Jersey. 1992.

IPEA – ANTP. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras**. Relatório executivo. IPEA – ANTP, 43 p., Brasília, 2003.

KEALL, M.; POVEY, L.; FRITH, W. The relative effectiveness of a hidden versus a visible speed camera programme. **Accident Analysis and Prevention**. v.33, n.2, p.277-284. 2001.

KEALL, M.; POVEY, L.; FRITH, W. Further results from a trial comparing a hidden speed camera programme with visible camera operation. **Accident Analysis and Prevention**. v.34, n.6. p.773-777. 2002.

LEAF, W.A.; PREUSSER, D.F. **Literature Review on Vehicle Speeds and Pedestrian Injuries**, DOT-HS-809-021, National Highway Traffic Safety Administration, Department of Transport, EUA, 1999.

LEGGETT, L.M.W. **Using police enforcement to prevent road crashes: the randomised scheduled management system**. In: HOMEL, R. (Ed.) Policing for prevention: reducing crime, public intoxication and injury. Monsey: Criminal Justice Press, 1997. Disponível em: <http://www.popcenter.org/Library/CrimePrevention/Volume%2007/07%20leggett.pdf>. Acesso em: 05 Dez. 2005.

LEITE, J.G.M. **Engenharia de tráfego: métodos de pesquisa, características de tráfego, interseções e sinais luminosos**. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), 360 p. 1980.

LEUTZBACH, W. **Introduction to the theory of traffic flow**. Springer, Berlin, 204 p, 1988.

LIU, R.; VAN VLIET, D.; WATLING, D. DRACULA: microscopic, day-to-day dynamic modeling of traffic assignment and simulation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLICATIONS OF ADVANCED TECHNOLOGIES IN TRANSPORTATION ENGINEERING, 4., 1995, Capri. **Proceedings...** Capri: ASCE, p.444-448. 1995.

LIU, R. **DRACULA Traffic Model Version 2.0: user manual**. Leeds, UK: Institute for Transport Studies, University of Leeds, 2003.

LU, J.J.; PARK, J.; PERNIA, J.; DISSANAYAKE, S. **Criteria for setting speed limits in urban and suburban areas in Florida**. Final Technical Report 2001-2003. Department of Civil and Environmental Engineering, University of South Florida, EUA, 2003.

LTSA. **Land Transport Rule: Setting of Speed Limits 2003**. Land Transport Safety Authority of New Zealand, 2003. Disponível em: <http://www.ltsa.govt.nz/rules/docs/setting-speed-limits-2003.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2006.

MARTINEZ FILHO, A. **Controle de velocidade em vias públicas**. Notas de Curso. Scaringella Trânsito, Porto Alegre. 2003.

McINERNEY, R.; CAIRNEY, P.; TOOMATH, J.; EVANS, J.; SWADLING, D. **Speed Enforcement in Australasia: Volume 1 Practice – Performance measures – Outcome measures**. Austroads, 2001. Disponível em: http://www.onlinepublications.austroads.com.au/script/Details.asp?DocN=AR0000145_0904. Acesso em: 18 out. 2005.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito**. Programa PARE, Ministério dos Transportes, Brasil. 2002.

MITCHELL-TAVERNER, P.; ADAMS, K.; HEJTMANEK, S. **Community attitudes to road safety: community attitudes survey wave 10**. Federal Office of Road Safety, Canberra, Austrália, 1997.

MOUNTAIN, L.J.; HIRST, W.M.; MAHER, M.J. Are speed enforcement cameras more effective than other speed management measures? The impact of speed management schemes on 30 mph roads. **Accident Analysis and Prevention**, v.37, n.4 p.742-754, 2005.

NEWSTEAD, S.; CAMERON, M.; LEGGET, L.M.W. **Evaluation of the Queensland Random Road Watch program**. Accident Research Centre, Monash University, 1999. Disponível em: <http://www.monash.edu.au/muarc/reports/muarc149.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2005.

NUTTALL, I.; FELLENDORF, M. VISSIM For Traffic Signal Optimisation. **Traffic Technology International**, Annual Review Issue, UK and International Press, p.190-192, Reino Unido, 1996.

OEI, H. Speed policy in the Netherlands and speed management research at the SMOV. **IATSS Research**, v.20, n2, p.30-36. 1996.

OFFICE OF THE OMBUDSMAN. An investigation into the administration and collection of traffic camera fines. **Public Report n° 44**, Office of the Ombudsman, Victoria, British Columbia, Canada, 2004.

PAU, M.; ANGIUS, S. Do speed bumps really decrease traffic speed? An Italian experience. **Accident Analysis and Prevention**, v.33, n.5, p.585-597, 2001.

PERKONS. **Lombadas Eletrônicas inovaram no controle de velocidade**. Arquivo de notícias, 2003. Disponível em: http://www.perkons.com.br/imprensa_arquivo.php?id=3&pg=203. Acesso em: 17 out. 2005.

PORTES, A.A.G.; SILVA, H.Q. O processo de implantação da fiscalização eletrônica em Uberlândia / MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 13., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTP, 2001. 1 CD-ROM.

PORTLAND OFFICE OF TRANSPORTATION. **Photo radar demonstration project evaluation: cities of Beaverton and Portland.** 1997. Disponível em: <http://www.portlandonline.com/police/index.cfm?c=cjiha&a=dcdii>. Acesso em: 17 out. 2005.

QUEIROZ, M. P. **Análise Espacial dos Acidentes de Trânsito do Município de Fortaleza.** 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Departamento de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003. Disponível em: <http://metro.det.ufc.br/petran/teses/tese27.pdf>. Acesso em 14 fev. 2005.

RATHI, A.; SANTIAGO, A.J. Urban Network simulation: TRAF-NETSIM Program. **Journal of Transportation Engineering**, v.31, n.6, p.351-355, 1990.

RETTING, R.A. Speed cameras — public perceptions in the US. **Traffic Engineering and Control**, v.44, n.3, p.100-101, 2003.

RETTING, R.A.; FARMER, C.M. Evaluation of speed camera enforcement in the District of Columbia. **Transportation Research Record**, n° 1830, p.34-37, 2003.

ROGERSON, P., NEWSTEAD, S.N., CAMERON, M.H. Evaluation of the speed camera program in Victoria 1990-1991. Phase 3: Localized effects on casualty crashes and crash severity. Phase 4: General effects on speed. **Report N° 54**, Monash University Accident Research Centre. 1994.

ROZESTRATEN, R.J.A. **Psicologia do Trânsito - Conceitos e Processos Básicos.** EPU/EDUSP, São Paulo, 1988.

RTA. **Identifying fixed speed camera locations.** Roads and Traffic Authority, New South Wales, Australia. 2005. Disponível em: <http://www.rta.nsw.gov.au/roadsafety/speedandspeedcameras/fixeddigitalspeedcameras/identifyingfixedspeedcameralocations.html>. Acesso em: 15 ago. 2005.

SENSE. **Site selection criteria.** SENSE – Safety by Education Not Speed Enforcement. 1997. Disponível em: http://www.sense.bc.ca/news2.htm#97_oct_17. Acesso em: 12 set. 2005.

SIMÕES, F.A., SATO, S.S., SILVA, A.N.R. **Utilizando um SIG para Avaliar Acidentes de Tráfego em uma Cidade Média.** 1998. Disponível em: <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac98/026/026.htm>. Acesso em 14 fev. 2005.

STARK, D.C. Urban speed management 2: automatic speed enforcement. **Traffic Engineering and Control**, v.37, n° 11, p.633-636, 1996.

STUMPF, M.T. **Análise dos efeitos da barreira eletrônica com informador de velocidade sobre a operação do tráfego.** 1998. 90f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

STUSTER, J.; COFFMAN, Z.; WARREN, D. Synthesis of safety research related to speed and speed limits. **FHWA-RD-98-154**, Federal Highway Administration, EUA, 1998.

SWADLING, D. Speed enforcement strategies in Western Australia. **Research Report ARR 310**, Australian Road Research Board, 1997.

SWADLING, D.; McINERNEY, R. Consistent performance and outcome measures for speed enforcement: the road to reduced road trauma. In: INSURANCE COMMISSION OF WESTERN AUSTRALIA CONFERENCE ON ROAD SAFETY, Perth, 1999. **Proceedings...**Perth: Insurance Commission of Western Australia, 1999. Disponível em: http://www.officeofroadsafety.wa.gov.au/Facts/papers/consistent_performance_and_outcome_measures.html. Acesso em: 05 dez. 2005.

TAYLOR, M.C.; LYNAM, D.A.; BARUYA, A. The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents. **TRL Report 421**. TRL Limited, 2000.

THIELEN, I.P. **Percepções de motoristas sobre o excesso de velocidade no trânsito de Curitiba – Paraná / Brasil**. 2002. 147 f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) – Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

VAA, T. Increased police enforcement: effects on speed. **Accident Analysis and Prevention**, v.29, n.3, p.373-385. 1997.

WALKER, J. Principles and methodology in developing an anti-speeding mass media campaign. In: SYMPOSIUM ON MASS CAMPAIGNS IN ROAD SAFETY, 1996, Scarborough Beach. **Proceedings...**Scarborough Beach, Austrália: Public Health Association, p.23-27, 1996.

WHO. **World Report on Road Traffic Injury Prevention**, World Health Organization, Suíça, 2004.

WILSON, R.E. An analysis of Gipps's car-following model of highway traffic. **IMA Journal of Applied Mathematics**, v.66, p. 509-537, 2001.

ZAAL, D. Traffic law enforcement: a review of the literature. **Report 53**. Accident Research Centre, Monash University, Victoria, 1994.

ZUO Y.; COOPER, P.J. Public Reaction to Police Use of Automatic Cameras to Reduce Traffic Control Infractions and Driving Speeds in British Columbia. In: CANADIAN MULTIDISCIPLINARY ROAD SAFETY CONFERENCE, 7, 1991, Vancouver. **Proceedings...** Vancouver: CARSP, p.431-440, 1991.