



PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO E ANÁLISE DA
SEGURANÇA DE TRÁFEGO EM VIAS EXPRESSAS URBANAS

Amílcar Sampedro Tamayo

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes.

Orientadores: Marilita Gnecco de Camargo Braga
Licínio da Silva Portugal

Rio de Janeiro
Junho de 2010

PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO E ANÁLISE DA
SEGURANÇA DE TRÁFEGO EM VIAS EXPRESSAS URBANAS

Amílcar Sampedro Tamayo

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Profa. Marilita Gnecco de Camargo Braga, Ph.D.

Prof. Licinio da Silva Portugal, D.Sc.

Prof. Carlos David Nassi, D.Ing.

Profa. Lenise Grando Goldner, D.Sc.

Prof. Paulo Cezar Martins Ribeiro, Ph.D.

Profa. Vânia Barcellos Gouvêa Campos, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

JUNHO DE 2010

Sampedro Tamayo, Amílcar

Procedimento para Avaliação e Análise da Segurança de Tráfego em Vias Expressas Urbanas/ Amílcar Sampedro Tamayo. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

XVII, 219 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Marilita Gnecco de Camargo Braga

Licínio da Silva Portugal

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2010.

Referências Bibliográficas: p. 178-193.

1. Vias expressas. 2. Infraestrutura viária. 3. Acidentes de trânsito. 4. Segurança de tráfego. I. Braga, Marilita Gnecco de Camargo *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

À Sabrina, pelo amor, pelo futuro

AGRADECIMENTOS

À nação brasileira, pela oportunidade para minha superação profissional, cultural e de espírito.

Ao Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ, pelas condições materiais e humanas oferecidas para a realização do Curso de Doutorado. Ao IME, pelo suporte e as facilidades fornecidas durante todo esse período.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq -, pelo suporte financeiro.

Aos meus Professores orientadores Marilita Gnecco de Camargo Braga e Licínio da Silva Portugal, pela sua atenção, seus conselhos e ensinamentos oportunos e pelo prazer de ter trabalhado juntos.

A todos os membros da Banca Examinadora, pela gentileza em aceitar o convite para examinar esta tese e pelas sugestões e contribuições realizadas.

À Professora Maria Cristina Fogliatti de Sinay, do IME, pelo seu apoio incondicional, sua confiança, pela experiência transmitida e pela oportunidade do trabalho compartilhado durante esses anos.

A todos os funcionários e demais professores do Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ, pela ajuda e apoio constante para a realização dos trâmites administrativos e docentes e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos colegas de sala de aula, durante o período de créditos, e do Programa, pelas horas de estudo compartilhadas. Em particular, a Isolina Cruz, pelo permanente companheirismo destes anos, e ao André Maia, pela sua oportuna ajuda para o processamento estatístico.

Aos colegas que colaboraram com seus conhecimentos na realização desta pesquisa, principalmente aos profissionais e motoristas que responderam os questionários.

Aos meus pais e avós, pela educação, pelo exemplo e pelo incentivo constante para minha superação. Em especial, à minha mãe, pelo sacrifício e a confiança.

Sobretudo, à minha mulher, pelo sorriso imprescindível, pelo amor companheiro.

Em fim, a todos os que contribuíram, de uma forma ou de outra, para que esta etapa e este trabalho tenham sido possíveis.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO E ANÁLISE DA
SEGURANÇA DE TRÁFEGO EM VIAS EXPRESSAS URBANAS

Amílcar Sampedro Tamayo

Junho /2010

Orientadores: Marilita Gnecco de Camargo Braga

Licínio da Silva Portugal

Programa: Engenharia de Transportes

Nesta tese se elabora um procedimento para avaliação e análise da segurança do tráfego em vias expressas urbanas, a partir da consideração da percepção dos usuários e da opinião de especialistas. O procedimento proposto tem caráter pró-ativo e não depende da utilização de dados de acidentes de trânsito. Como parte do seu desenvolvimento, foram selecionadas as características físicas e operacionais das vias expressas urbanas que afetam a segurança do tráfego no âmbito brasileiro, sendo avaliadas e identificadas as mais importantes para a segurança dos usuários com base no conhecimento de especialistas na área de tráfego.

O procedimento foi aplicado em uma importante via expressa da cidade do Rio de Janeiro e os resultados revelaram que não existem diferenças significativas entre a percepção dos usuários e dos especialistas sobre o efeito das características da via na segurança do tráfego e que é possível avaliar as condições de segurança da via considerando de maneira conjunta a opinião de ambos os grupos. O método proposto mostrou-se uma ferramenta útil para auxiliar no processo de alocação de recursos ao facilitar a identificação dos elementos da via que devem prioritariamente sofrer intervenção no intuito de melhorar os níveis de segurança.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

PROCEDURE FOR EVALUATING AND ANALYSING
ROAD SAFETY IN URBAN FREEWAYS

Amílcar Sampedro Tamayo

June /2010

Advisors: Marilita Gnecco de Camargo Braga
Licínio da Silva Portugal

Department: Transportation Engineering

This work aims at determining a procedure for evaluation and analysis of traffic safety in urban freeways, based on drivers' and traffics experts' perception. The procedure proposed has preventative characteristics and its application does not depend on accident data. Its development includes the identification and selection of the operational and physical characteristics of urban freeways that influence traffic safety in Brazil. Those characteristics considered more important for road safety purposes were identified using the knowledge of traffic safety experts.

The procedure was applied in the study of an important freeway in the city of Rio de Janeiro. The results showed that there were no significant differences between the perception of drivers and experts on the effect of the road characteristics on traffic safety and that is possible to evaluate safety conditions considering the joint opinion of the two groups. The method proposed is an useful tool for resource allocation. It helps the identification of the road elements that should prioritarilly be attended aiming at improving safety conditions.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1_ INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização da pesquisa.....	1
1.2. Objetivo e hipótese da pesquisa.....	5
1.3. Ineditismo, originalidade e limitações da pesquisa	6
1.4. Estrutura da tese.....	7
CAPÍTULO 2_ ACIDENTES DE TRÂNSITO E SEGURANÇA VIÁRIA	9
2.1. Considerações iniciais	9
2.2. Fatores contribuintes nos acidentes de trânsito	9
2.3. Riscos no trânsito.....	12
2.3.1. Avaliação do risco	13
2.3.2. Exposição ao risco	15
2.3.3. Percepção do risco	18
2.4. Abordagens atuais da segurança viária.....	23
2.4.1. Gerenciamento dos riscos.....	24
2.4.2. Estratégias pró-ativas ou preventivas	25
2.5. Considerações finais	27
CAPÍTULO 3_ INFRAESTRUTURA VIÁRIA E SEGURANÇA DO TRÁFEGO.....	28
3.1. Considerações iniciais	28
3.2. Influência das características da via na segurança do tráfego	29
3.2.1. Traçado	31
3.2.2. Seção transversal	35
3.2.3. Pavimento	41
3.2.4. Sinalização.....	43
3.2.5. Interseções	48
3.2.6. Acessos	51
3.2.7. Áreas adjacentes	52
3.2.8. Drenagem	55

3.2.9. Iluminação	56
3.2.10. Travessias para pedestres	57
3.2.11. Dispositivos de Controle de Tráfego	58
3.2.12. Faixas auxiliares de ultrapassagem	60
3.2.13. Dispositivos para contenção de veículos desgovernados em declives	61
3.2.14. Publicidade	62
3.2.15. Estacionamento.....	63
3.2.16. Congestionamento	64
3.2.17. Velocidade.....	64
3.3. Classificação funcional das vias urbanas.....	67
3.4. Vias expressas.....	69
3.4.1. Congestionamentos e oscilações do fluxo de tráfego.....	71
3.4.2. Interseções	74
3.4.3. Segurança viária	75
3.4.4. Gerenciamento e operação	77
3.5. Considerações finais	79
CAPÍTULO 4_ MÉTODOS DE ANÁLISE DA SEGURANÇA VIÁRIA	81
4.1. Considerações iniciais	81
4.2. Modelos de previsão de acidentes de trânsito	81
4.3. Pontos críticos.....	84
4.4. Auditorias de Segurança Viária.....	85
4.5. Técnicas de Análise de Conflitos de Tráfego.....	89
4.6. Métodos alternativos.....	93
4.6.1. Método de avaliação pró-ativa da segurança viária	93
4.6.2. Procedimento dos Pontos e Setores de Perigo Potencial.....	95
4.6.3. Procedimento para monitorar medidas mitigadoras	97
4.6.4. Procedimento do Nível de Segurança.....	98
4.6.5. Metodologia para estimar o desempenho da segurança	100
4.6.6. Método para avaliar o risco potencial de atropelamentos	102
4.7. Resumo comparativo dos métodos de avaliação	103

4.8. Considerações finais	108
CAPÍTULO 5_ PROCEDIMENTO PROPOSTO.....	109
5.1. Considerações iniciais	109
5.2. Caracterização da análise.....	109
5.2.1. Informação necessária	110
5.2.2. Abordagem multicritério	110
5.3. Procedimento proposto	112
5.3.1. Seleção das características da via	114
5.3.2. Estruturação da avaliação	118
5.3.3. Avaliação das categorias viárias.....	119
5.3.4. Avaliação das características da via	131
5.3.5. Análise comparativa dos resultados	136
5.3.6. Modelagem do efeito da infraestrutura.....	137
5.3.7. Elaboração do Quadro de Prioridades de Intervenção	139
5.4. Considerações finais	141
CAPÍTULO 6_ APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO – ESTUDO DE CASO.....	143
6.1. Considerações iniciais	143
6.2. Caracterização da Linha Amarela.....	144
6.2.1. Localização da via	144
6.2.2. Caracterização do entorno	146
6.2.3. Caracterização do tráfego	148
6.2.4. Caracterização do projeto	149
6.2.5. Importância estratégica.....	150
6.2.6. Condições da infraestrutura	152
6.3. Avaliação das características da via	153
6.3.1. Avaliação realizada pelos especialistas	153
6.3.2. Avaliação realizada pelos usuários.....	156
6.4. Análise comparativa dos resultados	159
6.5. Modelagem do efeito da infraestrutura.....	165

6.6. Elaboração do Quadro de Prioridades de Intervenção.....	167
6.7. Considerações finais	169
CAPÍTULO 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	171
7.1. Conclusões.....	171
7.2. Recomendações	176
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	178
APÊNDICES	194
I. Questionário para avaliação da importância das categorias viárias	194
II. Questionários para avaliação do efeito das características da via.....	201
ANEXO	206
I. Características da via listadas nos Guias de ASV internacionais.....	206

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Investimentos federais na melhoria da segurança viária. Período 2006-2009.	4
Figura 2.1. Influência dos fatores contribuintes nos acidentes de trânsito	12
Figura 2.2. Processo de avaliação do risco.....	14
Figura 2.3. Representação dos dados de acidentes de trânsito	16
Figura 2.4. Mortos em acidentes de trânsito por cada milhão de habitantes na UE.....	25
Figura 2.5. Representação esquemática do GSV.....	26
Figura 3.1. Representação esquemática da relação infraestrutura – segurança do tráfego. .	30
Figura 3.2. Local com interação complexa traçado-entorno.	32
Figura 3.3. Coeficiente de acréscimo de acidentes por deficiência de superelevação.	34
Figura 3.4. Efeito da largura de faixa na frequência de acidentes.....	36
Figura 3.5. Efeito da largura de acostamentos na frequência de acidentes.	38
Figura 3.6. Desnível entre faixa de rolamento e acostamento.....	39
Figura 3.7. Canteiro central com barreira de concreto em uma via urbana.....	40
Figura 3.8. Buracos e perda do revestimento do pavimento.	42
Figura 3.9. Efeito noturno de PRPM nas linhas delimitadoras de uma rodovia.	46
Figura 3.10. Canalizador reflexivo em uma via urbana.	47
Figura 3.11. Guias sonoras de acostamento.	48
Figura 3.12. Interseção com visibilidade muito reduzida.....	50
Figura 3.13. Relação entre densidade de acessos e a taxa de acidentes de trânsito.	52
Figura 3.14. Barreira de proteção contra obstáculo fixo.	54
Figura 3.15. Efeito dos espelhos de água sobre a circulação.	55
Figura 3.16. Acidentalidade horária em vias de Valência, Espanha. Ano de 2000.....	56
Figura 3.17. Efeitos do estacionamento inapropriado de veículos.	63
Figura 3.18. Relação entre diferencial de velocidade e frequência de acidentes.	66
Figura 3.19. Relação entre a variação da velocidade e a variação dos acidentes.....	67
Figura 4.1. Representação esquemática da proporção de conflitos e acidentes	90
Figura 5.1. Estrutura do procedimento proposto	113
Figura 5.2. Escala de critérios de avaliação da importância das categorias	121
Figura 5.3. Importância média das categorias atribuída pelos grupos de profissionais.	126

Figura 5.4. Escala de critérios de avaliação do efeito das características na segurança.....	135
Figura 6.1. Sistema de vias de trânsito rápido da cidade do Rio de Janeiro.....	145
Figura 6.2. Trechos da Linha Amarela.	146
Figura 6.3. Bairros localizados no entorno da Linha Amarela.	147
Figura 6.4. Passarela na Linha Amarela.	149
Figura 6.5. Seção transversal típica da Linha Amarela.	150
Figura 6.6. Efeito negativo das características atribuído por especialistas e usuários.	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Medidas para aumentar a segurança do tráfego.....	17
Tabela 2.2. Medidas de exposição ao risco no trânsito.	18
Tabela 2.3. Elementos da percepção do risco segundo os prejulgamentos pessoais.....	21
Tabela 2.4. Tendências intuitivas na percepção do risco.	21
Tabela 2.5. Características da percepção do risco segundo o tipo de avaliador.....	22
Tabela 3.1. Relação entre características das curvas e ocorrência de acidentes.....	33
Tabela 3.2. Impacto nos acidentes das faixas para os giros em interseções.....	49
Tabela 3.3. Efeito da visibilidade nos acidentes em interseções controladas por placas	50
Tabela 3.4. Taxas de acidentes em vias urbanas em função do controle de acessos.....	51
Tabela 3.5. Relação entre largura livre de obstáculos e o número de acidentes	53
Tabela 3.6. Impacto das faixas auxiliares na ocorrência de acidentes	61
Tabela 3.7. Proporção de km de via e km trafegados segundo a classe de via.	68
Tabela 3.8. Elementos físicos que afetam a capacidade e a operação de vias expressas.	71
Tabela 3.9. Benefícios do gerenciamento de vias expressas.	79
Tabela 4.1. Estágios para a aplicação de ASV em diferentes tipos de projetos	87
Tabela 4.2. Avaliação do desempenho das TCT	92
Tabela 4.3. Resumo das características dos métodos de análise da segurança viária.....	104
Tabela 5.1. Categorias e características viárias selecionadas.....	117
Tabela 5.2. Estrutura da primeira parte da matriz de desempenho.....	119
Tabela 5.3. Exemplo da estrutura básica da segunda parte da matriz de desempenho	119
Tabela 5.4. Características dos questionários segundo sua estrutura.	120
Tabela 5.5. Resumo do processo de aplicação dos questionários.	122
Tabela 5.6. Resumo dos resultados da avaliação dos funcionários privados	123
Tabela 5.7. Resumo dos resultados da avaliação dos funcionários públicos	124
Tabela 5.8. Resumo dos resultados da avaliação dos pesquisadores universitários.....	125
Tabela 5.9. Resumo dos resultados dos testes de normalidade	127
Tabela 5.10. Resumo dos resultados do teste de Kruskal-Wallis para os grupos	128
Tabela 5.11. Importância para a segurança do tráfego das categorias consideradas.....	129
Tabela 5.12. Importância das categorias consideradas, segundo o tipo de via.....	130

Tabela 5.13. Definição dos critérios de avaliação das características da via.	136
Tabela 5.14. Definição dos critérios de avaliação das características da via.	140
Tabela 6.1. Características dos bairros do entorno da Linha Amarela.	148
Tabela 6.2. Resumo dos resultados da avaliação realizada pelos especialistas.....	154
Tabela 6.3. Características da amostra de usuários pesquisada.....	156
Tabela 6.4. Resumo dos resultados da avaliação realizada pelos usuários	158
Tabela 6.5. Resumo dos resultados dos testes de normalidade	162
Tabela 6.6. Resumo dos resultados do teste de Kruskal-Wallis da avaliação conjunta	164
Tabela 6.7. Modelo do EI sobre a segurança do tráfego obtido para a Linha Amarela	166
Tabela 6.8. Quadro de Prioridades de Intervenção da Linha Amarela.....	168

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AASHTO	- <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ANN	- Rede Neural Artificial
ANOVA	- <i>Multivariate Analysis of Variance</i>
ASV	- Auditoria de Segurança Viária
AUSTROADS	- <i>Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities</i>
CCO	- Centro de Controle Operacional
CET-RIO	- Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro
COPPE/UFRJ	- Universidade Federal do Rio de Janeiro
CV	- Coeficiente de Variação
DCT	- Dispositivos de Controle de Tráfego
DENATRAN	- Departamento Nacional de Trânsito
EI	- Efeito da Infraestrutura
EUA	- Estados Unidos da América
GSV	- Gerenciamento da Segurança Viária
IDH	- Índice de Desenvolvimento Humano
ISP	- Índice de Segurança Potencial
ITS	- Sistemas Inteligentes de Transporte
LAMSA	- Linha Amarela S.A.
OCDE	- Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômicos
OMS	- Organização Mundial da Saúde
PARE	- Programa de Redução dos Acidentes de Trânsito
PIB	- Produto Interno Bruto
PMV	- Painéis de Mensagens Variáveis
PPP	- Ponto de Perigo Potencial
PRPM	- <i>Permanent Raised Pavement Marker</i>
PITIS	- Método de Avaliação Pró-Ativa da Segurança Viária
QPI	- Quadro de Prioridades de Intervenção
RSV	- Revisão de Segurança Viária
SPP	- Setor de Perigo Potencial

TRL	- <i>Transport Research Laboratory</i>
TCT	- Técnicas de Análise de Conflitos de Tráfego
TTC	- <i>Time to Collision</i>
UE	- União Européia
UPS	- Unidade Padrão de Severidade
VDT	- Volume Diário de Tráfego

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização da pesquisa

A segurança de motoristas, de passageiros e de pedestres tem se convertido em uma das premissas principais para o planejamento e o gerenciamento dos sistemas de transportes e de sua infraestrutura. Esse fato é resultado da conscientização de diferentes setores sociais diante dos consideráveis custos econômicos dos acidentes de trânsito e do grande impacto psicológico pela perda de vidas humanas ou pelas seqüelas provocadas.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera as conseqüências dos acidentes de trânsito um importante problema de saúde pública mundial. Suas estimativas estabelecem que 1,5 milhões de pessoas morrem por ano no mundo devido a acidentes de trânsito - mais de 130.000 só nas Américas -, sendo que pouco mais da metade dessas mortes corresponde a adultos jovens. O número de lesionados, entretanto, poderia chegar a 50 milhões. Prevê-se que, ao se manter as tendências atuais, para o ano de 2020 o número de mortes por acidentes aumentará quase 65%, comparado com o ano de 2000. Em termos econômicos, o custo atribuído aos acidentes de trânsito ascende a US\$ 518.000 milhões, de 1% a 2% do Produto Interno Bruto (PIB) dos países, dependendo seus níveis de desenvolvimento respectivos (PEDEN *et al.*, 2004; OPS, 2007).

Diversos estudos revelam que a situação nos países em desenvolvimento é particularmente difícil (MOHAN *et al.*, 2006; TWALA e MKHONTA, 2010). Assim, 90% das mortes causadas por acidentes de trânsito acontecem em países de baixa e média renda, apesar de que neles circulam apenas 20% da frota mundial de veículos. Nesses países, o crescimento estimado do número de mortes será de 80% até o ano 2020.

No Brasil, os acidentes em áreas urbanas geraram custos de R\$ 5,3 bilhões a preços de 2003, enquanto os custos dos acidentes em rodovias representaram R\$ 22 bilhões a preços de 2005 (IPEA e ANTP, 2003; IPEA e DENATRAN, 2006). Em conjunto, esses valores equivalem a pouco mais de 1,5% do PIB brasileiro.

A situação da segurança do tráfego nas vias brasileiras pode ser ainda pior ao se levar em conta a precariedade e a pouca confiabilidade dos registros de acidentes no país. As

condições do sistema de estatísticas de acidentes, caracterizado por problemas na coleta de dados, deficiências de procedimentos, descontinuidade da informação, duplicidade de dados e falta de uma base digital adequada, dificultam a adoção de métodos tradicionais de gerenciamento e tratamento da segurança viária que precisam do subsídio de dados confiáveis, ou limitam os resultados da sua aplicação. Dessa forma, para conseguir benefícios evidentes na segurança, nas circunstâncias atuais, torna-se conveniente o desenvolvimento e a utilização de ferramentas que não dependam do emprego dos dados de acidentes e que procurem identificar e gerenciar os riscos no sistema de transportes antes que qualquer incidente aconteça.

Embora as estatísticas indiquem a relevância do fator humano nos acidentes, ao abordar os problemas de segurança viária, nem sempre a atuação sobre o componente de maior peso oferece a melhor relação custo – benefício. Neste sentido, NODARI e LINDAU (2004) afirmam que *“ambientes viários complexos podem imputar exigências excessivas sobre a habilidade de motoristas médios. Mais simples e menos oneroso que treinar motoristas para níveis de habilidade superiores, seria investir em medidas de engenharia para simplificar o ambiente viário de forma a facilitar o ato de dirigir. É importante destacar que as medidas de engenharia são apontadas como capazes de influenciar mudanças mais rápidas no comportamento do motorista do que medidas de educação ou fiscalização. É o caso do fator via, no qual atuações sobre ele para adequar os ambientes rodoviários e aumentar as condições de segurança permitem uma diminuição mais rápida e maior do número e da gravidade dos acidentes de trânsito”*.

Novas abordagens enfatizam ações destinadas à redução dos riscos associados à via, visando ambientes viários que propiciem uma redução na exigência de habilidades por parte dos motoristas no ato de dirigir e, portanto, uma menor participação do fator humano na ocorrência de acidentes. Dentro desta perspectiva, nas últimas décadas se desenvolveram vários métodos para a análise e o tratamento do fator viário-ambiental, entre os quais se destacam as Auditorias de Segurança Viária e as Técnicas de Conflitos de Tráfego (NODARI, 2003). Porém, em muitos países, incluído o Brasil, a introdução destas técnicas é limitada. Deve ser levado em conta que essas técnicas surgiram em países desenvolvidos, baseadas nos padrões e nas particularidades do tráfego desses países e direcionadas a avaliar e resolver problemas próprios da sua infraestrutura viária. Em geral, com essas

técnicas se realiza o diagnóstico qualitativo das condições de segurança o que, eventualmente, pode dificultar a identificação dos elementos e dos locais com maiores problemas e, portanto, a priorização destes no emprego dos limitados recursos existentes, principalmente nos países em desenvolvimento, que com frequência apresentam redes viárias bastante deterioradas.

Assim, a pesquisa bibliográfica realizada constatou a preocupação com a busca de métodos alternativos para avaliar e tratar os riscos associados ao sistema viário, que visam uma adequação às condições socioeconômicas e às características do tráfego, do ambiente viário e dos costumes dos países em desenvolvimento e do Brasil em particular (SAMPEDRO *et al.*, 2007). No caso brasileiro, foram encontrados métodos que abordam a avaliação e o tratamento das condições de segurança em rodovias de pista simples, vias arteriais e coletoras urbanas e travessias para pedestres.

Algumas dessas pesquisas analisam o efeito das características da via sobre a segurança do tráfego a partir da consolidação do conhecimento de profissionais que atuam na área de Engenharia de Tráfego e Segurança Viária. Outras, entretanto, avaliam a influência com base na percepção dos usuários sobre os riscos provenientes dessas características. Da consulta desses métodos se verifica a importância e a viabilidade de se considerar os pontos de vista de usuários e de profissionais e se constata que, em geral, existe coerência entre as avaliações de risco realizadas por esses dois grupos.

São diversas as ações e as estratégias do Governo brasileiro com o intuito de reduzir o número e as consequências dos acidentes. Desde sua criação em 1993, o Programa de Redução dos Acidentes de Trânsito (PARE) tem priorizado o desenvolvimento de estudos visando a melhoria do ambiente viário, principalmente no que tange às condições das vias, à sinalização e à operação e ao desenvolvimento de metodologias para identificar, com maior precisão, os fatores contribuintes dos acidentes e planejar ações corretivas (MT, 2009). Também, com a participação do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), são fomentados projetos e campanhas educativas destinados à diminuição dos acidentes de trânsito (DENATRAN, 2009).

Além dos programas governamentais implantados no Brasil, a importância do tema proposto pode ser constatada pelos investimentos realizados nos últimos anos para melhorar as condições de segurança das vias brasileiras.

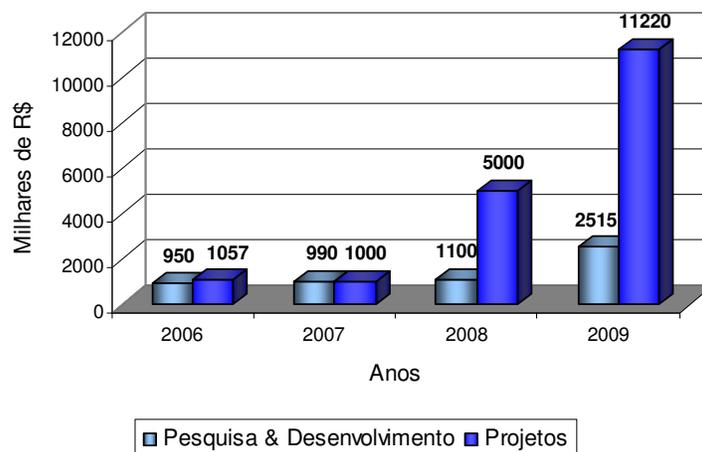


Figura 1.1. Investimentos federais na melhoria da segurança viária. Período 2006-2009.
Fonte: MPOG (2009)

Na Figura 1.1 podem verificar-se os recursos destinados para financiar ações de pesquisa e desenvolvimento na área de segurança de tráfego e de projetos destinados a reduzir os riscos de acidentes de trânsito, apenas no âmbito do Governo Federal. Note-se como nos últimos três anos o investimento para projetos aumentou mais de 11 vezes, até alcançar o montante de R\$ 11,220 milhões no ano de 2009, enquanto os recursos aplicados em pesquisa e desenvolvimento superaram os R\$ 2,5 milhões (MPOG, 2009).

O aumento dos fluxos de tráfego e, conseqüentemente, dos problemas operacionais e de segurança apresentados nas redes viárias, tem provocado uma crescente necessidade de implantação de vias expressas. As vias expressas, tanto urbanas quanto rodovias, são desenhadas para oferecer elevados padrões de desempenho operacional aos usuários, incluindo condições adequadas quanto à segurança. Mesmo assim, nelas ocorre um número significativo de acidentes. Repercussões e custos derivados dos acidentes tendem a serem maiores nestes locais por serem estratégicos na rede viária e por envolverem grandes contingentes de veículos, circulando tipicamente com altas velocidades. Nas cidades maiores, as vias desse tipo constituem importantes corredores para a movimentação de passageiros e de cargas, enquanto em cidades americanas canalizam 50% dos quilômetros-trafegados (KHISTY e LALL, 1998).

Apesar da tendência em subestimar os efeitos das características e das condições da via sobre a ocorrência de acidentes de trânsito, o sistema viário, no seu conjunto, cria situações que podem induzir os motoristas a cometer erros de percepção ou de reação e, em

consequência, propícias para a ocorrência de acidentes (MAIA, 1995; SAMPEDRO, 2006). Ambientes viários complexos podem afetar principalmente motoristas e pedestres pouco experientes, mas em determinadas ocasiões também levam condutores habilidosos a enfrentar exigências e riscos inesperados (NODARI, 2003).

Porém, PEO (2003) e PICADO (2005) reconhecem que o conhecimento sobre o efeito das características da via sobre a segurança do tráfego é limitado. As limitações desse conhecimento estão relacionadas especialmente à direção da influência da característica sobre a segurança, à magnitude da influência, à ausência de qualquer entendimento sobre o efeito de algumas características sobre a segurança e à precariedade da disponibilidade de dados de acidentes no âmbito brasileiro.

Assim, o problema abordado nesta pesquisa é a limitação atual do conhecimento a respeito da influência das características da via sobre a segurança do tráfego. Aprimorar o entendimento dessa influência pode subsidiar o trabalho das entidades encarregadas de gerenciar o sistema viário e aumentar a eficácia das ações que visam à redução do número e da severidade dos acidentes de trânsito.

Diante do exposto, verifica-se a relevância de aprofundar o estudo da segurança do tráfego em vias expressas através de uma análise que, baseada na avaliação conjunta de usuários e de especialistas de trânsito, forneça dados de caráter pró-ativo que permitam determinar quais são as características físicas e operacionais que mais afetam a segurança nestas vias. A metodologia proposta neste estudo pode se constituir em uma ferramenta para auxiliar nos processos decisórios sobre a aplicação mais efetiva dos recursos destinados a reduzir o número e as consequências dos acidentes.

1.2. Objetivo e hipótese da pesquisa

Esta pesquisa visa aprofundar o entendimento da influência das características da via sobre a segurança do tráfego. Em particular, pretende-se estudar e analisar o efeito das características das vias expressas urbanas brasileiras, elaborando-se uma ferramenta que resulte de utilidade para apoiar a tomada de decisão sobre a aplicação dos recursos destinados ao melhoramento das condições de segurança da via.

O objetivo específico da pesquisa é desenvolver um procedimento para avaliar e analisar o efeito das características físicas e operacionais da infraestrutura sobre a

segurança do tráfego nas vias expressas urbanas brasileiras, a partir da consolidação do conhecimento dos especialistas e da consideração da percepção dos usuários. O procedimento será aplicado em uma via expressa da cidade do Rio de Janeiro.

Assim, a hipótese desta tese é mostrar que é possível elaborar um procedimento para avaliar e analisar o efeito das características físicas e operacionais da via sobre a segurança do tráfego, nas vias expressas urbanas, a partir da consideração integrada da percepção e dos pontos de vista de usuários e de especialistas em trânsito e segurança viária.

Algumas questões são importantes para avançar no entendimento do efeito das características das vias expressas urbanas sobre a segurança do tráfego e, portanto, para a concepção e desenvolvimento do procedimento. Essas questões deverão ser respondidas com o desenvolvimento da pesquisa e são as seguintes:

- 1) Quais são as características físicas e operacionais das vias expressas urbanas brasileiras que afetam a segurança do tráfego?
- 2) É possível realizar uma hierarquização e estabelecer quais são as características da infraestrutura que maior influência têm na ocorrência de acidentes de trânsito nas vias expressas urbanas brasileiras?
- 3) A percepção dos usuários da via coincide com a dos especialistas em relação à influência das características físicas e operacionais das vias expressas urbanas sobre a segurança do tráfego? No caso de não serem coincidentes, quais são as principais semelhanças e diferenças entre essas percepções?

1.3. Ineditismo, originalidade e limitações da pesquisa

O primeiro aspecto que mostra o ineditismo e a originalidade desta pesquisa diz respeito à particularidade de que a avaliação e a análise do efeito das características da via na segurança são realizadas considerando de maneira conjunta a percepção e a opinião de usuários e especialistas. A maioria dos métodos de avaliação da segurança viária consultados é baseada na utilização de dados de acidentes ou na análise dos profissionais da área de Tráfego (ver itens 4.2 e 4.3). Uma das metodologias estudadas utiliza o mesmo princípio deste trabalho (DIÓGENES, 2008), mas tem a particularidade de ser direcionada para a análise específica de travessias urbanas de pedestres e de usar um método de avaliação diferente.

Outro fator que justifica a originalidade do trabalho está associado ao tipo de via que será avaliada e analisada. Outros estudos foram desenvolvidos para a avaliação específica das condições de segurança em rodovias de pista simples, vias arteriais e coletoras urbanas e travessias urbanas para pedestres ou para a avaliação em geral de qualquer tipo de via. Esta pesquisa, no entanto, é direcionada especificamente para a avaliação e a análise de vias expressas urbanas. Neste sentido, um elemento importante é a identificação e a seleção das características físicas e operacionais das vias expressas que mais influenciam a segurança do tráfego, no âmbito brasileiro.

Esta pesquisa apresenta algumas limitações que precisam ser mencionadas. A primeira está relacionada com o objeto de estudo. Sabe-se que a segurança de tráfego é um assunto complexo no qual interagem simultaneamente fatores ligados ao homem, à via, ao meio ambiente e ao veículo. Esta tese, no entanto, se concentra apenas na análise do fator viário-ambiental, desconsiderando outros aspectos que incidem na ocorrência de acidentes vinculados aos fatores humano e veicular.

A segunda limitação diz respeito à aplicabilidade do procedimento. O método proposto é direcionado para vias expressas urbanas. Os resultados discutidos no estudo de caso, incluindo o modelo, são obtidos a partir de dados, em parte, coletados em uma via específica do Rio de Janeiro, e com motoristas dessa cidade. É possível que a percepção e a avaliação da influência das características variem de cidade para cidade de acordo com suas condições particulares.

A terceira limitação se refere à natureza da pesquisa. A avaliação do risco realizada é baseada na opinião de usuários e de profissionais, um processo sujeito às incertezas e diferenças próprias da percepção das pessoas. A essas características é necessário adicionar imprecisões normais decorrentes da modelagem, associadas a erros estatísticos ou à seleção das características da via realizada para esta pesquisa.

1.4. Estrutura da tese

Esta tese está estruturada em sete capítulos. No Capítulo 1 – Introdução – se oferece uma primeira aproximação ao contexto atual do tema da pesquisa, destacando sua relevância. Também são apresentados aspectos gerais como o problema e as limitações da

pesquisa, o objetivo, a hipótese, as questões a serem resolvidas e o ineditismo e originalidade do trabalho.

A parte da revisão bibliográfica abrange, sobretudo, os capítulos 2, 3 e 4. No Capítulo 2 são apresentados aspectos gerais da segurança viária, entre eles os acidentes de trânsito, os principais fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes, elementos da avaliação e percepção de riscos e as abordagens usadas no tratamento dos problemas de segurança do tráfego. No Capítulo 3 se aborda de maneira ampla a influência dos elementos da infraestrutura na segurança do tráfego e se ressaltam as principais características das vias expressas urbanas. Já no Capítulo 4, são apresentadas as mais importantes técnicas de avaliação e de tratamento da segurança viária, incluindo os procedimentos, as abordagens e as variáveis que utilizam, bem como alguns métodos alternativos.

O Capítulo 5 – Procedimento proposto - é reservado para apresentar e descrever o procedimento para a avaliação e a análise da segurança do tráfego em vias expressas urbanas, detalhando os métodos e as ferramentas empregadas nas diferentes etapas.

No Capítulo 6 se apresenta a aplicação do procedimento em um estudo de caso na Linha Amarela, no Rio de Janeiro, bem como a discussão dos resultados obtidos.

No Capítulo 7 – Conclusões - se apresentam as conclusões do trabalho, a contribuição da pesquisa e as recomendações para estudos futuros.

Os Apêndices I e II são reservados para apresentar os questionários utilizados na pesquisa para a avaliação da importância e do efeito sobre a segurança do tráfego dos diferentes elementos da via.

No Anexo I se apresenta a lista das características viárias que serviu como subsídio para a seleção das características utilizadas no procedimento.

CAPÍTULO 2

ACIDENTES DE TRÂNSITO E SEGURANÇA VIÁRIA

2.1. Considerações iniciais

A análise dos problemas de segurança viária não se pode restringir apenas à simples consideração da soma total e da severidade dos acidentes de trânsito acontecidos em determinada via ou região (TRB, 2004). Em geral, a segurança viária abrange um conjunto de condições e fatores interligados que propiciam a circulação e interação dos diferentes elementos do sistema de tráfego na rede viária sob níveis aceitáveis de risco e de forma suficientemente segura.

Para abordar os problemas de segurança viária resulta importante conhecer os diferentes fatores que contribuem para a ocorrência dos acidentes de trânsito e os riscos associados a estes. É necessário aprofundar o entendimento da natureza e dos tipos de riscos presentes no tráfego, da maneira como os usuários do trânsito percebem e reagem diante das diferentes situações e quais são os mecanismos existentes para a avaliação e o gerenciamento dos elementos de risco.

Neste Capítulo são apresentados, com base na revisão bibliográfica, os fatores contribuintes e sua influência na ocorrência de acidentes de trânsito. Abordam-se as principais questões relacionadas com os riscos no tráfego, sua percepção e avaliação. Finalmente, são descritas as abordagens dos problemas de segurança viária, ressaltando a análise das abordagens e estratégias atuais.

2.2. Fatores contribuintes nos acidentes de trânsito

ABNT (1989) define acidente de trânsito como 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.

São incidentes complexos que podem ser influenciados por variáveis e fatores muito diversos. De acordo com COLLADO (2000), resultam de uma cadeia de eventos e

circunstâncias na qual o sujeito sempre pode intervir para evitar ou diminuir suas conseqüências, sendo, portanto, preveníveis.

Os acidentes de trânsito são eventos resultantes da combinação de vários fatores causais ou contribuintes que interagem para sua ocorrência (DAS *et al.*, 2010). O termo fator contribuinte se refere àquelas condições cuja variação pode alterar o risco de acontecer um acidente (ANDREI, 2006). Os fatores contribuintes podem ser agrupados em três grandes categorias ou componentes do acidente: os componentes humano, viário-ambiental e veicular.

No entanto, VELASCO *et al.* (2004) e RIFAAT e TAY (2010) alertam que outras variáveis podem condicionar a ocorrência de acidentes de trânsito, algumas delas alheias ao meio rodoviário, entre as quais mencionam as políticas de transporte, os meios de comunicação, a opinião pública, o crescimento econômico e as características demográficas.

De acordo com MACEDO (2004), a maioria das pesquisas aponta o fator humano como o responsável direto ou indireto por 65% a 95% dos acidentes de trânsito. MIRANDA e BRAGA (2004) explicam que “o fator humano é o mais sobrecarregado, pois todos os outros elementos o influenciam e ele exerce influência apenas sobre o veículo”. Nos Estados Unidos é citado como a causa de 45% a 75% do total de acidentes e como um fator contribuinte na maioria dos acidentes (MEDINA *et al.*, 2004). Na União Européia (UE), o fato de dirigir sob os efeitos do álcool é a causa de pelo menos 20% das lesões graves e mortais e de aproximadamente 9.000 mortos por ano (COMISSÃO EUROPÉIA, 2003).

Para GAO (2003), entre os principais riscos associados ao fator humano se encontram a falta de atenção e a distração dos motoristas, circular na contramão, circular a velocidades incompatíveis, realizar ultrapassagens arriscadas e consumir bebidas alcoólicas e drogas.

Diversas fontes estimam que entre 15% e 35% dos acidentes são provocados por fatores vinculados ao componente viário e ao meio ambiente (GAO, 2003; CETRA, 2003). Porém, existe a tendência em vários países de esses dados estarem distorcidos pelas próprias condições em que os funcionários levantam e registram os acidentes. NODARI e LINDAU (2003) exemplificam que quando o acidente é causado por uma falha do motorista em lidar com o ambiente viário, em geral, atribui-se o acidente à falta de

habilidade ou à inexperiência do motorista, reconhecendo que ambientes viários complexos podem exigir habilidade excessiva de condutores médios.

Alguns dos fatores da infraestrutura viária e do meio ambiente que mais incidem sobre a segurança de motoristas, passageiros e pedestres são a geometria e o traçado, as condições do pavimento, a sinalização, a chuva e a neblina, entre outros (TRB, 1997b; GAO, 2003; FU *et al.*, 2006).

Estudos consultados responsabilizam o veículo por 4% a 13% dos acidentes de trânsito (GAO, 2003; CETRA, 2003). No entanto, BERTIN-JONES (2004) ressalta que os veículos têm diferentes frequências e custos de acidentes, independentemente de seus condutores e das condições da via. A análise das estatísticas de acidentes demonstra que se poderiam evitar 50% das mortes e dos lesionados se todos os veículos fossem projetados para oferecer um nível de proteção igual ao melhor de sua classe.

Ao comentar os fatores de risco associados com este componente, CETRA (2003) e RODRIGUE *et al.* (2006) mencionam, entre outros, as falhas nos programas de manutenção, a idade e o tipo do veículo e a função para a qual foi destinado.

É notável a tendência a considerar aspectos ligados ao fator humano como os únicos responsáveis pela ocorrência de acidentes de trânsito, sem levar em conta que elementos relacionados com a via e com o veículo podem potencializar as falhas humanas. NODARI (2003) alerta que, em geral, existe mais de um fator contribuindo para que aconteça um acidente de trânsito e que tais fatores contribuintes podem estar associados a mais de um componente do acidente.

Alguns estudos internacionais que abordam a participação dos diferentes fatores nos acidentes analisam as interações entre eles (AUSTROAD, 1994; SABEY, 1980 *apud* KHISTY e LALL, 1998). A Figura 2.1 mostra a influência dos fatores contribuintes na ocorrência dos acidentes.

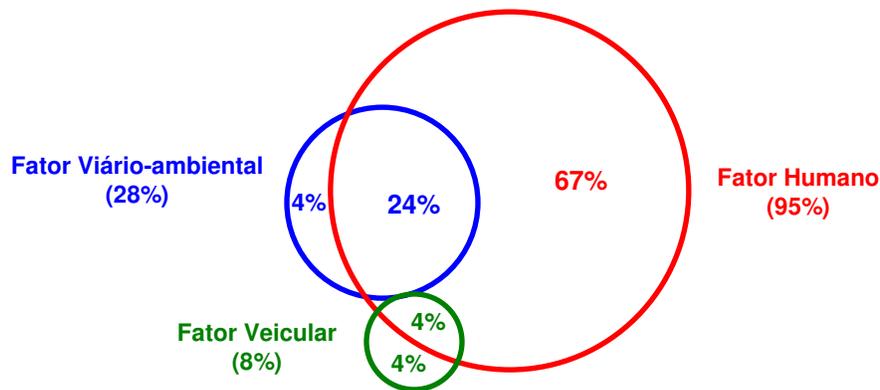


Figura 2.1. Influência dos fatores contribuintes nos acidentes de trânsito
 Fonte: Adaptado de Austroad (1994)

Para NODARI (2003), no entanto, a influência e as interações dos fatores contribuintes dos acidentes no Brasil podem diferir de aquelas reportadas na bibliografia internacional. Isto seria motivado, argumenta, pela diversidade cultural do país, pela proximidade de muitas regiões com países limítrofes diferentes e pelas variações no relevo, no clima e nas condições operacionais.

2.3. Riscos no trânsito

Risco é uma combinação de incerteza e conseqüências negativas. HATFIELD e HIPEL (2002) afirmam que existem varias maneiras de definir risco, em função do contexto e da área de pesquisa. Todos esses conceitos, porém, coincidem em um aspecto: a distinção entre a realidade e a possibilidade (SJÖBER *et al.*, 2004). De acordo com DIÓGENES (2008), “*na engenharia define-se risco como a probabilidade de ocorrência de um evento indesejado resultando em perda ou dano, esteja esse relacionado à saúde, à propriedade, ao meio ambiente ou ao bem estar*”.

TOBASSO (2004) reconhece que participar do trânsito sem assumir nenhum risco resulta completamente impossível. A probabilidade de um evento resultar em um acidente de trânsito é função de diferentes fatores, que incluem características do próprio sistema de tráfego, ligadas aos usuários, à via ou aos veículos.

No trânsito, o risco é dependente de quatro elementos principais que são influenciados por fatores variados (NAVIN *et al.*, 1999; PEDEN *et al.*, 2004):

- exposição ao risco (fatores econômicos e demográficos, uso e ocupação do solo, planejamento e organização do trânsito);
- probabilidade do acidente (velocidade inadequada, uso de álcool e drogas, desenho e traçado da via, condições de manutenção da via e do veículo);
- severidade do acidente (não utilização dos elementos de segurança passiva dos veículos, velocidade, obstáculos laterais), e
- conseqüências do acidente (tempo de reação das autoridades, presença de fogo ou substancias tóxicas, falhas na atenção médica).

2.3.1. Avaliação do risco

RENN (1998) define avaliação do risco como o processo no qual são definidos com precisão os componentes associados a determinado risco. Dependendo de aspectos como a natureza do perigo, o uso da avaliação, os recursos e as informações disponíveis, a mesma pode ser quantitativa, semi-quantitativa ou qualitativa. É um processo complexo que pode envolver questões e matérias variadas, com diferentes níveis de detalhamento técnico (PARKIN e BALBUS, 2000).

O objetivo da avaliação de risco é estimar a probabilidade e a severidade de um determinado evento acontecer. Pode ser usada para obter informações que subsidiem a tomada de decisão nos processos de gerenciamento dos riscos ou de regulação e regulamentação da segurança (COWELL *et al.*, 2002).

Em geral, são quatro as etapas envolvidas nas avaliações de risco: identificação do risco, estimativa do risco, análise do risco e gerenciamento do risco (RODRIGUE *et al.*, 2006). Em cada uma dessas etapas é necessário levar em conta questões como a probabilidade da ocorrência e a severidade dos eventos, as circunstancias que influenciam determinados acontecimentos e as dificuldades para solucionar o diminuir os problemas encontrados. A Figura 2.2 representa o processo comum de avaliação do risco.

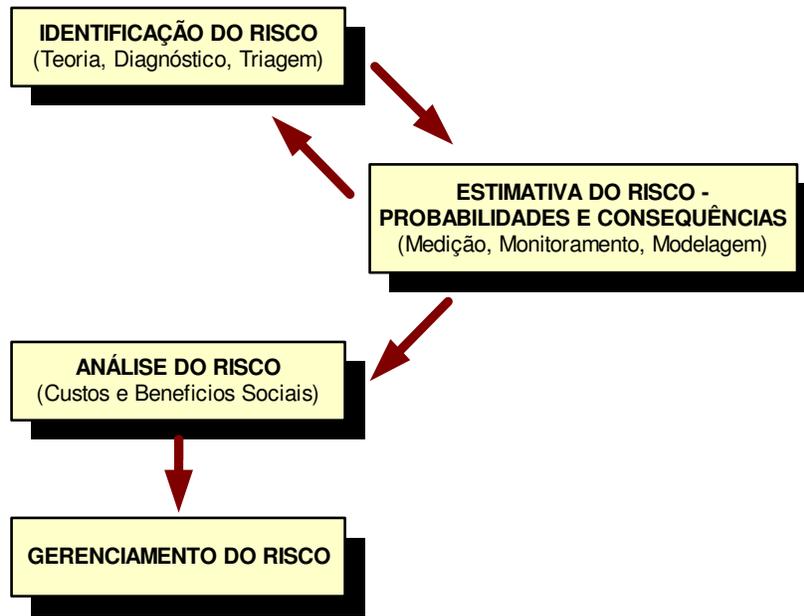


Figura 2.2. Processo de avaliação do risco
Fonte: Adaptado de Rodrigue *et al.* (2006)

Segundo ALE (2002), a identificação do risco é o processo de dedução no qual são imaginados as ameaças e os danos potenciais para um objeto de interesse (pessoas, meio ambiente). Na segurança viária, diferentes técnicas podem ser utilizadas para a identificação desses perigos potenciais, entre as quais: análise de estatísticas de acidentes, análise de falhas e efeitos, estudo de pontos críticos, estudos do tipo “antes” e “depois”, Técnicas de Conflitos de Tráfego e Auditorias de Segurança Viária (DIÓGENES, 2008).

A estimativa dos riscos está embasada nos fatores identificados na etapa prévia. Nesta etapa são estabelecidos os cenários da análise e avaliadas de maneira quantitativa as consequências potenciais e as probabilidades de ocorrência do evento (ALE, 2002). Devem ser considerados apropriadamente os fatores humanos que influenciam cada cenário, bem como a qualificação dos avaliadores.

Na etapa de análise do risco a informação obtida nas etapas anteriores deve ser combinada com a informação probabilística do entorno para completar a descrição do risco. Em geral, são recomendáveis análises de tipo quantitativo, que resultam menos ambíguas e são controláveis e consistentes (HOJ e KRÖGER, 2002). Embora às vezes seja possível chegar a resultados concretos a partir da comparação dos valores obtidos, é comum que a redução do nível do risco deva ser decidida com base em uma avaliação benefício-custo.

O principal objetivo da última etapa do processo é selecionar e implementar as medidas para mitigar e gerenciar os riscos. A escolha das medidas deve considerar aspectos sociais, ambientais, operacionais e econômicos. De acordo com HOJ e KRÖGER (2002), as medidas escolhidas devem ser avaliadas e implantadas com base em análises econômicas e técnicas e incluem:

- medidas de prevenção de acidentes (para reduzir a probabilidade de acidentes de trânsito);
- medidas de resgate (para reduzir os danos às pessoas), e
- medidas de mitigação das conseqüências do acidente (para reduzir os danos à propriedade)

2.3.2. Exposição ao risco

Ao analisar os problemas de segurança é conveniente relacionar a ocorrência de acidentes de trânsito com a movimentação dos indivíduos no sistema de tráfego, procurando parâmetros que expressem ou mensurem quanto os motoristas, pedestres e passageiros se expõem ao risco ao circular pelas vias. O conceito de exposição ao risco sugere uma idéia clara: a freqüência esperada de acidentes aumenta na medida em que aumenta o número de viagens, tanto a nível individual quanto social.

BRAGA *et al.* (2005) apresentam a definição de exposição ao risco como a freqüência de eventos no trânsito que criam riscos de acidentes. Esta definição leva em conta a interação das demandas do sistema de tráfego e o desempenho dos motoristas, pois permite a diferenciação da experiência ao volante entre condutores que apresentam semelhanças quanto à quilometragem dirigida durante um certo período de tempo, mas que estiveram submetidos a situações de tráfego (complexidade, presença de conflitos, etc) diferentes.

Assim, NILSSON (2004) sugere uma nova representação dos dados de acidentes e, portanto, da situação da segurança viária, que leve em conta a exposição ao tráfego, mostrada na Figura 2.3. Fatores como hora do dia, condições dos elementos da infraestrutura e tipo e localização urbana ou rural da via condicionam o risco de envolvimento em acidentes. Porém, o tipo de exposição ao tráfego pode ser usado como uma unidade de medida para realizar comparações quanto à freqüência dos envolvimento.

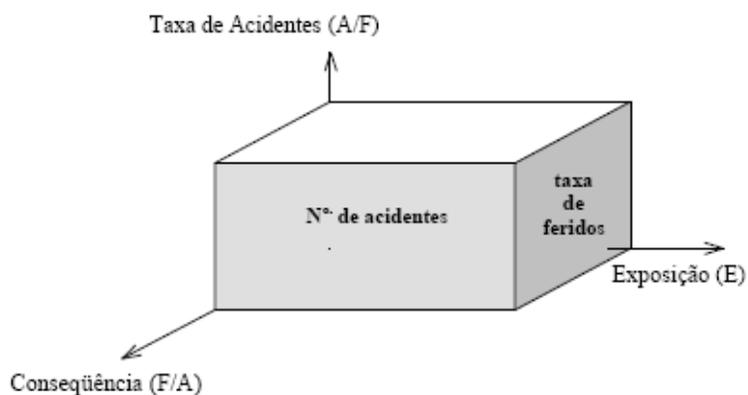


Figura 2.3. Representação dos dados de acidentes de trânsito
 Fonte: Adaptado de Nilsson (2004)

Esta abordagem implica um aumento da relevância de medidas que priorizem: a influência sobre a exposição ao tráfego; os riscos e as conseqüências dos acidentes para melhorar os índices de acidentes; medidas dirigidas à redução da quantidade de deslocamentos e da extensão das viagens, a incentivar o uso de modalidades de transporte mais seguras e a oferecer tratamento à infraestrutura viária e à operação do tráfego para reduzir a exposição dos usuários aos riscos associados aos mesmos. NILSSON (2004) resume algumas dessas medidas, especificando os componentes do sistema de tráfego envolvidos, e que são mostradas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Medidas para aumentar a segurança do tráfego.

Dimensão da segurança	Fator contribuinte afetado pela medida		
	Humano	Viário-ambiental	Veículo
Exposição	<ul style="list-style-type: none"> - Variação no número de viagens. - Segregação das diferentes categorias de usuários. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sinalização para informação e regulamentação viária. 	<ul style="list-style-type: none"> - Variações no uso dos veículos (transporte público). - Restrições ao tráfego veicular
Risco	<ul style="list-style-type: none"> - Melhorias na educação, na informação e no comportamento dos usuários à respeito das leis do trânsito. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adequação dos limites de velocidade (automáticos). - Iluminação. - Manutenção e conservação viárias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitação da velocidade dos veículos. - Padronização dos equipamentos dos veículos.
Conseqüência do acidente	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de equipamentos individuais de segurança (capacetes, cinto de segurança, etc). - Preparação para primeiros auxílios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação de canteiro central e de defesas laterais. - Adequação dos limites de velocidade. - Padronização das vias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria da capacidade de tolerância nas colisões. - Airbags. - Limitação da velocidade dos veículos.

Fonte: Adaptado de Nilsson (2004)

Usualmente, a exposição ao risco é expressa em termos da quilometragem trafegada ou em função do tempo trafegado (CHU, 2004); não obstante, pode ser utilizada uma variedade grande de medidas de exposição, dependendo dos elementos que estejam sendo pesquisados (RODRIGUE *et al.*, 2006). Contudo, a literatura não é conclusiva quanto ao melhor indicador para descrever a exposição ao tráfego. Na Tabela 2.2 se listam exemplos de medidas de exposição.

No âmbito brasileiro, BRAGA *et al.* (2005) propõem, num estudo da exposição ao tráfego na cidade do Rio de Janeiro, a variável KPH (quilômetros percorridos habilitado), bem como a variável AKP (acidentes/milhão de km) como indicador da exposição ao tráfego e do risco de envolvimento em acidentes de trânsito, respectivamente.

Tabela 2.2. Medidas de exposição ao risco no trânsito.

Exposição ao risco	
Dimensão	Medida
Espaço	- Veículos x km dirigidos - Passageiros x km
Tempo	- Veículos x horas dirigidas - Passageiros x horas - Volume Médio Diário de Tráfego
População	- Número de motoristas habilitados - Número de veículos registrados - Número de viagens realizadas - Número de passageiros - População

Fonte: Adaptado de Rodrigue *et al.* (2006)

2.3.3. Percepção do risco

Durante anos, as pesquisas sobre risco foram influenciadas pelas diferenças distinguidas entre o risco objetivo e o subjetivo. Em particular, o risco subjetivo é relacionado com as dimensões psicológicas associadas à percepção do perigo.

Os primeiros estudos sobre percepção do risco foram embasados em modelos econômicos de racionalidade e teoria de decisão racional; posteriormente esses estudos foram estruturados a partir da análise dos critérios subjetivos utilizados pelas pessoas para avaliar o risco. Para WEYMAN e KELLY (1999), ambas as abordagens foram importantes na identificação e no entendimento das variáveis que afetam a reação das pessoas diante dos riscos, bem como na determinação do verdadeiro peso dos aspectos qualitativos relacionados ao risco.

RENN (1998) resume as principais tendências seguidas pela pesquisa na área da percepção do risco:

- teoria de decisão do comportamento: os primeiros trabalhos estiveram focados na aceitabilidade do risco e estavam embasados em modelos econômicos de racionalidade e, especificamente, no conceito de equilíbrio;

- abordagem psicométrica: mapeamento dos riscos sociais de maior interesse para a população através de técnicas de decisão que revelam as preferências das pessoas considerando a tolerabilidade relativa a uma ampla escala de riscos sociais;
- modelos mentais: técnica destinada a compreender detalhes do entendimento do perigo pelos indivíduos e explicá-lo através de modelos de risco;
- modelos de valor esperado: modelos desenvolvidos para estudar o número de variáveis que influenciam a motivação das pessoas para adotar comportamentos cuidadosos ou de auto-proteção;
- fatores sócio-culturais: esta abordagem tem por base que a percepção do risco individual está, em parte, socialmente definida e que os atributos do objeto do risco se estendem além dele próprio, e
- cultura de segurança: enfatiza a importância da influência cultural sobre a percepção do risco e o comportamento ante o risco no local de trabalho ou em diferentes situações.

Na atualidade, é crescente o consenso de que para entender o julgamento e a resposta dos indivíduos ao risco é preciso estudar e compreender o contexto onde eles estão inseridos. Assim, a percepção do risco envolve crenças pessoais, atitudes, julgamentos e sentimentos, bem como valores sociais, culturais e disposições adotadas pelas pessoas diante dos perigos e suas conseqüências (WEYMAN e KELLY, 1999).

Muitas pessoas tendem a acreditar que correm menos riscos diante de determinados perigos do que a média da população devido às informações que dispõem ou ao processo de raciocínio individual, fatores que as levam a subestimar a magnitude do perigo. A maneira em que o risco é percebido pode ser influenciada pelas seguintes condições (CEPIS, 2006):

- temor: quanto maior o temor às conseqüências do perigo, maiores serão os cuidados tomados para prevenir os riscos;
- controle: quando as pessoas sentem que têm algum controle sobre o processo que leva ao risco, a sensação do risco é menor;
- natureza da origem: os riscos de origem natural são menos percebidos pelos indivíduos que os riscos originados por uma fonte artificial;
- escolha: o risco tomado por escolha pessoal será menos percebido que outro imposto por outra pessoa;

- idade: os riscos enfrentados por crianças aparentam ser mais sérios que quando encarados por indivíduos adultos;
- novos riscos: riscos associados a novas doenças, situações ou tecnologias tendem a ser levados mais em conta do que aqueles causados por situações já experimentadas;
- conhecimento: quanto maior ciência se tem de um risco, melhor será percebido e será tomado maior cuidado diante dele;
- possibilidade de impacto pessoal: a percepção de um risco será maior se um indivíduo ou pessoas a ele relacionadas são atingidos por suas conseqüências;
- custo-benefício: se é percebido algum benefício de determinado comportamento ou ação, seu risco associado será menor do que no caso onde o benefício não é percebido;
- confiança: quanto menor a confiança nas autoridades encarregadas de gerenciar os riscos, maior será o cuidado e o conhecimento das pessoas sobre os riscos;
- lembranças: a experiência pessoal pode determinar a importância que os indivíduos dão e a atitude dos indivíduos diante de certos riscos;
- extensão em espaço e tempo: eventos potencialmente catastróficos são percebidos como mais arriscados que outros mais comuns, como acidentes de trânsito;
- efeito sobre a segurança e a propriedade pessoal: a percepção do risco será maior se ele afetar diretamente interesses básicos e valores pessoais;
- imparcialidade: os indivíduos obrigados a encarar riscos maiores devem ter acesso a benefícios justos por isto, e
- comunicação: quanto melhor o processo de comunicação entre a comunidade e as autoridades encarregadas do gerenciamento dos riscos, melhor será a percepção dos riscos pelas pessoas.

Como as atitudes dos indivíduos diante dos perigos são influenciadas por diferentes julgamentos (que podem ser mais ou menos otimistas), são comuns as imprecisões no processo de percepção dos riscos, o que pode levar à subestimação ou à superestimação da natureza e da magnitude destes (CETIS, 2006). Na Tabela 2.3 apresentam-se elementos próprios do processo de percepção de riscos que podem influenciar a subestimação ou a superestimação do perigo.

Tabela 2.3. Elementos do processo de percepção do risco segundo os prejulgamentos pessoais realizados.

Prejulgamento	Condições pessoais	Características do risco
Subestimação	<ul style="list-style-type: none"> - Julgamento otimista - Apatia - Fatalismo 	<ul style="list-style-type: none"> - Voluntário - Natural - Não temido - Conhecido - Controlável pelo indivíduo - Controlável por alguém confiável - Gerenciado de forma responsável
Superestimação	<ul style="list-style-type: none"> - Emoção - Temor - Percepção 	<ul style="list-style-type: none"> - Coercitivo - Industrial - Temido - Desconhecido - Controlável por outros - Controlável por alguém não confiável - Gerenciado de forma irresponsável

Fonte: CETIS (2006)

RENN (1998) apresenta outros resultados sobre o fato de que o julgamento pessoal do risco depende da percepção individual realizada, dos resultados ou valores esperados e do contexto socio-cultural. Um dos estudos mostra que as pessoas rejeitam o risco quando a média das possíveis perdas é alta, enquanto são propensos ao risco se percebem que a média dos ganhos pode ser alta. Outro resultado identificou algumas tendências pessoais a partir de informação sobre probabilidades, mostradas na Tabela 2.4.

Tabela 2.4. Tendências intuitivas na percepção do risco.

Tendência	Descrição
Avaliabilidade	Eventos que são avaliáveis na mente das pessoas são imediatamente considerados mais prováveis que aqueles que são mentalmente menos avaliáveis.
Efeito assegurador	Probabilidades se ajustam às rotinas cognitivas ou à confiabilidade percebida na informação.
Representatividade	Eventos raros experimentados pessoalmente ou associados com propriedades de outro evento são priorizados à informação sobre probabilidades ou frequência relativa ao se fazer predições ou inferências sobre probabilidades.

Fonte: Renn (1998)

Um dos objetivos dos estudos de percepção de riscos é explicar as diferentes reações dos indivíduos diante de determinados riscos e, ainda, as discrepâncias entre essas reações e

a opinião dos especialistas. As pesquisas mostram que as limitações no entendimento dos processos probabilísticos, a parcialidade da mídia, experiências pessoais confusas e a ansiedade e o estresse pessoal podem levar a negar a incerteza, a estimativas erradas dos riscos e a fazer julgamentos sobre fatos sem se ter a certeza necessária.

Neste sentido, CETIS (2006) alerta que, apesar de ser freqüente a discordância entre a avaliação dos riscos por especialistas e pelo público, os especialistas são propensos aos mesmos prejulgamentos que as pessoas normais, sobretudo quando estes são forçados a depender da sua intuição, sem o subsidio representado pelos dados. Na Tabela 2.5 mostram-se as diferenças entre os processos de percepção de riscos em especialistas e no público em geral.

Tabela 2.5. Características da percepção do risco segundo o tipo de avaliador.

Tipo de individuo	Características
Especialistas	<ul style="list-style-type: none"> - Embasada na avaliação do risco - Objetiva - Analítica - Racional - Embasada no risco real
Público em geral	<ul style="list-style-type: none"> - Embasada na percepção do risco - Subjetiva - Hipotética - Emocional - Irracional

Fonte: CFIA (2005)

O aspecto emocional tem um papel importante na percepção do risco, em seus efeitos e no comportamento do individuo e pode influenciar de maneira diferente segundo as características das pessoas, por exemplo, a idade e o gênero, entre outros fatores. Dessa forma, algumas mulheres são mais inseguras, pois elas percebem maior risco nos eventos tecnológicos, possuem menos conhecimentos sobre os perigos e suas fontes e são mais propensas à ansiedade. Os jovens, por sua vez, se caracterizam por perceber menos os riscos, especificamente os riscos do tráfego. Eles costumam superestimar suas habilidades para dirigir enquanto subestimam os riscos associados às características da via ou às condições do meio ambiente (RUNDMO e IVERSEN, 2004; CETIS, 2006).

No trânsito, a percepção do risco pelos motoristas pode ser definida como a habilidade destes para se antecipar a situações perigosas que se apresentam na via, sendo um dos aspectos relacionados com a condução dos veículos, o que pode influenciar no risco de ocorrência de acidentes (WELLS *et al.*, 2008; DARBY *et al.*, 2009).

WETTON *et al.* (2010) explicam que a percepção do risco no trânsito é uma habilidade complexa que envolve um número variado de componentes, um processo cujos passos, dependentes uns dos outros, podem ser resumidos assim:

- os motoristas devem registrar a existência dos eventos que constituam riscos potenciais;
- os motoristas devem, então, julgar a se a trajetória ou a natureza de qualquer dos eventos e a de seu próprio carro têm o potencial de causar um conflito, e
- os motoristas devem, então, verificar se o evento requer uma resposta adequada.

Este último passo implica na decisão dos condutores se o conflito é suficientemente provável para ser considerado como um perigo.

Para finalizar, os principais fatores envolvidos especificamente na percepção do risco no trânsito estão associados à personalidade do motorista, à sua atitude, ao seu comportamento e ao nível de exposição ao tráfego (WELLS *et al.*, 2008; DARBY *et al.*, 2009).

2.4. Abordagens atuais da segurança viária

Diferentes tendências de análise foram seguidas na medida em que evoluíram as pesquisas e o conhecimento sobre os acidentes de trânsito. A partir dos anos 1950, começaram a ver-se os acidentes de trânsito como um problema social. Nos anos 1960 proliferou a abordagem de que as atuações em segurança viária deveriam priorizar a redução do número e da gravidade dos acidentes, induzindo à formulação de critérios de efetividade equivalentes para avaliar as ações de mitigação (FARIA e BRAGA, 2004).

Já ao final da década de 1960 surgiu o paradigma de que o descumprimento da lei ou a sua negligência eram os elementos que explicavam a ocorrência dos acidentes e, conseqüentemente, a solução em longo prazo apenas seria viável com a modificação de comportamentos (FARIA e BRAGA, 2004). Ou seja, o homem é o responsável e precisa adaptar-se à tecnologia do automóvel para não se envolver em acidentes de trânsito.

Segundo FARIA e BRAGA (2004), durante muito tempo a tendência que prevaleceu foi a de concentrar os esforços e as pesquisas com foco no fator humano, como maior responsável pela ocorrência de acidentes, investindo-se recursos em medidas dirigidas a melhorar o comportamento dos usuários na via. Entretanto, o aumento dos impactos econômicos e sociais dos acidentes de trânsito nesse período refletiu que a segurança nas vias é uma questão bem mais complexa do que simplesmente apelar para a responsabilidade das pessoas.

Novas abordagens para o tratamento da segurança viária estão embasadas no gerenciamento dos riscos e a implantação de estratégias preventivas, que enfatizam as ações destinadas à redução dos riscos associados aos componentes viário e veicular, visando ambientes viários que propiciem uma redução das falhas humanas, e conseqüentemente, que os acidentes dependam menos do fator humano (IMT, 2003; SAMPEDRO e FOGLIATTI, 2005). Entre as ações baseadas nesse foco se encontram diferentes ferramentas e métodos desenvolvidos para a avaliação e o tratamento da infraestrutura viária, que serão descritos e analisados no Capítulo 4.

2.4.1. Gerenciamento dos riscos

O gerenciamento dos riscos é a estrutura de administração por meio da qual qualquer entidade consegue tratar e controlar de maneira mais objetiva os riscos, bem como as responsabilidades e os danos associados aos acidentes. SCHLECHTER (1995) define gerenciamento dos riscos como o processo de gerencia que tem como objetivo a proteção das pessoas, dos ativos e dos lucros ao evitar ou minimizar as perdas potenciais decorrentes dos riscos, bem como a criação e administração de fundos para cobrir eventuais perdas, no caso de acontecer acidentes.

São identificados cinco elementos comuns num programa de gerenciamento de riscos: identificação do risco, avaliação do risco, tratamento ou manejo do risco, implantação do método de intervenção escolhido e monitoramento e revisão contínua do programa (WALTHER, 1992 *apud* ORWEN e WILSON, 2001).

A adoção deste enfoque encontra certa resistência em países em desenvolvimento pois requer importantes investimentos para melhorar as condições de segurança das vias e dos veículos, geralmente escassos nestes países. No entanto, os países que conseguiram reduzir

de forma contínua e notável seus índices de acidentalidade são precisamente aqueles que investiram quantidades importantes de recursos na redução dos riscos relacionados com os componentes viário e veicular, como o caso dos países da UE, mostrado na Figura 2.4.

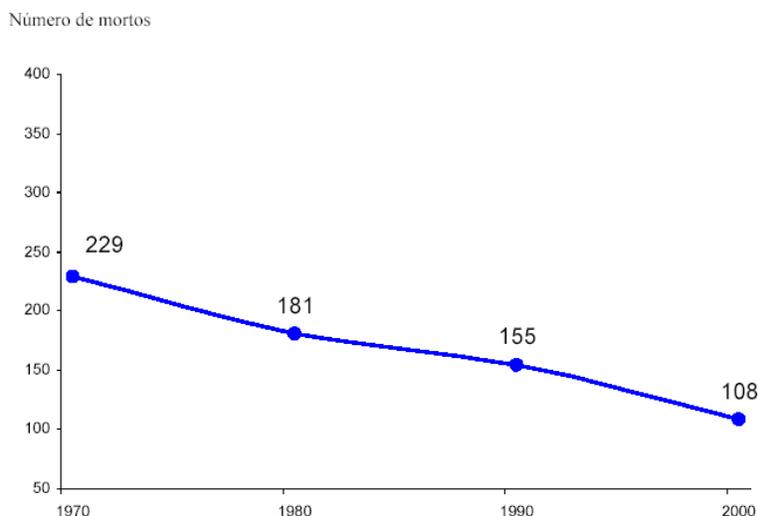


Figura 2.4. Número de mortos em acidentes de trânsito por cada milhão de habitantes na UE. Período 1970 - 2000.

Fonte: Comissão Europeia (2003)

2.4.2. Estratégias pró-ativas ou preventivas

O gerenciamento da segurança viária (GSV) surgiu como alternativa aos programas de segurança viária baseados em ações pontuais e isoladas. Para FHWA (2001c), o GSV é um processo sistemático que visa a redução do número e da severidade dos acidentes, no qual a segurança deve ser tratada de forma explícita em todas as fases de um empreendimento viário. Seu objetivo principal é assegurar identificação, avaliação e implantação adequadas de todas as oportunidades viáveis de melhorar as condições de segurança em todas as etapas do empreendimento (planejamento, projeto, construção, manutenção e operação).

As iniciativas para o GSV estão baseadas em dois focos claramente definidos: as estratégias reativas ou corretivas e as estratégias pró-ativas ou preventivas. Ambas implicam ações sobre os diferentes componentes que influenciam na acidentalidade. No esquema da Figura 2.5 resumem-se os focos e as esferas de atuação do gerenciamento da segurança viária. Na figura, as setas fracionadas coloridas representam a inter-relação entre os fatores contribuintes na ocorrência dos acidentes.

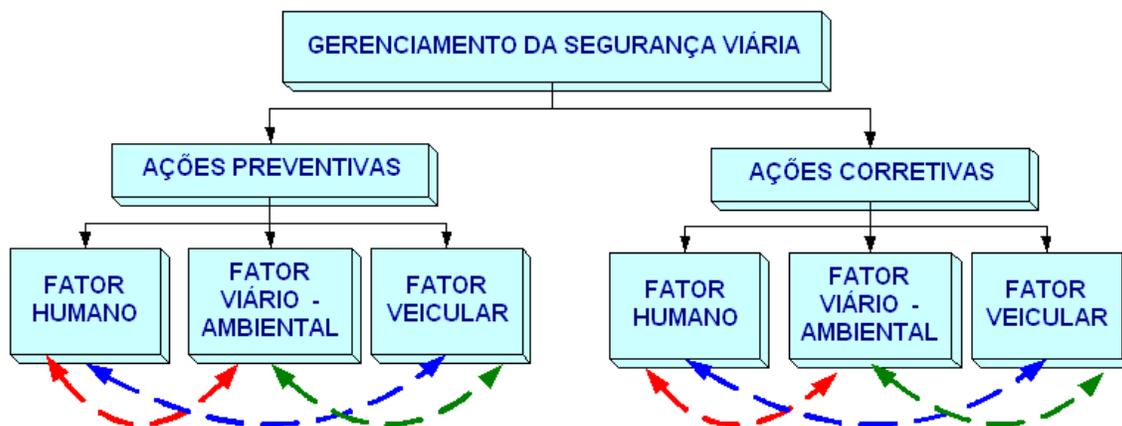


Figura 2.5. Representação esquemática do GSV.
 Fonte: Nodari (2003)

Em geral, o tratamento de segurança do tráfego enfatiza a diminuição de acidentes pela adoção de intervenções corretivas em locais com grande concentração de acidentes, chamados de pontos críticos. Porém, NODARI e LINDAU (2001) reconhecem que, nos últimos anos, vem crescendo a importância de tratar a segurança viária de maneira preventiva.

Enquanto as ações reativas objetivam resolver problemas revelados pela ocorrência destacada de acidentes em determinados pontos da rede viária, as medidas pró-ativas visam atenuar situações potenciais de risco presentes na via, evitando assim possíveis acidentes. O propósito explícito das ações de segurança pró-ativas é a estimativa do risco e dos componentes desse risco (NAVIN *et al.*, 1999).

A adoção de estratégias preventivas resulta em múltiplos benefícios, que vão desde a diminuição das despesas pelos acidentes evitados, ou cuja severidade é menor pelo efeito da ação preventiva, até a eliminação dos gastos decorrentes das obras de correção que não precisam ser realizadas devido à diminuição do número de pontos críticos. Embora as medidas reativas sejam necessárias e urgentes frente ao panorama atual dos acidentes de trânsito em muitos países, NODARI (2003) considera que é mediante ações preventivas que avanços notáveis poderão ser alcançados na melhoria da segurança viária.

2.5. Considerações finais

Neste capítulo se apresentam e discutem questões básicas para abordar e entender os problemas relacionados com os acidentes de trânsito e a segurança viária.

Primeiro, é estabelecido que os acidentes são eventos de natureza complexa para os quais podem contribuir de maneira simultânea diversos fatores associados aos componentes humano, viário-ambiental e veicular. Apesar de diferentes estudos mostrarem a importância do comportamento humano, se ressalta a relevância de avaliar e de tratar aspectos vinculados ao veículo e à via para conseguir análises e resultados mais eficazes na melhoria das condições de segurança.

No Capítulo se enfatiza a análise do risco como um elemento inerente ao tráfego; se apresentam e se debatem os processos de avaliação e de percepção de riscos como ferramentas importantes para reduzir os impactos dos acidentes de trânsito. Dessa forma, procurou-se revelar os aspectos e as complexidades próprias destes processos.

Acredita-se que o estudo dos processos de avaliação e de percepção de riscos permite a compreensão de elementos que devem contribuir a esclarecer aspectos associados à Questão 3 desta tese. Contudo, o mais significativo é a necessidade do entendimento prévio dos mecanismos que regem esses processos para subsidiar a concepção deste estudo e a escolha dos métodos da pesquisa.

Finalmente, se demonstram as vantagens decorrentes da adoção de ações baseadas no gerenciamento dos riscos e no tratamento pró-ativo da segurança viária. Essas medidas priorizam atuações sobre os veículos e, particularmente, sobre o esquema viário como alternativa viável para reduzir o peso do fator humano nos acidentes. Neste sentido, o Capítulo 3 é dedicado a aprofundar o estudo do componente viário-ambiental, abordando em específico como influenciam as diferentes características físicas e operacionais da via na segurança do tráfego. No Capítulo 4 tratam-se os métodos e ferramentas existentes para a avaliação e o tratamento deste componente.

CAPÍTULO 3

INFRAESTRUTURA VIÁRIA E SEGURANÇA DO TRÁFEGO

3.1. Considerações iniciais

Embora as estatísticas indiquem a importância do fator humano nos acidentes, ao abordar os problemas de segurança viária, nem sempre a atuação sobre o componente de maior peso oferece a melhor relação custo – benefício (NODARI e LINDAU, 2004). É o caso do fator via, no qual atuações sobre ele para adequar os ambientes rodoviários e aumentar as condições de segurança dos seus usuários permitem uma diminuição mais rápida do número e da gravidade dos acidentes de trânsito.

O esquema viário, no seu conjunto, cria situações que podem induzir os motoristas a cometer erros e, portanto, propícias para a ocorrência de acidentes (MAIA, 1995). As condições da via interagem e provocam um maior número de acidentes entre motoristas e pedestres pouco experientes, mas em determinadas ocasiões também induzem condutores habilidosos e pedestres cautelosos a cometer erros ao enfrentar exigências inesperadas. Para PEO (2003), não é apropriado se questionar se uma via é completamente segura, mas se ela é mais ou menos segura. Assim, torna-se importante o entendimento da relação entre as características da infraestrutura viária e a ocorrência de acidentes.

Neste Capítulo se aprofunda o estudo de aspectos associados ao componente viário. É abordada a influência da via na segurança dos usuários e se apresenta um amplo resumo, elaborado com base na revisão da literatura, do efeito das principais características físicas e operacionais da infraestrutura em geral sobre a segurança do tráfego, elementos físicos relacionados com o traçado e a seção transversal da via, sinalização, pavimento, interseções e dispositivos de controle de tráfego, e aspectos operacionais como o estacionamento, o congestionamento e a velocidade de circulação. Na parte final se enfatiza o estudo das vias expressas, apresentando suas características específicas, além tratar aspectos ligados à operação, à segurança e ao gerenciamento deste tipo de vias.

3.2. Influência das características da via na segurança do tráfego

Estudos realizados na década de 1960 já alertam que aspectos associados a fatores de engenharia da via e às condições do meio ambiente afetam a frequência e a severidade dos acidentes de trânsito. ASF (1963) analisa e resume questões relacionadas ao efeito de diferentes características viárias sobre a segurança dos usuários, entre as quais: volume de tráfego, seção transversal, alinhamento, interseções, travessias de ferrovias, velocidade, pedestres, estacionamento e iluminação.

Porém, o conhecimento científico sobre o efeito dos elementos da infraestrutura viária sobre a segurança ainda é limitado (PEO, 2003; PICADO, 2005). Assim, existem certos fatores cuja influência sobre a ocorrência de acidentes pode ser quantificada, outros fatores sobre os quais só se conhece a direção da influência sobre a segurança e ainda um terceiro grupo de características das quais não é conhecido na atualidade qualquer efeito sobre a segurança do tráfego. Para PARK *et al.* (2010), a avaliação quantitativa da segurança é essencial para identificar a relação entre segurança do tráfego e vários elementos geométricos da via.

De acordo com EWING e DUMBAUGH (2009), a ligação entre infraestrutura viária e segurança do tráfego pode ser representada por um esquema como o mostrado na Figura 3.1. Dessa forma, a infraestrutura afeta a segurança do tráfego através de elementos mediadores associados ao volume e à velocidade do tráfego. Os modelos ou padrões de desenvolvimento influenciam a segurança mediante os volumes de tráfego que geram e, ainda, através das velocidades por eles estabelecidas ou favorecidas. Já o desenho da via impacta a segurança através, primeiramente, das velocidades que permitem e, ainda, mediante os volumes de tráfego que eles geram. Por sua vez, os volumes de tráfego são determinantes na frequência de acidentes, enquanto a velocidade do tráfego influencia de maneira decisiva na severidade dos acidentes.

Contudo, a combinação dos diferentes fatores da via deve proporcionar aos usuários do sistema de tráfego a interação e a utilização da infraestrutura de forma clara, simples e segura, permitindo ainda a correção ou redução das conseqüências de eventuais erros cometidos por estes (TRB, 1987; NCHRP, 1997b; IMT, 2002).

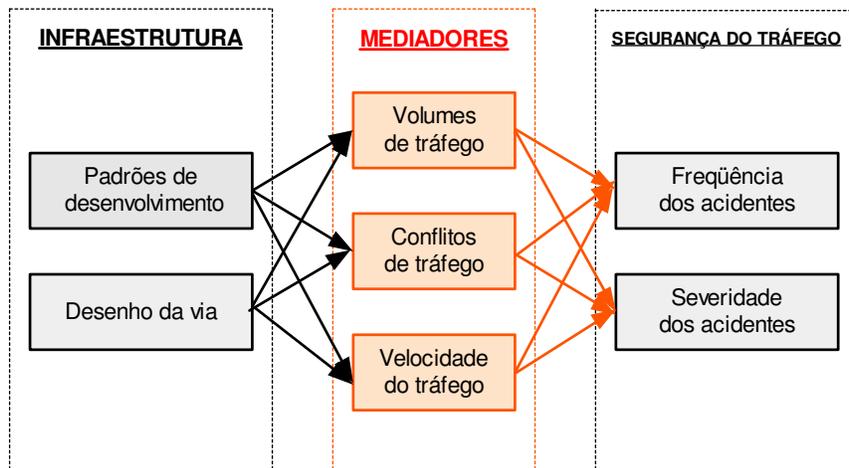


Figura 3.1. Representação esquemática da relação infraestrutura – segurança do tráfego.
Fonte: Adaptado de Ewing e Dumbaugh (2009)

NODARI (2003) comenta que *“as características geométricas da via afetam suas condições de segurança de diferentes maneiras, influenciando:*

- *a habilidade do motorista em manter o controle do veículo e identificar situações e características perigosas;*
- *a existência de oportunidades de conflitos, tanto em relação à quantidade quanto ao tipo;*
- *as conseqüências de uma saída de pista de um veículo desgovernado, e*
- *o comportamento e a atenção dos motoristas”.*

Acredita-se também que, sobretudo em ambientes urbanos, deve ser considerável o efeito das características da via sobre a identificação de situações perigosas pelos pedestres e sobre o comportamento e a atenção destes.

O enfoque convencional estabelece que, do ponto de vista da segurança, são preferidas normalmente vias com maior largura, mais retas, mais planas e mais amplas (EWING e DUMBAUGH, 2009). Porém, apesar de parecer contraditório, a implantação de ambientes viários que ofereçam boas condições e, portanto, menores níveis de riscos, pode provocar em ocasiões um acréscimo dos índices de acidentalidade, devido ao aumento da confiança de motoristas e pedestres devido à diminuição da atenção destes ou ao aumento da velocidade de circulação, entre outros fatores (DAS *et al.*, 2010).

Por outro lado, a adoção de medidas mitigadoras para resolver determinados problemas de segurança pode resultar em efeitos colaterais que desencadeiem o surgimento

de uma nova causa potencial para a ocorrência de acidentes. Neste sentido, PEO (2003) exemplifica que a decisão de iluminar uma via deve reduzir os acidentes noturnos, porém, pode também causar um acréscimo no número de colisões diurnas contra os postes de iluminação.

Outro aspecto importante diz respeito à padronização do desenho dos elementos viários em um mesmo projeto. Resultam altamente desejáveis para a segurança o projeto e a implantação de elementos físicos e operacionais compatíveis e apropriados para o tipo de via projetado, que evitam que os usuários encarem situações e eventos inesperados. MALYSHKINA e MANNERING (2010) argumentam que se deve tratar com especial cuidado a adoção de elementos fora do padrão em ambientes urbanos, em locais de transição entre trechos rurais e urbanos, em vias que possuem velocidade regulamentada elevada e nas curvas horizontais.

A seguir apresenta-se um resumo da influência das principais características físicas e operacionais da via sobre a segurança do tráfego.

3.2.1. Traçado

As características do traçado em planta e em perfil são essenciais para que a via ofereça segurança e comodidade à circulação dos usuários. Um traçado em planta sinuoso demais, com grande número de curvas horizontais, ou com inflexões com raios de curvatura pequenos, demanda grande esforço e habilidade do motorista, submetido a *stress* permanente. Um efeito similar pode ser provocado por um traçado em perfil irregular, como o que se apresenta quando o trecho de via se assenta sobre terreno ondulado.

Entretanto, um traçado monótono demais, isto é, com a presença de trechos retos muito longos, pode ter efeito contrário sobre motoristas e passageiros, provocando cansaço, tédio e até distração (CETRA, 2003). Projetos bons priorizam o uso de curvas com raios de curvatura grandes e transições amplas e suaves, que resultam mais cômodas para os condutores.

Para DNER (1999), é importante a coordenação entre os alinhamentos horizontal e vertical, uma vez que confere à via superiores características de segurança, de conforto e de aparência. A falta dessa combinação pode agravar deficiências do traçado ou do perfil, ou mesmo anular aspectos favoráveis de um ou do outro, considerados de maneira separada.

É importante que o traçado da via se insira de forma adequada no entorno. A complementação entre a geometria e o ambiente deve proporcionar uma condução consistente e clara, que evite que, em determinados pontos, o motorista seja surpreendido e levado a tomar decisões erradas, produto da sua interação com situações complexas e confusas, como se pode observar na Figura 3.2. Caso não seja possível evitar estas situações, o condutor deve ser alertado com antecipação e orientado para agir corretamente.



Figura 3.2. Local com interação complexa traçado-entorno.
Fonte: CETRA (2003)

- *Curvas horizontais*

As curvas são locais mais propícios à ocorrência de acidentes, estimando-se que o número destes é de 1,5 a 4 vezes maior que em trechos retos. NODARI (2003) e GAO (2003) destacam a severidade dos acidentes ocorridos em curvas e mencionam entre os mais freqüentes os capotamentos, as colisões frontais e laterais, os incidentes no período noturno, os choques contra obstáculos situados nas laterais da via e os acidentes envolvendo motoristas alcoolizados.

A freqüência e a severidade dos acidentes em curvas horizontais estão associadas com o grau de curvatura, o comprimento da curva, a presença de espirais de transição, a adoção de superelevação e superlargura, o comprimento das tangentes e a resistência do pavimento à derrapagem (TRB, 1987; FHWA, 2000; HAUER, 2000; GAO, 2003).

Ao relacionar algumas destas variáveis com a ocorrência de acidentes, GLENNON *et al.* (1985) *apud* HAUER (2000) encontraram os coeficientes de regressão mostrados na Tabela 3.1. Assim, por exemplo, as taxas de acidentalidade aumentam de forma

aproximadamente linear com o acréscimo do grau da curva; já a relação das outras características é inversamente proporcional ao número de acidentes.

Tabela 3.1. Relação entre características das curvas e ocorrência de acidentes.

Variável	Coefficiente de regressão
Grau de curvatura	0,056
Comprimento da curva	-0,141
Largura da pista	-0,023
Largura de acostamentos	-0,057

Fonte: Adaptado de Hauer (2000)

Os estudos consultados indicam que as taxas de acidentalidade aumentam de forma aproximadamente linear ao acréscimo do grau de curvatura, tanto em rodovias de pista simples quanto em vias de múltiplas faixas e autopistas, urbanas e rurais (HAUER, 2000). TRB (1987) calcula uma redução de 3 acidentes por grau de curvatura para cada 100 milhões de veículos que circulam no trecho em curva.

Ainda, pode-se afirmar que as curvas fechadas precedidas por tangentes longas apresentam elevados índices de acidentes, o que é provocado, entre outras coisas, pela surpresa causada nos motoristas ao enfrentar situações que não esperam.

Outro dos fatores que têm efeito na segurança da circulação em curvas, basicamente nas de raio de curvatura reduzido, é a adoção de superlargura, isto é, o alargamento da pista e/ou dos acostamentos no trecho curvo, fazendo com que a segurança e a comodidade dependentes das características da seção transversal permaneçam inalteráveis com relação aos trechos retos (TRB, 1987). A superlargura reduz de forma considerável o *stress* dos motoristas ao cruzar com outros veículos no interior da curva e também o risco de colisões, sobretudo as transversais.

Estudos citados por NODARI (2003) estimam reduções no número de acidentes que vão desde 5% para alargamentos de 30 cm em cada faixa até 21% para alargamentos de 1,2 m, também em cada faixa. No caso de alargamento de acostamentos não pavimentados, a variação é de 3% até 29% de acidentes evitados quando alargados entre 0,30 m e 3,1 m em cada acostamento.

A superelevação é a elevação gradativa da cota da borda exterior nas curvas para atenuar o efeito das forças horizontais, as quais tendem a produzir saída de pista dos

veículos, sobretudo quando estes circulam a velocidades elevadas. A adoção de superelevação adequada contribui para aumentar, de forma considerável, a segurança e o conforto dos motoristas e dos passageiros durante o seu percurso pelas curvas horizontais. As especificações para o desenho e a implantação da superelevação dependem das condições climáticas, velocidade de projeto, composição do tráfego, entre outras considerações.

O efeito da adoção de superelevação deficiente na segurança da circulação em curvas é abordado por FHWA (2000) e NODARI (2003), considerando como deficiência a diferença entre a superelevação real de determinada curva e a superelevação recomendada pelas normas da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Na Figura 3.3 infere-se que o aumento na deficiência da superelevação provoca um acréscimo de forma aproximadamente linear na ocorrência de acidentes, variando desde nenhuma influência quando a diferença entre superelevações é de apenas 0,01 pé/pé (0,003 m/m), até 15 % quando a deficiência é de 0,05 pé/pé (0,02 m/m).

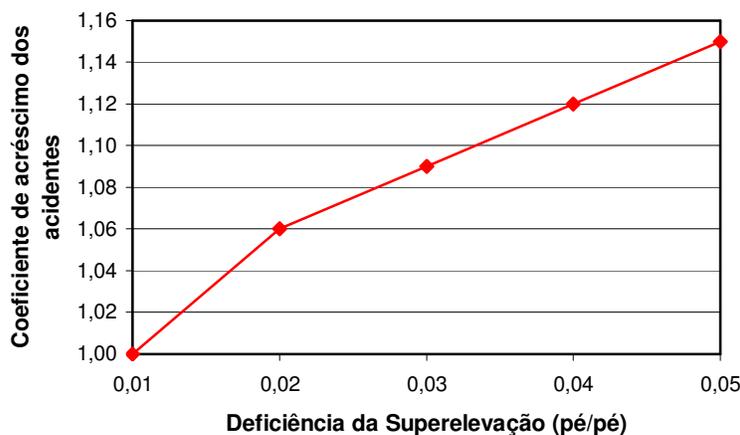


Figura 3.3. Coeficiente de acréscimo de acidentes por deficiência de superelevação.
Fonte: Adaptado de FHWA (2000)

- *Curvas verticais*

As curvas verticais são locais da via nos quais pode estar comprometida a segurança viária, embora em menor magnitude que nas curvas horizontais (GAO, 2003). Os principais efeitos estão relacionados a uma diminuição importante da distância de visibilidade, à inclinação das rampas, à natureza dos obstáculos situados na zona de visibilidade

restringida e a problemas de drenagem em longas curvas inclinadas e pouco profundas (TRB, 1987; MAIA, 1995). É muito perigosa a realização de ultrapassagens nas proximidades destes pontos; devem-se evitar, ainda, pequenas curvas verticais sucessivas.

É essencial que a distância de visibilidade adequada garanta ao motorista a percepção clara e com tempo de antecipação suficiente dos diferentes obstáculos ou situações que se possam apresentar na via, de modo que este consiga entender e reagir de forma correta e segura. Estudos reportados por TRB (1987) mostram acréscimos de 52% no número de acidentes em curvas verticais com visibilidade reduzida quando comparadas com aquelas sem restrições de visibilidade.

No que diz respeito às rampas, pesquisas referenciadas por FHWA (2000) estimam um aumento de 1,6% dos acidentes para cada 1% de acréscimo da inclinação da rampa. Uma inclinação de 8% deve provocar um aumento de 16% na frequência de acidentes. Junto com a inclinação, o comprimento da rampa é a outra característica que maior efeito exerce sobre a segurança.

A frequência dos acidentes em rampas descendentes é 63% maior que em aclives, estando estes caracterizados por uma maior severidade, o que está relacionado com o aumento da velocidade dos veículos ao descerem a rampa. Já as rampas ascendentes provocam uma redução da velocidade, principalmente dos veículos pesados e, portanto, um aumento dos riscos associados às manobras de ultrapassagem dos veículos mais rápidos, tornando-se numa fonte geradora de acidentes (NODARI, 2003).

3.2.2. Seção transversal

A geometria, o tipo e as condições dos diferentes elementos que fazem parte da seção transversal da via exercem um efeito importante sobre a segurança da circulação, entre os quais as faixas, os acostamentos, o canteiro central, etc.

- *Largura de faixa*

De acordo com NCHRP (2007), são dois os aspectos principais da relação entre a largura de faixa e a segurança do tráfego:

- Faixas mais largas aumentam a separação entre veículos que circulam por faixas adjacentes, provendo maior espaço para acomodar pequenos desvios;

- Faixas mais largas fornecem maior espaço para corrigir manobras dos motoristas em caso de situações de acidente.

Quanto maior a largura da faixa (até alcançar os limites recomendados, segundo a categoria e as características técnicas da via), mais segurança deve oferecer a via. Na Figura 3.4 revela-se o efeito da largura de faixa na segurança em diferentes tipos de vias. Pode-se observar a diferença na variação das taxas de acidentes para as mesmas larguras de faixa nos casos de vias expressas e de outros tipos de vias urbanas. Na figura, a taxa de acidentes é representada pelo número de acidentes de trânsito por milhares de veículos quilômetro (mvkm).

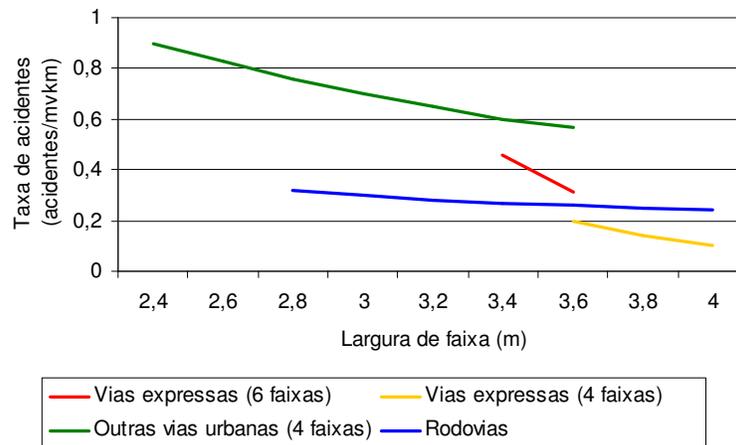


Figura 3.4. Efeito da largura de faixa na frequência de acidentes.
Fonte: Adaptado de NCHRP (2007)

O volume de tráfego e a velocidade de circulação são outros fatores importantes ligados à influência da largura das faixas sobre a segurança. Da análise de FHWA (2000) se conclui que o efeito da largura das faixas na ocorrência de acidentes aumenta quanto maior o volume de veículos, alcançando a maior magnitude em vias pelas quais circulam mais de 2000 veíc/dia. Acredita-se, ainda, que quanto maior a velocidade de circulação dos veículos, maior será a influência da largura das faixas na acidentalidade.

Nas vias urbanas, o efeito da largura da faixa sobre a segurança parece estar mais relacionado com o volume de veículos, devido aos quase sempre elevados volumes de tráfego e às baixas velocidades de circulação que geralmente são permitidas. Neste ambiente, este fator também pode influenciar na fluidez e na operação geral do trânsito.

Entretanto, acréscimos no alargamento da pista podem levar a um aumento da velocidade de circulação dos veículos, resultando num possível reforço de outros problemas de segurança (GAO, 2003). Estima-se, ainda, que as faixas mais largas comprometem a segurança nas travessias para pedestres.

- *Acostamentos*

De acordo com NCHRP (2007), as funções fundamentais dos acostamentos estão ligadas a: oferecer um espaço amplo o suficiente para que, em casos de perda de controle do veículo, o motorista consiga efetuar as manobras requeridas até retornar à pista sem a ocorrência de qualquer acidente; prover uma distância maior entre os veículos e os obstáculos laterais existentes nas proximidades da pista; servir para o estacionamento temporário em caso de defeito técnico do veículo ou alguma outra emergência; facilitar de forma eventual o trânsito de pedestres, bicicletas ou animais de modo a não interferirem na circulação normal de veículos.

A influência dos acostamentos na segurança viária está relacionada com a largura destes, o material com que foram construídos, o desnível existente entre eles e a pista e o volume do tráfego de veículos (TRB, 1987; CETRA, 2003).

Um estudo mencionado por GAO (2003) considera que o efeito da largura dos acostamentos na ocorrência de acidentes é reduzido quando consideradas vias com baixos volumes de tráfego. Por sua vez, FHWA (2000) também analisa a influência da largura dos acostamentos na acidentalidade para vias com diferentes volumes de tráfego, concluindo-se igualmente que o efeito é maior na medida em que aumenta o volume de veículos. Verifica-se que a ausência dos acostamentos neste tipo de vias pode implicar um acréscimo de 50% no número de acidentes. O trabalho de TRB (1987) reporta 21% de redução de acidentes numa via quando são implantados acostamentos com uma largura entre 0,9 e 2,7 m.

Na Figura 3.5 pode-se observar a relação entre a largura dos acostamentos e a ocorrência de acidentes em diferentes tipos de vias. No caso das vias urbanas, verificam-se taxas de acidentes mais altas nas vias expressas em relação a outros tipos de vias, para larguras de acostamento similares.

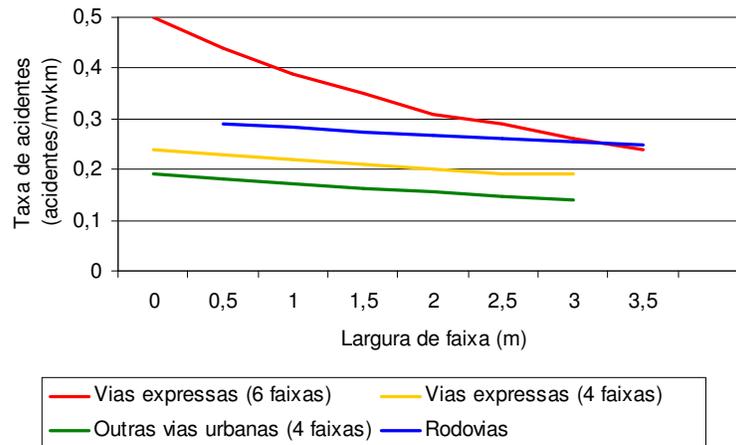


Figura 3.5. Efeito da largura de acostamentos na freqüência de acidentes.

Fonte: Adaptado de NCHRP (2007)

Os acostamentos pavimentados estão associados a menores taxas de ocorrência de acidentes (FHWA, 2000; GAO, 2003). Acostamentos de brita e de grama podem afetar o controle do veículo devido à desigualdade das bordas e à diferença de fricção entre a pista de rolamento e os acostamentos. Estes, ainda, são afetados mais rapidamente por processos erosivos, com a conseqüente deterioração do seu estado técnico até níveis que podem comprometer de forma alarmante a segurança. Estimam-se acréscimos de até 14% na freqüência de acidentes para larguras de 3,00 m em acostamentos de grama quando comparados com os pavimentados.

O desnível existente entre a pista e o acostamento é considerado outra fonte de risco de acidentes (Figura 3.6). Este desnível geralmente é causado pela ação erosiva da chuva e a falta de manutenção nos acostamentos de brita ou de grama e por recapeamentos sucessivos da pista, deixando o acostamento na sua cota original, no caso dos pavimentados. O principal efeito do desnível entre a faixa de rolamento e o acostamento está associado à perda do controle do veículo e à dificuldade de retornar com segurança à pista em caso de invasão do acostamento (CETRA, 2003; NODARI, 2003). Estima-se que 1,5% dos acidentes em curvas horizontais estejam ligados a este tipo de desníveis.



Figura 3.6. Desnível entre faixa de rolamento e acostamento.
Fonte: CETRA (2003)

Contudo, NHCRP (2007) alerta sobre os possíveis efeitos negativos dos acostamentos, que estariam relacionados com o aumento do número de paradas dos veículos, o aumento da velocidade de circulação e o conseqüente acréscimo da severidade dos acidentes e a utilização destes como faixas de circulação para realizar ultrapassagens.

- *Canteiro central*

Canteiro central é a separação física entre pistas de sentidos de tráfego opostos o qual provê uma área de recuperação para veículos desgovernados. Ele também serve para separar o tráfego de sentidos opostos, minimizando suas interações e a probabilidade de acidentes catastróficos (GAO, 2003). Os canteiros podem ser de três tipos: largos sem barreiras físicas, estreitos com barreiras físicas ou de concreto, e estreitos sem barreiras físicas.

A separação dos fluxos veiculares de sentidos opostos por meio do canteiro central oferece benefícios significativos à segurança (IMT, 2002). Além do já mencionado, é considerável seu efeito positivo para a segurança dos pedestres, ao oferecer-lhes uma área de refúgio durante as travessias da via, e na redução do ofuscamento dos motoristas pelos faróis dos veículos que circulam em sentido oposto em horas da noite. Os fatores relacionados ao canteiro central que maior influência exercem na segurança da circulação são a existência dele ou não, a sua largura e a presença de barreiras metálicas ou de concreto.

A conversão de vias de pista simples para vias de pista dupla com canteiro central reduz de forma notável a frequência e a severidade dos acidentes. Estudos americanos e ingleses reportam maior número de acidentes em vias de pista simples quando comparadas com vias com canteiro central, tanto urbanas quanto rurais. Outro estudo cubano mostra taxas de accidentalidade muito maiores em trechos sem implantação temporária do canteiro central na Autopista Nacional do que nos trechos completamente construídos desta via. Um estudo australiano em vias de múltiplas faixas com e sem canteiro central registra diminuições dos acidentes de 30%, 48% e 54% em vias com canteiro estreito sem separação física, com canteiro estreito com separação física e com canteiro largo, respectivamente (IMT, 2002; CETRA, 2003; GAO, 2003).

Canteiros mais largos proporcionam espaço suficiente para que motoristas possam retomar o controle de veículos desgovernados em rodovias, e para proteger os veículos que precisam girar à esquerda e retornar ou cruzar a via em áreas urbanas. Larguras de 9 m são suficientes para evitar que entre 70% e 90% dos veículos desgovernados alcancem a pista contrária. Já larguras entre 20 m e 24 m oferecem benefícios adicionais consideráveis, sobretudo em vias com velocidades de circulação elevadas.

A implantação de barreiras de contenção metálicas ou de concreto no canteiro central (Figura 3.7) provoca um aumento do número total de acidentes, porém reduz de forma considerável a severidade destes, na medida em que elimina, na prática, a ocorrência de colisões frontais.



Figura 3.7. Canteiro central com barreira de concreto em uma via urbana.
Fonte: IMT (2002)

Uma pesquisa reportada por IMT (2002) indica que a implantação de barreiras de contenção metálicas provocou um acréscimo de 14% nos acidentes sem vítimas, mas levou também a uma diminuição de 15% no número de mortos. De maneira adicional, este tipo de barreira tem a vantagem de desestimular a travessia desordenada da via pelos pedestres.

- *Calçada*

A calçada é a parte da via reservada para o tráfego dos pedestres nas zonas urbanas. A largura e as condições físicas são os elementos de maior importância no efeito das calçadas sobre a segurança. A largura da calçada e o volume de pedestres estão associados à capacidade das calçadas e ao nível de serviço que oferecem. Calçadas estreitas têm dificuldades para assimilar fluxos de pedestres mais elevados, como os que se apresentam nas áreas comerciais. Calçadas que oferecem um nível de serviço entre D e F provocam desconforto e restrições à velocidade de movimentação dos pedestres (PAPACOSTAS, 1987). Nestas circunstâncias, alguns deles são obrigados a circular pela pista, aumentando o risco de serem atropelados por veículos motorizados.

DIÓGENES (2008) inclui a largura da calçada entre os fatores de risco para avaliar a segurança de travessias urbanas de pedestres. Porém, os modelos encontrados não apresentaram como uma das variáveis explicativas estatisticamente significantes do ponto de vista da percepção de segurança dos pedestres.

No caso das condições físicas, a presença de buracos e de desníveis pode causar acidentes e quedas com danos para as pessoas, bem como a necessidade de abandonar a calçada e invadir a pista em casos extremos. Especialistas consideram que as más condições das calçadas em muitas cidades é uma preocupação crescente, sobretudo a partir do processo de envelhecimento gradativo da população na maioria dos países.

Outros fatores que também podem ser levados em conta são o estado e a altura do meio-fio e a presença de facilidades para pessoas com mobilidade reduzida, como os corrimões, os meio-fios rebaixados, entre outras.

3.2.3. Pavimento

As condições estruturais e da superfície do pavimento exercem um efeito essencial na segurança e no conforto dos usuários do sistema de tráfego. O pavimento deve ser desenhado e construído para assimilar de forma adequada os diferentes tipos de veículos

que circulam e para manter as boas condições técnicas durante o período de tempo concebido para a sua utilização.

- *Estrutura*

As deficiências do estado técnico do pavimento constituem uma das maiores fontes de riscos, particularmente em países em desenvolvimento. Nesses países é freqüente a presença de buracos, ondulações, desníveis, desagregação e perda do revestimento e fissuras, como mostrado na Figura 3.8. As principais causas desta situação estão relacionadas com a ação conjunta da água da chuva e do tráfego dos veículos, sobretudo o tráfego de veículos pesados com cargas superiores às permitidas, unido a sérias deficiências na manutenção.



Figura 3.8. Buracos e perda do revestimento do pavimento.
Fonte: CETRA (2003)

Os buracos e ondulações na pista podem obrigar os motoristas a realizar continuamente mudanças de direção ou reduções de velocidade bruscas. Defeitos maiores podem provocar, também, a perda do controle da condução ou ruptura de alguns dos componentes do veículo, levando a acidentes de grande severidade (CETRA, 2003). Um estudo citado por NODARI (2003) afirma que 10% dos acidentes envolvendo caminhões foram provocados pela perda do controle devido à presença de buracos na pista.

TRB (1987) e ABDEL-ATY *et al.* (2009) comentam os efeitos da reabilitação da superfície de rolamento nos acidentes de trânsito em diferentes cenários. Alguns estudos consultados revelam um aumento de até 10% no número de acidentes em condições do pavimento seco, aparentemente devido ao aumento da velocidade de circulação após as

obras de reparação. Já com o pavimento molhado, é detectada uma redução de 15% no número de acidentes, provavelmente a causa de maiores distância de paradas e controle do veículo.

- *Superfície*

A fricção entre a superfície do pavimento e os pneus deve garantir a movimentação segura dos veículos. NODARI (2003) afirma que quando os níveis de fricção entre a superfície da via e os pneus são insuficientes, se reduzem de maneira notável o controle e a capacidade de frenagem do veículo, aumentando a probabilidade de ocorrência de acidentes por derrapagem.

A influência da textura da superfície é especialmente importante nos casos em que o pavimento está molhado, podendo reduzir de forma alarmante a capacidade de frenagem dos veículos se esta se apresenta lisa demais. Assim, a segurança depende diretamente da resistência ao deslizamento da pista, a qual é medida pelo coeficiente de atrito (MAIA, 1995). O coeficiente de atrito é dependente de vários fatores, entre os quais se destacam as características da camada de rolamento, dos pneus, a velocidade de circulação e a quantidade de água e de sujeira superficiais.

Os acidentes mais comuns causados pela derrapagem dos veículos são as colisões traseiras e transversais em interseções e as saídas de pista nas curvas horizontais. NODARI (2003) cita vários estudos que reportam reduções de 25% a 54% dos acidentes quando se adotam texturas superficiais adequadas, proporção que aumenta até 47% a 83% no caso dos acidentes acontecidos com o pavimento molhado.

3.2.4. Sinalização

O uso adequado da sinalização é fundamental para o funcionamento eficiente e seguro de qualquer sistema viário. De acordo com BRASIL (1997), a sinalização viária é constituída, principalmente, pelos subsistemas de: sinalização horizontal, sinalização vertical, dispositivos auxiliares, sinalização semafórica e sinalização de uso temporário.

- *Sinalização horizontal*

A sinalização horizontal é constituída basicamente pelas marcações na pista. As marcações têm o objetivo de complementar as regras de trânsito ou de advertir sobre a presença de outros dispositivos de controle de tráfego, como placas e semáforos, bem como para transmitir por si mesmas regras e advertências para os usuários da via. DNER (1971) e CETRA (2003) mencionam, entre suas características mais importantes, a cor, a visibilidade diurna e noturna, a uniformidade, a durabilidade e a resistência à derrapagem.

As marcas sobre a pista podem ser divididas em: longitudinais, transversais, de canalização, de delimitação e controle de estacionamento, e inscrições no pavimento. Entre as marcas longitudinais, podem-se destacar as linhas de divisão de fluxos opostos, as linhas de divisão de fluxo de mesmo sentido, as linhas de bordo e as linhas de continuidade. Podem ser mencionadas entre as marcas transversais as linhas de retenção, as linhas de “De a Preferência” e as faixas de travessia de pedestres. Entre as inscrições no pavimento ressaltam as setas direcionais, os símbolos e as legendas (BRASIL, 1997).

As marcas são muito convenientes para ordenar e orientar a circulação, fazendo com que o conforto e a segurança do tráfego aumentem notavelmente, sobretudo em horário noturno. Também são muito úteis quando usadas para retificar temporariamente problemas operacionais e de segurança associados ao desenho geométrico da via. Contudo, a maior vantagem das marcas parece ser o fato de que cumprem sua função de orientar e advertir ao motorista sem a necessidade de que este distraia sua atenção da pista.

Estudos referenciados por STORM (2000) estimam uma relação benefício-custo de 45,9 resultante da redução de acidentes em curvas fechadas depois da implantação de linhas transversais redutoras da velocidade.

Outro estudo calcula a proporção da mudança nas taxas de acidentes antes e depois da implantação de marcas sobre a pista em 100 rodovias do estado americano de Indiana (AL-MASAEID *et al.*, 1995 *apud* STORM, 2000). O fator de redução de acidentes encontrado variara de -0,762 a 0,592 (o sinal negativo indicando acréscimo dos acidentes). A grande variação dos fatores calculados foi explicada pela superestimação da redução potencial dos acidentes, pela possibilidade de tratar o fator de redução de acidentes como uma faixa de valores e não como um valor pontual e porque estudos prévios ignoraram fatores como a

severidade dos acidentes e o alcance dos melhoramentos efetuados. Por fim, a redução de acidentes nos pontos críticos ou de maior índice de acidentalidade foi de 13,5%.

- *Sinalização vertical*

Os requerimentos técnicos principais da sinalização vertical são a forma, o tamanho, a cor, a visibilidade diurna e noturna, a durabilidade ou resistência à intempérie e o posicionamento na via (DNER, 1971 e CETRA, 2003). As informações fornecidas pelas placas são fundamentais para que motoristas e pedestres entendam as diferentes situações que se apresentam na via e possam agir em conseqüência. As mesmas devem proporcionar condições de circulação seguras e cômodas. O cumprimento dos requerimentos técnicos adequados deve garantir uma leitura clara e concisa da mensagem e com tempo de antecipação suficiente, de acordo com as características físicas e operacionais da via.

A falta de sinalização, ou ainda, a utilização inadequada desta, pode levar os usuários do sistema viário a cometer erros ou manter comportamentos incompatíveis com o ambiente viário podendo ocasionar acidentes de grande severidade.

Segundo sua função, a sinalização pode ser classificada em três grupos: regulamentação, advertência e indicação (BRASIL, 1997). As placas de regulamentação têm por objetivo informar aos usuários da via as limitações, proibições ou restrições que existem em determinado trecho ou via. As placas de advertência visam advertir aos usuários do sistema de tráfego sobre a existência de um perigo e sua natureza. Já as placas de indicação têm a finalidade de identificar as vias e orientar seus usuários, fornecendo-lhes informação útil.

NODARI (2003) menciona os quatro princípios básicos para o uso das placas de sinalização, quais sejam:

- localizar as placas com antecedência suficiente do ponto de tomada de decisão;
- prover tempo de resposta;
- prover informação redundante, e
- evitar áreas em que a atenção do motorista seja muito solicitada.

Outros estudos citados por NODARI (2003) registram uma redução entre 20% e 62% na freqüência de acidentes devido ao emprego adequado da sinalização vertical; quanto à

severidade dos acidentes, reportam decréscimos de 29% das taxas de vítimas fatais e de 14% das taxas de vítimas não fatais.

- *Dispositivos auxiliares*

Os dispositivos auxiliares de sinalização são desenhados e colocados com o objetivo específico de mitigar os riscos potenciais associados a determinadas características ou situações presentes na infraestrutura viária. Podem-se mencionar entre esses dispositivos os tachões, os delimitadores e canalizadores, as guias sonoras, entre outros.

Um dos dispositivos mais generalizados é o tachão ou *Permanent Raised Pavement Marker* (PRPM), que consiste em um sinalizador reflexivo fixado no pavimento, colocado geralmente no eixo das linhas que dividem as faixas ou que limitam a pista, e que complementa a função destas, sobretudo no período noturno (Figura 3.9). A este respeito, ITE (1992) e CETRA (2003) reconhecem o efeito positivo dos PRPM para a circulação dos veículos à noite; com custos de colocação e manutenção menores quando comparados com as luminárias, não precisam de energia elétrica e evitam a necessidade de iluminação em determinadas interseções rurais, alertando de forma cômoda e efetiva aos motoristas da proximidade do cruzamento.



Figura 3.9. Efeito noturno de PRPM nas linhas delimitadoras de uma rodovia.

Fonte: <http://motorblog.blogtv.uol.com.br/img/Image/MotorBlog/2007.jpg>

HANBALI e SUDHAKAR (2004) também demonstram que os PRPM ajudam o motorista a se guiar na via no período noturno, aumentando sua confiança e diminuindo a severidade dos acidentes, principalmente em vias com alto volume de tráfego e em condições ambientais complexas.

Por sua vez, os canalizadores (marcadores de alinhamento) e os delimitadores (balizadores) são dispositivos quase sempre reflexivos, implantados na borda exterior de curvas horizontais fechadas ou em locais que apresentam modificações potencialmente perigosas da geometria da seção transversal (como pontes estreitas), com o intuito de alertar aos motoristas e de reforçar a percepção adequada do alinhamento da via. São muito efetivos para a circulação noturna em rodovias ou em vias urbanas com deficiências de iluminação (Figura 3.10).



Figura 3.10. Canalizador reflexivo em uma via urbana.

O emprego dos marcadores de alinhamento e dos delimitadores tem demonstrado influenciar de forma positiva a segurança da circulação. A este respeito, NODARI (2003) referencia estudos que reportam reduções entre 30% e 60% do número de acidentes.

Já as guias sonoras ou *rumble strips* são faixas salientes ou entalhes localizados na superfície do pavimento (Figura 3.11) com o intuito de fornecer ao motorista uma advertência audível e sensível para que ele repositone o veículo longitudinalmente ou não cruze para outra faixa de tráfego, segundo definem estudos consultados por TEDESCO (2004). O ruído e a vibração repentinos que provocam são muito efetivos para alertar o motorista a retomar o controle do veículo. Os três tipos de guias sonoras mais utilizados são as de eixo, as de acostamento e as de pista, sendo estas últimas implantadas de forma transversal, ocupando toda a largura da pista.



Figura 3.11. Guias sonoras de acostamento.

Fonte: <http://www.tfrc.gov/focus/sept99/rumble.htm> *apud* Tedesco (2004)

As guias sonoras de pista são usadas para moderar a velocidade dos veículos quando se aproximam de uma situação de perigo, por exemplo, uma interseção. As de acostamento devem ser utilizadas em trechos que provocam monotonia ou cansaço nos motoristas, sendo efetivas para evitar os acidentes do tipo saída da pista. Já as guias de eixo são implantadas em vias que não possuem outros elementos físicos de separação dos fluxos de circulação e são efetivas para advertir os motoristas que estão invadindo a faixa destinada à circulação na direção oposta. Favorecem uma redução notável do número de colisões frontais.

Vários estudos analisados mostram uma redução do número e da severidade dos acidentes provocados por motoristas distraídos em vias onde foram implantadas diferentes modalidades de guias sonoras (TEDESCO, 2004).

3.2.5. Interseções

As interseções são os pontos das redes viárias de maior periculosidade e complexidade operacional devido ao grande número de conflitos e de acidentes que nelas acontecem, sendo isto particularmente importante nas áreas urbanas (DIAZ-CARRASQUILLO *et al.*, 2004). Os tipos de acidentes mais comuns nestes pontos são as colisões transversais e traseiras e os atropelamentos, tanto de pedestres quanto de ciclistas.

Para FHWA (2000), GAO (2003) e NCHRP (2007) são múltiplos os fatores das interseções que influenciam na ocorrência de acidentes. Podem-se mencionar o projeto

geométrico, o ângulo da interseção, o tipo de controle de tráfego, as manobras permitidas e a distância de visibilidade, entre outros.

Um projeto geométrico pobre incide negativamente na segurança, e quando este é complexo demais pode provocar a confusão dos motoristas. O número de aproximações é outro aspecto a levar em conta. No geral, interseções com três aproximações são mais simples e têm um melhor impacto sobre a segurança. A presença de canalizações e faixas auxiliares limita os pontos de conflitos e a frequência e severidade das manobras conflitantes e fornece informações claras sobre os movimentos permitidos na interseção; oferece, ainda, áreas de refúgio para os pedestres e para a colocação dos elementos de controle de tráfego (ITE, 1992).

Numerosos estudos citados por NCHRP (2007) demonstram os benefícios da implantação de faixas auxiliares, sobretudo para giros à esquerda, com reduções de acidentes que variam entre 7% e 70% em interseções urbanas e suburbanas. Outras pesquisas apresentam reduções gradativas e notáveis das taxas de acidentes e de danos pessoais após a instalação de canalizações.

Os resultados encontrados por FHWA (2000) também mostram benefícios decorrentes da implantação de faixas para a realização das manobras de giro nas interseções. A Tabela 3.2 mostra o efeito na redução do número total de acidentes em interseções com quatro aproximações devido à implantação de faixas para os giros à esquerda e à direita.

Tabela 3.2. Impacto nos acidentes das faixas para os giros em interseções

Controle de tráfego	Redução dos acidentes por implantação de faixas para (%)			
	Giros à esquerda		Giros à direita	
	Num acesso	Ambos acessos	Num acesso	Ambos acessos
Não semaforizado	24	42	5	10
Semaforizado	18	33	2,5	5

Fonte: Adaptado de FHWA (2000)

O ângulo considerado básico para uma interseção é 90°. Qualquer desvio deste alinhamento provoca que a via secundária intercepte a via principal num ângulo agudo ou obtuso, o qual influencia de forma diferente na segurança do cruzamento. Os ângulos

agudos limitam a visibilidade e implicam no requerimento de maior área de conversão nos giros.

A distância de visibilidade adequada é considerada fundamental para o funcionamento seguro de uma interseção, sendo especialmente críticas a distância de visibilidade da interseção, a distância de visibilidade de parada e a distância de visibilidade dos dispositivos de controle de tráfego (NHCRP, 2007). O ângulo da interseção, o alinhamento vertical e horizontal, a velocidade nas vias, a vegetação, a topografia do local, a presença de obstáculos, de edificações e de estacionamentos são os principais elementos que podem provocar a redução da visibilidade em interseções (Figura 3.12).



Figura 3.12. Interseção com visibilidade muito reduzida.

Na Tabela 3.3 apresenta-se o impacto da limitação da visibilidade em interseções controladas por placas de prioridade. Entretanto, trabalhos referenciados por NHCRP (2007) apontam reduções de até 67% dos acidentes em interseções onde obstáculos foram removidos e a visibilidade melhorada.

Tabela 3.3. Efeito da limitação da visibilidade nos acidentes em interseções controladas por placas de prioridade.

Número de quadrantes com visibilidade limitada	Acréscimo de acidentes (%)
1	5
2	10
3	15
4	20

Fonte: Adaptado de NHCRP (2007)

O tráfego nas interseções pode estar controlado por meio do uso de placas de prioridade ou de semáforos, em função do volume de tráfego e de outras condições operacionais, oferecendo-se com estes últimos, em geral, maiores níveis de segurança.

3.2.6. Acessos

Consideram-se pontos de acesso os locais onde os veículos entram à via; entre eles podem-se mencionar as interseções com outras vias, as aberturas no canteiro central, as entradas e as saídas públicas e residenciais e as rampas de entrada e de saída de autopistas.

Segundo NCHRP (2007), a literatura mostra uma estreita relação entre as taxas de acidentes e os diferentes níveis de controle de acesso; vias com os acessos controlados apresentam entre 50% e 65% menos acidentes que aquelas sem qualquer controle de acesso. Os elementos dos acessos que mais afetam a segurança viária são o nível geral de controle de acesso, a densidade destes, sua proximidade das interseções e o volume de veículos que os utilizam.

O controle de acessos, isto é, a limitação ou a eliminação da variedade e o espaçamento dos acessos, constitui uma das medidas que maior influência exercem no aumento efetivo da segurança do tráfego (TXDOT, 2004). É particularmente efetiva quando se combina com uso adequado do canteiro central. A causa principal está no fato de se conseguir uma diminuição significativa do número de eventos inesperados e a separação de pontos de decisão. A Tabela 3.4 apresenta o efeito do nível do controle de acessos na segurança de vias urbanas, considerando o tipo de canteiro central utilizado.

Tabela 3.4. Taxas de acidentes em vias urbanas em função do nível de controle de acessos (acidentes por milhão de veículos milhas trafegados)

Acessos por milha	Tipo de canteiro central		
	Sem canteiro	Com faixas para giros à esquerda	Com proibição de atravessar
< 20	3,8	3,4	2,9
20 – 40	7,3	5,9	5,1
40 – 60	9,4	7,9	6,8
> 60	10,6	9,2	8,2
Média	9,0	6,9	5,6

Fonte: Adaptado de TxDOT (2004)

Em diversos estudos que abordam a relação entre a segurança e a densidade de acessos se constata um acréscimo no número dos acidentes de trânsito na medida em que aumenta a densidade de acessos (GAO, 2003; TXDOT, 2004; EWING e DUMBAUGH, 2009). A Figura 3.13 mostra a relação entre a densidade de acessos e a frequência de acidentes.

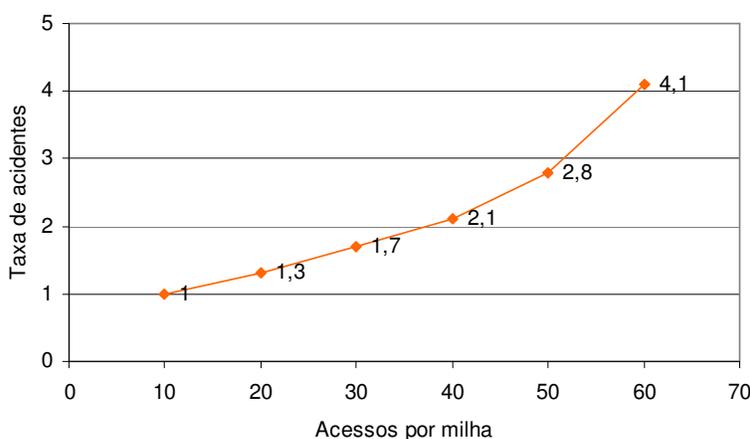


Figura 3.13. Relação entre densidade de acessos e a taxa de acidentes de trânsito.

Fonte: Adaptado de TxDOT (2004)

Quanto à proximidade dos acessos às interseções, pesquisas sugerem que sua localização longe das interseções diminui o número de conflitos e proporciona mais tempo e espaço para que os veículos girem e entrem na via (NCHRP, 2007).

Ainda, a entrada e a saída mais frequente de veículos pesados e lentos por estes acessos são elementos adicionais de risco para os veículos que trafegam pela via principal.

3.2.7. Áreas adjacentes

A presença de postes, placas, árvores, pilares de pontes, obras de drenagem e outros obstáculos nas laterais da via constitui uma fonte de risco notável, em particular nos casos de perda do controle e saída do veículo da pista (CETRA, 2003). Ainda, as condições das áreas adjacentes à via, sua largura e a distância da pista de rolamento influenciam tanto a quantidade quanto à gravidade dos acidentes (TRB, 1987). NODARI (2003) referencia estudos que calculam que entre 25% e 30% do total de acidentes de trânsito ocorrem devido a choques contra obstáculos colocados nas proximidades da pista.

NODARI (2003) acredita que seja inevitável que alguns veículos saiam da pista de rolamento e invadam as áreas adjacentes à via. Assim, TRB (1987) ressalta a importância de oferecer a maior segurança possível aos veículos desgovernados por meio da adoção de medidas que visam ao acondicionamento das áreas adjacentes e ao gerenciamento dos obstáculos perigosos.

A implantação de uma zona livre de obstáculos fixos com uma inclinação suave tem o intuito de facilitar a recuperação do controle do veículo e o posterior regresso à pista com segurança ou com um mínimo de danos. A largura adequada desta zona depende das características de cada local e na sua determinação incidem a inclinação do talude, a velocidade da via, o volume de tráfego e a curvatura horizontal, entre outros fatores (TRB, 2001 *apud* NODARI, 2003). Na Tabela 3.5 é apresentado o efeito da largura da zona livre de obstáculos na redução do número dos acidentes em rodovias.

Tabela 3.5. Relação entre largura livre de obstáculos e o número de acidentes

Aumento da largura da zona livre de obstáculos (m)	Redução do número de acidentes (%)	
	Em retas	Em curvas
1,5	13	9
2,4	21	14
3,0	25	17
3,6	29	19
5,0	35	23
6,0	44	29

Fonte: Ogden (1996) *apud* Nodari (2003)

A respeito do tratamento dos elementos perigosos, nos casos em que não é possível removê-los para áreas mais seguras ou mais afastadas, é necessário a implantação de dispositivos auxiliares ou ações que reduzam ou eliminem a possibilidade de choques violentos contra os obstáculos fixos (Figura 3.14). Entre estas últimas se destacam as barreiras e atenuadores de impacto, alguns tipos de vegetação, melhorias no meio-fio e as bases deformáveis ou deslizantes em placas e em postes.



Figura 3.14. Barreira de proteção contra obstáculo fixo.
Fonte: IMT (2002)

Para SAMPEDRO (2006), o gerenciamento adequado dos obstáculos fixos é quase a única opção nos ambientes urbanos, onde a limitação de espaço impede qualquer tratamento das áreas adjacentes à via.

Quando as áreas adjacentes não estão adequadamente protegidas ou delimitadas devido à ausência ou às más condições das cercas nas laterais da via, ou de outros elementos de proteção, é freqüente a invasão de animais de grande porte, sobretudo em rodovias (CETRA, 2003). A presença desses animais é um elemento de potencial perigo porque constituem eventos quase sempre inesperados para os motoristas. No período noturno, a impossibilidade de adverti-los com suficiente antecipação faz com que o risco seja ainda maior. Os choques contra eles e a perda do controle do veículo são os principais tipos de acidentes que estes animais provocam.

- *Barreiras longitudinais de contenção*

As barreiras longitudinais de contenção são elementos, geralmente metálicos ou de concreto, que se colocam nas bordas da pista, tanto no canteiro central quanto nos limites dos acostamentos, nos locais da via com taludes altos e inclinados ou com a presença de pilares de pontes, postes, árvores ou outros obstáculos fixos perigosos, com o intuito de proteger os veículos desgovernados de eventuais choques. São desenhadas para amortizar os impactos laterais dos veículos e atenuar ao máximo as conseqüências dos acidentes.

NCHRP (1999) estabelece que a efetividade das barreiras longitudinais na redução de acidentes depende das condições da instalação, das características do terreno, do material

usado para sua fabricação e da manutenção realizada. Os estudos consultados reportam uma diminuição do número total e da severidade dos acidentes quando são usadas as barreiras laterais, embora também constatarem um aumento das colisões contra estes dispositivos devido ao reduzido espaço entre eles e os veículos que circulam (GAO, 2003).

3.2.8. Drenagem

Um sistema de drenagem adequado é essencial para o bom funcionamento geral da via, tanto do ponto de vista estrutural quanto operacional. A acumulação excessiva de água em áreas da via pode gerar sérios transtornos à normal operação do tráfego, chegando a interromper completamente a circulação dos veículos.

Com respeito à segurança, o principal aspecto da drenagem está associado à formação de poças ou espelhos de água, os quais podem provocar o efeito de hidroplanagem, fenômeno que causa o deslizamento dos veículos quando não se consegue a aderência adequada entre os pneus e a pista devido à presença da lâmina de água (ODGEN, 1996 *apud* NODARI, 2003). Quando se apresenta a hidroplanagem, a frenagem e o controle do veículo ficam bastante comprometidos, o que é mais grave porque este fenômeno é mais comum quando os veículos circulam a velocidades altas.

Outros efeitos possíveis da presença das lâminas de água é a diminuição da visibilidade do próprio motorista ou de outros usuários da via, que pode ver-se na Figura 3.15, e a realização de manobras para evitar as poças, às vezes de forma brusca e chegando com frequência à invasão da faixa de tráfego em sentido contrário (CETRA, 2003).



Figura 3.15. Efeito dos espelhos de água sobre a circulação.
Fonte: CETRA (2003)

O escoamento mais ou menos violento de cursos de água sobre a via como consequência do efeito combinado de eventos de chuva intensa e de deficiências no sistema de drenagem é um fator que pode ocasionar a perda do controle do veículo (SAMPELRO, 2006). Ainda pode-se mencionar a acumulação de terra e de lama sobre a pista que causam uma redução da resistência à derrapagem da superfície do pavimento.

3.2.9. Iluminação

A severidade dos acidentes aumenta consideravelmente no período noturno, sobretudo nas vias e nos locais onde a iluminação é insuficiente. Dados citados por PEÑA (2004) reportam que 9% do total de acidentes ocorridos nas vias espanholas no ano de 2002 aconteceram no período noturno. Porém, essa porcentagem aumenta para 35% quando considerados só os acidentes com vítimas e para 46% no caso dos acidentes com mortes. O aumento da severidade dos acidentes pode-se verificar na Figura 3.16.

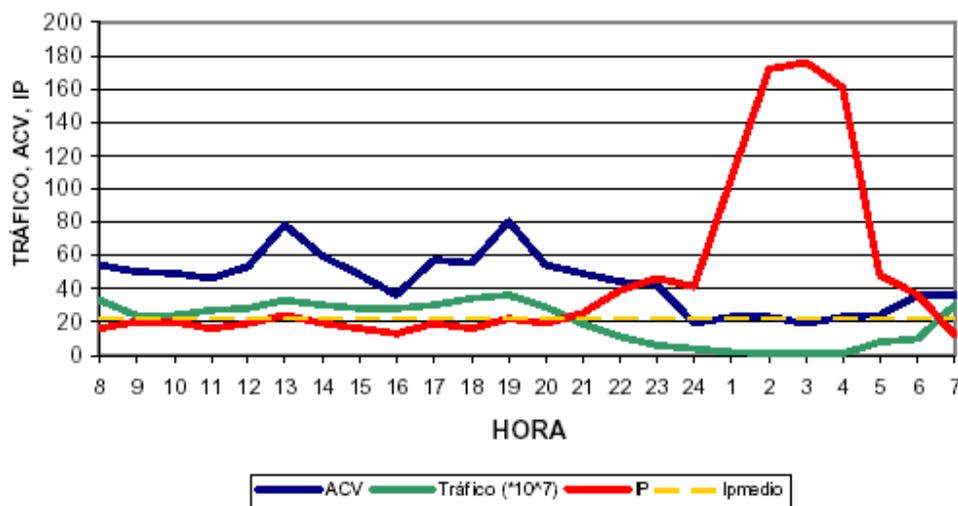


Figura 3.16. Acidentalidade horária em vias de Valência, Espanha. Ano de 2000.
Fonte: Peña (2004)

Na figura, as linhas de cor verde e azul representam o volume do tráfego de veículos e o número de acidentes com vítimas durante as 24 horas do dia, respectivamente. A linha de cor vermelha mostra o Índice de Severidade, podendo-se constatar os maiores valores no período compreendido entre a meia noite e 06:00 horas, especialmente das 02:00 às 04:00 horas, o que poderia estar associado, também, a outros fatores como cansaço, sono e uso de álcool e drogas.

O efeito da falta de iluminação, ou mesmo da iluminação insuficiente, é mais notável nos ambientes urbanos. Nos locais e nas vias carentes de luminárias se reduzem muito a visibilidade e a capacidade dos motoristas de enxergar e identificar com precisão os objetos. Nestas condições, são particularmente vulneráveis os pedestres.

A iluminação incide numa redução dos acidentes e de sua severidade no período noturno. Nas vias com condições adequadas de iluminação, as estatísticas registram uma redução de 30% a 40% no número de acidentes, enquanto nas vias sem iluminação a gravidade dos mesmos é seis vezes maior que em vias perfeitamente iluminadas, segundo assinala NORMA (2004). Especificamente, a iluminação de vias arteriais urbanas provoca reduções entre 10% e 44% dos acidentes nas mesmas (BAKER, 1975). Para o caso das interseções, NODARI (2003) referencia estudos que estimam diminuições superiores a 50%, e de 11%, para interseções de três e de quatro acessos, respectivamente.

3.2.10. Travessias para pedestres

Os pedestres são os usuários mais vulneráveis e desprotegidos do sistema de tráfego, estando expostos a uma das formas de deslocamento de mais alto risco. Um estudo referenciado por KEEGAN e O'MAHONY (2003) afirma que 5% dos pedestres falecem quando são atropelados por um veículo que circula a 32,2 km/h (20 milhas por hora - mph) ou menos, enquanto essa porcentagem aumenta para 40%, 80% e quase 100% quando o veículo se movimenta a 48 km/h (30 mph), 64,4 km/h (40 mph) e 80,5 km/h (50 mph), respectivamente.

Os pontos de travessia da via são os locais mais críticos devido a que os pedestres interagem de forma mais direta com os veículos motorizados. As travessias podem ser em nível sem semáforo, em nível semaforizadas e em desnível.

As travessias em desnível podem ser de dois tipos: as superiores e as inferiores à via, e são as mais efetivas do ponto de vista da segurança, uma vez que conseguem separar completamente os fluxos de veículos motorizados e de pedestres. Porém, têm as desvantagens de serem mais custosas e de que nem sempre são usadas por todas as pessoas, devido às questões de segurança pública e que às vezes requerem maiores deslocamentos, precisando um estudo cuidadoso da localização e das facilidades de acesso. Já as travessias em nível semaforizadas são mais utilizadas. Contam com um semáforo que controla e

assegura o cruzamento da via pelos pedestres, alternando com a circulação dos veículos (FHWA, 2001a).

Os fatores de risco mais importantes nas travessias estão associados à perda de tempo imposta aos pedestres, a tempos semafóricos insuficientes para completar a travessia e a aspectos de comunicação e entendimento dos usuários. Do ponto de vista da percepção dos usuários, um estudo realizado no âmbito brasileiro identificou elementos como presença e distância da travessia ao ponto de ônibus, permissão de estacionamento, largura da via, número de sentidos do trânsito e volume de pedestres (DIÓGENES, 2008).

GARCÍA e BRAGA (1992) argumentam que retardamentos de 30 segundos são considerados indesejáveis, enquanto atrasos de 120 segundos já são críticos para a segurança dos pedestres. Intervalos de atraso de 36 a 40 segundos aumentam em 50% o número de pedestres que correm risco. Estudos sobre dispositivos para aprimorar o funcionamento dos semáforos neste sentido, especificamente a implantação de distintos tipos de temporizadores, não são conclusivos sobre seu efeito na segurança dos pedestres (HUANG e ZEGEER, 2000; KEEGAN e O'MAHONY, 2003).

O nível de comunicação implica em aspectos importantes para o fácil entendimento dos pedestres, entre eles, a localização e a uniformidade dos equipamentos e as cores, os formatos e as dimensões empregadas, tanto nos dispositivos e seus símbolos, quanto nas marcas no pavimento.

3.2.11. Dispositivos de Controle de Tráfego

O uso dos Dispositivos de Controle de Tráfego (DCT) é essencial para ordenar e assegurar a circulação de veículos e pedestres. Existem diferentes tipos de DCT: para coleta de dados ou detectores de tráfego, os de armazenamento e processamento dos dados, os de informações aos usuários e os de controle e fiscalização do tráfego propriamente ditos (PEREIRA, 2005).

Do ponto de vista da segurança viária, os dois últimos grupos são os mais importantes. Entre os dispositivos de informações aos usuários se destacam os painéis de mensagens variáveis (PMV), enquanto os semáforos e os radares de fiscalização eletrônica de velocidade sobressaem entre os de controle e fiscalização do tráfego.

- *Semáforos*

Os semáforos são equipamentos eletrônicos usados principalmente em interseções para alternar o direito de passagem de veículos e pedestres. De acordo com sua função, se dividem em: semáforos para veículos, para pedestres, semáforos especiais e de aproximação de passagens de nível e de cancelas, e são muito importantes para garantir organização, fluidez, economia e segurança à circulação (DNER, 1971; KHISTY e LALL, 1998). No que tange à segurança, sua principal vantagem é o fato de conseguirem separar os movimentos conflitantes nas interseções, reduzindo o risco de ocorrência de certos tipos de acidentes, desde que a sua instalação seja tecnicamente justificada.

A visibilidade dos semáforos, o tempo dos ciclos e a sincronização operacional, no caso de semáforos em série, constituem os fatores que maior influência têm na segurança viária, segundo DNER (1971) e GAO (2003). A visibilidade adequada dos semáforos é fundamental para que os usuários da via os percebam com antecipação suficiente e reajam em correspondência com a indicação emitida. A visibilidade está relacionada ao número e à localização dos equipamentos, seu tamanho, sua cor e à proteção contra a luz do sol.

O emprego incorreto do tempo dos ciclos e da sincronização com outros semáforos, além de afetar a fluidez do trânsito, faz com que os motoristas adotem com frequência comportamentos de risco, ou mesmo ignorem a indicação estabelecida, buscando conforto e economia de tempo em detrimento da sua segurança e da segurança de outros usuários.

- *Fiscalização eletrônica de velocidade*

Os dispositivos de fiscalização eletrônica de velocidade aliam tecnologias de detecção de veículos e meios de comunicação para identificar os motoristas que infringem limites de velocidade (PEREIRA, 2005). Os principais equipamentos usados para o controle automático da velocidade são as lombadas ou barreiras eletrônicas, os radares fixos e móveis e, em áreas urbanas, o dispositivo que controla de maneira simultânea o avanço do sinal vermelho e a velocidade com que o veículo ingressa na interseção.

A utilização dos radares e das lombadas eletrônicas resulta em uma forma barata e efetiva de aumentar a segurança de motoristas e pedestres nas vias por meio do controle e da redução da velocidade de circulação dos veículos. Observações realizadas verificam uma diminuição notável da velocidade média de circulação nos trechos sob controle destes

equipamentos. Um estudo realizado por FRAMARIM *et al.* (2003) encontra uma redução de 23% nos acidentes em vias da cidade de Porto Alegre, enquanto reporta diminuições entre 20% e 30% em vias da Inglaterra e do Canadá depois da implantação destes controladores de velocidade.

- *Painéis de Mensagens Variáveis*

Os painéis de mensagens variáveis (PMV) são dispositivos eletrônicos implantados nas vias para exibição de mensagens aos motoristas contendo informações sobre as condições de tráfego em tempo real, indicações sobre alternativas de rotas, alterações na operação das vias por causa de incidentes ou de eventos programados, condições climáticas complexas e mensagens educativas (PEREIRA, 2005).

A otimização dos benefícios dos PMV na circulação depende do uso certo de cores previamente codificadas, da clareza e da simplicidade procurando o uso de frases curtas e fáceis de ler e do uso de símbolos e palavras padronizadas. Ainda é importante garantir a visibilidade do sinal a qualquer hora e sob quaisquer condições do clima e a fácil percepção do PMV no meio de outras fontes visuais (MONT'ALVÃO e BRAGA, 1998; ARBAIZA e LUCAS, 2004).

NODARI (2003) reconhece que o uso de PMV incide na redução do número de acidentes. Neste sentido, reporta uma pesquisa realizada pelo *Transport Research Laboratory* (TRL) no ano de 2002, onde se verifica uma diminuição de um terço dos acidentes nos locais das rodovias onde foram implantados estes equipamentos.

3.2.12. Faixas auxiliares de ultrapassagem

A implantação de faixas auxiliares oferece benefícios operacionais e de segurança significativos, já que 10% dos acidentes rodoviários com vítimas estão associados à realização de manobras de ultrapassagem (IMT, 2002). O efeito das faixas auxiliares é particularmente importante no caso de vias com alto volume de tráfego ou com alta presença de veículos lentos.

NODARI (2003) menciona que as oportunidades de ultrapassagem podem ser facilitadas por meio do uso de diferentes tipos de faixas: as terceiras faixas (para ultrapassagens em aclives, *climbing lanes*) as faixas de ultrapassagem (empregadas em terreno plano, *passing lanes*), os trechos de quatro faixas (*short four lane section*), as baias

de ultrapassagem (faixas adicionais curtas, de até 200 m, *turnouts*) e os trechos onde são usados os acostamentos (*shoulder use sections*). Estas faixas auxiliares são projetadas e implantadas em função das possibilidades de ultrapassagens dependentes da distância de visibilidade e das brechas existentes entre os veículos que circulam em direções opostas. O impacto de cada tipo de faixa na redução dos acidentes é mostrado na Tabela 3.6.

Tabela 3.6. Impacto das faixas auxiliares na ocorrência de acidentes

Tratamento	Redução do número de acidentes (%)	
	Total	Com vítimas
Faixas de ultrapassagem	25	30
Seções curtas de quatro faixas	35	40
Baias de ultrapassagem	30	40
Seções de uso de acostamento	Não é conhecido efeito significativo	

Fonte: Adaptado de Fitzpatrick *et al.* (2000) *apud* Nodari (2003)

Estudos reportados por IMT (2002) informam a diminuição de 35% do total de acidentes e de 25% dos acidentes com vítimas depois da instalação de faixas auxiliares em rodovias da Austrália, bem como a redução de 10% a 20% dos acidentes quando implantadas terceiras faixas em aclives de 3% a 4% e de 20% a 40% em rampas mais pronunciadas.

A implantação de faixas para ultrapassagens deve ser evitada na proximidade das zonas urbanas, em trechos que apresentam interseções com alto volume de tráfego e em segmentos com alta densidade de acessos.

3.2.13. Dispositivos para contenção de veículos desgovernados em declives

Os dispositivos para contenção de veículos desgovernados em declives constituem elementos de segurança especificamente projetados e construídos para a detenção de caminhões e veículos pesados de carga que perdem a capacidade de frenagem devido ao uso intensivo, e posterior aquecimento, dos freios em declives prolongados. Têm a capacidade de dissipar a energia cinética dos veículos, substituindo os sistemas de freios inoperantes. Os principais tipos de dispositivos são as rampas de escape (*scape ramps*), os montes de areia (*sandpiles*) e os que usam caixa de retenção (*arrester beds*) (IMT, 2002; ZANOLI e SETTI, 2004).

Estudos consultados revelam que 46% dos acidentes nas rodovias do Brasil envolvem caminhões e que, na França, o risco de acidentes em declives maiores que 2% duplica para veículos leves e quintuplica para caminhões.

Para ZANOLI e SETTI (2004), a implantação de dispositivos para conter veículos descontrolados é uma alternativa relativamente barata e eficiente para aumentar a segurança do tráfego rodoviário em declives longos e íngremes. O fator de maior impacto destes dispositivos na segurança parece estar na sua localização certa dentro do declive, a fim de que no local escolhido se consiga interceptar e deter o maior número possível de veículos desgovernados.

3.2.14. Publicidade

A publicidade na via é exibida por meio de painéis nos veículos e de painéis promovendo produtos e serviços, tanto no interior quanto fora dos pontos de vendas. Os elementos visuais de propaganda e informação mais utilizados são os *outdoors*, os painéis, os luminosos e os painéis publicitários eletrônicos de mensagens variáveis, sendo que os dois últimos são os mais comuns nas cidades.

Os principais aspectos relacionados com a publicidade nas vias são a segurança da circulação, a qualidade do ambiente visual e a proteção do investimento viário. No que tange à segurança, não tem sido demonstrada uma relação causal entre a publicidade e a ocorrência de acidentes de trânsito, mas GUERRA e BRAGA (1994) advertem que os efeitos fundamentais parecem estar associados à distração de motoristas e pedestres e à intrusão visual.

A essência do problema da publicidade está no conflito atenção versus distração. Sob condições pouco hostis de tráfego como baixo volume de veículos, uniformidade do pavimento e da geometria e pouca densidade de acessos, acredita-se que a publicidade estimule o desempenho do motorista. Já condições de tráfego mais complexas, podem estimular a distração, com o conseqüente efeito negativo na condução. O excesso de elementos luminosos de publicidade, sobretudo em zonas comerciais, pode levar no período noturno a comprometer ou restringir a leitura e o entendimento de alguns dispositivos de controle de tráfego, como os semáforos e os PMV.

3.2.15. Estacionamento

As dificuldades relacionadas com o estacionamento se encontram entre as questões mais complexas a resolver pelas entidades gerenciadoras do transporte nos centros urbanos (BAKER, 1975). A falta de capacidade para estacionar, ou o estacionamento mesmo, não só afeta as condições operacionais do tráfego, mas também a segurança.

De acordo com SAMPEDRO (2006), o estacionamento na via pública afeta a segurança da circulação principalmente sob três pontos de vista: nas manobras de entrada e saída dos veículos estacionados, na visibilidade e na circulação dos pedestres. DAS e ABDEL-ATY (2010) encontraram que o efeito sobre a severidade dos acidentes pode ser maior nas áreas de interseções e em vias de velocidade regulamentada elevada.

As manobras para entrar ou sair das áreas de estacionamento acrescentam constantemente riscos de colisões com os veículos que se movimentam pela via, o que é mais importante nas vias com maiores volumes de tráfego. A redução da visibilidade é considerável nos casos em que os veículos estacionam nas proximidades das interseções, violando a distância livre requerida para assegurar, tanto a visibilidade, quanto as manobras de conversão dos veículos. Ainda, com muita frequência, a falta de espaço faz com que os veículos estacionem sobre a calçada, atrapalhando ou até interrompendo a circulação fluida e segura dos pedestres (Figura 3.17). Nestes casos, os pedestres são obrigados a se movimentar sobre a pista, aumentando o risco de ocorrência de atropelamentos.



Figura 3.17. Efeitos do estacionamento inadequado de veículos.
Fonte: Sampedro (2006)

3.2.16. Congestionamento

FHWA (2003) acredita que a redução dos congestionamentos pode produzir uma influência positiva na segurança, diminuindo o número de acidentes de trânsito. Essa estimativa está embasada no fato de que o congestionamento implica uma maior densidade veicular e, portanto, maiores probabilidades de conflitos de tráfego. Ainda, o congestionamento provoca uma redução da velocidade de circulação, o que faz que quando um veículo se envolve num acidente, as conseqüências sejam menos severas.

Outros fatores que relacionam congestionamentos e segurança estão ligados aos acidentes “secundários”, ou seja, aqueles causados pelas condições produzidas por um acidente anterior – engavetamentos, manobras bruscas, presença dos veículos de emergência -, e o fato de que as perturbações no fluxo causadas por acidentes pioram os congestionamentos existentes.

GOLOB *et al.* (2008) reconhecem que muitos detalhes da ligação entre congestionamento e segurança não são ainda suficientemente compreendidos. Contudo, com base nos limitados estudos existentes, FHWA (2003) estima que:

- O potencial de ocorrência de acidentes provavelmente diminui com a redução dos congestionamentos;
- Existe uma baixa proporção de acidentes envolvendo veículos individuais durante condições de congestionamento e uma alta proporção de acidentes envolvendo múltiplos veículos, e
- A severidade dos acidentes é menor durante condições de congestionamento devido à baixa velocidade de circulação dos veículos no momento do impacto.

Assim, diante da adoção de programas para a redução dos congestionamentos devem se priorizar estratégias de mitigação voltadas à redução da severidade e dos acidentes com a participação de vários veículos.

3.2.17. Velocidade

Para RODRÍGUEZ (1996) e SANCHEZ (2001) o efeito da velocidade na segurança está relacionado principalmente com o tempo de percepção, o campo visual, as condições da pista e a magnitude e conseqüências dos impactos.

TRB (1998) e GRSP (2008) explicam que a relação entre velocidade e segurança é abordada desde três aspectos. A primeira abordagem considera que a capacidade do indivíduo para perceber e processar informação sobre situações perigosas diminui quanto maior é a velocidade de circulação. Por exemplo, no que tange ao campo visual, a uma velocidade de 35 km/h é de um ângulo de 104°, facilitando que o motorista possa enxergar os objetos localizados nas laterais da via. Já a 100 km/h o ângulo de visão se restringe a 42° e depois de 130 km/h aparece o fenômeno chamado de “efeito túnel”, em que o campo visual se reduz a um ângulo de apenas 30°, impedindo ao motorista a percepção de estímulos nas áreas mais próximas à pista.

A segunda abordagem assume que a probabilidade de um motorista se envolver em um acidente é função da diferença entre sua velocidade individual e a velocidade dos outros motoristas. O terceiro aspecto está associado à percepção do risco do motorista e considera que, deste ponto de vista, os motoristas que circulam a velocidades altas não necessariamente aumentam o risco de se envolver em acidentes.

Estudos mencionados por TRB (1998) mostram que existe relação entre a velocidade e a dispersão da velocidade, e a frequência dos acidentes. O aumento do número de acidentes está mais relacionado com o acréscimo do diferencial entre as velocidades de circulação desenvolvidas pelos diferentes veículos que compartilham a via, isto é, a presença de veículos rápidos e de veículos mais lentos no fluxo de tráfego. A velocidades altas esse diferencial influi também no aumento da severidade dos acidentes. A Figura 3.18 ilustra o efeito da dispersão da velocidade em diferentes tipos de vias. No caso das vias expressas, ressalta o aumento registrado nas taxas de acidentes dos veículos que circulam a velocidades mais lentas do que a média.

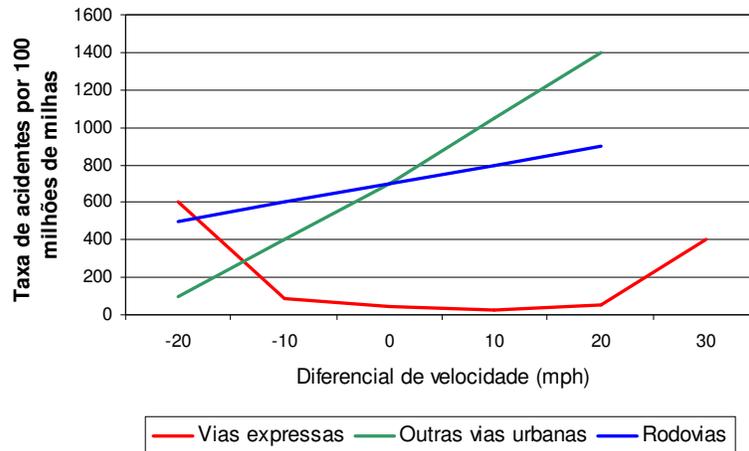


Figura 3.18. Relação entre diferencial de velocidade e freqüência de acidentes.

Fonte: Adaptado de TRB (1998)

A ligação entre velocidade e severidade dos acidentes é mais estreita. De acordo com NCHRP (1993), o aumento da velocidade de circulação implica em um aumento na severidade dos acidentes. A magnitude do impacto está diretamente relacionada com a energia cinética liberada pelo veículo, que por sua vez depende da velocidade à qual vinha trafegando. A probabilidade dos ocupantes de um veículo morrerem quando este impacta a 80 km/h é 20 vezes maior do que no caso de impacto a 30 km/h. 85% dos atropelamentos ocorridos a velocidades superiores a 50 km/h resultam em morte para os pedestres enquanto a velocidades de mais de 65 km/h a porcentagem sobe para quase 100% (GRSP, 2008). A velocidades baixas, embora a probabilidade de conflitos seja maior, os incidentes tendem a ser menos severos.

Estudos indicam que vários países nórdicos e a Suíça reduziram os limites de velocidade nas suas vias entre 10 e 20 km/h, o que levou, só no caso da Suécia, a uma redução de 21% do número de acidentes. Entretanto, nos Estados Unidos (EUA) aumentou-se o limite de velocidade nas vias interestaduais de 45 para 55 mph, o que significou um acréscimo de 19% a 34% do número de fatalidades. Uma pesquisa da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômicos (OCDE), referenciada por SANCHEZ (2001), afirma que para cada km/h de acréscimo da velocidade, a acidentalidade aumenta 2%. Assim, estima-se que uma redução de 5 km/h nos limites de velocidade nas vias da UE evitariam 11.000 mortes e 180.000 vítimas por ano. A relação entre a velocidade e a severidade dos acidentes pode ser observada na Figura 3.19.

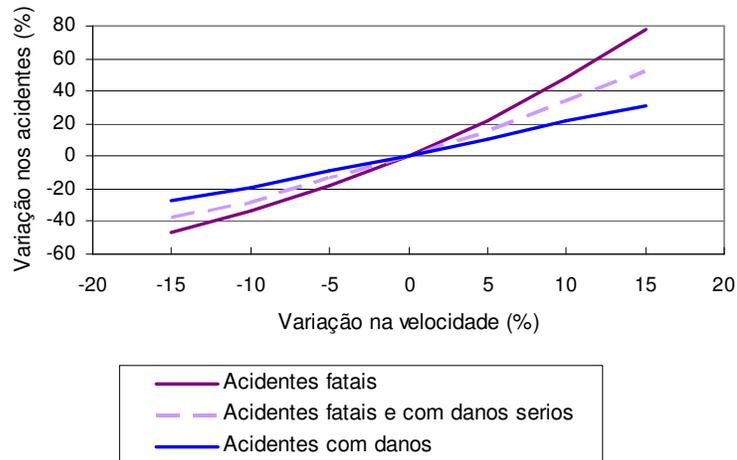


Figura 3.19. Relação entre a variação da velocidade e a variação dos acidentes.
 Fonte: Adaptado de GRSP (2008)

Em condições de pavimento molhado, a aderência entre os pneus e a superfície se deteriora rapidamente com o aumento da velocidade. Nestas condições, estudos sugerem que os motoristas deveriam reduzir numa faixa de 30% a 60% da velocidade de circulação quando comparada com a regulamentada para manter os mesmos padrões de segurança que com o pavimento seco.

Finalmente, a velocidade de projeto adotada deve cumprir com as expectativas dos usuários da via no que diz respeito à segurança, conforto e economia de tempo. Assim, acredita-se que velocidades de projeto baixas demais compelem os motoristas a exceder com mais frequência os limites de velocidade estabelecidos, com a conseqüente deterioração dos índices de acidentalidade (IMT, 2002).

3.3. Classificação funcional das vias urbanas

As vias podem ser classificadas de acordo com a sua função. O objetivo da classificação funcional é agrupar em sistemas integrados ruas e avenidas com funções, propósitos e importância similares na rede viária. Ou seja, se estabelece uma hierarquia dos sistemas de vias com diferentes funções operacionais expressas pelos padrões de acessibilidade ou fluidez (BAKER, 1975; FORBES, 1999).

O processo de classificação das vias pode ser complexo e até não ser uniforme em função dos critérios considerados. No caso das vias urbanas, por exemplo, TRB (2000) estabelece 5 categorias: vias expressas, arteriais principais e arteriais secundárias,

agrupadas no sistema de vias principais, e vias coletoras e locais, que formam o sistema de vias locais. Já no âmbito brasileiro, BRASIL (1997) estabelece 4 categorias: as vias de trânsito rápido (expressas), as arteriais, as coletoras e as locais. Na Tabela 3.7 apresenta-se a proporção de km de via e de km trafegados para cada classe de via, no caso dos sistemas de vias urbanas.

Tabela 3.7. Proporção de km de via e km trafegados segundo a classe de via.

Categoria	Quantidade (%)	
	Veíc*km trafegados	km de vias
Vias expressas	50	5
Arteriais	25	10
Coletoras	5	10
Locais	20	75

Fonte: Khisty e Lall (1998)

As vias arteriais têm como funções escoar um número substancial de viagens de longo percurso, alimentar o subsistema viário expresso e as estações de transporte público, viagens de autos e tráfego local e contém as rotas dos principais serviços de transporte coletivo de passageiros e de transporte de carga. São projetadas para uma velocidade média alta, em torno de 100 km/h, porém com frequência apresentam velocidades de operação entre 60 e 80 km/h, atendendo à necessidade de acesso às áreas lindeiras e o seu tráfego tem prioridade nos cruzamentos em nível, os quais são geralmente sinalizados (BRASIL, 1997). Essas vias atendem o tráfego de passagem predominante (de longo e médio percurso), o uso do solo é caracterizado pela baixa geração de viagens diárias e os equipamentos comerciais, industriais e serviços existentes são permitidos (PARRA, 2001). Para o itinerário de transporte coletivo permitido neste tipo de via devem ser projetados adequadamente pontos de parada para minimizar seus efeitos negativos na capacidade da via, podendo contar ainda com faixas exclusivas para a circulação dos ônibus.

As vias coletoras são aquelas destinadas a coletar e distribuir o trânsito que precisa entrar ou sair das vias expressas ou arteriais, facilitando a circulação dentro das regiões das cidades; são adequadas para constituir itinerários de transporte coletivo (SAMPEDRO, 2006). Este tipo de vias é usado para movimentação local de veículos e acesso direto aos lotes lindeiros e atendem mais ou menos na mesma proporção ao tráfego de passagem e ao

tráfego local, sendo permitido nas áreas adjacentes o desenvolvimento limitado de comércio e serviços, em função do seu impacto sobre o tráfego de passagem. Nelas, as velocidades diretrizes são iguais ou maiores que 80 km/h, mas as velocidades de operação são quase sempre menores (40–60 km/h). Constituem normalmente itinerários de linhas de ônibus e os pontos de parada devem ser projetados de modo a não interferir negativamente no tráfego de passagem (PARRA, 2001).

Já as vias locais caracterizam-se por apresentar interseções em nível não semaforizadas e são destinadas a facilitar o acesso primário às áreas lindeiras, ao trânsito local ou a áreas restritas. Oferecem baixos níveis de mobilidade, não sendo utilizadas pelo tráfego de passagem. Segundo BRASIL (1997), estas vias podem apresentar velocidades de projeto de até 60 km/h, embora a velocidade de operação seja geralmente muito menor, chegando-se em ocasiões a estabelecer o limite de 30 km/h. Não é recomendável o uso de vias locais para o estabelecimento de rotas de ônibus ou outro tipo de sistema de transporte público.

3.4. Vias expressas

TRB (2000) define via expressa como uma via dividida, com controle completo de acesso e duas ou mais faixas para o uso exclusivo do tráfego em cada direção. Teoricamente, uma via expressa deve prover condições de fluxo ininterrupto, porém FHWA (2003) esclarece que a condição de ininterrupto refere-se apenas ao tipo de facilidade oferecida, não sendo usado para descrever a qualidade do fluxo de tráfego em qualquer momento. Já de acordo com a definição da AASHTO (2001), vias expressas são vias arteriais com total controle de acesso e que têm como intuito prover altos níveis de segurança e eficiência na movimentação de grandes volumes de veículos a altas velocidades. Com o acesso completamente controlado, é dada preferência ao tráfego próprio providenciando acessos conectados somente com algumas vias públicas escolhidas e proibindo as interseções e outras conexões com objetivos privados.

As vias expressas ou de trânsito rápido (Figura 3.20) são projetadas com alto padrão técnico para atender grandes volumes de tráfego em viagens de longo percurso, com pontos controlados de acesso às áreas lindeiras e para altas velocidades médias de operação que superam os 90 km/h. Têm como função principal permitir o tráfego livre, sem demoras e

sem congestionamentos e interrupções do tráfego (PORTUGAL e ARAÚJO, 2008). São vias de duplo sentido de tráfego, com pistas separadas por canteiro central e projetadas para reduzir os transtornos associados ao tráfego de passagem. Os acessos controlados às vias expressas podem se dar a partir de faixas laterais paralelas ou em rampas em intercâmbios.



Figura 3.20. Via expressa urbana

Nestas vias, não existem restrições quanto ao uso do solo às suas margens porque o seu acesso é totalmente controlado, o padrão técnico do seu projeto permite velocidades diretrizes (ou de fluxo livre) iguais ou maiores que 120 km/h (PARRA, 2001). Quanto ao transporte público, no caso das vias urbanas, apenas serviços expressos de ônibus podem ter pontos de parada localizados nas pistas laterais da via.

De forma geral, a seção transversal das vias expressas urbanas pode apresentar os elementos seguintes:

- Pista de rolamento: espaço pavimentado reservado para a circulação dos veículos;
- Acostamento: espaço reservado para estacionamento e saídas de emergência;
- Meio-fio: elemento de concreto usado para separar a pista de rolamento ou o acostamento da calçada ou do parterre;
- Calçada: espaço reservado para a circulação dos pedestres;
- Parterre: espaço, geralmente de grama, que separa a pista da calçada, pode ser usado também para a instalação das infraestruturas dos serviços públicos (iluminação, energia elétrica, telefone, etc.) ou para o plantio da vegetação;
- Canteiro central: espaço que separa os fluxos opostos de circulação, e que pode ou não incluir meios de separação física, e

- Ilha: espaço usado para separar e canalizar os fluxos de tráfego, geralmente em intercâmbios. Pode ser elevada, por meio de meio fio, ou delimitada por marcas no pavimento.

As condições operacionais nas vias expressas dependem basicamente da interação entre veículos e motoristas na corrente de tráfego e entre veículos, motoristas e as características geométricas da via (FHWA, 2003). Na Tabela 3.8 apresenta-se um resumo de alguns elementos físicos da infraestrutura que afetam a capacidade e as características operacionais das vias expressas. Outros fatores que também influenciam incluem o nível de fiscalização, as condições do pavimento e da iluminação, a sinalização e as condições meteorológicas.

Tabela 3.8. Elementos físicos que afetam a capacidade e a operação de vias expressas.

Categoria	Elemento físico
Alinhamento horizontal	- Grau de curvatura - Superelevação
Alinhamento vertical	- Rampas - Longitude das rampas - Curvas verticais
Seção transversal	- Número de faixas - Largura de faixas - Distância lateral <ul style="list-style-type: none"> • Tipo e largura de acostamentos • Tipo e largura de canteiro central • Distância de obstáculos
Outros	- Densidade de intercâmbios - Rampas e acessos das rampas - Seções de entrelaçamento

Fonte: FHWA (2003)

3.4.1. Congestionamentos e oscilações do fluxo de tráfego

As vias expressas são infraestruturas desenhadas para oferecer elevados padrões de serviço aos seus usuários. Na verdade, em condições de operação reais no referente ao fluxo de tráfego, comportamento dos motoristas, condições meteorológicas e manutenção da infraestrutura, dentre outras, suas condições de serviço podem ver-se seriamente comprometidas, se apresentando com frequência problemas operacionais comuns a outros tipos de via.

As demoras e prejuízos causados a motoristas e passageiros por causa de congestionamentos e oscilações no fluxo de tráfego são algumas das questões mais sérias que se apresentam nas vias expressas. Esses problemas afetam igualmente esse tipo de vias em cidades de países desenvolvidos e em muitas áreas metropolitanas de nações em desenvolvimento. No caso de cidades brasileiras, são muito freqüentes e severos os eventos de congestionamento, por exemplo, nas marginais Tietê e Pinheiros, em São Paulo ou nas linhas Vermelha e Amarela, no Rio de Janeiro.

É variada a literatura que aborda a teoria e o tratamento dos problemas relacionados com o congestionamento e as oscilações do fluxo de tráfego (NCHRP, 1997a; TRB, 2000; FHWA, 2001; FHWA, 2003; ZHENG *et al.*, 2010). FHWA (2003) reconhece que os aspectos ligados a essa questão são complexos, existindo inclusive varias definições e medidas do que é congestionamento, tanto quantitativo quanto qualitativo. Em essência, a eficiência operacional de uma via expressa depende do equilíbrio entre a capacidade e a demanda. Assim, o congestionamento se apresenta quando a demanda de tráfego se aproxima ou excede a capacidade da rede viária. É nessa situação que as condições do fluxo de tráfego começam a se deteriorar, com contínuas interrupções de fluxo e uma queda importante da eficiência operacional do sistema.

A estimativa e o tratamento das condições de operação de uma via expressa tornam-se mais complexas porque tanto a demanda quanto a capacidade são fatores que podem ser variáveis (TRB, 2000). A demanda do tráfego pode variar de maneira notável em dependência da época do ano, do dia da semana e do horário do dia. Por sua vez, a capacidade da via pode mudar rapidamente por causa das condições climáticas, obras na pista, incidentes do trânsito e outros eventos.

Do ponto de vista quantitativo, NCHRP (1997a) sugere duas definições independentes: congestionamento e congestionamento inaceitável. Congestionamento se entende como o tempo de viagem ou a demora que excede o tempo normal entre dois pontos sob condições de fluxo baixo ou livre. Já o congestionamento inaceitável é o tempo de viagem ou a demora que excede uma norma pré-estabelecida. Essa norma pré-estabelecida pode variar de acordo com o modal de transporte analisado, ao tipo de facilidade oferecida, região e período do dia, podendo ser estimado levando em conta as

expectativas de cada parte integrante do sistema de transporte, a influência da comunidade e considerações técnicas.

NCHRP (1997a) ainda identifica quatro componentes básicas que interagem num congestionamento viário:

- Duração: a quantidade de tempo de congestionamento que afeta a viagem;
- Extensão: o número de pessoas ou de veículos afetados pelo congestionamento, e a distribuição geográfica deste;
- Intensidade: a severidade do congestionamento (que pode ser mensurada em pessoas-hora de demora, velocidade média, etc), e
- Confiabilidade: a variação das outras três componentes.

Dependendo de qual dos fatores esteja influenciando, seja a demanda, seja a capacidade, os congestionamentos podem ser classificados em recorrentes e não recorrentes (FHWA, 2003). O congestionamento recorrente ocorre quando a demanda aumenta além da capacidade de projeto da via e está comumente associado aos períodos de pico da manhã e da tarde, quando a demanda cresce a níveis insuportáveis para a via, piorando significativamente as condições operacionais.

Já o congestionamento não recorrente acontece quando se apresenta uma redução marcada da capacidade viária, enquanto a demanda mantém níveis normais. Este tipo de congestionamento usualmente resulta do fechamento temporário de uma ou mais faixas à circulação devido a obras na pista ou a parada de emergência de algum veículo. A capacidade também pode diminuir por causa de eventos climáticos ou incidentes perto da via, nesse caso comprometendo a confiabilidade no sistema de transporte em geral.

ZHENG *et al.* (2010) abordaram a relação entre as oscilações do fluxo de tráfego em vias expressas e a segurança e revelaram que grandes oscilações na velocidade dos veículos, incluindo o tráfego parado, tem incidência significativa nas condições de segurança neste tipo de via. Eles encontraram que acréscimos de uma unidade na dispersão da velocidade provocaram um aumento de 8% nos acidentes de trânsito em uma via expressa americana.

3.4.2. Interseções

As interseções em desnível são as estruturas desenhadas para que os veículos entrem ou saiam da via expressa. Segundo CETRA (2003), constituem um dos locais onde se apresentam com maior frequência problemas operacionais e de segurança. As manobras de convergência, divergência e entrelaçamento associadas às interseções introduzem perturbações importantes no fluxo do tráfego que circula pela via expressa (FHWA, 2003). Atuações, portanto, devem ser priorizadas nesses setores visando aumentar a capacidade e a segurança dos usuários, principalmente em dois elementos-chaves dos intercâmbios: a seção de entrelaçamento e as alças de ligação.

Para TRB (2000), são três os elementos que maior influência exercem nas áreas de entrelaçamento: a configuração, a longitude e a largura da seção. A configuração do segmento de entrelaçamento tem o maior efeito sobre o número de faixas necessárias para que um veículo consiga efetuar a manobra de entrelaçamento completamente e com sucesso.

O comprimento da seção deve assegurar que o veículo consiga realizar a manobra de entrelaçamento, fazendo todas as mudanças de faixas dentro do segmento concebido. Esse comprimento determina o tempo e o espaço que o motorista tem para mudar as faixas requeridas. Portanto, na medida em que o comprimento diminui aumentam a intensidade do tráfego nas faixas de entrelaçamento e a turbulência. Já se aumenta a área de entrelaçamento, se produz um acréscimo da capacidade. A largura do segmento é definido como o número total de faixas existentes entre os pontos de entrada e saída da seção, incluindo as faixas auxiliares de aceleração e desaceleração. Quando o número de faixas é maior, a capacidade do segmento também aumenta. Também aumenta a oportunidade de mudar de faixas para veículos que eventualmente se encontrem dentro da área de entrelaçamento.

FHWA (2003) adiciona ainda o volume de veículos como variável significativa. A geometria do segmento de entrelaçamento em uma interseção em desnível pode funcionar melhor sob determinada combinação de volumes de passagem, de entrada e de saída, e gerar congestionamento e problemas de segurança sob outra.

Por sua vez, as rampas são todos os tipos de entrelaçamentos usados para conectar duas ou mais vias em uma interseção. Sendo que são os únicos pontos de acesso, torna-se

essencial um projeto correto das mesmas e, sobretudo, um gerenciamento adequado das operações de entrada e de saída do tráfego, visando minimizar as perturbações provocadas no funcionamento geral da via expressa (FHWA, 2006; LEE *et al.*, 2006; CHEN *et al.*, 2009).

Além dos fatores básicos que afetam a operação nas vias expressas (número e largura de faixas, obstáculos laterais, graus de curvatura, etc), FHWA (2003) identifica outros elementos adicionais que influenciam particularmente a operação nas áreas de união entre a via expressa e as rampas, entre estes, comprimento e tipo de faixas auxiliares de aceleração e desaceleração, distância de visibilidade, velocidade de circulação e velocidade de fluxo livre à montante. Melhorias em alguns desses elementos requerem investimentos elevados. Noutros casos, como o número e a largura das faixas da rampa ou o comprimento das faixas de aceleração e desaceleração, podem ser modificados por meio de atuações de menor custo.

3.4.3. Segurança viária

As vias expressas também são desenhadas e construídas para oferecer maiores níveis de segurança, reduzindo o número e as consequências dos erros dos seus usuários (EWING e DUMBAUGH, 2009). Contudo, existem fatores específicos que afetam a segurança da circulação neste tipo de vias. Um elemento importante é a velocidade de circulação. Como as velocidades de projeto e de operação nas vias expressas são geralmente altas, o efeito está associado a uma maior severidade dos acidentes. TRB (1998) registra um aumento na frequência de acidentes quando as velocidades de circulação são baixas. É reportado também um acréscimo no número de acidentes em função da dispersão das velocidades nas áreas próximas às interseções, sobretudo em vias expressas urbanas.

Outro aspecto da segurança nas vias expressas, sobretudo em países em desenvolvimento, está relacionado à compatibilidade entre as condições operacionais e a categoria da via. Quando o motorista trafega por uma via expressa, a expectativa dele é que esta ofereça determinadas condições de operação próprias desse tipo de vias, e para tal ele se prepara (CETRA, 2003). Esta situação está associada com os riscos percebidos pelo condutor. Se a via apresenta características físicas ou operacionais diferentes, os usuários podem encarar situações complexas, quase sempre não esperadas.

Outros trabalhos analisam o efeito de determinadas características isoladas da infraestrutura na segurança do tráfego em vias expressas. OSSIANDER e CUMMINGS (2002) reportam um aumento da severidade e do número de mortos em vias expressas americanas a partir de um acréscimo dos limites da velocidade de circulação. Eles mostram que a taxa de acidentes com mortos mais que dobrou em comparação com a taxa estimada, caso não tivesse acontecido o acréscimo dos limites de velocidade. No entanto, a taxa de acidentes totais não apresentou acréscimos significativos, o que resulta em forte indicio da influência da velocidade na severidade dos acidentes. Entretanto, ABDEL-ATY *et al.* (2006) demonstram como a variação dos limites de velocidade de acordo com as condições operacionais reais da via em diferentes momentos, por meio do uso de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), pode ser uma ferramenta útil para aumentar a segurança da circulação.

GOLOB *et al.* (2004) estabelecem as vantagens que têm para a segurança em vias expressas o controle e o monitoramento das variações do fluxo e da velocidade de circulação. LORD *et al.* (2005) reconhecem que características do fluxo de tráfego como volume e densidade afetam a segurança, mas não conseguem evidências que ajudem a quantificar essa influência. GOLOB *et al.* (2008) desenvolvem uma ferramenta para analisar, em tempo real, condições de segurança associadas também a fatores do fluxo de tráfego, entre os quais, volume de tráfego, variação do volume, faixas congestionadas, sincronização entre as faixas, etc.

MARTINS (2002) descreve a relação entre o volume de tráfego e as taxas de acidentes em vias expressas francesas. LEE *et al.* (2006) analisam a influência do uso do controle nas rampas de acesso na operação e na segurança do tráfego nas vias expressas constatando uma diminuição importante no potencial de ocorrência de acidentes de tráfego nos locais onde esse controle foi implementado. PANDE e ABDEL-ATY (2006) avaliam o efeito das mudanças de faixa na segurança de vias expressas na Flórida e a conveniência de gerenciar essas manobras através de dispositivos de ITS. Já PARK *et al.* (2010) encontraram que os veículos que circulam por segmentos com curvas horizontais são mais influenciados pela presença de acessos, sendo maior a probabilidade de se envolver em acidentes do que quando trafegam por trechos retos; eles sugerem que os projetistas de vias expressas minimizem o número de acessos em curvas horizontais.

SHANKAR *et al.* (1995) estudam a interação entre as características geométricas e as condições ambientais sobre os acidentes numa via expressa americana. Entre as variáveis consideradas se destacam o número de curvas verticais e horizontais, graus de curvatura, inclinação longitudinal, presença de chuva e neve e volume de chuva. Por sua vez, CHANG (2005) utiliza um modelo de regressão binomial negativa e uma rede neural artificial (ANN) para analisar os acidentes de trânsito numa via expressa de Taiwan. Ele incluiu no modelo aspectos do desenho geométrico como número e largura das faixas, curvas horizontais e grau de inclinação longitudinal, aspectos operacionais como volume e composição de tráfego e distribuição por faixa e elementos ambientais, entre os quais temperatura, chuvas e velocidade do vento.

A revisão da literatura revela que os estudos que abordam o efeito da infraestrutura das vias expressas sobre a segurança, se limitam principalmente à análise do efeito de determinadas características isoladas, como a velocidade de circulação, as curvas horizontais, os acessos e o uso de alguns dispositivos ITS, como radares e painéis eletrônicos (PANDE e ABDEL-ATY, 2006; PARK *et al.*, 2010; LEE *et al.*, 2006; MARTINS, 2002). Ainda é conveniente mencionar que essas pesquisas foram realizadas principalmente em vias de países desenvolvidos.

No caso do âmbito brasileiro, foram detectados trabalhos que analisam e avaliam a influência conjunta da infraestrutura na segurança, mas direcionados para a análise de rodovias de pista simples e de vias arteriais e coletoras urbanas (NODARI e LINDAU, 2003; DIÓGENES *et al.*, 2005; SAMPEDRO e CAMPOS, 2006). Não foram encontrados estudos focados na análise de vias expressas.

3.4.4. Gerenciamento e operação

Os crescentes problemas operacionais levaram as autoridades viárias a optar pela introdução e utilização de programas de gerenciamento e operação nas vias expressas. Na verdade, os problemas de congestionamento e de segurança têm um grande impacto no comportamento dos usuários. Entretanto, não são os únicos fatores que afetam a circulação neste tipo de vias.

ITE (1997) e FHWA (2003) adicionam outros fatores relacionados com as condições que deve oferecer o sistema de transporte e que também devem ser considerados, quais sejam:

- Mobilidade: atributo relacionado aos deslocamentos realizados por indivíduos nas suas atividades de estudo, trabalho, lazer e outras, usando ou não as facilidades multimodais;
- Acessibilidade: grau de facilidade com que se pode atingir um determinado local a partir de outro, ou qualidade desse local em relação a sua localização particular numa rede de transportes, e
- Confiabilidade / previsibilidade: facilidade dos movimentos variarem no dia a dia, e confiabilidade com a qual um usuário pode prever essas variações.

Para o usuário resulta muito interessante que sejam atendidas pelo sistema de transporte suas expectativas a respeito dessas considerações, para evitar desconfortos, prejuízos e até situações de risco.

Teoricamente, os problemas de congestionamento, segurança, mobilidade, acessibilidade e outras situações operacionais podem ser resolvidos aumentando a capacidade ou reconstruindo a infraestrutura existente, o que geralmente implica em desafios econômicos, sociais e políticos significativos. Um incremento da capacidade pode gerar ainda um aumento da demanda, com possíveis problemas posteriores. FHWA (2003) destaca que os programas de gerenciamento e operação podem oferecer alternativas de solução práticas e viáveis para o funcionamento adequado das vias expressas, sobretudo com as vantagens que nos últimos anos têm fornecidos os avanços tecnológicos, especificamente, com os Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, sistemas de comunicação, câmeras de monitoramento, PMV, limites de velocidade variáveis, etc).

A Tabela 3.9 provê um resumo de alguns dos benefícios dos programas de gerenciamento e operação sobre os principais problemas operacionais das vias expressas.

Tabela 3.9. Benefícios do gerenciamento de vias expressas.

Elemento avaliado	Benefício
Tempo de viagem	- Diminui 20% a 48%
Velocidade de viagem	- Aumenta 16% a 42%
Capacidade viária	- Aumenta 17% a 25%
Número de acidentes	- Diminui 15% a 50%
Consumo de combustível	- Diminui 41% em áreas congestionadas
Emissões	- Diminui HC em 1400 t anualmente - Diminui NOx em 1200 t anualmente

Fonte: FHWA (2003)

3.5. Considerações finais

No Capítulo 3 se reconhece a existência de limitações no conhecimento sobre a influência das características da via nos acidentes de trânsito. Não obstante, neste capítulo são abordadas e discutidas tecnicamente informações recentes sobre a maneira em que o ambiente viário afeta a segurança da circulação. Dessa forma, são apresentados resultados de múltiplas pesquisas sobre os efeitos específicos na segurança de características físicas e operacionais da infraestrutura viária associadas ao traçado e à seção transversal da via, ao pavimento, à sinalização, às interseções, aos DCT, aos congestionamentos e à velocidade, entre outros aspectos.

O aprofundamento realizado no caso das vias expressas permite direcionar o estudo à análise deste tipo de vias, que será o foco da metodologia proposta. Especificidades ligadas à operação e à segurança nas vias expressas são discutidas e se constata a ausência de estudos que abordem de maneira integral o estudo da infraestrutura em função da segurança nelas. Esse resulta um argumento adicional para justificar o desenvolvimento de uma metodologia que leve em conta o efeito do conjunto das características viárias na segurança em vias expressas.

Os dados e informações analisadas têm uma importância inestimável para auxiliar na elaboração da metodologia da pesquisa. Fornecem um sustento essencial, sobretudo, para a fase de identificação e escolha das características das vias expressas que mais influenciam a segurança e que serão usadas para a avaliação e a modelagem.

Ainda, através do conteúdo dos diferentes itens são oferecidos argumentos úteis no intuito de poder dar resposta, em particular, à Questão 1 da tese.

As informações discutidas demonstram que é fundamental a avaliação e o gerenciamento dos riscos associados aos diferentes elementos da via devido a que eles podem influenciar de forma significativa as atitudes e o comportamento dos usuários e, conseqüentemente, a frequência e a severidade dos acidentes. Então, no capítulo seguinte são apresentados e estudados alguns dos principais métodos desenvolvidos para avaliar e tratar os problemas de segurança vinculados à via.

CAPÍTULO 4

MÉTODOS DE ANÁLISE E AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA VIÁRIA

4.1. Considerações iniciais

São diversas as ações pró-ativas ou reativas desenvolvidas e aplicadas na análise e no tratamento do fator viário-ambiental, com as implicações já tratadas em correspondência ao tipo de abordagem do GSV utilizada. Os mais tradicionais e difundidos são os métodos de tipo reativo, que visam reduzir o número e a severidade de acidentes já acontecidos. Entre esses se destaca o método dos pontos críticos.

Por sua vez, as estratégias preventivas da segurança viária envolvem iniciativas voltadas ao tratamento dos locais que apresentam elevado potencial de ocorrência de acidentes, minimizando a influência dos fatores causais mais significativos. NODARI (2003) diz que esse objetivo pode ser alcançado por meio da avaliação e do tratamento do risco potencial do ambiente viário para os usuários do sistema de tráfego. As Auditorias de Segurança Viária e as Técnicas de Conflitos de Tráfego, entre outras, são ações conhecidas que têm esse objetivo.

A seguir são tratados de maneira resumida, com base na revisão da literatura, os principais métodos e procedimentos para a análise e a avaliação da segurança oferecida pela infraestrutura viária. Nesta apresentação, eles são divididos em tradicionais e alternativos. Para terminar, se apresenta uma análise comparativa entre esses métodos.

4.2. Modelos de previsão de acidentes de trânsito

Para CARDOSO (2006), os modelos de previsão de acidentes de trânsito buscam a determinação de um valor esperado de acidentes (ou taxa de acidentes) com determinadas características, em uma unidade de tempo e em um local específico. Assim, os especialistas têm trabalhado durante anos no desenvolvimento de modelos probabilísticos que permitam estimar a frequência e a severidade dos acidentes a partir do relacionamento das taxas de acidentes com os diferentes elementos envolvidos na sua ocorrência.

Os modelos de previsão, especificamente os baseados nas características da via, constituem uma ferramenta adequada para o tratamento dos problemas de segurança viária.

CARDOSO e GOLDNER (2004) argumentam que, por meio das características da via associadas ao risco de acidentes e da exposição a estes riscos, é possível prever uma taxa esperada de acidentes em um determinado período de tempo. Esses modelos buscam estimar as taxas de acidentes razoáveis para uma seção de rodovia com determinadas características geométricas, determinar quais características físicas de projeto têm maior influência na segurança oferecida pela via e estabelecer a magnitude esperada de redução nos acidentes a partir da realização de diferentes melhorias nesta.

O principal desafio dos modelos é a fidelidade com que refletem a realidade, ou seja, a precisão com que explicam a variabilidade dos acidentes (CARDOSO, 2006). Então, no processo de desenvolvimento o primeiro passo, de grande importância, é a determinação das variáveis que influenciam significativamente na ocorrência de acidentes. Já a segunda etapa é a elaboração da expressão matemática (modelo) que relaciona as variáveis escolhidas com a taxa ou com o número de acidentes.

Porém, FHWA (2000) especifica que os modelos não refletem de forma adequada o efeito isolado das diferentes características viárias individuais. Neste sentido, a desvantagem fundamental dos modelos de regressão é que eles estão baseados em correlações estatísticas entre as características da via e os acidentes, as quais não representam necessariamente relações de causa-efeito.

A partir de uma ampla revisão bibliográfica, NODARI (2003) salienta quatro características fundamentais nos modelos, quais sejam:

- distribuição estatística adotada para representar a ocorrência de acidentes;
- variáveis significativas do modelo;
- escolha da forma funcional do modelo, e
- comprimento e critérios de delimitação dos segmentos viários.

As distribuições de Poisson e a binomial negativa são as mais adotadas para representar a ocorrência de acidentes. A primeira é sugerida devido à natureza probabilística e esporádica da ocorrência dos acidentes, onde é possível a ausência mais ou menos prolongada destes em determinados trechos da via. Porém, esta distribuição tem a desvantagem de assumir que a variância é igual à média, uma limitante importante ao considerar a tendência à grande dispersão em relação à média que apresenta o

comportamento da ocorrência de acidentes. Já a distribuição binomial negativa não restringe a variância ao valor da média.

No que tange à escolha das variáveis nos modelos, CARDOSO e GOLDNER (2004) destacam entre as mais significativas, após consulta a vasta bibliografia, o volume de veículos e de pedestres, a densidade de acessos, a velocidade, o uso de solo e o estacionamento.

O volume de tráfego de veículos é comum em quase todos os modelos analisados, onde constitui o principal elemento na explicação da variabilidade dos acidentes. Alguns autores sugerem sua consideração em conjunto com outros fatores como a velocidade e o volume de pedestres. A inclusão do volume de pedestres é fundamental quando considerados os atropelamentos ou na análise de zonas urbanas com grande movimentação de pedestres, como nas áreas comerciais. A densidade de acessos, entretanto, deve ser levada em conta nos trechos em que o número de acessos é elevado, como nos casos das vias arteriais e coletoras urbanas. A velocidade é outra variável que se torna relevante, sendo necessária na maioria dos modelos a diferenciação entre a velocidade estabelecida na via e a velocidade de circulação real dos veículos. Outra variável freqüente é o uso do solo, importante a partir da diferença de risco que representam as zonas comerciais, as industriais e as residenciais. Por fim, o estacionamento é levado em consideração nos trechos que apresentam condições diferentes do estacionamento regulamentado.

A escolha do comprimento e dos critérios de delimitação dos segmentos viários para os modelos de previsão de acidentes pode influenciar, de maneira significativa, nos resultados destes dos modelos (NODARI, 2003). Basicamente, a definição dos segmentos pode ser realizada a partir de dois critérios independentes: a homogeneidade das características físicas da via ou os problemas estatísticos. Quando se dá preferência à consideração da homogeneidade, em geral é imprescindível trabalhar com segmentos mais curtos. Já se a escolha é evitar os problemas estatísticos, especificamente conseguir a redução do erro aleatório associado à taxa de acidentes e, portanto, aumentar o poder de explicação do modelo, se requer a adoção de segmentos mais longos, embora possuam uma heterogeneidade mais acentuada das características físicas da via. A alternativa de segmentos homogêneos de comprimento variável tem sido a mais utilizada.

FHWA (2000) alerta que, eventualmente, os modelos de previsão apresentam variações nos seus resultados quando aplicados a diferentes vias ou regiões por causa das diferenças existentes nas características das vias, no comportamento dos condutores e nas condições climáticas de cada região. Assim, torna-se importante a calibração ou adequação, procedimento por meio do qual podem ser ajustados os modelos de previsão de acidentes às condições operacionais e de segurança próprias de cada lugar.

Apesar da aceitável precisão dos modelos lineares, recentemente os pesquisadores têm se esforçado por encontrar outras técnicas de modelagem, inclusive não lineares, para tentar explicar a ocorrência de acidentes de trânsito (DAS *et al.*, 2010; HADAYEGUI *et al.*, 2010; TWALA e MKHONTA, 2010). Esses métodos, que em ocasiões conseguem fazer previsões bastante exatas sobre a frequência dos acidentes, nem sempre têm trazido conhecimento novo sobre o fenômeno dos acidentes.

É conveniente salientar, ainda, que no desenvolvimento de modelos de previsão, os especialistas enfrentam com frequência problemas associados com as deficiências quantitativas e qualitativas das estatísticas dos acidentes (SAMPEDRO, 2006).

4.3. Pontos críticos

A identificação e correção dos pontos ou locais críticos constitui o processo tradicional de análise e tratamento da segurança viária. É um método de tipo reativo, no qual locais perigosos são identificados principalmente através da análise estatística dos acidentes e são tratados mediante a implantação de medidas corretivas.

De acordo com a definição de CEFTRU (2002), local crítico é o local da via onde o potencial de ocorrência de acidentes é maior do que o esperado considerando determinados critérios pré-estabelecidos. O método dos locais críticos visa à identificação dos locais ou setores da malha viária aonde devem ser direcionados os recursos para um aumento eficaz das condições de segurança, bem como a adoção das medidas mitigadoras mais adequadas.

Em geral, a determinação dos locais críticos é feita através de três tipos de métodos: os numéricos, os estatísticos e as técnicas de conflitos. Nos métodos estatísticos são utilizados modelos matemáticos para determinar os locais onde o risco de acidentes é maior que o estimado. As técnicas de conflitos prescindem do uso de dados de acidentes. Os métodos numéricos são os mais utilizados por sua simplicidade e praticidade e identificam

os locais críticos a partir da utilização de indicadores, número e severidade dos acidentes ou taxas de acidentes e de severidade, calculados com base na análise das estatísticas de acidentes de trânsito. Os principais problemas do emprego desses indicadores estão associados à não utilização de medidas de exposição ao tráfego e às deficiências comuns das estatísticas de acidentes (DIÓGENES, 2008).

Segundo CEFTRU (2002), quando a análise considera os indicadores de frequência de acidentes, são identificados como locais críticos aqueles onde o número de acidentes é igual ou maior que a média esperada para a área estudada. As análises que visam priorizar aqueles incidentes que provocam maiores danos utilizam os indicadores que incorporam a severidade dos acidentes. Neste caso, os locais mais críticos podem ser identificados através de uma escala estabelecida pelo DENATRAN (1987), que atribui pesos (Unidade Padrão de Severidade, UPS) aos acidentes em correspondência com os custos atribuídos a cada tipo de severidade: 1 para acidentes sem vítimas, 5 para acidentes com lesionados e 13 para acidentes com mortos.

Já os métodos baseados nas taxas de acidentes apresentam a vantagem adicional de neutralizar a influência do volume de tráfego no número de acidentes, pois locais com grande volume de veículos tendem a registrar maior número de acidentes.

Outros aspectos a levar em conta na identificação de locais e segmentos críticos estão relacionados à extensão destes e ao período de análise (PICADO, 2005). A extensão é mais importante nos casos de locais onde a concentração de acidentes não é pontual e podem ser fixadas extensões de análise entre 300 m e 1 km, inclusive menores. Quanto ao tempo, é comum o estabelecimento de períodos de análise entre 3 e 5 anos, desde que as características gerais do trecho permaneçam invariáveis. Períodos de análise maiores reduzem o efeito das afetações devido ao caráter aleatório dos acidentes.

Estudos consultados por PICADO (2005) registram que entre 15% e 25% do total de acidentes acontecem apenas em 5% a 10% da extensão da rede viária, o que é um indicador dos resultados potenciais em matéria de segurança decorrentes da aplicação deste método.

4.4. Auditorias de Segurança Viária

AUSTROADS (1994) define Auditoria de Segurança Viária (ASV) como um exame formal de vias, projetos de circulação ou qualquer esquema de tráfego que lide com

usuários das vias, no qual um examinador qualificado e independente avalia o potencial de acidentes de um projeto e o seu desempenho no que se refere à segurança. Constitui uma das técnicas principais que vêm sendo empregadas para a análise e tratamento do componente viário em alguns países.

As ASV podem ser aplicadas tanto a projetos novos quanto a vias que estejam já em operação, neste último caso sendo chamadas de Revisão de Segurança Viária (RSV) (NHCRP, 2004); como resultado devem apresentar as medidas necessárias para prevenir a ocorrência de acidentes ou para diminuir sua severidade.

De acordo com O'BRIEN e DONALD (2000), os objetivos das ASV são identificar e eliminar riscos potenciais nas vias, assegurar a inclusão dos diferentes fatores de segurança nos novos projetos viários e propor medidas mitigadoras dos elementos de risco potencial nas vias em operação. NODARI e LINDAU (2001) ainda afirmam que essas avaliações devem garantir o equilíbrio entre a segurança dos elementos do tráfego e a viabilidade dos projetos e evitar a transferência dos acidentes para outros locais da rede viária.

As ASV podem ser aplicadas em cinco estágios diferentes, quais sejam:

- Estágio 1 ou viabilidade do projeto: nesta etapa se avaliam, entre outros elementos, as possíveis opções de rotas, tratamento de interseções, impactos sobre a rede viária já existente e a compatibilidade entre a classe proposta para a via e a demanda de tráfego projetada;
- Estágio 2 ou projeto preliminar: devem ser detectados os efeitos sobre a segurança derivados da não observância de padrões de projeto relacionados com a geometria e o traçado da via, a sinalização e outros elementos da infraestrutura viária;
- Estágio 3 ou projeto definitivo: nesta etapa, a ASV avalia de forma mais detalhada as características dos projetos geométrico, de sinalização, de iluminação, a drenagem, dispositivos complementares de segurança e outros elementos viários e ainda verifica a uniformidade dos padrões do projeto;
- Estágio 4 ou pré-abertura dos projetos novos: aqui a avaliação visa garantir a não ocorrência de variações no projeto original durante a construção da via, assegurando a observância de aspectos referentes à segurança dos diferentes usuários e a eliminação de situações potenciais de risco. As possíveis discrepâncias com o projeto original poderão ser identificadas e corrigidas, e

- Estágio 5 ou vias em operação: a realização das ASV de forma regular possibilita que situações de risco que eventualmente possam surgir sejam identificadas e tratadas antes que resultem em acidentes. Esta etapa inclui inspeções diurnas, noturnas e a consideração das variações climáticas.

NODARI (2003) comenta que, embora as vias devessem ser auditadas em todos os estágios, geralmente as ASV são aplicadas nos projetos e estágios nos quais venham a proporcionar maiores benefícios, como apresentado na Tabela 4.1, considerando que os benefícios esperados da avaliação de diferentes tipos de projetos podem variar em função do estágio em que é realizada.

Tabela 4.1. Estágios para a aplicação de ASV em diferentes tipos de projetos

Tipo de Projeto	Estágios da ASV				
	Viabilidade	Projeto Preliminar	Projeto definitivo	Pré-Abertura	Vias em operação
Novas rodovias principais	x	x	x	x	x
Novas rodovias secundárias		x	x	x	x
Grandes modificações na via		x	x	x	
Pequenas modificações na via		x	x		
Moderação do tráfego (<i>traffic calming</i>)			x	x	x

Fonte: Adaptação de Hildebrand e Wilson (1999) *apud* Nodari (2003)

As ASV devem ser executadas por equipes de especialistas independentes dos responsáveis pelo projeto e gestão da via, e com experiência nas áreas de segurança viária e de Engenharia de Tráfego, visando garantir a imparcialidade e uma perspectiva diferente do projeto (NCHRP, 2004). A parte essencial do processo é a avaliação do projeto ou a via a partir de *checklists* de características mais importantes para a segurança, desenvolvidos por agências especializadas de diferentes países (WILSON e LIPINSKI, 1999). Os passos mais importantes para sua execução são os seguintes:

- seleção adequada da equipe avaliadora, garantindo que as habilidades dos auditores sejam compatíveis com o tipo de auditoria a realizar;
- obtenção de informações relevantes relacionadas com o projeto, o tráfego e a acidentalidade, principalmente;

- inspeção criteriosa do local visando a interação do projeto com o meio e os usuários do sistema de tráfego, e
- elaboração de um Relatório Final com os principais elementos de risco e as medidas mitigadoras correspondentes.

O resultado final do processo de auditoria é um relatório que consolida as conclusões obtidas durante a avaliação e no qual aparecem recomendações referentes aos elementos que implicam em riscos para a circulação (NHCRP, 2004). Este Relatório Final deve conter informações gerais sobre o projeto auditado e sobre a própria execução do trabalho de auditoria, os resultados e as recomendações da avaliação e a assinatura dos auditores participantes.

Vários estudos consultados mostram que os custos associados à realização de ASV (custos dos avaliadores, custo do tempo do cliente para gerenciar a auditoria e custos de implantação das medidas mitigadoras) variam entre 4% e 10% dos custos totais do projeto e aproximadamente 1% dos custos de construção da via (NODARI e LINDAU, 2001). A respeito dos benefícios, os especialistas estimam reduções de até 30% no número de acidentes de trânsito nas vias submetidas a avaliação. Segundo os cálculos, a relação benefício – custo das ASV varia entre 20:1 e 15:1.

As ASV foram criadas no Reino Unido na década de 1980, porém, é na Austrália e na Nova Zelândia onde sua utilização é mais generalizada. Nos Estados Unidos e Canadá se reportam aplicações isoladas das ASV. Na Europa, sua introdução tem sido lenta, com a exceção da Dinamarca e do Reino Unido. Não obstante, a UE está considerando a generalização deste processo para as vias da Rede Transeuropeia e para as outras vias que recebem financiamento da União (COMISSÃO EUROPEIA, 2003; TORRES e PARDILLO, 2004).

Na América Latina, a introdução e o uso das ASV é ainda incipiente. Para TORRES e PARDILLO (2004), as razões para esta situação são variadas e entre elas se destacam a insuficiente infraestrutura da maioria dos países latino-americanos, com a conseqüente preocupação das autoridades com a criação de rodovias, deixando num segundo plano a questão da segurança, e a escassez notável de profissionais especializados na área da segurança viária. Reportam-se algumas iniciativas na Colômbia, Argentina, Chile, México

e Cuba (DOURTHÉ e SALAMANCA, 2003; SÁENZ e RODRÍGUEZ, 2004; SAMPEDRO *et al*, 2007).

No Brasil, NODARI e LINDAU (2001) reconhecem que esta técnica não está institucionalizada nem formalizada, sendo predominante na sua prática a análise de elementos de vias existentes e não de projetos de maior porte. Entre as principais experiências brasileiras podem se mencionar as avaliações urbanas realizadas em vias da cidade de São Paulo, uma avaliação feita com foco na segurança dos pedestres, a adoção das ASV como estratégia por algumas concessionárias de rodovias e, mais recentemente, o desenvolvimento de uma lista de verificação para a execução de ASV em rodovias brasileiras em operação (SCHOPF e NODARI, 2007; SAMPEDRO *et al*, 2009).

4.5. Técnicas de Análise de Conflitos de Tráfego

As Técnicas de Análise de Conflitos de Tráfego (TCT) são estudos baseados na observação direta e análise dos conflitos no trânsito com o objetivo de realizar um diagnóstico e uma avaliação mais precisa e detalhada dos problemas de segurança viária, bem como dos efeitos de alternativas de intervenção. Estão sendo utilizadas em alguns países como uma nova forma de abordagem da análise dos problemas da segurança viária.

Define-se conflito como uma situação entre dois usuários da via (ou entre um usuário e o meio) que conduzirá necessariamente a uma colisão se algum dos protagonistas não efetuar uma manobra a fim de evitá-la (FHWA, 1989). A diferença dos conflitos com as outras ações normais do processo da condução consiste na emergência desta manobra, definida pela forma inesperada com que o usuário a realiza, dentro de um curto espaço de tempo, marcando uma ruptura com seu curso planejado.

Os conflitos são eventos normais no trânsito e a frequência anormal deles em determinado trecho ou interseção é um aspecto que indica a presença de problemas operacionais e de segurança.

A consideração dos conflitos no estudo dos acidentes é uma ferramenta importante. Primeiro, existe uma correlação positiva entre conflitos e acidentes. Embora existam semelhanças entre as análises de conflitos e acidentes, FHWA (1989) considera que os acontecimentos que geram conflitos são descritos de maneira mais completa, devido a que podem ser observados diretamente pelos especialistas. Ainda, NODARI (2003) ressalta que

os conflitos são muito mais frequentes que os próprios acidentes, como se observa na Figura 4.1.

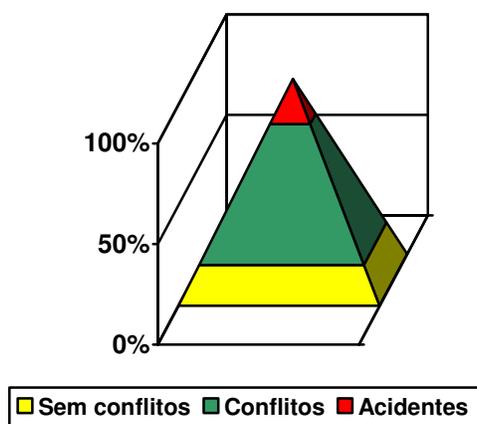


Figura 4.1. Representação esquemática da proporção de conflitos e acidentes
Fonte: Adaptado de Nodari (2003)

Desde a década de 1980 se considerava as TCT como um instrumento válido para detectar e entender os problemas de segurança viária e para estudar o funcionamento e comportamento dos diferentes elementos do sistema de tráfego. Além da facilidade com que é possível realizá-los, os estudos suportados nas TCT fornecem bastante clareza sobre a natureza dos acidentes e sobre a efetividade das possíveis medidas mitigadoras. A precisão nos resultados é maior quando empregadas as TCT do que no caso de utilizar só os métodos tradicionais baseados na estimativa e expectativas de acidentes. GALENO (2002) detalha as vantagens mais importantes destas técnicas:

- incluem mais informações a respeito das condições de tráfego que os boletins de acidentes, servindo de complemento a eles ou mesmo substituindo-os, eventualmente, em sua ausência;
- facilitam a identificação de problemas operacionais e de segurança, bem como a seleção de medidas corretivas;
- permitem o conhecimento do grau de insegurança de um local em pouco tempo, especialmente em países nos quais as estatísticas sobre acidentes não são confiáveis, podendo ser empregadas mesmo sem dados de acidentes;
- possibilitam que os estudos de segurança possam ser executados logo em função das necessidades apontadas pelo diagnóstico, e

- permitem que a eficácia das medidas corretivas possa ser avaliada imediatamente depois de cada intervenção e ser usada para aprimorar as medidas introduzidas.

Entre as desvantagens se destacam:

- nem todos os acidentes são precedidos por uma manobra evasiva, sendo que uma técnica baseada na observação destas manobras vai referir somente àqueles incidentes onde tal manobra ocorra;
- a subjetividade da tomada de informação pode comprometer a qualidade do diagnóstico, pelo que se deve enfatizar o treinamento dos pesquisadores, e
- a correlação entre conflitos e acidentes ainda não foi perfeitamente definida para todos os tipos de interseções e trechos viários.

As TCT desenvolvidas tratam, principalmente, os conflitos entre veículos. Não obstante, recentemente se conseguiu adequar um dos métodos, no Brasil, para a análise dos conflitos veículo – pedestre (GALENO, 2002).

De acordo com FRAMARIM (2003), o elemento fundamental associado à análise de acidentes por meio das TCT é o tempo para colisão ou *Time to Collision* (TTC), que consiste no espaço de tempo existente entre o ponto no qual se situam os dois usuários da via, no momento de executar a manobra, ao possível ponto de impacto, considerando que os mesmos mantenham velocidade e direção inalteráveis. O TTC é dependente da velocidade de circulação dos usuários em conflito e da distância entre estes e o possível ponto de impacto.

Existem vários tipos de métodos para a aplicação das TCT, cada um com características e embasamentos diferentes. Não obstante, são cinco as principais técnicas disseminadas pelo mundo: a inglesa, a francesa, a americana, a sueca e a canadense (SAMPEDRO, 2006). Enquanto a técnica inglesa é recomendável para interseções mais simples, tanto urbanas quanto rurais, a americana pode ser usada em interseções urbanas com problemas operacionais mais complexos. Os métodos francês e sueco são aplicáveis, sobretudo em contextos urbanos, em estudos do tipo “antes e depois”. Já o método canadense pode ser aplicado em interseções de qualquer tipo.

Uma questão importante é o fato que essas técnicas foram desenvolvidas e aplicadas em países industrializados, que possuem padrões de tráfego diferentes dos brasileiros. Neste sentido, FRAMARIM (2003) apresenta 6 critérios de avaliação para comparar os

métodos com respeito à sua aplicabilidade nas condições brasileiras. A Tabela 4.2 mostra a avaliação do desempenho de cada uma das TCT mencionadas.

Tabela 4.2. Avaliação do desempenho das TCT

Critério	Tipo de TCT				
	Inglaterra	França	EUA	Suécia	Canadá
Elementos de definição	regular	ruim	ruim	bom	bom
Índices de avaliação	ruim	ruim	bom	ruim	bom
Material didático	regular	ruim	regular	bom	bom
Preenchimento da planilha	ruim	regular	bom	bom	bom
Informações da planilha de campo	ruim	regular	ruim	bom	bom
Aplicações anteriores no Brasil	não	sim	sim	sim	não

Fonte: Adaptado de Framarim (2003)

Na análise realizada, os elementos de definição considerados para avaliar a severidade do conflito são o TTC, a distância mínima entre os usuários conflitantes e o tipo de usuário envolvido. No caso dos índices de avaliação, são levados em conta os índices dos dados de conflitos apresentados nos manuais de cada técnica. Em relação ao *item* material didático, é analisada a disponibilidade do material para o treinamento dos observadores. No preenchimento da planilha, a avaliação é realizada com base nas facilidades e no tempo gasto para o registro dos dados de campo. Já em informações da planilha de campo se analisam o tipo e a relevância para o estudo do conflito de tráfego das informações reportadas. A última linha da Tabela 4.2 especifica se a técnica foi utilizada antes no Brasil.

Na avaliação realizada por FRAMARIM (2003), dois métodos se destacam pelo seu desempenho com relação à sua adequabilidade às condições brasileiras: o canadense e o sueco. Contudo, se salienta como uma limitação da técnica canadense o fato de não se ter aplicado antes no Brasil, enquanto reconhece no método europeu a importante restrição de não considerar os prováveis conflitos resultantes da interação entre os usuários da via e o ambiente viário.

As potencialidades da aplicação das TCT são especialmente interessantes para os países em desenvolvimento onde, em geral, não existem procedimentos adequados para a coleta de informação ou os sistemas de dados de acidentes são insuficientes. Entretanto,

resulta contraditório que sua introdução nestes países seja apenas incipiente e isolada, empregando-se de forma mais sistemática em nações desenvolvidas.

No Brasil, além do caso mencionado para o estudo de conflitos entre veículos e pedestres num corredor da cidade de Belém, as TCT também têm sido aplicadas no estudo de conflitos veiculares em interseções semaforizadas das cidades de São Paulo e do Rio de Janeiro (GALENO, 2002; FRAMARIM, 2003).

4.6. Métodos alternativos

A literatura consultada registra a existência de métodos e procedimentos para analisar e avaliar as condições de segurança das vias, desenvolvidos como alternativa à utilização das técnicas tradicionais que foram abordadas nos itens anteriores. Muitos desses métodos alternativos têm seu embasamento teórico nas técnicas tradicionais, ou incorporam ferramentas próprias destas para sua elaboração ou execução prática, adaptando-as às condições de cada local. Neste sentido, um aspecto que se repete na maioria dos casos é que esses métodos são elaborados a partir da consideração de características específicas do tráfego, da infraestrutura, ambientais e sócio-econômicas de cada lugar, o que pode aumentar a viabilidade de sua aplicação e a eficácia dos resultados.

Questões importantes relacionadas com alguns dos métodos alternativos de avaliação da segurança viária são apresentadas a seguir.

4.6.1. Método de avaliação pró-ativa da segurança viária

O Método de Avaliação Pró-Ativa da Segurança Viária (PITIS) foi desenvolvido por NODARI (2003) para a avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais pavimentados de pista simples no Brasil. Como seu nome indica, é um método preventivo para a avaliação da segurança potencial das características físicas da rodovia, e só pode ser utilizado em vias em operação.

O procedimento pode ser dividido em dois módulos: um de estimação da segurança viária, o qual propõe a determinação do Índice de Segurança Potencial (ISP) e outro de inspeção, que consiste em um procedimento para coleta de dados em campo para o cálculo do ISP.

O módulo de estimação da segurança potencial é constituído por quatro etapas: a identificação das características físicas da rodovia que influenciam na segurança viária, a seleção das características para compor o ISP, a estimação dos pesos relativos que refletem o nível de influência de cada característica no ISP e a formulação do ISP.

A identificação das características físicas da via que influenciam na segurança viária foi feita a partir da revisão bibliográfica e dos *checklists* utilizados nas ASV. O resultado desta etapa foi a listagem de 297 características. Já a escolha das características a serem consideradas no método foi realizada com base, principalmente, no impacto da característica na segurança da circulação e na sua relevância para a realidade brasileira. As 36 características selecionadas foram agrupadas em 9 macro-categorias: superfície do pavimento, curvas, interseções, sinalização vertical e horizontal, elementos longitudinais, elementos da seção transversal, usuários vulneráveis, laterais da via e elementos gerais.

Devido à carência e à qualidade dos dados de acidentes no Brasil, no método renunciou-se à opção tradicional de estimar a influência das características físicas da via na ocorrência dos acidentes utilizando modelos de regressão. Assim, a avaliação da influência das características da via na accidentalidade é baseada na experiência e no conhecimento de profissionais e de especialistas na área da segurança do trânsito. Com esse objetivo, foi elaborado um questionário e aplicado junto a policiais rodoviários, projetistas rodoviários e especialistas brasileiros e estrangeiros em segurança viária.

Os ISP referentes a cada característica viária considerada são obtidos a partir dos pesos calculados para as mesmas e das notas obtidas nas inspeções em campo, que refletem as condições de cada característica no segmento de rodovia avaliado. O peso relativo geral de cada característica resulta da consolidação dos níveis de influência atribuídos pelos 4 grupos de profissionais pesquisados em um nível de influência geral. De forma sucessiva são calculados os ISP das macro-categorias, dos segmentos em que foi dividida a via e o ISP geral do trecho.

Em resumo, o ISP geral é útil para indicar quais trechos rodoviários devem ser priorizados no tratamento da segurança. Os ISP dos segmentos permitem identificar os segmentos que devem ser tratados dentro dos trechos. Os ISP das macro-categorias indicam quais macro-categorias devem ser priorizadas dentro dos segmentos. E analisando as notas

das inspeções de campo, pode-se verificar qual a característica que apresenta maiores problemas para a segurança dentro de cada macro-categoria.

Já o módulo de inspeção da segurança consiste na avaliação no campo das condições vigentes na rodovia das características incluídas no ISP. A importância desta etapa está no fato de que os dados coletados, isto é, as notas atribuídas às características na via, constituem a base para determinar o índice. A orientação e padronização do procedimento de inspeção têm o intuito de reduzir a variabilidade resultante de inspeções realizadas por diferentes profissionais, garantindo a comparabilidade dos índices obtidos em diferentes pontos do tempo e da via.

4.6.2. Procedimento dos Pontos e Setores de Perigo Potencial

O Procedimento dos Pontos e Setores de Perigo Potencial é um método de inspeção e avaliação qualitativa da rede viária que busca adaptar as técnicas tradicionais de ASV às condições de Cuba. Pode ser aplicado a vias urbanas e rurais em operação; o uso de dados de acidentes é apenas opcional e se prioriza o uso de medidas mitigadoras de baixo custo. O procedimento foi desenvolvido por CETRA (2003).

Primeiro, são selecionadas as características da via que mais influenciam a segurança do tráfego no âmbito cubano, as quais serão avaliadas nas etapas posteriores. Assim, foram escolhidas 32 características físicas e operacionais associadas a diferentes aspectos da infraestrutura viária: traçado, seção transversal, sinalização, pavimento e drenagem, interseções, dispositivos de segurança, condições operacionais e outros.

O procedimento é formado por uma seqüência de etapas: seleção do trecho ou da via, coleta de informação na via, coleta de informação de acidentes de trânsito, análise integral do trecho e proposta de medidas mitigadoras.

A escolha do trecho de via é realizada a partir da consideração das taxas de acidentes, das condições operacionais e de segurança, da importância sócio-econômica e dos recursos humanos e materiais disponíveis.

A etapa de coleta de informação na via pode constar de dois tipos de estudos: a inspeção da via e as contagens de veículos. Durante a inspeção da via, os especialistas avaliam de forma qualitativa as condições das características da via selecionadas. A essência desta etapa, e do procedimento, é o estabelecimento, a avaliação e o tratamento

dos pontos e setores de perigo potencial. A introdução e utilização dessa categoria é necessária ao considerar as particularidades da segurança viária em Cuba, a deterioração notável da rede viária, a ausência de elementos básicos para o funcionamento normal da infraestrutura, a escassez de recursos para implementar medidas mitigadoras e a necessidade de concentra-los nos locais de maior perigo potencial e a baixa confiabilidade dos dados de acidentes de trânsito.

Define-se como Ponto de Perigo Potencial (PPP) ao local da via que pelas suas características geométricas, operacionais, de organização do trânsito ou outras específicas se transforma em potencialmente perigoso para o trânsito de veículos e pedestres sob um regime normal de circulação (interseções, travessias de ferrovias, acessos a instalações que gerem um fluxo de tráfego considerável, curvas horizontais e verticais acentuadas, etc.). Por sua vez, um Setor de Perigo Potencial (SPP) é aquele segmento da via no qual se apresentam algum ou vários dos elementos considerados para estabelecer um PPP, mas que por sua extensão não pode ser considerado assim (trechos urbanos de rodovias, trechos com variações na geometria, trechos com traçado irregular, viadutos e túneis, etc). Os PPP e SPP identificados e estabelecidos são estudados de forma especial durante a aplicação do procedimento, incluindo diagnóstico detalhado das características e proposta mais completa de medidas mitigadoras.

Já as contagens classificadas de veículos serão necessárias nos casos de ausência ou precariedade de dados sobre volume de veículos.

A etapa de coleta de informação de acidentes se executará apenas nos casos de se constatar a existência de informação estatística confiável sobre os acidentes de trânsito e tem o intuito de realizar uma análise quantitativa e qualitativa dos acidentes acontecidos no trecho nos últimos anos, de determinar os índices de acidentalidade e de comparar a situação de segurança com outras vias.

Na quarta etapa se realiza uma análise integral e combinada dos resultados das contagens de veículos, da informação estatística dos acidentes e da inspeção da via visando aprimorar a avaliação dos especialistas e subsidiar a seleção de medidas mitigadoras mais efetivas.

Na última etapa são escolhidas as medidas mitigadoras que devem ser implementadas no trecho em geral e nos pontos e setores de perigo potencial. Recomenda-se o uso de medidas racionais e de baixo custo, sempre que possível.

O procedimento é uma ferramenta importante para garantir o uso dos recursos nos locais mais complexos, diante da impossibilidade de melhorar as condições de segurança na totalidade da rede viária. Não obstante, garante a avaliação e a aplicação de atuações básicas em toda a extensão dos trechos estudados, como melhorias na sinalização e nas condições do pavimento.

4.6.3. Procedimento para monitorar medidas mitigadoras

O Procedimento para Monitorar Medidas Voltadas à Redução de Acidentes no Sistema Viário foi elaborado por FRAMARIM (2003) a partir da agregação de etapas ou técnicas desenvolvidas por outros autores, sendo aplicável em vias urbanas e rurais. Oferece material para subsidiar o desenvolvimento de processos de monitoramento, propondo uma análise do efeito das medidas mitigadoras em curto e longo prazo. Uma estrutura para registro e armazenamento dos dados relevantes ao procedimento é sugerida ainda.

O procedimento é formado por cinco etapas: definição da zona de monitoramento, identificação dos grupos de referência, avaliação do efeito do fenômeno de migração dos acidentes, aplicação da TCT e aplicação do método de avaliação apresentado por HAUER (1997) *apud* FRAMARIM (2003).

Na primeira etapa é definida a zona de monitoramento para avaliar e mensurar o fenômeno de migração dos acidentes, o que possibilita acompanhar o efeito da medida nas proximidades do local tratado.

A influência dos fenômenos de migração dos acidentes e de regressão à média são abordados nas etapas 2 e 3. Na segunda etapa são identificados os grupos de referência, calculando as taxas de acidentes esperadas através do método Empírico Bayesiano. A mensuração e avaliação do fenômeno de migração dos acidentes são realizadas na terceira etapa, utilizando a disposição matricial das taxas de acidentes da zona de monitoramento, o que facilita a identificação dos possíveis locais de comparação.

Na quarta etapa é avaliado o desempenho da medida no local tratado em curto prazo, mediante a aplicação da TCT canadense. A análise em curto prazo é realizada comparando os conflitos de tráfego verificados no local antes e depois do tratamento, fazendo coletas de dados de conflitos de tráfego no primeiro e no sexto mês após a implantação da medida.

O método proposto por HAUER (1997) *apud* FRAMARIM (2003) é utilizado na última etapa para realizar a análise em longo prazo. Este método é indicado porque considera o efeito na variação da taxa de acidentes dos fatores causais na análise do desempenho da medida. Essas variações nas taxas dos acidentes alvo são avaliadas para determinar o desempenho da medida em questão.

Ao final, é sugerida uma proposta de estrutura para armazenar os dados utilizados na avaliação do efeito das medidas voltadas à redução dos acidentes de trânsito, e que também apresenta a forma de ligação entre eles. O registro de dados deve conter informações sobre os acidentes, sobre o tráfego, sobre os conflitos, sobre os tratamentos e sobre as vias.

Este procedimento pode ser de utilidade no subsidio a mudanças futuras nos procedimentos de avaliação de medidas mitigadoras de acidentes de trânsito, além de que sua adoção pode ajudar no aprimoramento de ferramentas de controle da segurança viária no Brasil.

4.6.4. Procedimento do Nível de Segurança

O Procedimento do Nível de Segurança foi proposto por SAMPEDRO (2006) para a avaliação e o tratamento da segurança oferecida aos usuários do tráfego pelos elementos da infraestrutura das vias arteriais e coletoras urbanas brasileiras em operação. Esse procedimento tem caráter pró-ativo e sua aplicação não depende necessariamente dos dados sobre os acidentes de trânsito acontecidos no local, segmento ou via a ser avaliada, sendo opcional o uso destes dados. O método é indicado, sobretudo para cenários nos quais os recursos materiais e financeiros são limitados, e prioriza o emprego de atuações e medidas mitigadoras racionais e de baixo custo.

Neste caso, foram escolhidas 46 características da infraestrutura, as quais são agrupadas em 11 categorias relacionadas com aspectos específicos das vias, visando facilitar sua análise e a aplicação do método: traçado, seção transversal, pavimento, sinalização, interseções, ciclistas e pedestres, dispositivos complementares de segurança,

dispositivos de controle de tráfego, estacionamento, áreas adjacentes e condições operacionais.

A identificação prévia das características também é realizada com base nos *checklists* das ASV. Já a seleção dos elementos da infraestrutura viária mais importantes foi realizada a partir da consideração das características das vias arteriais e coletoras urbanas, das particularidades do tráfego urbano, da análise dos modelos de previsão de acidentes e das particularidades das condições das vias latino-americanas.

O procedimento proposto divide-se em duas fases independentes: a fase prévia de formulação do Nível de Segurança (NS) e a fase de aplicação do procedimento de avaliação e tratamento dos elementos viários. Cada uma delas é composta por diferentes etapas.

A fase prévia de formulação do NS tem como objetivo final a formulação do modelo para o cálculo do NS dos diferentes segmentos e da via estudada em geral. Define-se NS como a expressão quantitativa das condições de segurança que a infraestrutura viária oferece aos diferentes usuários do sistema de tráfego. Esta fase é constituída por três etapas principais: avaliação da importância relativa das características da via para a segurança da circulação, avaliação da importância das categorias viárias e formulação da equação do NS.

Esta primeira etapa visa estimar a importância do efeito (peso) das diferentes características viárias escolhidas sobre a segurança mediante a ponderação dos pesos relativos de cada elemento viário selecionado dentro de cada categoria. Para isto, se utiliza um questionário, dividido em duas partes, com o objetivo de que especialistas na área de Engenharia de Tráfego e Segurança Viária de países em desenvolvimento avaliem a influência dos elementos dessas vias na segurança. Na primeira parte, as características são avaliadas entre si por categoria e, na segunda, avaliam-se as categorias.

O objetivo da etapa de formulação do nível de segurança é equacionar o modelo para determinar o NS. O NS depende das condições de cada uma das características consideradas e, portanto, das notas recebidas por estas durante a etapa de inspeção da via, bem como dos pesos relativos determinados para as características e categorias. O primeiro passo é o cálculo do NS de cada categoria, que é função das características específicas que a compõem. Calcula-se então o NS global do segmento analisado, que depende dos NS das categorias e dos pesos relativos determinados para cada categoria e que permite constatar a situação de segurança geral apresentada em cada um dos segmentos em que foi dividida a

via. Isto é importante para verificar quais dos setores avaliados oferecem piores condições de segurança e devem ser priorizados no emprego dos recursos disponíveis. Por fim, determina-se o NS geral da via ou do trecho analisado.

A fase de aplicação constitui o módulo prático do método e tem o intuito de explicar em detalhes a aplicação do procedimento desenvolvido. É composta pelas seguintes etapas: escolha do trecho ou da via a ser estudada, análise dos dados de acidentes, inspeção da via, análise da informação e escolha das medidas mitigadoras.

A etapa de análise dos dados de acidentes é a única opcional do método e sua realização vai depender da existência, da qualidade e da confiabilidade das estatísticas dos acidentes ocorridos na via no período anterior à aplicação do procedimento. A etapa de inspeção da via é essencial porque a segurança é avaliada a partir dos critérios dos especialistas sobre as condições das características viárias nos distintos segmentos, verificadas diretamente por eles durante a inspeção e refletidos nas notas recebidas. Já na etapa de escolha das medidas mitigadoras, recomenda-se o emprego de atuações pouco custosas, incluindo a utilização de medidas de baixo custo, sempre de acordo com as características e as possibilidades de cada via ou cidade.

4.6.5. Metodologia para estimar o desempenho da segurança

A Metodologia para Estimar o Desempenho da Segurança em Vias Arteriais Urbanas e Suburbanas foi desenvolvida por NHCRP (2007) para fazer parte da primeira edição do *Highway Safety Manual*. Seu objetivo é estimar o desempenho no que diz respeito à segurança dos diferentes elementos viários considerados no planejamento de vias arteriais urbanas e suburbanas americanas sem controle de acesso. O método é concebido para prever as condições de segurança tanto em vias em operação quanto nas novas vias planejadas.

As aplicações potenciais desta metodologia incluem:

- estimar o desempenho da segurança em vias existentes nas quais não existem dados de acidentes ou estes são pouco confiáveis;
- prever o desempenho futuro da segurança decorrente de mudanças nas condições operacionais, como aumento do volume de tráfego, ou nas características da via,

como aumento do número de faixas, do controle de acessos, mudanças na sinalização, etc;

- prever o efeito sobre a segurança de mudanças ocorridas nas áreas adjacentes ao logo da via, como construção de novos acessos, urbanização, etc.

Estabelece-se a modelagem das condições de segurança nos segmentos viários e nas interseções por separado, considerando que as variáveis que influenciam em um caso e no outro são diferentes. No entanto, o desempenho da segurança geral da via é estimado levando em conta as condições previstas nos segmentos e nas interseções.

Foram consideradas mais de 30 variáveis para a modelagem da segurança nos segmentos, dentre as quais se destacam: volume de tráfego de veículos e de bicicletas, velocidades de projeto e regulamentada, largura de faixas, curvas horizontais, tipo e largura do canteiro central, superfície do pavimento, facilidades para pedestres, distância entre acessos. Por sua vez, para a modelagem da segurança nas interseções foram consideradas também umas 30 variáveis, entre as quais: velocidade de aproximação, volume de veículos e de pedestres, iluminação, ângulo da interseção, condições do estacionamento, nível de serviço, tipo de controle de tráfego, ciclo e visibilidade do sinal, distância entre interseções, volume de pedestres, facilidades para pedestres.

Na metodologia são consideradas duas abordagens para a previsão da segurança: diretamente através de modelos de regressão e previsão da segurança e a combinação de modelos de regressão e de fatores de correção de acidentes.

Na primeira abordagem, o modelo para estimar a frequência de acidentes é função da exposição ao tráfego, volume de veículos, da extensão do segmento e das restantes características da via, isto no caso dos segmentos viários. Nas interseções, o modelo é dependente do volume de tráfego em cada uma das vias e das características da interseção.

Já na abordagem que combina os modelos e os fatores de correção de acidentes, a expressão matemática para estimar a frequência de acidentes é função do número de acidentes estimado através do modelo básico e de fatores que corrigem este fator de acordo com as características e as condições atuais do local, como estacionamento, presença de obstáculos perigosos e acostamentos no caso dos segmentos, e faixas auxiliares para giros, canalização e iluminação, para as interseções.

São três as principais medidas de efetividade para estimar o desempenho da segurança das vias arteriais urbanas e suburbanas obtidas como resultado da aplicação da metodologia:

- total de acidentes esperados ou frequência de acidentes;
- frequência de acidentes esperada por nível de severidade, e
- frequência de acidentes esperada por tipo de acidentes.

4.6.6. Método para avaliar o risco potencial de atropelamentos

Este método foi elaborado por DIÓGENES (2008) para avaliar o risco observado e percebido de atropelamentos em travessias urbanas em meio de quadra, sendo adequado para realidades em que os recursos e a disponibilidade de dados de acidentes são limitados. O procedimento incorpora análises subjetivas, ligadas à percepção de riscos, e quantitativas, associadas à ocorrência de atropelamentos e incorpora a combinação de abordagens e de medidas de tipo reativas e preventivas.

O método proposto é formado por dez etapas, quais sejam:

1. Análise dos bancos de dados de atropelamentos disponíveis;
2. Determinação dos dados a serem utilizados na avaliação das travessias;
3. Determinação do critério de seleção das travessias a serem potencialmente avaliadas;
4. Vistoria dos locais selecionados;
5. Determinação dos fatores de risco a serem incluídos no modelo e dos procedimentos de coleta de dados;
6. Coleta dos dados;
7. Construção dos modelos de regressão;
8. Análise de sensibilidade das variáveis dos modelos;
9. Análise comparativa dos resultados dos modelos de regressão;
10. Discussão dos resultados.

Este método estima, mediante a utilização de técnicas de modelagem, o risco de atropelamento observado e percebido. No final, se obtém dois modelos de regressão que relacionam a frequência de atropelamentos e a percepção de segurança dos pedestres com os fatores de risco. Esses modelos constituem uma ferramenta útil para identificar as

travessias mais perigosas para os pedestres, através da relativização do risco observado e percebido. O procedimento pode ser aplicado para avaliar apenas o risco percebido, no caso de indisponibilidade de dados de acidentes.

Um aspecto importante na aplicação do método é a identificação das variáveis explicativas ou fatores de risco que influenciam os atropelamentos nas travessias em meio de quadra, que se realiza com base na revisão da bibliografia, nas particularidades de cada travessia estudada e nos recursos disponíveis.

Durante a aplicação do método em um conjunto de travessias de Porto Alegre, foram identificados fatores de risco associados às características de: uso do solo (tipo do uso do solo, presença e distância de pólos geradores de viagens), do transporte coletivo (presença de corredores e de paradas de ônibus), da via (largura e número de faixas de tráfego, sentidos do tráfego, presença de canteiro central e ilhas de refúgio, sinalização), das instalações para pedestres (presença de faixa e de controle semaforico, ciclo do sinal) e do fluxo veicular e de pedestres (composição do tráfego veicular e de pedestres).

4.7. Resumo comparativo dos métodos de avaliação

Com o intuito de facilitar a análise e a compreensão da informação referente aos métodos e os procedimentos de avaliação tratados, neste item é elaborado um resumo comparativo dos mesmos. Na comparação são incluídos características e outros aspectos associados aos métodos tradicionais e alternativos: fonte e ano de elaboração, país de origem ou de aplicação generalizada, aplicabilidade (tipo de via e estágio em que são aplicados), abordagem, embasamento teórico (no caso das técnicas alternativas), tratamento dos dados de acidentes, tipo de avaliação e variáveis ou características da via consideradas. Este resumo é apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Resumo das características dos métodos de análise e avaliação da segurança viária

Método de avaliação	Referência	País	Aplicabilidade	Tipo de avaliação	Abordagem	Base teórica	Tratamento de dados	Variáveis consideradas
Modelos de previsão	Variada	Mais comuns em países desenvolvidos	Vias em operação	Quantitativa	Pró-ativa	-	Uso obrigatório. Depende de dados confiáveis	Volume de veículos, volume de pedestres, densidade de acessos, velocidade, uso de solo, estacionamento, etc.
Pontos críticos	Variada	Amplamente utilizado	Vias em operação	Quantitativa	Reativa	-	Geralmente, depende de dados confiáveis	Características físicas e operacionais da via nos locais.
ASV	Variada	Austrália, N. Zelândia, R.Unido, Dinamarca. Uso incipiente em países em desenvolvimento	Vias novas e em operação	Qualitativa	Pró-ativa	-	Não depende do uso de dados de acidentes	<i>Checklists</i> detalhados de características físicas e operacionais da via.
TCT	Variada	Reino Unido, França, EUA, Suécia, Canadá	Vias em operação	Qualitativa	Pró-ativa	-	Não depende do uso de dados de acidentes	TTC, velocidade.
PITIS	Nodari (2003)	Brasil	Rodovias de pista simples em operação	Qualitativa/ Quantitativa	Pró-ativa	ASV	Não depende do uso de dados de acidentes	36 características físicas da via agrupadas em 9 macro-categorias: superfície do pavimento, curvas, interseções, sinalização vertical e horizontal, elementos longitudinais, elementos da seção transversal, usuários vulneráveis, laterais da via e elementos gerais.

Método de avaliação	Referência	País	Aplicabilidade	Tipo de avaliação	Abordagem	Base teórica	Tratamento de dados	Variáveis consideradas
Procedimento dos pontos e setores de perigo potencial	CETRA (2003)	Cuba	Vias em operação	Qualitativa	Pró-ativa	ASV, TCT	Uso opcional em função da confiabilidade dos dados	32 características físicas e operacionais associadas a diferentes aspectos da infraestrutura viária: traçado, seção transversal, sinalização, pavimento e drenagem, interseções, dispositivos de segurança, condições operacionais e outros.
Procedimento para monitorar medidas mitigadoras	Framarim (2003)	Brasil	Vias em operação	Qualitativa	Pró-ativa	TCT	Depende parcialmente de dados confiáveis	TTC, velocidade, medidas mitigadoras de acidentes.
Procedimento do NS	Sampedro (2006)	Brasil	Vias arteriais e coletoras urbanas em operação	Qualitativa/Quantitativa	Pró-ativa	ASV	Uso opcional em função da confiabilidade dos dados	46 características físicas e operacionais da via agrupadas em 11 categorias: traçado, seção transversal, pavimento, sinalização, interseções, ciclistas e pedestres, dispositivos complementares de segurança, dispositivos de controle de tráfego, estacionamento, áreas adjacentes e condições operacionais.

Método de avaliação	Referência	País	Aplicabilidade	Tipo de avaliação	Abordagem	Base teórica	Tratamento de dados	Variáveis consideradas
Método para estimar o desempenho da segurança	NHCRP (2007)	EUA	Vias arteriais urbanas e suburbanas novas e em operação	Quantitativa	Pró-ativa	Modelos de previsão	Uso obrigatório. Depende de dados confiáveis	Volume de veículos e de bicicletas, velocidades de projeto e regulamentada, largura de faixas, curvas horizontais, tipo e largura do canteiro central, superfície do pavimento, facilidades para pedestres, distância entre acessos, velocidade de aproximação, volume de pedestres, iluminação, ângulo da interseção, condições do estacionamento, nível de serviço, tipo de controle de tráfego, ciclo e visibilidade do sinal, distância entre interseções, etc.
Método para avaliar o risco potencial de atropelamentos	Diógenes (2008)	Brasil	Travessias urbanas em meio de quadra	Qualitativa/Quantitativa	Pró-ativa	ASV, Modelos de previsão	Depende parcialmente de dados confiáveis	Conjunto de fatores de risco associados às características do uso do solo, do transporte coletivo, da via, das instalações para pedestres e do fluxo veicular e de pedestres.

O uso dos considerados métodos tradicionais (modelos de previsão de acidentes, pontos críticos, ASV e TCT) é mais comum em países desenvolvidos, onde também foram criados para responder às necessidades próprias e às características específicas da infraestrutura desses países. Os métodos alternativos analisados são elaborados, em sua maioria, em países em desenvolvimento ou emergentes e têm seu embasamento nas técnicas anteriores, aproveitando suas vantagens e adaptando as ferramentas às condições desses países.

Outros aspectos comuns à maioria dos métodos alternativos são a possibilidade de quantificar as condições de segurança, o que facilita o direcionamento dos recursos disponíveis para o tratamento dos elementos que mais afetam a segurança, e a não dependência do uso de dados de acidentes, que muitas vezes são precários ou pouco confiáveis em países em desenvolvimento. Quanto a este último aspecto, verifica-se que os modelos de previsão, ou aquelas técnicas com embasamento teórico nos modelos, dependem da existência de bases de dados de acidentes sistemáticas e confiáveis.

Na Tabela 4.3 pode-se constatar que a maioria das técnicas estudadas é de tipo pró-ativo, em correspondência com as abordagens atuais do tratamento da segurança viária.

No que tange ao estabelecimento das variáveis consideradas, alguns dos métodos que têm sua base teórica nas ASV selecionaram as variáveis a partir da consideração dos *checklists* de características viárias desenvolvidos para as ASV, e incluem elementos relacionados com o traçado da via, a seção transversal, o pavimento, a sinalização, as interseções, os DCT, as áreas adjacentes e as condições operacionais, entre outros. No caso dos modelos de previsão ou das técnicas neles baseadas, pode-se observar que é importante levar em conta, ainda, aspectos associados ao volume de veículos e de pedestres.

Para finalizar, um aspecto interessante dos métodos diz respeito à modelagem da relação entre as características da via e a segurança. Alguns dos métodos estabelecem essas relações a partir de dados de acidentes, outros com base na consolidação da experiência de especialistas na área de Tráfego e em um dos casos se combina o conhecimento dos profissionais com a percepção dos usuários. No âmbito brasileiro, as características que mais influenciam a segurança estariam associadas, em rodovias de pistas simples: às travessias de pedestres, ao tráfego de ciclistas e de pedestres, condições das linhas delimitadoras das faixas de rolamento, credibilidade da sinalização, o uso de tachões no

pavimento e de balizadores, as condições e o número adequado das placas, entre outras (NODARI, 2003), e em vias arteriais e coletoras urbanas: às curvas horizontais fechadas, número e largura de faixas, presença do canteiro central, resistência do pavimento à derrapagem, presença das marcas no pavimento, presença e credibilidade das marcas e placas, complexidade do desenho e visibilidade nas interseções, tipo de travessia para pedestres e a localização, a visibilidade e o ciclo do sinal (SAMPEDRO, 2006).

4.8. Considerações finais

Este capítulo procurou mostrar o panorama atual dos métodos e dos procedimentos desenvolvidos em diferentes países, resultantes dos recursos e do esforço destinados a conseguir ferramentas para reduzir as conseqüências dos acidentes de trânsito a partir da avaliação e do tratamento das características da via. Através da leitura dos itens é possível verificar as características, as particularidades, as vantagens e as limitações dos métodos mais conhecidos no mundo e de métodos alternativos criados, sobretudo, em países em desenvolvimento e emergentes (incluído o Brasil), aplicáveis às suas condições específicas. São detalhados ainda elementos associados ao embasamento teórico, às abordagens e aos procedimentos metodológicos empregados na elaboração dessas ferramentas.

Aspectos referentes às questões 1 e 2 desta tese podem ser esclarecidos após a análise dos diferentes métodos apresentados. Por exemplo, se constata que vários desses procedimentos se auxiliam da opinião de especialistas de trânsito, e até de usuários, para avaliar as condições de segurança da via, enquanto permitem e realizam a hierarquização das características de acordo com a importância de sua influência na ocorrência de acidentes de trânsito.

O exposto neste capítulo, junto com o que foi visto em capítulos anteriores, complementa uma base importante para subsidiar a concepção e a elaboração do procedimento proposto nesta tese para a avaliação e a análise do efeito das características físicas e operacionais sobre a segurança de tráfego em vias expressas urbanas. O Capítulo 5 é dedicado a explicar o desenvolvimento desse procedimento.

CAPÍTULO 5

PROCEDIMENTO PROPOSTO

5.1. Considerações iniciais

Neste capítulo é apresentado e explicado o procedimento proposto para a análise e modelagem do efeito das características da via na segurança do tráfego. Este procedimento visa analisar a influência das características da via na segurança, para o que serão coletados e interpretados dados qualitativos a respeito da percepção dos usuários e da opinião de especialistas sobre o efeito de características físicas e operacionais das vias expressas urbanas brasileiras previamente selecionadas. Não se constatou a existência de modelos ou de dados empíricos que quantifiquem o efeito do conjunto das características da infraestrutura na segurança do tráfego em vias expressas urbanas. Assim, a avaliação realizada e os resultados desta pesquisa estão embasados na experiência e na percepção das pessoas que forneceram as informações.

SINAY (2007) alerta que estudos que envolvam a opinião e a percepção pessoal acerca de um assunto determinado podem ser afetados pela parcialidade. Para reduzir eventuais dificuldades associadas à parcialidade e diferenciar de outros estudos similares (NODARI e LINDAU, 2003; SAMPEDRO e CAMPOS, 2006), optou-se nesta pesquisa por incluir na análise, além da opinião dos especialistas, a percepção dos usuários.

Para garantir a verificação dos dados usados são anexados à tese os questionários utilizados para a coleta da informação e são explicados nos itens seguintes os métodos usados para a análise dos dados.

5.2. Caracterização da análise

Antes de descrever a metodologia da pesquisa, neste item se definem características da pesquisa vinculadas à natureza da informação necessária e ao tipo de análise apropriada para avaliar a influência das características das vias expressas na segurança do tráfego. Esses aspectos são estabelecidos a partir do objetivo e da hipótese pré-definidos.

5.2.1. Informação necessária

Como o foco do estudo é a avaliação e a análise das características da via, se exclui qualquer possibilidade de considerar outros elementos de risco para a segurança do tráfego relacionados com os veículos, com o comportamento das pessoas e com o meio ambiente (ver Item 2.2). Assim, as informações necessárias estão ligadas às condições dos elementos físicos e operacionais que fazem parte da infraestrutura das vias expressas urbanas e seu possível efeito sobre a segurança da circulação.

Para efeito da análise, precisa-se conhecer como os usuários de vias expressas percebem a influência de diferentes características físicas e operacionais da via sobre sua própria segurança enquanto circulam, bem como a opinião de especialistas sobre como as condições em que se encontram essas características podem afetar a segurança. Neste sentido, é essencial estabelecer os parâmetros (características físicas e operacionais) sobre os quais se necessita coletar informação e que devem ser, portanto, avaliados. Estas características estão relacionadas com diferentes elementos que fazem parte da infraestrutura da via: geometria e traçado, pavimento, sinalização, áreas adjacentes, entre outros (DOURTHÉ e SALAMANCA, 2003; NODARI e LINDAU, 2003; CARDOSO e GOLDNER, 2004, SAMPEDRO e CAMPOS, 2006; SAMPEDRO *et al*, 2007)

5.2.2. Abordagem multicritério

Estudos que incluem avaliações podem ser abordados mediante dois tipos de análises: de um único critério, que implica a identificação do indicador que melhor representa a situação analisada, e multi-critério (SINAY, 2007). Assim, é oportuno estabelecer aqui a conveniência, nesta pesquisa, da análise multi-critério.

Segundo NERA (2004), as técnicas de análise multi-critério podem ser usadas para escolher uma opção preferida, para hierarquizar opções, para listar um número determinado de opções visando sua posterior avaliação ou para distinguir entre possibilidades aceitáveis e inaceitáveis. Os métodos multicritério foram desenvolvidos especialmente para resolver problemas que incluem aspectos quantitativos e qualitativos e se baseiam no princípio de que, no processo de tomada de decisão, a experiência e o conhecimento das pessoas são tão valiosos quanto os dados utilizados. Neste sentido, uma de suas principais características é

que esses métodos reconhecem a subjetividade como inerente aos problemas de decisão e empregam julgamento de valor como forma de tratá-los cientificamente.

Neste tipo de abordagem, procura-se atender a vários critérios de maneira simultânea. Os critérios são as medidas de desempenho usadas para avaliar e comparar opções de acordo com um ponto de vista (NERA, 2004). É através desses pontos de vista que os avaliadores justificam, transformam e questionam suas preferências.

De acordo com MACEDO (2007), a análise multicritério é realizada conforme as seguintes etapas:

1. Formulação do problema: saber sobre o que se quer decidir.
2. Elaboração de critérios: definição de um conjunto de critérios que permita avaliar objetivos desejados e a possibilidade de atendimento com os recursos financeiros, tempo e conhecimentos disponíveis.
3. Determinação dos pesos: os pesos traduzem numericamente a importância relativa de cada critério; a ponderação de critérios pode ser realizada através de diferentes técnicas, como notação, distribuição de pesos, taxa de substituição, regressão múltipla, jogos de cartas, etc.
4. Síntese das prioridades: associar a avaliação dos critérios, após sua ponderação e segundo um modelo matemático definido.

Os métodos multicritério podem ser classificados como: interativos ou de programação matemática multiobjetiva, de subordinação e síntese ou *outranking* e de agregação a um critério único de síntese.

Os interativos correspondem aos chamados métodos contínuos, onde as alternativas são infinitas e desconhecidas, se baseiam no modelo de otimização multicriterial e utilizam uma função objetivo sujeita a um conjunto de restrições. Esta categoria inclui os métodos baseados na programação matemática. Já os métodos de subordinação e síntese são métodos discretos onde o número de alternativas é finito e explicitamente conhecido. Essas ferramentas modelam as preferências mediante a construção de uma relação binária (comparação dois a dois) que não precisa atender ao princípio de transitividade, segundo MACEDO (2007).

Por sua vez, os métodos de agregação a um critério único de síntese caracterizam-se por serem métodos discretos onde o número de alternativas é finito e explicitamente

conhecido e por assumir que as preferências dos decisores podem ser representadas por uma função de utilidade ou valor. As preferências devem ser avaliadas mediante modelos aditivos, multiplicativos ou outros. Esses métodos também representam preferências por meio de comparações dois a dois, porém adotam o princípio de transitividade e não admitem situações de incomparabilidade. Normalmente, consideram as situações de preferência e indiferença, o que permite obter ordenamentos totais.

A conveniência de adotar a abordagem multicritério para o desenvolvimento do procedimento proposto nesta tese também se justifica por certos aspectos específicos, quais sejam:

- A segurança do tráfego é influenciada por múltiplas características físicas e operacionais da infraestrutura viária;
- A avaliação do efeito dessas características na segurança está embasada em percepções e opiniões qualitativas de pessoas com condições, comportamentos e conhecimentos possivelmente bastante diferenciados, e
- Necessidade de realizar uma hierarquização do conjunto de características segundo sua influência sobre a segurança do tráfego.

5.3. Procedimento proposto

Neste item são descritas as etapas e os métodos que fazem parte do procedimento para avaliar e modelar o efeito das características das vias expressas urbanas sobre a segurança do tráfego. O procedimento proposto é dividido em duas fases principais: de sistematização e de aplicação.

As etapas da fase de sistematização visam estabelecer elementos comuns às vias expressas urbanas brasileiras que servem como subsídio às outras etapas da metodologia, como a escolha das características que mais afetam a segurança do tráfego ou a importância das categorias formadas, com base na revisão da literatura, na análise das condições brasileiras e no conhecimento dos especialistas. Já a fase de aplicação inclui as etapas e os métodos utilizados para a análise das condições de segurança oferecidas por uma via expressa determinada.

O procedimento é formado pelas seguintes etapas:

1. Seleção das características da via.
2. Estruturação da avaliação.
3. Avaliação das categorias viárias.
4. Avaliação das características da via.
5. Análise comparativa dos resultados.
6. Modelagem do efeito da infraestrutura.
7. Elaboração do Quadro de Prioridades de Intervenção.

Na Figura 5.1 mostra-se um esquema resumido do procedimento proposto.

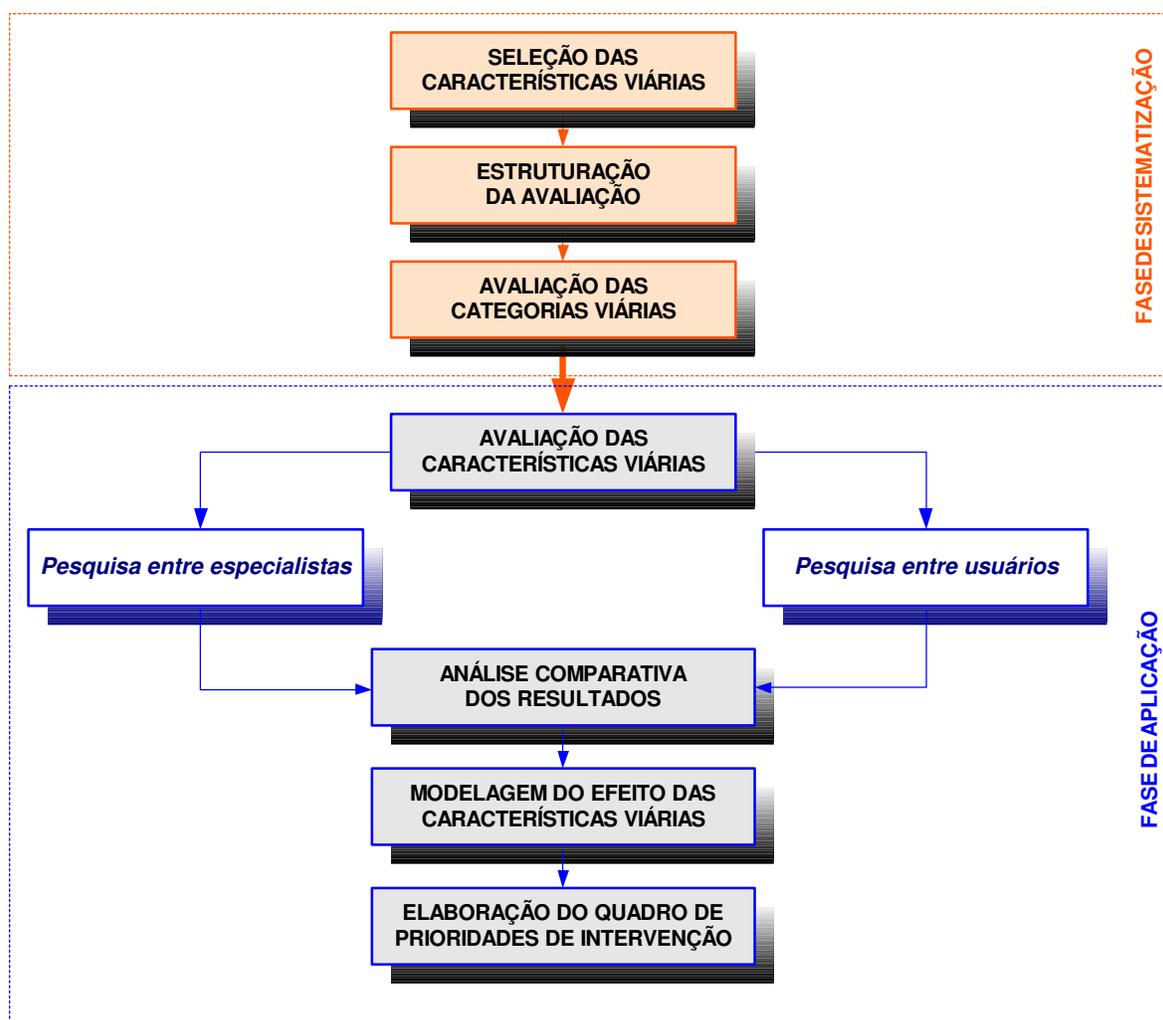


Figura 5.1. Estrutura do procedimento proposto

Existem diversos métodos para coletar e analisar informação (DENZIN e LINCOLN, 2003). Alguns desses métodos são utilizados no desenvolvimento e na aplicação do procedimento: revisão da literatura, aplicação de questionários e estudo de casos.

O procedimento proposto é direcionado para a análise da segurança em vias expressas urbanas em operação. Seus objetivos são a obtenção de um modelo do efeito das características físicas e operacionais da via sobre a segurança do tráfego, a partir da percepção e da opinião dos seus usuários e dos profissionais que gerenciam a operação e a segurança do tráfego na via em questão e, em função disso, a obtenção de um instrumento para estabelecer as prioridades de intervenção, visando ser uma ferramenta útil de subsídio no processo de escolha e de aplicação de medidas mitigadoras e na alocação dos recursos para melhorar as condições de segurança.

5.3.1. Seleção das características da via

Dentro desta etapa, primeiro são identificadas as características da infraestrutura viária que afetam a segurança do tráfego em geral. Normalmente, para a realização de estudos e análises de segurança do tráfego, os pesquisadores e técnicos se auxiliam de listas de características físicas e operacionais das vias previamente desenvolvidas por instituições encarregadas da administração ou do estudo da infraestrutura de transporte (FDT, 2009; PANDE e ABDEL-ATY, 2009).

Neste sentido, a pesquisa bibliográfica realizada revelou que pelo menos quatro estudos anteriores realizam o reconhecimento dos elementos viários a partir dos *checklists* desenvolvidos por diversas instituições para a realização de ASV (NODARI e LINDAU, 2003; SAMPEDRO e CAMPOS, 2006; SCHOPF e NODARI, 2007; SAMPEDRO *et al*, 2007). Dois argumentos são empregados por NODARI e LINDAU (2003) para a utilização dos *checklists* de ASV para identificar as características da via com potencial de afetar a segurança: o fato da ASV ser um procedimento estritamente voltado para as questões relativas à segurança das vias, o qual garante que os elementos relacionados nos *checklists* têm uma relação certa com a ocorrência de acidentes e, conseqüentemente, com a segurança viária; e que duas décadas de prática e pesquisa de ASV resultaram na elaboração de *checklists* bastante abrangentes.

Especificamente, o reconhecimento dos elementos viários se dá a partir do resumo desses *checklists* realizado por NODARI (2003), o qual inclui os *checklists* desenvolvidos por Austroads (AUSTROADS, 1994), *Department of Transportation of Ontario, University of Brunswick, Transfund New Zealand, Institution of Highways and Transportation e Transportation Associations of Canada*. O resultado da revisão realizada por essa autora relaciona 299 *itens* viários que afetam a segurança da circulação, agrupados em 14 critérios e 98 sub-critérios, todos mostrados no Anexo I.

Com base nos elementos identificados, são escolhidas as características específicas das vias expressas que maior influência exercem sobre a segurança do tráfego. Para isso, são levados em consideração os aspectos relacionados a seguir:

- Especificidades das vias expressas;
- Particularidades do tráfego em vias expressas;
- Modelos de previsão de acidentes;
- Métodos de avaliação da infraestrutura criados em países emergentes e em desenvolvimento;
- Influência da característica na segurança, e
- Particularidades das condições brasileiras.

Os primeiros aspectos a levar em consideração são as características físicas e operacionais específicas que apresentam as vias expressas, já abordadas no Capítulo anterior, e as particularidades do tráfego que circula por estas, formado por veículos motorizados que se movimentam principalmente em alta velocidade. Isto determina, por exemplo, que sejam desconsiderados elementos relacionados com interseções em nível, que aparecem repetidamente nas análises das ASV. Tampouco são considerados elementos físicos ou operacionais ligados à circulação de pedestres ou ciclistas ou características próprias do estacionamento.

Também é realizada a análise das variáveis envolvidas nos modelos de previsão que relacionam o número de acidentes de trânsito com as características físicas da via. Foram revisados especificamente estudos onde são desenvolvidos modelos para estimar os acidentes acontecidos em vias expressas, tanto urbanas quanto rurais.

Outro elemento analisado é o processo de escolha das características da via visando métodos de avaliação da infraestrutura desenvolvidos em países emergentes e em

desenvolvimento, incluindo os que refletem a realidade brasileira (em específico NODARI, 2003; SAMPEDRO, 2006; SCHOPF e NODARI, 2007). Nesses casos foram analisados tanto os resultados finais das seleções, quanto os argumentos levados em conta para realizar as escolhas. Foi levado em conta, no entanto, o fato de que esses estudos são direcionados para a avaliação da segurança em rodovias e em vias arteriais e coletoras urbanas.

Por último, são atendidos os critérios de influência da característica na segurança e as particularidades das condições brasileiras. O efeito da característica sobre a segurança é visto a partir de uma ampla revisão bibliográfica de estudos que visam quantificar ou direcionar a influência dos elementos da infraestrutura na ocorrência de acidentes. Já no caso das particularidades das condições brasileiras, levou-se em conta o fato de que, com certa frequência, apresentam-se diferenças entre as características físicas e, sobretudo, operacionais das vias expressas do país e aquelas dos países desenvolvidos, diferenças que podem ser mais impactantes do que aquelas existentes entre vias de outro tipo, como as rodovias de pista simples.

Da análise realizada foram escolhidas características da via (parâmetros) que mais afetam a segurança da circulação em vias expressas. Essas características foram agrupadas em categorias relacionadas com aspectos específicos das vias (ver Item 5.2.3). Na Tabela 5.1 são apresentadas as características viárias e categorias selecionadas, bem como as fontes consideradas para sua escolha, que incluem as listas de verificação dos Guias de ASV internacionais, as listas desenvolvidas para a avaliação de vias brasileiras e as características viárias incluídas em modelos de previsão de acidentes.

Entre os parâmetros incluídos em função de serem características específicas das vias expressas urbanas se encontram o tipo e a largura do canteiro central, o controle de acessos, as faixas auxiliares de aceleração e desaceleração, a complexidade do projeto e a geometria e as condições das alças de ligação, os três últimos nas interseções em desnível.

Tabela 5.1. Categorias e características viárias selecionadas

Categoria	Características	Fonte		
		ASV*	EB**	MP***
Traçado	1- Curvas verticais acentuadas	X	X	X
	2- Curvas horizontais fechadas	X	X	X
	3- Superlargura e/ou superelevação	X	X	X
	4- Alinhamento horizontal e vertical	X	X	
Seção transversal	5- Largura de faixas	X	X	X
	6- Presença e largura dos acostamentos	X	X	X
	7- Tipo e largura do canteiro central	X	X	X
Pavimento	8- Estado estrutural	X	X	
	9- Resistência a derrapagem	X	X	
	10- Condições de drenagem	X	X	
Sinalização	11- Presença das marcas no pavimento e das placas	X	X	X
	12- Credibilidade das marcas e placas	X	X	X
	13- Condições das marcas e placas	X	X	
	14- Uso de tachões e delimitadores	X	X	
DCT	15- Uso de Sistemas Inteligentes de Transporte	X		
	16- Presença e visibilidade dos painéis de mensagens variáveis	X	X	
	17- Presença e visibilidade do radar		X	
Áreas adjacentes	18- Obstáculos laterais	X	X	X
	19- Número de painéis de publicidade		X	
	20- Controle de acessos	X	X	X
	21- Uso de barreiras de contenção	X	X	
Condições operacionais	22- Velocidade regulamentada	X	X	X
	23- Condições de iluminação	X	X	
	24- Presença de ciclistas e pedestres		X	
	25- Compatibilidade entre categoria e condições operacionais	X	X	
	26- Operação dos sistemas de transporte público	X	X	
	27- Circulação de motocicletas			
Interseções	28- Faixas auxiliares de aceleração e desaceleração	X		
	29- Complexidade do desenho do projeto	X	X	
	30- Visibilidade	X	X	X
	31- Geometria e condições das alças de ligação	X		

*Listas de verificação dos Guias de ASV internacionais

** Listas desenvolvidas para a avaliação de vias brasileiras

*** Modelos de previsão de acidentes

Características relacionadas às particularidades das condições brasileiras são a presença de ciclistas e pedestres, que são detectados com frequência tanto efetuando travessias irregulares quanto realizando atividades comerciais na via, sobretudo em condições de tráfego lento, a compatibilidade entre a categoria da via e as condições operacionais e a operação dos transportes públicos, constatadas na localização inadequada de pontos de ônibus, de faixas exclusivas e de outros elementos ligados ao transporte público e a circulação de motocicletas, devido à presença crescente desses veículos nas cidades brasileiras e seus riscos associados.

5.3.2. Estruturação da avaliação

Para análise de estruturas complexas, com grande número de entidades e interrelações múltiplas, MACEDO (2007) sugere a divisão em componentes mais simples de forma a facilitar a compreensão e o manuseio dos componentes. A análise deve considerar ainda o ambiente que cerca o problema, identificar as questões relevantes para sua solução e levar em conta as particularidades dos participantes. Assim, são formados agrupamentos dos elementos com características comuns em vários níveis. Outros estudos semelhantes consultados utilizam este tipo de estrutura (NODARI e LINDAU, 2003; SAMPEDRO e CAMPOS, 2006).

Neste caso, para subsidiar a execução da avaliação, é construída e utilizada uma matriz de desempenho composta de dois níveis ou fases. Nessa matriz, nas linhas estão representados os parâmetros a serem avaliados e nas colunas o desempenho atribuído a cada parâmetro.

A matriz de desempenho é estruturada a partir do agrupamento das características da via em categorias relacionadas com aspectos específicos das vias: traçado, seção transversal, pavimento, sinalização, interseções, etc, conforme mostrado na Tabela 5.1.

Na parte inicial são avaliadas as categorias que agrupam as características. Esta parte viabiliza a comparação e a hierarquização do conjunto de características consideradas. Aqui são atribuídas notas ou valores de acordo com a opinião dos especialistas na coluna reservada para a importância. Na Tabela 5.2 mostra a estrutura adotada para a primeira parte da matriz de desempenho.

Tabela 5.2. Estrutura da primeira parte da matriz de desempenho

Categoria	Importância
Traçado	
Seção transversal	
Pavimento	
Sinalização	
Dispositivos de Controle de Tráfego	
Áreas adjacentes	
Condições operacionais	
Interseções	

Na segunda parte são atribuídas notas ou valores de acordo com a percepção ou a opinião dos avaliadores na coluna correspondente ao efeito. O objetivo desta parte é avaliar as características dentro de cada categoria. Um exemplo da estrutura básica adotada para a segunda parte da matriz de desempenho é representado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3. Exemplo da estrutura básica da segunda parte da matriz de desempenho

Categoria	Características
Interseções	Ausência de faixas auxiliares de aceleração e desaceleração
	Adoção de um desenho complexo e pouco coerente
	Visibilidade reduzida por geometria ou por presença de obstáculos
	Geometria e condições das alças de ligação inadequadas

5.3.3. Avaliação das categorias viárias

Nesta etapa, que encerra a fase de sistematização, é avaliada a importância de cada categoria para a segurança do tráfego das vias expressas considerando as características nela agrupadas. Os resultados desta avaliação viabilizam a hierarquização das características da via de acordo com seu efeito sobre a segurança, realizada na etapa final do procedimento.

A seguir se descrevem os métodos utilizados para avaliar a importância das categorias, em específico, aspectos associados aos avaliadores, aos questionários aplicados e ao cálculo dos pesos das categorias. Também são apresentados e discutidos os resultados da avaliação obtidos a partir da aplicação dos questionários.

- *Questionários*

A avaliação da importância das categorias será realizada por meio da aplicação de questionários. Para FONTANA e FREY (2003), a entrevista através de questionários é um dos instrumentos mais comuns e eficazes para entender e mensurar as percepções e perspectivas individuais ou coletivas sobre inúmeros assuntos. Pode ser empregada em estudos de *marketing*, pesquisas políticas, investigações médicas e análises acadêmicas.

Os questionários podem ser aplicados individualmente ou em grupos. Quanto à forma de executá-los, podem ser realizados por meio de um intercâmbio verbal face a face, por telefone, por correio ou através de meios eletrônicos, como *email*. Quanto à sua estrutura, podem ser estruturados, semi-estruturados e desestruturados (FONTANA e FREY, 2003). A Tabela 5.4 apresenta um resumo das características dos questionários considerando sua estrutura.

Tabela 5.4. Características dos questionários segundo sua estrutura.

Tipo de estrutura	Características	Objetivo
Estruturada	O pesquisador segue uma lista de questões estabelecida previamente, que deve ser respondida de forma padronizada e sincera.	Coletar dados processáveis que expliquem comportamento ou desempenho sem o uso de categorias pré-estabelecidas.
Semi-estruturada	O pesquisador possui previamente uma lista de questões e outra de temas. As questões são respondidas de acordo com o critério do pesquisador.	Coletar dados para processamento sobre desempenhos ou comportamentos complexos.
Desestruturada	O pesquisador conhece previamente apenas os temas sobre os quais deseja coletar informação.	Compreender o comportamento de um grupo de pessoas sem impor qualquer categorização prévia que possa limitar o campo de estudo.

Fonte: Adaptado de Sinay (2007)

Nesta etapa, para executar a pesquisa com os profissionais, são usados questionários semi-estruturados aplicados individualmente por meio do *email*. Os *emails* foram enviados a universidades e outros centros de pesquisas, concessionárias de vias e outras empresas privadas, e a companhias de Tráfego e outras entidades governamentais relacionadas com a área de Transporte e Trânsito.

Nos questionários, os especialistas devem avaliar as categorias considerando as características viárias que as formam. Assim, devem atribuir uma nota a cada categoria –

seguindo uma escala preestabelecida – de acordo com sua opinião sobre a importância que essa categoria tem para a segurança do tráfego. Para facilitar seu entendimento, no final do questionário eles podem encontrar uma explicação resumida dos aspectos a levar em conta na avaliação com relação a cada uma das características da via.

No Apêndice I apresenta-se o Questionário usado para avaliar a importância das categorias.

- *Escala de critérios de avaliação*

No processo de conceituação da avaliação e dos questionários em particular, um aspecto importante é a definição da escala de critérios de avaliação. Esta escala de medida das comparações permite que os julgamentos entre os elementos sejam realizados em termos da importância, preferência ou probabilidade (SAATY, 1991).

No caso da pesquisa realizada nesta etapa, é escolhida uma escala de critérios apropriada para avaliar a opinião dos especialistas sobre a importância de cada categoria. Para selecionar a escala de critérios foram considerados aspectos como as particularidades da aplicação de um questionário deste tipo por *email* e a simplicidade dos critérios.

Dessa forma, foi escolhida uma escala de 5 critérios para avaliar a importância das categorias para a segurança viária. A cada critério corresponde uma nota determinada, como mostrado na Figura 5.2.

Importância para a segurança do tráfego				
 muito pouca	 pouca	 moderada	 alta	 muito alta
 1	 2	 3	 4	 5

Figura 5.2. Escala de critérios de avaliação da importância das categorias para a segurança.

- *Avaliadores*

A avaliação da importância das categorias é realizada por profissionais e especialistas de Tráfego e Segurança Viária. Dessa forma, pretende-se consolidar os conhecimentos técnicos de profissionais que trabalham nessa área sobre a influência das características das vias expressas urbanas brasileiras sobre a segurança do tráfego. Alguns estudos prévios para avaliar as condições de segurança das vias realizaram pesquisas deste tipo com resultados positivos (NODARI, 2003; SAMPEDRO, 2006).

O processo de aplicação dos questionários teve uma duração de dois meses, período no qual foram realizados até 3 envios ou tentativas de contato com os especialistas, os que foram selecionados por julgamento. A amostragem por julgamento é uma forma de amostragem por conveniência, bastante utilizada, em que os elementos da população são selecionados deliberadamente com base no julgamento do pesquisador (MALHOTRA, 2006).

Os profissionais foram divididos em 3 grupos:

- Funcionários encarregados do projeto e da operação de trânsito e segurança viária em empresas concessionárias ou especialistas independentes (funcionários privados);
- Especialistas vinculados a companhias de tráfego do Poder Público (funcionários públicos), e
- Pesquisadores vinculados a universidades e instituições de pesquisa (pesquisadores universitários).

Na Tabela 5.5 são mostrados os resultados resumidos do processo de aplicação dos questionários.

Tabela 5.5. Resumo do processo de aplicação dos questionários.

Grupo de especialistas	Questionários		
	Enviados	Respondidos	% de respondidos em relação aos enviados
Funcionários privados	36	11	30,5
Funcionários públicos	64	14	21,9
Pesquisadores universitários	27	17	63,0
Total	127	42	33,1

Dos 17 pesquisadores que responderam o questionário, 3 atuam no Rio Grande do Sul, 2 em Santa Catarina, 2 em São Paulo, 2 no Rio de Janeiro, 1 em Minas Gerais, 1 no Distrito Federal, 2 na Bahia, 1 na Paraíba e 3 no Ceará. No grupo de 11 funcionários do setor privado, 2 trabalham em concessionárias do Paraná, 2 em São Paulo, 4 no Rio de Janeiro, 1 em Minas Gerais, 1 no Espírito Santo e 2 são consultores independentes, atuando 1 no Rio de Janeiro e outro em Minas Gerais. Já no caso dos 14 funcionários públicos entrevistados, 1 trabalha no Rio Grande do Sul, 1 em Santa Catarina, 3 em São Paulo, 2 no

Rio de Janeiro, 3 em Minas Gerais e 4 profissionais exercem atividades em entidades do Governo Federal.

- *Análise das avaliações por grupo*

Os dados obtidos nas respostas são processados, utilizando-se ferramentas estatísticas como cálculo da média e da variância. Primeiro, é realizada a análise de variância para cada um dos grupos por separado. Na Tabela 5.6 se mostram os resultados referentes à avaliação realizada pelos funcionários de concessionárias e empresas privadas. Nessa análise, avaliações com coeficiente de variação (CV) iguais ou menores que 30% podem ser consideradas homogêneas (COSTA NETO, 1977).

Tabela 5.6. Resumo dos resultados da avaliação dos funcionários privados

Categoria	Média	DPadrão*	CV (%)
Traçado	4,73	0,647	13,68
Seção transversal	4,09	0,701	17,14
Pavimento	4,27	0,467	10,77
Sinalização	4,36	0,809	18,56
DCT	3,36	1,286	38,27
Áreas adjacentes	3,54	0,934	26,38
Condições operacionais	4,36	0,674	15,46
Interseções	4,00	0,894	22,35

* *Desvio Padrão*

Todas as categorias foram incluídas pelos funcionários privados na faixa da escala localizada entre importância moderada e muito alta. Esses profissionais consideraram como mais importantes as características relacionadas com o traçado, a sinalização e as condições operacionais. Já as categorias avaliadas como menos importantes são os DCT, as áreas adjacentes e as interseções. Certas especificidades encontradas nesta avaliação, como a inclusão do traçado entre as categorias de maior importância e das interseções entre as de menor importância, parecem estar relacionadas com o perfil dos profissionais entrevistados, alguns dos quais exercem atividades junto a concessionárias que administram vias expressas rurais, que possuem particularidades que as diferenciam das vias expressas urbanas.

No que tange à análise de variância, se constata que não existem diferenças significativas na percepção dos funcionários privados em relação a quase todas as categorias que foram avaliadas, com a exceção dos DCT, cuja avaliação pode ser considerada heterogênea.

Na Tabela 5.7 podem ser vistos os resultados da avaliação realizada pelos funcionários de empresas e entidades públicas.

Tabela 5.7. Resumo dos resultados da avaliação dos funcionários públicos

Categoria	Média	DPadrão	CV (%)
Traçado	4,36	0,929	21,31
Seção transversal	3,50	0,855	24,43
Pavimento	4,36	0,745	17,09
Sinalização	4,07	0,829	20,37
DCT	3,07	0,917	29,87
Áreas adjacentes	3,43	0,938	27,35
Condições operacionais	4,64	0,497	10,71
Interseções	4,71	0,611	12,97

De acordo com a avaliação realizada por esses profissionais, todas as categorias se encontram em uma faixa da escala situada entre importância moderada e muito alta. Os funcionários públicos deram maior importância às características ligadas às interseções e às condições operacionais e também consideraram como menos importantes as características ligadas aos DCT, às áreas adjacentes e à seção transversal.

Ao analisar os coeficientes de variação, se observa que não existem diferenças notáveis na avaliação de todas as categorias pelos funcionários públicos, pelo que suas respostas podem ser consideradas uniformes e bastante confiáveis.

Já na Tabela 5.8 são apresentados os principais resultados das notas atribuídas pelos pesquisadores e professores das universidades.

Tabela 5.8. Resumo dos resultados da avaliação dos pesquisadores universitários

Categoria	Média	DPadrão	CV (%)
Traçado	4,12	1,054	25,58
Seção transversal	3,71	0,920	24,80
Pavimento	4,35	0,702	16,14
Sinalização	4,12	0,697	16,92
DCT	2,94	0,899	30,58
Áreas adjacentes	3,65	0,996	27,29
Condições operacionais	4,35	0,606	13,93
Interseções	4,35	0,932	21,42

Os pesquisadores universitários também consideraram que todas as categorias se encontram incluídas na faixa da escala entre importância moderada e muito alta. Eles atribuíram maior importância às características associadas às interseções, às condições operacionais e ao pavimento. Por sua vez, avaliaram como menos importantes as características ligadas aos DCT, às áreas adjacentes e à seção transversal.

Quanto à homogeneidade das respostas, pode-se destacar que não existem diferenças significativas na percepção dos pesquisadores universitários em relação à grande maioria das categorias avaliadas. A exceção é precisamente a categoria DCT, que além de ser avaliada como a menos importante, apresenta um CV que evidencia pouca uniformidade das notas atribuídas.

- *Análise integrada da avaliação*

Em geral, as notas mais altas para o conjunto de categorias, em média, foram atribuídas pelos funcionários de empresas privadas (4,09), enquanto as menores notas foram dadas pelos pesquisadores universitários (3,95). Nota-se, contudo, que foram bastante próximas neste aspecto as avaliações realizadas pelos 3 grupos, encontrando-se a importância média atribuída ao conjunto de categorias na faixa da escala correspondente a alta importância. Na Figura 5.3 é representada graficamente a avaliação realizada por cada grupo entrevistado.

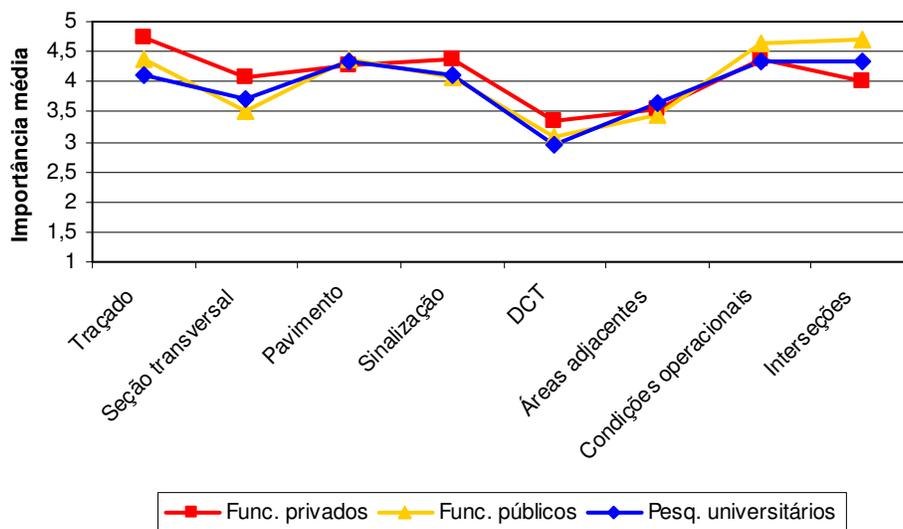


Figura 5.3. Importância média das categorias atribuída pelos grupos de profissionais.

Ressalta a importância dada pelos 3 grupos de profissionais às condições operacionais, ao pavimento e à sinalização, enquanto a categoria interseções é também destacada por dois dos grupos. As características associadas aos DCT e às áreas adjacentes são avaliadas como as de menor importância por todos os grupos, sendo a seção transversal avaliada dessa maneira também por dois dos grupos. Resulta significativo que todos os grupos coincidiram em avaliar como menos importante a categoria DCT.

Na maioria dos casos, verifica-se que a homogeneidade das respostas de todos os grupos é maior na avaliação das categorias assinaladas como mais importantes. A percepção dos profissionais apresenta maior diferença na avaliação das categorias consideradas menos importantes, tais como os DCT e as áreas adjacentes.

Ao analisar o conjunto das categorias avaliadas, as respostas mais homogêneas foram dadas pelos funcionários privados, com um CV médio de 20,33%, apesar de ser um dos grupos que avaliou uma das categorias de maneira heterogênea (caso de DCT). Já as respostas menos uniformes correspondem, em média, aos pesquisadores universitários (CV médio de 22,08%). Contudo, considera-se que a avaliação de cada um dos grupos foi homogênea.

Antes de escolher uma ferramenta que permita conhecer a magnitude das diferenças entre as respostas dos grupos, é necessário saber se a amostra apresenta uma distribuição normal. Para isto, se realizam de maneira prévia dois testes de aderência à normalidade:

Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk (FIELD, 2009), utilizando o *software* SPSS Statistics.

Na Tabela 5.9 são mostrados os resultados dos testes de normalidade das respostas dos profissionais. Valores de significância inferiores que 0,05 indicam que a variável analisada não tem uma distribuição normal; esses valores aparecem ressaltados na tabela em cor vermelha.

Tabela 5.9. Resumo dos resultados dos testes de normalidade

Categoria	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Significância	Estatística	df	Significância
Traçado	0,350	42	0,000	0,707	42	0,000
Seção transversal	0,239	42	0,000	0,871	42	0,000
Pavimento	0,247	42	0,000	0,817	42	0,000
Sinalização	0,276	42	0,000	0,767	42	0,000
DCT	0,243	42	0,000	0,873	42	0,000
Áreas adjacentes	0,181	42	0,001	0,913	42	0,004
Condições operacionais	0,322	42	0,000	0,727	42	0,000
Interseções	0,361	42	0,000	0,722	42	0,000

Os resultados dos testes de normalidade indicam que as respostas para todas as variáveis não apresentam uma distribuição normal. Dessa forma, para analisar as diferenças entre as avaliações dos grupos se utiliza o teste de Kruskal-Wallis. Este é um teste não paramétrico usado para a análise de dois ou mais grupos de comparação, no qual não é preciso considerar qualquer premissa sobre o tipo de distribuição da amostra ou a heterogeneidade de variâncias (FIELD, 2009). Esta ferramenta permite avaliar se a variabilidade verificada nos dados amostrais é devida ao tratamento (neste caso, aos grupos de avaliadores) ou se é decorrente de variações aleatórias da amostra. Para sua execução também é utilizado o *software* SPSS Statistics.

Na Tabela 5.10 mostra-se um resumo dos resultados do teste de Kruskal-Wallis para o conjunto de todos os grupos pesquisados. Valores de significância inferiores a 0,05 indicam que existem diferenças significativas entre as respostas dos grupos ao nível de significância de 5% (MCDANIEL e GATES, 2006).

Tabela 5.10. Resumo dos resultados do teste de Kruskal-Wallis para o conjunto dos grupos

Categoria	Média	DPadrão	Chi-Quadrado	Significância
Traçado	4,36	0,932	3,513	0,173
Seção transversal	3,74	0,857	2,768	0,251
Pavimento	4,33	0,650	0,407	0,816
Sinalização	4,17	0,762	1,188	0,552
DCT	3,10	1,008	0,667	0,716
Áreas adjacentes	3,55	0,942	0,402	0,818
Condições operacionais	4,45	0,593	2,024	0,363
Interseções	4,38	0,854	4,784	0,091

Quando se analisam em conjunto as respostas de todos os questionários, verifica-se que as categorias avaliadas como as mais importantes são as condições operacionais e as interseções (4,45 e 4,38, respectivamente), enquanto as menos importantes correspondem aos DCT (3,10) e às áreas adjacentes (3,55).

Quanto à homogeneidade das respostas, comprova-se que para todas as categorias não há diferenças significativas entre avaliações dos diferentes grupos a um nível de significância de 5%. Isto significa que as respostas dadas pelos 3 grupos de profissionais são homogêneas e que é possível agrupá-las sem prejudicar a análise.

- *Obtenção dos pesos das categorias*

A importância de cada categoria N_j é calculada mediante a determinação da média dos pesos médios atribuídos por cada grupo de profissionais. O cálculo é realizado utilizando a Equação 5.1.

$$N_j = \frac{N_{jC} + N_{jP} + N_{jU}}{3} \quad \text{EQ. 5.1}$$

onde:

N_j = importância da categoria j ,

N_{jC} = importância média atribuída à categoria j pelos funcionários de vias sob concessão

N_{jP} = importância média atribuída à categoria j pelos funcionários de entidades públicas

N_{jU} = importância média atribuída à categoria j pelos pesquisadores universitários

Assim, na Tabela 5.11 é apresentada a importância para a segurança do tráfego em vias expressas urbanas de cada uma das categorias viárias consideradas, de acordo com a avaliação realizada pelos profissionais.

Tabela 5.11. Importância para a segurança do tráfego das categorias consideradas

Categoria	Importância
Traçado	4,36
Seção transversal	3,74
Pavimento	4,33
Sinalização	4,17
DCT	3,10
Áreas adjacentes	3,55
Condições operacionais	4,45
Interseções	4,38

- *Análise comparativa com outros tipos de vias*

Apesar das vias expressas apresentarem características que as diferenciam de outros tipos de vias, convém realizar uma comparação dos resultados obtidos nesta etapa com estudos executados em vias de outro tipo, no âmbito brasileiro. Em específico, compara-se a importância atribuída às categorias selecionadas para as vias expressas urbanas com a avaliação realizada para categorias consideradas como equivalentes – de acordo com as características viárias que as formam - em rodovias rurais de pista simples e em vias arteriais e coletoras urbanas.

Na Tabela 5.12 mostram-se os resultados das avaliações obtidas por NODARI e LINDAU (2003) e SAMPEDRO e CAMPOS (2006) para esses dois tipos de via, respectivamente, além dos resultados obtidos nesta pesquisa. Para facilitar a visualização e a própria realização da comparação, nas colunas da esquerda se colocam as categorias consideradas neste estudo e suas equivalentes nas outras pesquisas. Este ordenamento é realizado relacionando as características agrupadas em cada tipo de via, pois na maioria dos casos o número e a natureza das características agregadas em uma mesma categoria não coincidem completamente, embora apresentem semelhanças. É necessário salientar, ainda, que as escalas utilizadas em todas as avaliações são diferentes e que tanto para a avaliação

das rodovias quanto para as vias arteriais e coletoras urbanas foram utilizadas algumas categorias que não são levadas em conta nesta análise, pois não existem categorias equivalentes entre as consideradas para as vias expressas.

Tabela 5.12. Importância das categorias consideradas, segundo o tipo de via

Categorias equivalentes			Peso ou importância		
Vias expressas	Rodovias rurais de pista simples	Vias arteriais e coletoras urbanas	Vias expressas	Rodovias de pista simples	Vias arteriais e colet. urbanas
Traçado	Curvas	Traçado	4,36	7,31	4,44
Seção transversal	Seção transversal	Seção transversal	3,74	7,19	4,48
Pavimento	Sup. pavimento	Pavimento	4,33	7,51	4,04
Sinalização	Sinalização	Sinalização	4,17	7,99	4,48
DCT	-	DCT	3,10	-	4,22
Áreas adjacentes	Laterais	Áreas adjacentes	3,55	7,76	3,26
Cond. operacionais	-	Cond. operacionais	4,45	-	4,00
Interseções	Interseções	Interseções	4,38	7,64	4,56

Fonte: Nodari e Lindau (2003) e Sampredo e Campos (2006)

Constata-se que nas vias expressas as características mais importantes para a segurança do tráfego estão associadas às condições operacionais e às interseções, o que parece ter relação com a particularidade dessas vias de canalizarem grandes volumes de veículos circulando a grande velocidade em ambientes urbanos. Por sua vez, se pode observar que nas rodovias de pista simples, as categorias de maior peso para a segurança são “sinalização” e “laterais da via”, enquanto que nas vias arteriais e coletoras se destacam por sua importância as “interseções”, a “sinalização” e a “seção transversal”.

A categoria “interseções” é salientada entre as mais importantes também nas rodovias de pistas simples, o que demonstra o efeito potencial desses locais na ocorrência de acidentes de trânsito no conjunto da malha viária.

Aos DCT e às áreas adjacentes foram atribuídas as menores notas nas vias expressas urbanas. Nas rodovias de pista simples, as categorias ligadas à geometria da via (“seção transversal” e “curvas”) foram avaliadas como as de menor efeito sobre a segurança. Já nas vias arteriais e coletoras urbanas, as “áreas adjacentes” e as “condições operacionais” foram consideradas como menos importantes.

São interessantes os julgamentos das características relacionadas com as áreas laterais da via. Nos casos das vias urbanas, essa categoria foi considerada entre as de menor importância, apesar de que em teoria pode resultar significativa a influência do entorno sobre os usuários do trânsito em ambientes urbanos. Acredita-se que nesses resultados podem ter influenciado fatos como o maior controle de acessos nas vias expressas e as menores velocidades de circulação que, normalmente, desenvolvem os motoristas em vias arteriais e coletoras.

Em geral, os resultados obtidos para os três tipos de vias apresentam diferenças que, à margem das diferenças dos procedimentos utilizados na avaliação, refletem também as especificidades de características físicas, geométricas, operacionais e de trânsito entre elas.

5.3.4. Avaliação das características da via

Esta etapa abre a fase de aplicação do procedimento. Nesta seção se descrevem os métodos utilizados para avaliar o efeito das características selecionadas sobre a segurança em uma via expressa determinada. São detalhados aspectos vinculados aos avaliadores, à amostra, aos questionários utilizados, entre outros.

- *Avaliadores*

Alguns estudos avaliam a influência das características da via sobre a segurança do tráfego utilizando o conhecimento de especialistas que atuam na área de Engenharia de Tráfego e Segurança Viária (NODARI e LINDAU, 2003; SAMPEDRO e CAMPOS, 2006). Por sua vez, outras pesquisas abordam a percepção dos usuários sobre os riscos dessas características (TARKO e DESALLE, 2003; DIÓGENES *et al.*, 2005).

Nesta tese, no entanto, pretende-se abordar o problema a partir da consideração conjunta dos pontos de vista dos usuários e dos especialistas. Alguns aspectos justificam a adoção desta abordagem:

- Necessidade de entender e analisar de maneira balanceada a percepção dos usuários e a opinião de profissionais com conhecimentos técnicos apropriados a respeito do efeito das condições das características da via na segurança do tráfego;

- Embora os usuários não possuam ou não utilizem noções técnicas no momento de participar do sistema de tráfego, são eles os que de forma freqüente lidam com o ambiente viário e precisam reagir a situações associadas a este;
- A magnitude dos riscos potenciais das condições das características da via é calibrada pelos usuários de maneira diferente, mais ou menos objetiva, mas real;
- A experiência e os conhecimentos técnicos dos profissionais são fundamentais para complementar o entendimento das relações entre as características da via e a ocorrência de acidentes de trânsito;
- Os profissionais têm entre suas funções rotineiras analisar e gerenciar a operação da via, incluídos os aspectos da segurança, o que garante um conhecimento imprescindível das condições de segurança e sua relação com aspectos do tráfego e do entorno, e
- Estudos mostram a coerência entre a percepção dos usuários, a opinião dos especialistas e as condições reais ou potenciais de segurança oferecidas pela infraestrutura viária (NODARI, 2003; DIÓGENES *et al.*, 2005; DIÓGENES, 2008).

No caso da avaliação das características da via realizada pelos usuários, serão considerados três tipos de usuários, relacionados com tipos de veículos que circulem com freqüência por vias expressas: motoristas de veículos de passeio e de utilitários, motoristas de ônibus e motociclistas. Excluem-se motoristas de caminhões, pedestres e ciclistas pelas limitações impostas ao tráfego de caminhões em certos horários e trechos, e de bicicletas e de pedestres em este tipo de vias.

Apenas deverão realizar a avaliação usuários que utilizem a via expressa com uma freqüência igual o maior que três dias por semana.

A outra parte da avaliação é direcionada aos profissionais encarregados do gerenciamento da operação e da segurança do tráfego da via, com a perspectiva de que esta seja uma avaliação com um foco técnico maior. De maneira adicional, a avaliação das condições de segurança poderá ser realizada por especialistas de Tráfego e Segurança Viária que circulem pela via com uma freqüência, no mínimo, semanal.

- *Amostra*

Em estudos de tráfego é praticamente impossível trabalhar com a população total (DNIT, 2006). Assim, é preciso trabalhar com amostras, que sempre incluem margens de erro de estimativa das variáveis. A determinação do tamanho da amostra envolve questões estatísticas e de recursos materiais. Segundo MCDANIEL e GATES (2006), o tamanho da amostra é inversamente proporcional ao erro admissível; portanto, é importante definir um tamanho da amostra adequado para que a precisão dos resultados se situe dentro dos limites pré-estabelecidos. O tamanho da amostra pode ser determinado utilizando a Equação 5.2.

$$n = \frac{(k\sigma)^2}{E^2} \quad \text{EQ. 5.2}$$

onde:

n = tamanho mínimo da amostra

k = coeficiente representativo do nível de confiança

σ = desvio padrão da amostra, expressado como CV

E = erro admissível

Como esses dados não são conhecidos, é necessária sua estimativa prévia. O nível de confiança (k) e o erro (E) precisam ser estabelecidos pelo pesquisador, lembrando que esses parâmetros estão baseados não apenas em critérios estatísticos, mas também em aspectos relacionados com a disponibilidade de recursos e as particularidades da metodologia proposta, especificamente suas condições de aplicação. Assim, são recomendados um nível de confiança de 95% ($k = 1,96$), utilizado anteriormente por DIÓGENES *et al.* (2005), e um $E = 10\%$, valor normalmente considerado como aceitável, podendo chegar a 20% em algumas condições (MCDANIEL e GATES, 2006; MALHOTRA, 2006).

Já para realizar a estimativa do desvio-padrão podem ser utilizadas uma ou várias combinações das seguintes abordagens: utilização de resultados de uma pesquisa anterior, execução de uma pesquisa piloto, emprego de dados secundários, caso estejam disponíveis, e uso do julgamento do próprio pesquisador (MCDANIEL e GATES, 2006). Considerando as particularidades do procedimento proposto, se prefere o emprego da primeira opção. Dessa forma, o desvio-padrão é estabelecido em função dos resultados da pesquisa realizada por DIÓGENES (2008), na qual usuários também avaliaram condições de

segurança da infraestrutura viária (no caso, destinada aos pedestres). O CV médio das avaliações realizadas por esses usuários foi de 30,43%, valor que será usado na presente pesquisa.

Aplicando a Equação 5.2 se obtém uma amostra de 35,57 questionários ou 36 como mínimo para serem aplicados entre os usuários. Esse é um valor recomendado de acordo com as especificidades e as condições desta pesquisa, que poderá ser modificado em função dos recursos disponíveis e da precisão desejada.

- *Questionários*

Para a avaliação das características da via, são usados questionários semi-estruturados aplicados individualmente da forma face a face.

No caso da pesquisa com usuários, os questionários serão aplicados preferencialmente em locais fora da via para evitar a necessária interrupção da viagem e da circulação e as dificuldades decorrentes. No caso de contar com os dados correspondentes, os motoristas de automóveis, de ônibus e de motocicletas deverão ser entrevistados em um número proporcional ao volume desses veículos dentro do fluxo de tráfego. Já os especialistas poderão ser entrevistados no local de trabalho, ou seja, na entidade encarregada do gerenciamento e da operação da via.

Em todos os casos, os avaliadores deverão escolher um critério - seguindo uma escala predeterminada – de acordo com sua percepção sobre o efeito da característica sobre a segurança do tráfego. Eventuais esclarecimentos técnicos que facilitem sua compreensão poderão ser oferecidos pelo entrevistador, sobretudo aos usuários.

No Apêndice II são mostrados os questionários para a avaliação das características da via pelos usuários e pelos especialistas.

- *Escala de critérios de avaliação*

A escolha de um grupo de critérios apropriados para avaliar a percepção dos usuários e a opinião dos especialistas sobre o efeito das características da via na segurança é importante para a obtenção de resultados mais precisos. Diversos aspectos foram considerados para selecionar a escala de critérios utilizada neste caso, destacando entre eles:

- Número reduzido de critérios, considerando as condições da aplicação e o tempo de resposta aos questionários aplicados na via;
- Abrangência, garantindo que todas as opções apresentadas reflitam realmente os efeitos possíveis das características dependendo de suas condições específicas;
- Operacionalidade, que assegura que cada característica é avaliável com cada critério e possibilita sua avaliação subjetiva a partir da percepção ou da opinião dos entrevistados, considerando o possível nível de conhecimento dos usuários, e
- Redundância, que garanta a ausência de critérios repetidos e a completa independência dos critérios escolhidos pelos avaliadores.

Assim, foi escolhida uma escala de 5 critérios para avaliar o efeito das características da via sobre a segurança do tráfego, como apresentado na Figura 5.4. A cada critério corresponde um peso determinado, não informado aos respondentes. No processamento posterior das respostas, cada critério escolhido será substituído pelo seu peso correspondente.

Efeito negativo na segurança do tráfego				
 muito baixo	baixo	moderado	alto	 muito alto
1	2	3	4	5

Figura 5.4. Escala de critérios de avaliação do efeito das características na segurança.

Na Tabela 5.13 é definida a maneira como se devem interpretar os diferentes critérios de avaliação estabelecidos.

Tabela 5.13. Definição dos critérios de avaliação das características da via.

Critério	Peso	Definição	Probabilidade (%)
“muito alto”	5	As condições ou o estado que apresenta a característica representa um risco potencial muito alto para a ocorrência de acidentes de trânsito e/ou para o aumento da sua severidade.	81 – 100
“alto”	4	As condições ou o estado que apresenta a característica representa um risco potencial alto para a ocorrência de acidentes de trânsito e/ou para o aumento da sua severidade.	61 – 80
“moderado”	3	O risco potencial de ocorrência de acidentes e/ou do aumento de sua severidade devido às condições ou ao estado no qual se encontra a característica é moderado.	41 – 60
“baixo”	2	O risco potencial de ocorrência de acidentes e/ou do aumento de sua severidade devido às condições ou ao estado no qual se encontra a característica é baixo.	21 – 40
“muito baixo”	1	As condições ou o estado apresentado pela característica apenas aumentam a probabilidade de ocorrência de acidentes de trânsito e/ou o aumento de sua severidade.	1 - 20

- *Análise dos dados*

Como já foi mencionado, inicialmente cada critério escolhido é substituído pelo peso numérico correspondente em todas as respostas. Os dados coletados, então, são submetidos a uma análise individual, por separado, dos resultados da pesquisa com usuários e da pesquisa com especialistas. Em cada um dos casos, são realizadas análises estatísticas para comparar as respostas entre os diferentes grupos entrevistados, como cálculo da média, da variância e teste de significância.

5.3.5. Análise comparativa dos resultados

Nesta etapa se realiza uma análise comparativa dos resultados de ambas as pesquisas, o que permite identificar os pontos nos quais coincidem os usuários da via e os especialistas e os aspectos de maior diferença entre eles, e constatar a magnitude dessas diferenças. A constatação da magnitude das diferenças entre as respostas dos usuários e dos especialistas

é essencial para dar suporte ao desenvolvimento das etapas ulteriores de modelagem e hierarquização.

Previamente à seleção da ferramenta estatística para analisar as diferenças entre os dois grupos, é preciso comprovar a normalidade da distribuição das respostas, para o que se recomenda a realização de um teste de aderência à normalidade, por exemplo, o Kolmogorov-Smirnov.

Nos casos nos quais se constata que as avaliações apresentam uma distribuição normal, a análise das diferenças entre as respostas dos usuários e dos especialistas é realizada através de uma Análise Multivariada de Variância ou *Multivariate Analysis of Variance* (ANOVA). A ANOVA permite verificar se a variabilidade observada nos dados amostrais é devida ao tratamento ou se é decorrente de variações aleatórias da amostra. É uma ferramenta bastante robusta utilizada para a análise de dois ou mais grupos de comparação e que tem entre suas principais pré-suposições a normalidade das amostras e a homogeneidade de variâncias (FIELD, 2009). Ao se comprovar que a variabilidade dos dados se deve à existência de dois grupos na pesquisa, se estará constatando que as avaliações dos usuários e dos especialistas sobre o efeito das características da via na segurança apresentam diferenças significativas.

Nos casos nos quais se verifica que a distribuição das respostas não é normal, o teste de Kruskal-Wallis deve ser aplicado para a análise das diferenças entre as respostas dos grupos. Como já foi dito, este é um teste não paramétrico usado para análises comparativas de dois ou mais grupos no qual não é necessário considerar qualquer pré-suposição sobre o tipo de distribuição da amostra ou a heterogeneidade de variâncias (FIELD, 2009).

5.3.6. Modelagem do efeito da infraestrutura

A penúltima etapa tem como objetivo a formulação de um modelo do efeito da infraestrutura (EI) das vias expressas urbanas sobre a segurança a partir da consolidação conjunta da avaliação das diferentes características físicas e operacionais da via realizada por usuários e por especialistas. Este modelo tem como variáveis dependentes as notas atribuídas às características a partir da percepção do risco dos usuários e da opinião dos especialistas e os pesos atribuídos pelos profissionais às categorias em função de sua importância para a segurança (obtidos na Etapa 3, ver Item 5.4.3), utilizando a Equação 5.3.

A expressão para o cálculo do efeito da infraestrutura está representada na Equação 5.3.

$$EI = \sum \frac{N_j + P_g C_i}{2} \quad \text{EQ. 5.3}$$

onde:

EI = efeito da infraestrutura

N_j = importância da categoria j

$P_g C_i$ = peso integrado da característica i

Na modelagem, um aspecto importante é o cálculo dos pesos das características. Em outros estudos consultados calculam-se esses pesos a partir de avaliações realizadas por especialistas (NODARI e LINDAU, 2003; SAMPEDRO e CAMPOS, 2006). Nesta pesquisa a questão é, entretanto, determinar o efeito das características das vias expressas a partir da integração dos pesos atribuídos às características, dentro de cada categoria, pelos usuários e pelos especialistas, isto é, determinar o peso integrado da característica.

Assim, a integração dos pesos atribuídos pelos usuários e pelos especialistas num único peso para cada característica dentro de cada categoria é realizada calculando a média, segundo mostrado na Equação 5.4, no caso de que não existam diferenças significativas entre as respostas de ambos os grupos. Alguns estudos mostram avaliações deste tipo realizadas por usuários e por especialistas que não apresentam diferenças notáveis e podem ser agrupadas sem prejudicar a análise (DIÓGENES *et al*, 2005; DIÓGENES, 2008).

$$P_g C_i = \frac{P_e + P_u}{2} \quad \text{EQ. 5.4}$$

onde:

$P_g C_i$ = peso integrado da característica i

P_e = peso médio atribuído pelos especialistas à característica i

P_u = peso médio atribuído pelos usuários à característica i

No caso em que as respostas apresentem diferenças significativas entre especialistas e usuários, a integração dos pesos atribuídos por ambos os grupos num único peso para cada característica se realiza mediante a determinação da média geométrica, de acordo com a Equação 5.5. NODARI (2003) argumenta que “*diferentemente da média aritmética, a*

média geométrica se caracteriza por penalizar a variabilidade dos valores utilizados para a obtenção da média. Seu uso é normalmente indicado para os casos de qualidades multiplicativas ou não compensatórias”.

$$P_g C_i = \sqrt{P_e \times P_u} \quad \text{EQ. 5.5}$$

onde:

$P_g C_i$ = peso integrado da característica i

P_e = peso médio atribuído pelos especialistas à característica i

P_u = peso médio atribuído pelos usuários à característica i

5.3.7. Elaboração do Quadro de Prioridades de Intervenção

Esta etapa encerra a fase de aplicação, e também todo o procedimento proposto para avaliar o efeito da infraestrutura das vias expressas sobre a segurança do tráfego. O principal objetivo desta etapa é elaborar o Quadro de Prioridades de Intervenção (QPI), um elemento gráfico que é concebido como uma ferramenta por meio da qual as autoridades encarregadas do gerenciamento da via possam identificar de maneira simples e rápida quais características e categorias devem ser tratadas com prioridade no processo de melhoria das condições de segurança oferecidas pela via expressa urbana avaliada.

O QPI é um quadro no qual as diferentes características da via são apresentadas com cores diferentes em função de seu EI, ou seja, das notas atribuídas após a avaliação. As cores são atribuídas de acordo com uma escala criada na qual cada cor corresponde a um nível de prioridade de intervenção determinado, facilitando a visualização das características que precisam de um tratamento mais urgente. Os intervalos que definem os níveis de prioridade de intervenção não são iguais. Os intervalos para prioridades “muito alta” e “alta” são menores do que para as prioridades “muito baixa” a “média”. Eles são menores em função do fato de que a avaliação prévia das categorias (realizada anteriormente no item 5.3.3), expressa pela variável N_j , ter se concentrado numa faixa de valores acima da média.

Adicionalmente, no QPI as categorias também são apresentadas com cores, o que facilita a identificação rápida dos elementos gerais da via que demandam intervenções prioritárias. Na Tabela 5.14 se mostram os valores do EI e sua correspondência na escala de

cores, e se definem a natureza das ações a tomar de acordo com sua prioridade de intervenção.

Tabela 5.14. Definição dos critérios de avaliação das características da via.

EI	Prioridade de intervenção	Definição	Cor
4,51 – 5,00	Muito alta	É necessária a adoção de ações imediatas para melhorar as condições da característica e minimizar seu efeito negativo sobre a segurança do tráfego.	Red
4,00 – 4,50	Alta	Requer a execução de ações no curto prazo para melhorar as condições da característica e diminuir seu efeito negativo sobre a segurança do tráfego.	Yellow
3,00 – 3,99	Média	É preciso adotar medidas, que podem ser de caráter preventivo, no médio prazo, para evitar a deterioração das condições da característica.	Light Green
2,00 – 2,99	Baixa	Apenas se requer a adoção de medidas preventivas no longo prazo, e em função da disponibilidade de recursos; manutenção das ações de conservação rotineiras.	Light Blue
1,00 – 1,99	Muito baixa	Apenas é necessária a realização das ações de conservação rotineiras.	Blue

Para obter o EI de cada categoria, calcula-se a média dos EI de todas as características incluídas na categoria em questão, de acordo com a Equação 5.6.

$$EI_j = \frac{\sum (EI_i + \dots + EI_k)}{a} \quad \text{EQ. 5.6}$$

onde:

EI_j = efeito da infraestrutura da categoria j

EI_i = efeito da infraestrutura da característica i ($i = 1, \dots, k$)

a = número de características agrupadas na categoria j

Outras informações que aparecem no quadro se referem à via e ao trecho que está sendo analisado, bem como a data da avaliação. Este último dado é importante, pois o QPI é um instrumento de acentuado caráter temporário, isto é, as informações que fornece refletem a avaliação das condições da via no momento em que foi realizada a pesquisa com os especialistas e os usuários.

5.4. Considerações finais

Neste Capítulo foi apresentado o procedimento proposto para avaliar e modelar o efeito da infraestrutura na segurança do tráfego em vias expressas urbanas e explicada suas diferentes etapas e os métodos utilizados para seu desenvolvimento. Com maior nível de detalhamento, foram desenvolvidas as etapas correspondentes à fase de sistematização.

Na primeira etapa foram identificadas e selecionadas as características que maior influência têm na segurança do tráfego das vias expressas urbanas no âmbito brasileiro, sendo ainda agrupadas em categorias para facilitar sua avaliação nas restantes etapas do procedimento. Na segunda etapa, é realizada a estruturação da avaliação. Já na terceira etapa, a importância das categorias foi avaliada através da aplicação de questionários junto a profissionais da área de Engenharia de Tráfego.

Assim, como principais resultados da fase de sistematização do procedimento se destacam a escolha de 31 características físicas e operacionais das vias expressas urbanas para serem avaliadas, seu agrupamento em 8 categorias e a avaliação da importância dessas categorias. Com base na pesquisa realizada, verifica-se que as categorias mais importantes são as condições operacionais e o traçado, enquanto os DCT e as áreas adjacentes foram indicadas como as de menor importância. A obtenção desses resultados contribui diretamente para esclarecer e responder a Questão 1 estabelecida na Introdução deste trabalho.

Além da própria apresentação do procedimento, a importância deste Capítulo também está fundamentada em que, após o desenvolvimento e encerramento da fase de sistematização, se consolidam um conjunto de resultados e de dados que podem ser utilizados de forma válida na avaliação da segurança do tráfego em qualquer via expressa urbana brasileira, subsidiando neste sentido a execução da fase de aplicação nessas vias.

Para poder verificar o nível de aplicabilidade do procedimento proposto e calibrar sua utilidade como ferramenta para gerenciar as condições de segurança oferecidas por uma via se requer sua aplicação em um estudo de caso real. A aplicação prática de sua fase complementar deve facilitar a constatação de eventuais dificuldades e limitações não identificadas no processo de elaboração, sobretudo no referente aos métodos propostos nessa fase do procedimento, e a posterior inclusão das correções necessárias.

Para isto, é apresentada no Capítulo 6 a execução da fase de aplicação do procedimento proposto em uma das principais vias expressas da malha viária da cidade do Rio de Janeiro: a Linha Amarela. Administrada sob o regime de concessão, a Linha Amarela é uma via estratégica para o funcionamento do trânsito na capital fluminense, que comunica a Zona Oeste - uma região com um elevado potencial de crescimento econômico e da população - com a região central da cidade. Seu traçado atravessa bairros densamente povoados e apresenta trechos com túneis e viadutos.

Ainda, são discutidos os resultados da aplicação dessa fase do procedimento neste estudo de caso.

CAPÍTULO 6

APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO – ESTUDO DE CASO

6.1. Considerações iniciais

Neste Capítulo é desenvolvida a Fase de Aplicação do Procedimento de análise e modelagem da segurança de tráfego num estudo de caso realizado na Linha Amarela, uma das principais vias expressas da cidade do Rio de Janeiro. Diversos aspectos foram levados em conta na escolha da Linha Amarela, entre os quais podem-se mencionar:

- constitui uma via expressa urbana em condições normais de operação;
- alta importância estratégica dentro do sistema viário carioca;
- facilidade para coletar a maior quantidade possível de dados de campo em período de tempo limitado;
- familiaridade do pesquisador com a via, e
- limitados recursos humanos e materiais disponíveis para realizar a pesquisa.

Antes de começar a aplicação da pesquisa, uma inspeção foi executada sobre toda a extensão da via. Essa inspeção, efetuada com a ajuda de um veículo, permitiu a avaliação das condições atuais da maioria dos componentes da infraestrutura viária e a observação das condições operacionais e do entorno, bem como a verificação de informações previamente obtidas.

Antes de detalhar a aplicação das etapas desta fase, se realiza uma caracterização geral da Linha Amarela, com o intuito de apresentar e esclarecer aspectos relacionados com a localização da via, seu entorno, o trânsito, o projeto, sua importância estratégica e as condições da infraestrutura.

Em seguida, é realizada a avaliação do efeito das características físicas e operacionais da via sobre a segurança do tráfego através da aplicação dos questionários. Para essa avaliação, contou-se com a colaboração de 4 especialistas na área de Engenharia de Tráfego da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e de um grupo de condutores de carros e de ônibus que utilizam com frequência a Linha Amarela. Múltiplas análises são realizadas a partir da informação coletada, visando estabelecer as diferenças e semelhanças entre as percepções dos usuários e dos especialistas.

Ao final, são desenvolvidas as etapas restantes do procedimento proposto: é apresentada uma modelagem do efeito das características da via sobre a segurança do tráfego na via estudada e essas características são hierarquizadas de acordo com a magnitude de seu efeito com base na percepção dos usuários e dos especialistas.

6.2. Caracterização da Linha Amarela

A Linha Amarela é oficialmente denominada de Avenida Governador Carlos Lacerda. Em seguida, caracteriza-se de maneira geral essa importante via expressa urbana da cidade do Rio de Janeiro.

6.2.1. Localização da via

A Linha Amarela faz parte do sistema de vias de trânsito rápido da cidade do Rio de Janeiro. Com uma extensão de 15 km e uma orientação geral Sudoeste - Nordeste, a via liga de forma direta a Barra da Tijuca, na Zona Oeste, à Ilha do Fundão, na Zona Norte da cidade. No mapa da Figura 6.1 pode-se observar a localização da Linha Amarela, dentro do sistema de vias de trânsito rápido da capital fluminense.



Figura 6.1. Sistema de vias de trânsito rápido da cidade do Rio de Janeiro.
 Fonte: Elaboração própria sobre Google Maps.

Esta via expressa é formada por 3 trechos bem delimitados, como é mostrado na Figura 6.2. O primeiro trecho, de aproximadamente 10 km, é formado pela Avenida Ayrton Senna (que não funciona propriamente como uma via expressa) e se estende desde a Avenida Sernambetiba até o complexo viário que a liga à Linha Amarela, em Jacarepaguá.

O trecho mais importante se estende desde o viaduto sobre a estrada do Gabinal, na Freguesia, até o viaduto sobre a Avenida dos Democráticos, em Bonsucesso. O último trecho foi construído mais recentemente, e vai do viaduto sobre a Avenida Leopoldo Bulhões até a Ilha do Fundão, e inclui as interseções com a Avenida Brasil e a Linha Vermelha, bem como o acesso à Cidade Universitária. Esses dois últimos trechos funcionam como uma via expressa, com completo controle de acessos e interseções em desnível com as outras vias.



Figura 6.2. Trechos da Linha Amarela.
 Fonte: Elaboração própria sobre Google Maps.

6.2.2. Caracterização do entorno

O entorno da Linha Amarela apresenta uma forte urbanização. Vários bairros importantes, alguns com grande densidade demográfica, são atravessados pela via: Barra da Tijuca, Cidade de Deus, Freguesia, Água Santa, Encantado, Engenho de Dentro, Abolição, Del Castilho, Pilares, Inhaúma, Higienópolis, Bonsucesso e Manguinhos. Na Figura 6.3 mostra-se a imagem de satélite do entorno da via, onde é possível verificar os altos níveis de urbanização que possuem quase todos os bairros atravessados pela mesma.

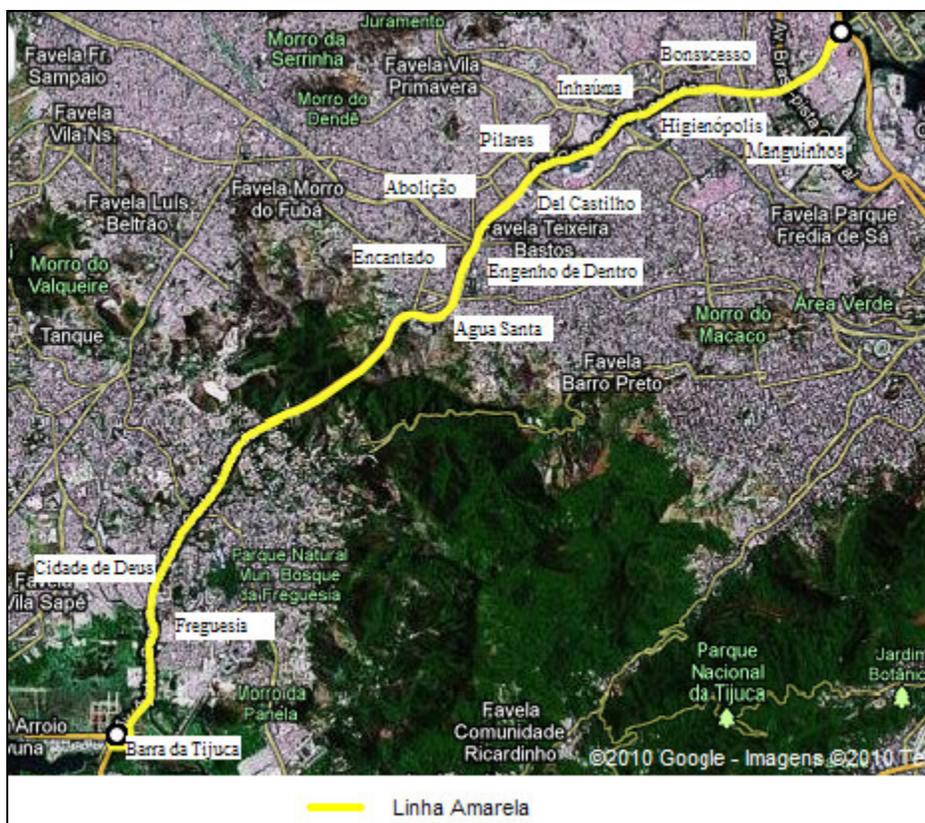


Figura 6.3. Bairros localizados no entorno da Linha Amarela.

Fonte: Elaboração própria sobre Google Maps.

Já na Tabela 6.1 podem-se observar os dados referentes à área superficial, total da população e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos bairros cortados pela via. No total, esses bairros ocupam uma superfície de 80,5 km², o que representa 6,57% da área total da cidade do Rio de Janeiro.

Embora não tenha sido possível obter estimativas atualizadas da população dos bairros, os dados, que são referentes ao Censo demográfico realizado no ano de 2000, permitem estimar que neles habitam aproximadamente 7,15% do total de habitantes da capital fluminense, que em 2009 foi estimada em 6.186.710 habitantes (IBGE, 2010).

Quanto às condições de vida oferecidas, o IDH médio do conjunto desses bairros (0,850) é apenas levemente superior ao IDH médio da cidade do Rio de Janeiro (0,842). Contudo, é interessante a diferença entre bairros como a Barra da Tijuca e Freguesia, que apresentam IDH elevados e outros como Manguinhos e Cidade de Deus, com sérios problemas de violência, infraestrutura básica, saúde, transportes e qualidade de vida, entre outros.

Tabela 6.1. Características dos bairros do entorno da Linha Amarela.

Bairro	Área (km ²)	População*	IDH
Barra da Tijuca	48,2	92.233	0,959
Cidade de Deus	1,2	38.016	0,751
Freguesia	10,4	54.010	0,898
Água Santa	2,4	7.243	0,877
Encantado	1,1	15.412	0,877
Engenho de Dentro	3,9	46.834	0,857
Abolição	0,6	12.346	0,857
Del Castilho	1,4	14.246	0,860
Pilares	1,8	28.956	0,831
Inhaúma	3,5	42.722	0,810
Higienópolis	1,2	16.587	0,882
Bonsucesso	2,2	19.298	0,861
Manguinhos	2,6	31.059	0,726
Total	80,5	418.962	0,850
Rio de Janeiro	1224,6	5.857.904	0,842

* *Referente ao Censo realizado no ano de 2000*

Fonte: IPP (2010)

Para facilitar a integração com o seu entorno, a via conta com 22 saídas e 35 acessos que a ligam aos bairros e comunidades próximas (LAMSA, 2010). Da mesma forma, possui interseções em desnível com 5 das mais importantes vias cariocas: Linha Vermelha, Avenida Brasil, Avenida Pastor Luther King Jr (antiga Automóvel Clube), Avenida Amaro Cavalcanti e Avenida Dom Hélder Câmara, que permitem sua integração e complementação com o sistema viário da cidade.

6.2.3. Caracterização do tráfego

Pela Linha Amarela circula um volume de tráfego muito intenso. De acordo com estudos da CET-Rio, o Volume Médio Diário de Tráfego (VMDT) médio em 2009, na altura do Túnel da Covanca, foi de 91.817 veículos, sendo a grande maioria deles carros ou veículos leves. Apesar de ser uma via destinada ao trânsito rápido de veículos, esse elevado

volume de veículos faz com que se apresentem com frequência condições operacionais difíceis, com tráfego lento, paradas e congestionamentos.

Caminhões, reboques e semi-reboques têm restrições de circulação em determinados horários. Assim, em dias úteis esses veículos pesados não podem trafegar por esta via, no sentido Ilha do Fundão, das 06:30 às 09:30 horas, e no sentido Barra de Tijuca, das 16:00 às 20:00 horas (LAMSA, 2010).

A Linha Amarela funciona também como um importante corredor do transporte público na cidade. Um elevado volume de ônibus circula pela via, em 23 linhas que ligam a Barra da Tijuca e outros bairros da Zona Oeste com o Centro e com bairros da Zona Norte e da Baixada Fluminense.

No que tange à circulação de pedestres, 13 passarelas garantam a travessia dos pedestres em condições adequadas de segurança (Figura 6.4). No entanto, é comum a presença de pessoas na pista vendendo produtos variados durante os congestionamentos ou em situações de tráfego lento.



Figura 6.4. Passarela na Linha Amarela.
Fonte: LAMSA (2010).

6.2.4. Caracterização do projeto

A Linha Amarela começou a ser construída em dezembro de 1994 e foi aberta ao trânsito em novembro de 1997. Para construí-la, foi necessária a desapropriação e a remoção de numerosas residências e instalações localizadas nas áreas afetadas pelo traçado, o que levou à realocação de milhares de pessoas.

Na maior parte de sua extensão, a via expressa apresenta uma seção transversal típica formada por 3 faixas de circulação por sentido, mais os acostamentos (Figura 6.5). Em determinados horários, uma faixa reversível é implementada.



Figura 6.5. Seção transversal típica da Linha Amarela.

Passando principalmente sobre terreno plano, o traçado da via é caracterizado pela presença de curvas horizontais suaves e a ausência de curvas verticais e de aclives e declives pronunciados. No meio do percurso se encontra o maciço da Serra dos Pretos-Forros. Para atravessá-lo se construíram 3 túneis, entre eles o túnel da Covanca (Túnel Eng. Raymundo de Paola Soares), que com uma extensão de 2.187 m constitui um dos maiores túneis urbanos do mundo.

6.2.5. Importância estratégica

A Linha Amarela faz parte do Plano de Linhas Policromáticas idealizado na década dos anos 1960 para dotar o Rio de Janeiro de 5% de vias de trânsito rápido. Sua construção e implantação possibilitaram a complementação do sistema de vias expressas da cidade no final dos anos 1990, com um esquema que se mantém, em essência, até a atualidade.

Além de facilitar a ligação rápida entre a região da Barra da Tijuca e numerosos bairros da Zona Norte e do Centro, o traçado da Linha Amarela corta as principais vias de comunicação da cidade e permite que ela funcione como uma interligação entre os diferentes modais do sistema de transporte público urbano e importantes corredores rodoviários e vias de acesso como a Linha Vermelha, a Avenida Brasil, a Avenida Pastor Luther King Jr. e a Avenida das Américas.

Devido a seus elevados custos e a sua importância para a cidade, a materialização do projeto apenas foi possível graças à parceria desenvolvida entre o Poder Público e a iniciativa privada, que recebeu a responsabilidade de construir e administrar a via sob o regime de concessão. Assim, essa via expressa constitui a única via urbana municipal concedida e pedagiada do país, sendo a Linha Amarela S.A.- LAMSA, a empresa criada com esse intuito e encarregada da operação e da administração da via. Ao longo do traçado existe uma praça de pedágio, localizada no bairro de Água Santa.

O início da operação da Linha Amarela trouxe vantagens evidentes para o transporte e para o desenvolvimento em geral do Rio de Janeiro, entre as quais se destacam:

- Melhoria da interligação e diminuição dos tempos de viagem entre diferentes bairros das zonas Oeste, Norte e Centro da cidade, bem como da acessibilidade de alguns bairros e comunidades que antes ficavam bastante isolados de vias principais da malha viária;
- Diminuição dos congestionamentos e melhoria das condições operacionais em algumas das principais vias das zonas Sul e Oeste da cidade e em trechos da Avenida Brasil e da Linha Vermelha;
- Crescimento acelerado da Barra da Tijuca, do Recreio dos Bandeirantes e de outros bairros da região, que constituem na atualidade alguns dos bairros mais dinâmicos e de maior potencial socioeconômico da capital fluminense;
- Criação de um novo corredor de transporte urbano de passageiros de grande importância para a cidade, que tem ainda a particularidade de ser o único que funciona como uma interligação com a maioria dos outros corredores principais e com os outros modos de transporte público, como o metrô, os ramais do trem suburbano e os acessos rodoviários mais importantes, e
- Melhoria da acessibilidade a locais e instalações sócio-culturais vitais para a cidade do Rio de Janeiro, como a Cidade Universitária, o Estádio Olímpico João Havelange, o Complexo Olímpico da Barra da Tijuca, as praias da Barra e do Recreio dos Bandeirantes, a Cidade da Música (ainda em construção), entre outras.

6.2.6. Condições da infraestrutura

Durante a inspeção preliminar realizada na Linha Amarela, foi possível verificar as condições gerais dos elementos mais importantes da infraestrutura viária. Foram constatados, sobretudo, aspectos associados à geometria da via, ao pavimento, à sinalização, à iluminação, às interseções e às condições dos túneis e viadutos.

A via apresenta um traçado suave, principalmente plano e com curvas abertas, que junto a uma largura de faixas adequada e ao canteiro central de tipo “New Jersey” proporciona comodidade e segurança ao circular a velocidade regulamentada na via. Quanto ao pavimento, em quase toda a via se apresenta em boas condições, sem buracos, fissuras ou desníveis notáveis.

A via se encontra bem sinalizada. As marcas no pavimento e as placas apresentam boas condições técnicas e se utilizam de maneira correta. A sinalização sonora e luminosa complementar é conveniente e aumenta a segurança de motoristas e passageiros. São bem utilizados também os painéis de mensagens variáveis. As condições da iluminação são apropriadas e facilitam a circulação em horário noturno.

São boas as condições observadas em todos os túneis e na maioria dos viadutos, incluído o túnel da Covanca, com todos os sistemas de suporte técnico funcionando com normalidade, incluindo iluminação, sinalização e ventilação. Quanto ao ruído, se verificou a existência de atenuadores de poluição sonora em determinados locais da via.

Embora não tenha sido possível percorrer todas as interseções em desnível, a maioria se encontra bem sinalizadas, possuem faixas auxiliares nos acessos e saídas e apresentam um desenho bastante simples, incluídas as alças de ligação.

A LAMSA conta com um sistema de apoio aos usuários, gerenciado a partir do Centro de Controle Operacional (CCO), que é auxiliado por infraestrutura de rádio-comunicação, câmeras de monitoramento, atendimento telefônico de emergência e sistemas de controle de poluição para acionar, em caso de necessidade, a ajuda complementar, como o serviço de reboque, médicos de emergência, Corpo de Bombeiros, etc.

6.3. Avaliação das características da via

Neste item é realizada a avaliação do efeito das características físicas e operacionais da Linha Amarela na segurança do tráfego, mediante a aplicação dos questionários junto a especialistas e a usuários dessa via expressa e a análise dos seus resultados.

6.3.1. Avaliação realizada pelos especialistas

Pelas particularidades da via escolhida e para simplificar a aplicação do procedimento, optou-se pela participação no estudo de especialistas que não trabalham diretamente no gerenciamento da operação e da segurança do tráfego da via. Dessa forma, para avaliar o efeito das características da via na segurança do tráfego contou-se com a colaboração de 4 professores do Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ, especialistas na área de Engenharia de Tráfego, com ampla experiência e que utilizam a Linha Amarela com frequência. O tempo médio de permanência no cargo desses profissionais é de 24 anos e a pesquisa foi executada no mês de janeiro de 2010.

Na Tabela 6.2 são apresentados os resultados da análise de variância da avaliação do efeito das características da via expressa sobre a segurança do tráfego realizada pelos especialistas. As avaliações com CV iguais ou menores que 30% podem ser consideradas homogêneas (COSTA NETO, 1977).

A quase todas as características foram atribuídos efeitos sobre a segurança do tráfego localizados na faixa entre muito baixo e moderado, o que demonstra que, segundo o ponto de vista dos especialistas, as condições físicas e operacionais da Linha Amarela são adequadas e seu efeito negativo sobre a segurança do tráfego é pouco expressivo. Apenas à característica “uso de Sistemas Inteligentes de Transporte” foi atribuída uma nota média fora dessa faixa (3,25).

Tabela 6.2. Resumo dos resultados da avaliação realizada pelos especialistas

Categorias	Características	Média	DPadrão	CV (%)
Traçado	1- Curvas verticais acentuadas	1,00	0,000	0,00
	2- Curvas horizontais fechadas	1,50	0,577	38,49
	3- Superlargura e/ou superelevação	1,50	0,577	38,49
	4- Alinhamento horizontal e vertical	1,25	0,500	40,00
Seção transversal	5- Largura de faixas	1,50	0,577	38,49
	6- Presença e largura dos acostamentos	2,00	1,155	57,74
	7- Tipo e largura do canteiro central	2,25	0,957	42,55
Pavimento	8- Estado estrutural	1,50	0,577	38,49
	9- Resistência a derrapagem	1,50	0,577	38,49
	10- Condições de drenagem	2,00	0,816	40,82
Sinalização	11- Presença das marcas e das placas	1,75	0,500	28,57
	12- Credibilidade das marcas e placas	2,50	0,577	23,09
	13- Condições das marcas e placas	1,75	0,500	28,57
	14- Uso de tachões e delimitadores	2,25	0,500	22,22
DCT	15- Sistemas Inteligentes de Transporte	3,25	0,957	29,46
	16- Painéis de Mensagens Variáveis	2,25	0,500	22,22
	17- Presença e visibilidade do radar	2,75	0,957	34,82
Áreas Adjacentes	18- Obstáculos laterais	2,50	0,577	23,09
	19- Número de painéis de publicidade	1,75	0,957	54,71
	20- Controle de acessos	2,75	0,500	18,18
	21- Uso de barreiras de contenção	1,75	0,957	54,71
Condições operacionais	22- Velocidade regulamentada	2,00	0,816	40,82
	23- Condições de iluminação	2,00	0,000	0,00
	24- Presença de ciclistas e pedestres	1,25	0,500	40,00
	25- Categoria e condições operacionais	2,25	1,258	55,92
	26- Sistemas de transporte público	1,25	0,500	40,00
	27- Circulação de motocicletas	3,00	0,000	0,00
Interseções	28- Faixas de aceleração e desaceleração	1,75	0,500	28,57
	29- Complexidade do desenho	1,50	0,577	38,49
	30- Visibilidade	2,50	0,577	23,09
	31- Condições das alças de ligação	2,25	0,500	22,22

Às “curvas verticais acentuadas” foi atribuído, em média, o menor efeito negativo sobre a segurança (1,00) e a todas as outras características relacionadas com o traçado da via foram atribuídos efeitos muito baixos ($\leq 1,50$). As características “largura de faixa”, “estado estrutural” e “resistência à derrapagem” do pavimento, “presença de pedestres e ciclistas”, “sistemas de transporte público” e “complexidade do desenho” das interseções ainda foram avaliadas com efeito muito baixo. Em total, os avaliadores consideraram que 32,26% das características têm uma influência muito baixa sobre a segurança do tráfego.

Mais da metade das características da via (51,61%) foi avaliada como de efeito baixo sobre a segurança, com médias entre 1,75 e 2,50. Nessa situação se incluem todas as características associadas à sinalização.

Apenas 4 características foram avaliadas na faixa considerada de efeito moderado (médias entre 2,75 e 3,25), entre elas “presença e visibilidade do radar”, “controle de acessos” e “circulação de motos”.

Em geral, e de acordo com a opinião dos especialistas, as características melhor avaliadas, isto é, as que menor efeito negativo têm sobre a segurança do tráfego na Linha Amarela são as associadas à categoria “traçado”. Já as que exercem um maior efeito sobre a segurança são as incluídas dentro da categoria “DCT”.

A homogeneidade das respostas é bastante variada. Há completa uniformidade na avaliação de apenas 3 características: curvas verticais acentuadas, condições de iluminação e circulação de motos. As avaliações de 14 características podem ser consideradas homogêneas, o que representa 45,16% do total. Outro grupo de características obteve avaliações com forte grau de variação, entre elas: “presença e largura dos acostamentos” (57,74%), “compatibilidade da categoria e condições operacionais” (55,92%), “número de painéis de publicidade” (54,71) e “uso de barreiras longitudinais” (54,71).

A única categoria que teve todas suas características avaliadas de maneira uniforme é “sinalização”. Por sua vez, “condições operacionais” é a categoria que apresenta a variabilidade mais acentuada entre as avaliações das características que a formam, o que pode estar influenciado, entre outros aspectos, pela natureza mais heterogênea das diferentes características agregadas.

Do ponto de vista estatístico, as avaliações da maioria das características podem ser consideradas como pouco homogêneas. Porém, ao analisar as respostas dadas por cada um

dos professores entrevistados, constata-se que há coincidência na percepção deles quanto às condições adequadas da maioria das características e, conseqüentemente, em seu efeito negativo limitado sobre a segurança do tráfego, como já foi mencionado. Assim, os altos CV obtidos na avaliação de muitas características são conseqüência, em parte, do pequeno tamanho da amostra pesquisada, formada apenas por 4 especialistas.

6.3.2. Avaliação realizada pelos usuários

A percepção dos usuários sobre o efeito na segurança do tráfego das características físicas e operacionais da Linha Amarela foi avaliada através da aplicação de questionários, em entrevistas face a face, realizadas durante o meses de janeiro e fevereiro de 2010.

Na pesquisa, que foi realizada nas áreas do estacionamento do Centro de Tecnologia da UFRJ e em diferentes pontos de taxis da Cidade Universitária, foram entrevistados 23 motoristas de veículos de passeio que utilizam a via no mínimo 3 vezes por semana, a maioria taxistas (20, ou 87% deles). Apesar da realização de múltiplas tentativas, incluindo a execução das entrevistas em locais fora da Cidade Universitária e no Terminal de ônibus da Estação Central do Brasil, não foi possível a aplicação de um número maior de questionários junto a usuários não taxistas, nem entrevistar motoristas de ônibus e de motos.

Na Tabela 6.3 se resumem informações adicionais sobre a amostra de usuários pesquisada. Ressaltam a ampla maioria de homens entre os motoristas entrevistados (95,65%) e o elevado número de dias por semana que, em média, eles utilizam a via estudada.

Tabela 6.3. Características da amostra de usuários pesquisada.

Homens	Mulheres	Idade média (anos)	Uso da via (dias)
22	1	45,9	5,5

A cada um dos entrevistados ofereceu-se uma informação geral sobre o objetivo e as particularidades da pesquisa e, devido à sua complexidade técnica, em numerosos casos em que foi requerido, forneceu-se aos motoristas uma explicação detalhada sobre as diferentes características avaliadas.

Na Tabela 6.4 apresentam-se os principais resultados da avaliação do efeito das características físicas e operacionais da Linha Amarela sobre a segurança do tráfego realizada pelos usuários. As respostas que apresentam CV iguais ou menores que 30% podem ser consideradas homogêneas (COSTA NETO, 1977).

Verifica-se que o efeito negativo médio sobre a segurança do tráfego da grande maioria das características foi considerado como “muito baixo” ou “baixo”, o que significa que, segundo a percepção dos usuários da via, as condições das características físicas e operacionais da Linha Amarela influenciam de forma positiva a segurança da circulação. Apenas à característica “presença de ciclistas e pedestres” foi atribuído um efeito mais negativo considerado na escala como “moderado” (2,65).

Em média, foram atribuídos menores efeitos negativos à “credibilidade das marcas e placas”, “condições das marcas e placas”, “superlargura e/ou superelevação em curvas”, “alinhamento vertical horizontal” e “obstáculos laterais”, todos com efeitos médios iguais ou menores que 1,30. 35,48% das características (11) foram consideradas como de efeito negativo médio “muito baixo” ($\leq 1,50$) sobre a segurança do tráfego. Considerou-se que as restantes características (à exceção de “presença de ciclistas e pedestres”) exercem um efeito negativo baixo sobre a segurança (61,29% delas).

Em geral, a categoria “traçado” é a que menor influência negativa tem sobre a segurança, sendo a única que tem todas as suas características avaliadas com efeito negativo “muito baixo”. Neste sentido também se destaca a categoria “sinalização”, com 3 de suas 4 características avaliadas na mesma faixa. Já as interseções e os Dispositivos de Controle de Tráfego apresentam os efeitos negativos médios mais altos.

Do ponto de vista estatístico, a avaliação de todas as características pode ser considerada pouco uniforme. As avaliações menos heterogêneas correspondem às características “compatibilidade de categoria e condições operacionais”, “credibilidade das marcas e placas”, “superlargura e superelevação em curvas” e “alinhamento vertical e horizontal”. As respostas com maior variabilidade correspondem à “presença das marcas e placas” e “estado estrutural do pavimento”. A categoria com as avaliações menos heterogêneas é “traçado”, enquanto as respostas menos uniformes se verificam nas categorias “pavimento” e “DCT”.

Tabela 6.4. Resumo dos resultados da avaliação realizada pelos usuários

Categorias	Características	Média	DPadrão	CV (%)
Traçado	1- Curvas verticais acentuadas	1,43	0,662	46,17
	2- Curvas horizontais fechadas	1,35	0,487	36,13
	3- Superlargura e/ou superelevação	1,26	0,449	35,61
	4- Alinhamento horizontal e vertical	1,26	0,449	35,61
Seção transversal	5- Largura de faixas	1,61	0,656	40,80
	6- Presença e largura dos acostamentos	2,35	1,027	43,76
	7- Tipo e largura do canteiro central	1,43	0,590	41,11
Pavimento	8- Estado estrutural	1,61	0,891	55,41
	9- Resistência a derrapagem	1,57	0,728	46,50
	10- Condições de drenagem	2,09	0,900	43,13
Sinalização	11- Presença das marcas e das placas	1,39	0,783	56,26
	12- Credibilidade das marcas e placas	1,22	0,422	34,64
	13- Condições das marcas e placas	1,26	0,541	42,89
	14- Uso de tachões e delimitadores	1,91	0,733	38,33
DCT	15- Sistemas Inteligentes de Transporte	2,13	1,014	47,58
	16- Painéis de Mensagens Variáveis	2,09	0,996	47,73
	17- Presença e visibilidade do radar	2,00	0,905	45,23
Áreas Adjacentes	18- Obstáculos laterais	1,30	0,559	42,84
	19- Número de painéis de publicidade	1,39	0,583	41,91
	20- Controle de acessos	1,83	0,887	48,57
	21- Uso de barreiras de contenção	1,96	0,767	39,22
Condições operacionais	22- Velocidade regulamentada	1,96	0,825	42,14
	23- Condições de iluminação	1,48	0,593	40,12
	24- Presença de ciclistas e pedestres	2,65	1,152	43,45
	25- Categoria e condições operacionais	1,91	0,596	31,18
	26- Sistemas de transporte público	1,83	0,834	45,67
	27- Circulação de motocicletas	1,87	0,920	49,19
Interseções	28- Faixas de aceleração e desaceleração	2,35	1,027	43,76
	29- Complexidade do desenho	2,35	0,935	39,81
	30- Visibilidade	1,96	0,767	39,22
	31- Condições das alças de ligação	2,17	0,887	40,80

Contudo, constata-se que há uma coincidência acentuada na percepção dos usuários sobre as condições adequadas das características físicas e operacionais avaliadas na Linha Amarela e de seu efeito negativo baixo ou muito baixo sobre a segurança do tráfego.

Como neste estudo de caso não foi possível atingir o número mínimo de questionários recomendados para a aplicação do procedimento, é conveniente determinar o erro (E) obtido na pesquisa em função do número de entrevistas ($n = 23$) realizadas, usando a Equação 5.2. Utilizando o valor de $\sigma = 42,76\%$, que é o CV médio das avaliações realizadas pelos usuários, se obtém um erro $E = 17,47\%$, valor que é menor que o erro admissível máximo recomendado no procedimento (20%).

6.4. Análise comparativa dos resultados

A segunda etapa da fase de aplicação do procedimento é baseada nas avaliações realizadas e inclui uma análise comparativa dos resultados das pesquisas desenvolvidas junto a especialistas e usuários.

Na Figura 6.6 apresenta-se o gráfico das notas médias atribuídas pelos especialistas e pelos usuários a cada uma das características físicas e operacionais da via consideradas. Nesse gráfico, o eixo vertical representa a escala equivalente utilizada para avaliar o efeito negativo das características sobre a segurança (1 – 5).

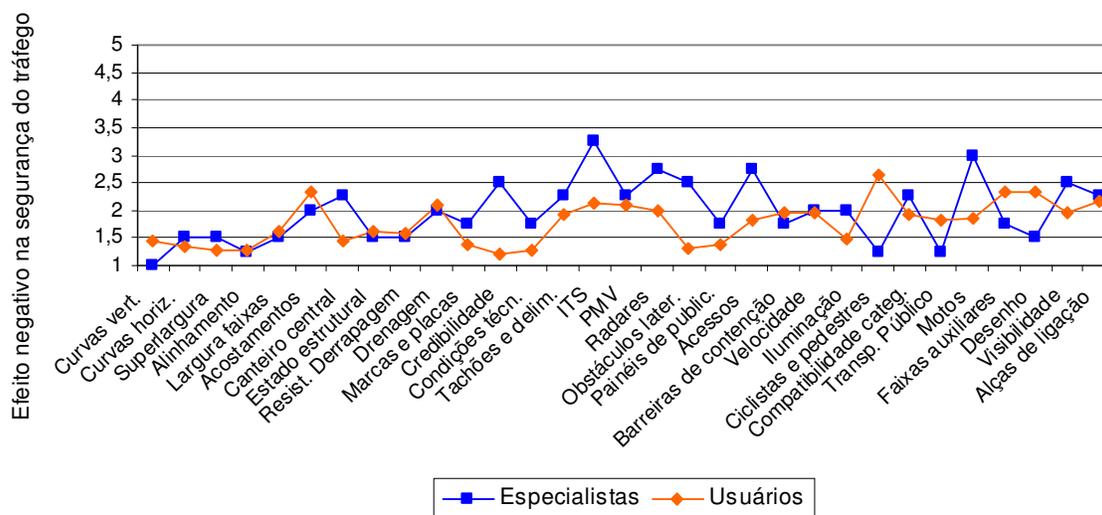


Figura 6.6. Efeito negativo médio das características atribuído por especialistas e usuários.

Verifica-se a coincidência de especialistas e usuários ao considerar o pouco efeito negativo que as características físicas e operacionais da Linha Amarela exercem sobre a segurança do tráfego. No gráfico, se observa que quase todas as notas médias obtidas encontram-se na parte inferior da escala, na faixa que corresponde ao efeito “muito baixo” até “moderado”. Apenas à característica “uso de ITS” foi atribuído pelos especialistas um efeito médio acima de 3.

Quanto às notas médias atribuídas a todas as características, a avaliação realizada pelos usuários pode ser considerada, em geral, um pouco mais uniforme. Neste sentido, as notas médias extremas mais altas e mais baixas foram atribuídas pelos especialistas a “ITS” (3,25), “circulação de motos” (3,00) e “curvas verticais acentuadas” (1,00).

Os usuários atribuíram menores notas médias para 19 características (61,29%). Nesse padrão de avaliação encontram-se todas as características agrupadas em “interseções” e a maioria das relacionadas ao traçado, ao pavimento, às áreas adjacentes e às condições operacionais: “curvas verticais fechadas”, “superlargura e superelevação em curvas”, “alinhamento vertical e horizontal”, “resistência a derrapagem”, “condições de drenagem”, “presença de obstáculos laterais”, “número de painéis de publicidade”, “uso de barreiras de contenção”, “velocidade regulamentada”, “condições de iluminação”, “compatibilidade de categoria e condições operacionais” e “circulação de motocicletas”. Outras características avaliadas com menor efeito negativo sobre a segurança pelos usuários são “credibilidade das marcas e placas”, “uso de tachões e delimitadores” e “presença e visibilidade dos PMV”,

Por sua vez, apenas 35,48% das características (11) foram avaliadas com menores notas médias pelos especialistas, sendo o caso de todas as agregadas na categoria “seção transversal”. As restantes características que apresentam esse padrão de avaliação são: “curvas verticais acentuadas”, “estado estrutural do pavimento”, “presença das marcas e placas”, “condições das marcas e placas”, “uso de ITS”, “controle de acessos”, “presença de ciclistas e pedestres” e “sistemas de transporte público”.

Já à “presença e visibilidade dos radares” foram atribuídas notas médias iguais por ambos os grupos pesquisados.

Antes de analisar as diferenças entre as respostas dos grupos, se realizam dois testes de normalidade para verificar se a distribuição das avaliações é normal. Assim, se executam os testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk, utilizando o *software* SPSS Statistics.

A Tabela 6.5 apresenta os resultados resumidos desses testes. Valores de significância inferiores a 0,05 indicam que a variável analisada não tem uma distribuição normal (ressaltados na tabela em cor vermelha), o que foi o caso para todas as variáveis consideradas. Dessa forma, é utilizado o teste de Kruskal-Wallis para identificar as discrepâncias entre as avaliações dos grupos. Para usar esta ferramenta estatística, também foi empregado o *software* SPSS Statistics.

Tabela 6.5. Resumo dos resultados dos testes de normalidade

Categorias	Características	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estatíst.	df	Signific	Estatíst	df	Signific.
Traçado	1- Curvas verticais acentuadas	0,426	27	0,000	0,626	27	0,000
	2- Curvas horizontais fechadas	0,404	27	0,000	0,614	27	0,000
	3- Superlargura e/ou superelevação	0,442	27	0,000	0,576	27	0,000
	4- Alinhamento horizontal e vertical	0,460	27	0,000	0,549	27	0,000
Seção transversal	5- Largura de faixas	0,306	27	0,000	0,752	27	0,000
	6- Presença e largura dos acostamentos	0,234	27	0,001	0,857	27	0,002
	7- Tipo e largura do canteiro central	0,343	27	0,000	0,733	27	0,000
Pavimento	8- Estado estrutural	0,351	27	0,000	0,723	27	0,000
	9- Resistência a derrapagem	0,343	27	0,000	0,733	27	0,000
	10- Condições de drenagem	0,200	27	0,007	0,857	27	0,002
Sinalização	11- Presença das marcas e das placas	0,390	27	0,000	0,639	27	0,000
	12- Credibilidade das marcas e placas	0,406	27	0,000	0,658	27	0,000
	13- Condições das marcas e placas	0,430	27	0,000	0,622	27	0,000
	14- Uso de tachões e delimitadores	0,331	27	0,000	0,785	27	0,000
DCT	15- Sistemas Inteligentes de Transporte	0,239	27	0,000	0,859	27	0,002
	16- Painéis de Mensagens Variáveis	0,237	27	0,000	0,833	27	0,001
	17- Presença e visibilidade do radar	0,288	27	0,000	0,833	27	0,001
Áreas adjacentes	18- Obstáculos laterais	0,384	27	0,000	0,686	27	0,000
	19- Número de painéis de publicidade	0,386	27	0,000	0,685	27	0,000
	20- Controle de acessos	0,229	27	0,001	0,840	27	0,001
	21- Uso de barreiras de contenção	0,277	27	0,000	0,828	27	0,000
Condições operacionais	22- Velocidade regulamentada	0,259	27	0,000	0,844	27	0,001
	23- Condições de iluminação	0,314	27	0,000	0,724	27	0,000
	24- Presença de ciclistas e pedestres	0,199	27	0,008	0,885	27	0,006
	25- Categoria e condições operacionais	0,331	27	0,000	0,785	27	0,000
	26- Sistemas de transporte público	0,300	27	0,000	0,765	27	0,000
	27- Circulação de motocicletas	0,235	27	0,000	0,829	27	0,000
Interseções	28- Faixas de aceleração e desaceleração	0,271	27	0,000	0,859	27	0,002
	29- Complexidade do desenho	0,261	27	0,000	0,868	27	0,003
	30- Visibilidade	0,297	27	0,000	0,835	27	0,001
	31- Condições das alças de ligação	0,329	27	0,000	0,780	27	0,000

Na Tabela 6.6 se mostra um resumo dos resultados do teste de Kruskal-Wallis da avaliação conjunta realizada por especialistas e usuários. Na tabela, os valores de significância maiores que 0,05 indicam que não existem diferenças significativas entre as respostas de ambos os grupos ao nível de significância de 5%, sendo ressaltadas em cor vermelha as respostas que apresentam diferenças significativas entre os dois grupos.

A característica que exerce o menor efeito negativo sobre a segurança do tráfego na Linha Amarela, de acordo com a percepção conjunta de especialistas e usuários, é o “alinhamento vertical e horizontal”. Outras características com efeitos negativos mais baixos são “superlargura e/ou superelevação em curvas”, “condições das marcas e placas”, “curvas verticais acentuadas” e “curvas horizontais fechadas”.

Os dois grupos de entrevistados atribuíram a maior nota média à “presença de ciclistas e pedestres” e avaliaram com notas médias maiores, ainda, a “presença e largura de acostamentos”, “uso de ITS”, “faixas auxiliares de aceleração e desaceleração” e “complexidade do desenho”, estas duas últimas referidas às interseções.

Quanto à homogeneidade das respostas, constata-se que para a grande maioria das características (80,64%), não há diferenças significativas entre as respostas de ambos os grupos para um nível de significância de 5%. Dessa forma, as avaliações dessas características realizadas por especialistas e por usuários são consideradas confiáveis e podem ser agrupadas sem prejudicar a análise. Possibilita mostrar, ainda, que o tratamento dado na pesquisa, isto é, a divisão em dois grupos de especialistas e de usuários, é viável e que a percepção dos usuários e especialistas sobre o efeito da infraestrutura viária sobre a segurança do tráfego pode ser homogênea.

Apenas 6 características (“credibilidade das marcas e placas”, “condições das marcas e placas”, “presença de obstáculos laterais”, “controle de acessos”, “presença de ciclistas e pedestres” e “circulação de motos”) apresentam diferenças significativas para esse nível de significância, o que significa que não existe uniformidade entre as respostas de usuários e especialistas nesses casos. O caso de “presença de ciclistas e pedestres” coincide com a característica que recebeu a maior nota média.

Tabela 6.6. Resumo dos resultados do teste de Kruskal-Wallis da avaliação conjunta

Categorias	Características	Média	DPadrão	Chi-Quadrado	Significância
Traçado	1- Curvas verticais acentuadas	1,37	0,629	1,860	0,173
	2- Curvas horizontais fechadas	1,37	0,492	0,326	0,568
	3- Superlargura e/ou superelevação	1,30	0,465	0,900	0,343
	4- Alinhamento horizontal e vertical	1,26	0,447	0,002	0,964
Seção transversal	5- Largura de faixas	1,59	0,636	0,052	0,819
	6- Presença e largura dos acostamentos	2,30	1,031	0,327	0,568
	7- Tipo e largura do canteiro central	1,56	0,698	3,391	0,066
Pavimento	8- Estado estrutural	1,59	0,844	0,006	0,938
	9- Resistência a derrapagem	1,56	0,698	0,000	1,000
	10- Condições de drenagem	2,07	0,874	0,021	0,886
Sinalização	11- Presença das marcas e das placas	1,44	0,751	2,578	0,108
	12- Credibilidade das marcas e placas	1,41	0,636	11,402	0,001
	13- Condições das marcas e placas	1,33	0,555	3,881	0,049
	14- Uso de tachões e delimitadores	1,96	0,706	1,236	0,266
DCT	15- Sistemas Inteligentes de Transporte	2,30	1,068	3,554	0,059
	16- Painéis de Mensagens Variáveis	2,11	0,934	0,105	0,746
	17- Presença e visibilidade do radar	2,11	0,934	2,257	0,133
Áreas adjacentes	18- Obstáculos laterais	1,48	0,700	9,182	0,002
	19- Número de painéis de publicidade	1,44	0,640	0,643	0,423
	20- Controle de acessos	1,96	0,898	4,076	0,044
	21- Uso de barreiras de contenção	1,93	0,781	0,274	0,600
Condições operacionais	22- Velocidade regulamentada	1,96	0,808	0,034	0,854
	23- Condições de iluminação	1,56	0,577	3,450	0,063
	24- Presença de ciclistas e pedestres	2,44	1,188	4,978	0,026
	25- Categoria e condições operacionais	1,96	0,706	0,128	0,721
	26- Sistemas de transporte público	1,74	0,813	1,673	0,196
	27- Circulação de motocicletas	2,04	0,940	5,324	0,021
Interseções	28- Faixas de aceleração e desaceleração	2,26	0,984	1,174	0,279
	29- Complexidade do desenho	2,22	0,934	3,014	0,082
	30- Visibilidade	2,04	0,759	2,294	0,130
	31- Condições das alças de ligação	2,18	0,834	0,150	0,699

6.5. Modelagem do efeito da infraestrutura

Nesta etapa se constrói o modelo do EI da Linha Amarela sobre a segurança do tráfego, a partir das avaliações realizadas pelos especialistas e usuários, e dos pesos atribuídos pelos profissionais. O modelo tem a estrutura apresentada na Equação 5.3.

O efeito sobre a segurança de cada característica, ou seu peso integrado, será determinado utilizando a Equação 5.4 para a maioria das características cujas avaliações foram consideradas homogêneas. No caso das características que apresentaram diferenças significativas entre as respostas de especialistas e usuários, o efeito sobre a segurança será calculado mediante a média geométrica (Equação 5.5).

Assim, na Tabela 6.7 se apresenta o modelo do EI sobre a segurança do tráfego, obtido para a Linha Amarela.

Da análise do modelo, constata-se que o maior risco para segurança dos usuários da Linha Amarela está associado com as condições da drenagem, a falta de tachões e delimitadores e a falta de acostamentos em determinados trechos, além de todas as características associadas às condições operacionais e às interseções. Dentre essas, a circulação de motocicletas é a característica que mais influencia negativamente a segurança nessa via. No entanto, o maior risco para a ocorrência de acidentes está ligado às características e às condições das interseções em desnível.

Já as características que menos afetam a segurança do tráfego são as agrupadas nas categorias “Dispositivos de Controle de Tráfego” e “áreas adjacentes”. Em geral, as características que menos risco oferecem para os motoristas e passageiros são “número de painéis de publicidade”, “Painéis de Mensagens Variáveis” e “presença e visibilidade do radar”.

Tabela 6.7. Modelo do EI sobre a segurança do tráfego obtido para a Linha Amarela

Categoria	Características	EI
Traçado	1- Curvas verticais acentuadas	2,87
	2- Curvas horizontais fechadas	2,87
	3- Superlargura e/ou superelevação	2,83
	4- Alinhamento horizontal e vertical	2,81
Seção transversal	5- Largura de faixas	2,66
	6- Presença e largura dos acostamentos	3,02
	7- Tipo e largura do canteiro central	2,65
Pavimento	8- Estado estrutural	2,96
	9- Resistência a derrapagem	2,94
	10- Condições de drenagem	3,20
Sinalização	11- Presença das marcas e das placas	2,80
	12- Credibilidade das marcas e placas	2,96
	13- Condições das marcas e placas	2,83
	14- Uso de tachões e delimitadores	3,06
DCT	15- Sistemas Inteligentes de Transporte	2,70
	16- Painéis de Mensagens Variáveis	2,60
	17- Presença e visibilidade do radar	2,60
Áreas adjacentes	18- Obstáculos laterais	2,68
	19- Número de painéis de publicidade	2,50
	20- Controle de acessos	2,90
	21- Uso de barreiras de contenção	2,74
Condições operacionais	22- Velocidade regulamentada	3,20
	23- Condições de iluminação	3,00
	24- Presença de ciclistas e pedestres	3,14
	25- Categoria e condições operacionais	3,20
	26- Sistemas de transporte público	3,10
	27- Circulação de motocicletas	3,41
Interseções	28- Faixas de aceleração e desaceleração	3,32
	29- Complexidade do desenho	3,30
	30- Visibilidade	3,21
	31- Condições das alças de ligação	3,28

6.6. Elaboração do Quadro de Prioridades de Intervenção

Com base no modelo do EI obtido, neste item se elabora o QPI da Linha Amarela, que é mostrado na Tabela 6.8. Esclarece-se que no quadro se refletem as necessidades e as prioridades de intervenção de acordo com os resultados da aplicação do procedimento proposto, em toda a extensão da via expressa, desde a Avenida Ayrton Senna até a Cidade Universitária e com data de referência de 28 de fevereiro de 2010, que foi a data de encerramento das entrevistas realizadas entre os usuários.

No QPI elaborado, se pode observar que todas as categorias e características da via requerem prioridades de intervenção “baixa” ou “média”. Esse resultado é coincidente com a opinião dos especialistas e a percepção dos usuários sobre o efeito das condições das características físicas e operacionais da Linha Amarela, que atribuíram a todas um efeito negativo sobre a segurança do tráfego entre “muito baixo” e “moderado”.

As intervenções prioritárias para aumentar os níveis de segurança oferecidos pela via devem ser direcionadas à melhoria de aspectos relacionados com as interseções e as condições operacionais. Outros aspectos que devem ser enfatizados são a melhoria das condições da drenagem, dos acostamentos e a colocação de tachões e delimitadores. Na maioria desses casos, se requer a adoção de ações a médio prazo para evitar a deterioração das condições dessas características, ou a aplicação de medidas preventivas com o mesmo objetivo. A escolha do tipo de intervenção, das medidas mitigadoras necessárias e do momento mais adequado para executá-las deve ser realizada pelas autoridades que gerenciam a via com base em uma análise técnica-econômica, que inclui os recursos financeiros disponíveis.

No entanto, a maioria das características físicas e operacionais da Linha Amarela requer apenas uma prioridade de intervenção baixa. Dessa forma, para manter as boas condições que apresentam, resultam suficientes a execução da manutenção das ações de conservação planejadas de maneira rotineira e a adoção de eventuais medidas de mitigação preventivas no longo prazo, também em função dos recursos materiais e financeiros disponíveis.

Tabela 6.8. Quadro de Prioridades de Intervenção da Linha Amarela

QUADRO DE PRIORIDADES DE INTERVENÇÃO				
Via: <i>Linha Amarela</i>		Trecho: <i>Extensão total</i>	Extensão: <i>15</i> km	Data: <i>28/02/2010</i>
CATEGORIA	EI / PRIORIDADE	CARACTERÍSTICAS	EI / PRIORIDADE	
TRAÇADO	2,84	1- CURVAS VERTICAIS ACENTUADAS	2,87	
		2- CURVAS HORIZONTAIS FECHADAS	2,87	
		3- SUPERLARGURA E/OU SUPERELEVÇÃO	2,83	
		4- ALINHAMENTO HORIZONTAL E VERTICAL	2,81	
SEÇÃO TRANSVERSAL	2,81	5- LARGURA DE FAIXAS	2,66	
		6- PRESENÇA E LARGURA DOS ACOSTAMENTOS	3,02	
		7- TIPO E LARGURA DO CANTEIRO CENTRAL	2,65	
PAVIMENTO	3,03	8- ESTADO ESTRUTURAL	2,96	
		9- RESISTÊNCIA A DERRAPAGEM	2,94	
		10- CONDIÇÕES DE DRENAGEM	3,20	
SINALIZAÇÃO	2,89	11- PRESENÇA DAS MARCAS E DAS PLACAS	2,80	
		12- CREDIBILIDADE DAS MARCAS E PLACAS	2,96	
		13- CONDIÇÕES DAS MARCAS E PLACAS	2,83	
		14- USO DE TACHÕES E DELIMITADORES	3,06	
DCT	2,63	15- SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE	2,70	
		16- PAINÉIS DE MENSAGENS VARIÁVEIS	2,60	
		17- PRESENÇA E VISIBILIDADE DO RADAR	2,60	
ÁREAS ADJACENTES	2,67	18- OBSTÁCULOS LATERAIS	2,68	
		19- NÚMERO DE PAINÉIS DE PUBLICIDADE	2,50	
		20- CONTROLE DE ACESSOS	2,90	
		21- USO DE BARREIRAS DE CONTENÇÃO	2,74	
CONDIÇÕES OPERACIONAIS	3,18	22- VELOCIDADE REGULAMENTADA	3,20	
		23- CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO	3,00	
		24- PRESENÇA DE CICLISTAS E PEDESTRES	3,14	
		25- CATEGORIA E CONDIÇÕES OPERACIONAIS	3,20	
		26- SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	3,10	
		27- CIRCULAÇÃO DE MOTOCICLETAS	3,41	
INTERSEÇÕES	3,28	28- FAIXAS DE ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO	3,32	
		29- COMPLEXIDADE DO DESENHO	3,30	
		30- VISIBILIDADE	3,21	
		31- CONDIÇÕES DAS ALÇAS DE LIGAÇÃO	3,28	

6.7. Considerações finais

Neste capítulo se cumpriu o objetivo da aplicação prática do procedimento proposto com a avaliação das condições de segurança oferecidas pela Linha Amarela. Para facilitar a análise e o entendimento dos resultados, foi realizada de forma prévia uma caracterização dessa via expressa carioca, sendo abordados aspectos relacionados com a localização e o entorno da via, o fluxo de tráfego, as particularidades do projeto e sua importância estratégica. Apresentou-se ainda uma análise resumida das condições encontradas nos principais elementos da infraestrutura nessa via, avaliados em percursos realizados antes do início da pesquisa de campo.

Os resultados obtidos no estudo de caso permitem afirmar que o procedimento proposto é adequado para a avaliação e a análise do efeito das características físicas e operacionais na segurança do tráfego em vias expressas urbanas. A própria aplicação prática permitiu realizar ajustes que se mostraram necessários ou convenientes, especificamente nos métodos propostos para o desenvolvimento da pesquisa junto aos usuários e para as etapas que incluem a modelagem e a hierarquização das características avaliadas.

Um dos principais resultados obtidos mostra que não existem diferenças significativas entre a opinião dos especialistas em Engenharia de Tráfego e Segurança Viária sobre o efeito das características físicas e operacionais das vias expressas urbanas na segurança do tráfego e a percepção dos usuários sobre esse assunto. É mostrado, ainda, que a avaliação das condições de segurança oferecidas pela via pode ser realizada levando em consideração tanto a opinião técnica dos especialistas quanto a percepção dos próprios usuários que são os que, em definitivo, encaram, avaliam e reagem aos diferentes riscos vindos dos elementos da infraestrutura durante o processo de condução. Os resultados do capítulo são, neste sentido, essenciais para dar resposta à Questão 3 da tese.

O modelo obtido reflete as condições específicas das características físicas e operacionais da Linha Amarela e seu efeito sobre a segurança do tráfego, no momento e nas circunstâncias da execução da pesquisa. Contudo, é possível afirmar que leva em consideração os dados obtidos em etapas anteriores, que consolidam o conhecimento dos profissionais na área sobre a importância dos diferentes elementos da infraestrutura das vias

expressas no conjunto das cidades brasileiras, condição que aumenta a validade e a capacidade de explicação do modelo.

As informações contidas no QPI constituem um guia útil para subsidiar a tomada de decisão no que diz respeito à priorização das ações requeridas para melhorar as condições de segurança do tráfego na Linha Amarela. No entanto, as autoridades competentes devem complementar o processo decisório com uma análise dos recursos financeiros e técnicos disponíveis e dos impactos sobre as condições operacionais em diferentes locais da via, entre outros aspectos.

Os dados apresentados no QPI, que são também os resultados finais decorrentes da aplicação do procedimento proposto, esclarecem e respondem especificamente os aspectos associados à Questão 2 deste trabalho.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1. Conclusões

As conclusões desta tese foram elaboradas com base na avaliação dos diferentes tópicos abordados na revisão teórica e na análise dos resultados da aplicação das diferentes etapas do procedimento proposto.

Como resultado final deste trabalho, conseguiu-se estruturar e propor um procedimento para avaliar e analisar o efeito da infraestrutura na segurança do tráfego em vias expressas urbanas. Para atingir esse objetivo, foi necessário previamente abordar e consolidar o conhecimento científico e técnico existente sobre os aspectos que envolvem a relação entre infraestrutura da via e segurança do tráfego. Assim, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre esses temas que incluiu análises sobre os fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes de trânsito, sobre os diferentes elementos que influenciam os processos relacionados aos riscos no trânsito, acerca do efeito das múltiplas características físicas e operacionais da via na segurança do tráfego e dos métodos e ferramentas existentes para avaliar as condições de segurança oferecidas por distintos tipos de vias nos âmbitos mundial e brasileiro, entre outros aspectos.

Os acidentes de trânsito são eventos complexos que podem ser influenciados por variáveis e elementos diversos. Esses elementos, chamados de fatores contribuintes, são normalmente agrupados em fatores relacionados com o homem, com a via e o meio ambiente e com o veículo. A maioria dos estudos indica que os aspectos associados ao fator humano são os maiores responsáveis pela ocorrência de acidentes; no entanto, quando os acidentes acontecem, em geral, intervêm elementos relacionados a mais de um fator contribuinte e, em ocasiões, elementos alheios ao homem podem potencializar a ocorrência de falhas humanas.

Para melhor entender a natureza e as questões vinculadas aos acidentes de trânsito, aborda-se na revisão o estudo dos riscos no tráfego, incluindo particularidades dos processos de avaliação e de percepção de riscos. Constatou-se que a avaliação do risco é um processo complexo que busca estimar a probabilidade e a severidade de um acidente e

cujos resultados são importantes para todo o processo de gerenciamento da segurança viária. A percepção do risco, por sua vez, é um processo submetido a imprecisões porque o julgamento do perigo realizado pelas pessoas é influenciado por crenças, hábitos, aspectos culturais, valores e atitudes, o que leva, com frequência, à subestimação ou superestimação dos riscos encarados pelos usuários do trânsito. Neste sentido, para entender de maneira mais adequada como as pessoas percebem e julgam determinados riscos, é essencial analisar o contexto no qual elas se inserem e agem. O estudo dos aspectos ligados aos processos de avaliação e de percepção de riscos foi determinante para a concepção do procedimento de avaliação proposto e para a análise posterior dos resultados obtidos na aplicação do mesmo.

A complexidade dos aspectos relacionados com os acidentes de trânsito levou, durante muito tempo, à adoção de abordagens variadas para seu estudo e análise, com resultados mais ou menos efetivos. As abordagens atuais, no entanto, apresentam vantagens importantes decorrentes do uso de ações baseadas no gerenciamento dos riscos e do tratamento pró-ativo da segurança viária, que prioriza as medidas destinadas à redução dos riscos associados à via e ao veículo, visando ambientes viários que propiciem uma redução das falhas humanas e, conseqüentemente, do peso do fator humano nos acidentes. Neste contexto, tem aumentado a importância dos esforços para aprimorar o entendimento da relação entre os distintos elementos da infraestrutura viária e os acidentes de trânsito.

Apesar desses esforços, o conhecimento atual sobre a relação entre as características da via e a ocorrência de acidentes ainda é limitado. Considera-se, contudo, que o esquema viário cria situações mais ou menos complexas para seus usuários, que podem levá-los a cometerem erros que provoquem, eventualmente, acidentes de trânsito. É importante que o projeto e as ações de engenharia posteriores sejam voltados a garantir que motoristas e pedestres interajam de forma clara, simples e segura com o ambiente viário, além de permitir a correção, em condições de segurança, dos possíveis erros cometidos.

A relação entre a infraestrutura viária e os acidentes de trânsito se fundamenta neste trabalho num amplo resumo teórico que aborda com detalhe a influência de numerosas características físicas e operacionais das vias sobre a segurança do tráfego. Dessa forma, abordaram-se importantes aspectos do efeito sobre a segurança de características ligadas à geometria e ao traçado da via, ao pavimento, à sinalização, às interseções, às áreas

adjacentes e ao entorno e às condições operacionais, entre as quais, a velocidade, o estacionamento e os congestionamentos. A análise realizada serviu como subsídio, sobretudo, para a identificação e a escolha das características utilizadas na elaboração do procedimento.

Em correspondência com a importância e a atenção dedicada em tempos recentes ao tratamento do fator viário-ambiental, constatou-se a existência de numerosas ferramentas e métodos desenvolvidos com o intuito de melhorar as condições de segurança a partir da avaliação e da análise das características da via. A maioria dos métodos estudados é embasada em ações de tipo preventivo, o que assegura o aproveitamento das vantagens próprias desse tipo de abordagem da segurança viária. Entre os principais podem-se mencionar os modelos de previsão de acidentes, a análise de pontos críticos, as Auditorias de Segurança Viária e as Técnicas de Conflitos de Tráfego, que constituem ferramentas introduzidas e utilizadas em países desenvolvidos para tratar problemas específicos de suas malhas viárias e condições de tráfego.

Por sua vez, um grupo de métodos alternativos, embasado nas ferramentas anteriores, revelou-se adequado para a avaliação e o tratamento da segurança em diferentes tipos de vias de países emergentes e em desenvolvimento, entre eles alguns métodos desenvolvidos no Brasil. Assim, por exemplo, esses métodos apresentam uma tendência acentuada a possuir instrumentos que facilitam a alocação dos recursos disponíveis na intervenção dos elementos viários que mais afetam a segurança do tráfego e a não depender do uso das estatísticas de acidentes, que muitas vezes são insuficientes nesses países.

Na revisão da literatura, não foi detectada a existência de nenhum procedimento direcionado especificamente para a avaliação e o tratamento de vias expressas urbanas. Porém, a consulta e o estudo das ferramentas, das abordagens e dos métodos utilizados na maior parte dessas metodologias foram essenciais para a própria concepção e estruturação do procedimento proposto nesta tese.

Quanto ao procedimento elaborado, este se mostrou uma ferramenta adequada para a avaliação e a análise do efeito das características físicas e operacionais da via sobre a segurança do tráfego em vias expressas urbanas e sua proposta constitui a principal contribuição desta tese. Seu desenvolvimento e os resultados de sua aplicação indicam que a hipótese inicial deste trabalho pode ser confirmada ao ser possível a elaboração de “um

procedimento para avaliar e analisar o efeito das características físicas e operacionais da via sobre a segurança do tráfego nas vias expressas urbanas, a partir da consideração integrada da percepção e dos pontos de vista de usuários e de especialistas em trânsito e segurança viária”.

A estrutura concebida, formada por duas fases interdependentes, mas separadas, contribui para a flexibilidade e a simplicidade de aplicação do procedimento proposto. O objetivo alcançado na fase de padronização foi a obtenção de um conjunto de resultados e de dados padronizados que podem ser utilizados para a avaliação e a análise da segurança do tráfego em vias expressas de qualquer metrópole brasileira. Assim, esses dados servem de base para a aplicação da fase complementar do procedimento em qualquer via expressa urbana.

O primeiro resultado importante dessa fase inicial é a identificação e a escolha das características físicas e operacionais da via que mais afetam a segurança do tráfego em vias expressas urbanas nas condições do Brasil, 31 no total, as que foram agrupadas convenientemente em categorias viárias para facilitar sua avaliação e análise. Essas características e categorias foram submetidas à análise junto a um grupo amplo de profissionais da área de trânsito e segurança viária, uma avaliação que revelou outro resultado fundamental: nas circunstâncias específicas brasileiras, as características de maior importância para a segurança do tráfego em vias expressas urbanas estão associadas às condições operacionais e ao traçado da via, enquanto as menos importantes estão relacionadas com os Dispositivos de Controle de Tráfego e as áreas adjacentes.

A estrutura proposta para o modelo do efeito da infraestrutura sobre a segurança do tráfego reflete as condições de segurança oferecidas pela via avaliada em questão. No entanto, apresenta um componente que assegura a inclusão e a consideração dos dados padronizados obtidos para o conjunto de vias urbanas brasileiras, condição que aumenta o poder de explicação do modelo.

Os resultados obtidos na execução prática da fase de aplicação revelam a ausência de diferenças significativas entre a opinião dos especialistas em tráfego e segurança viária e a percepção dos usuários ao avaliar o efeito das características físicas e operacionais da via sobre a segurança do tráfego em vias expressas urbanas e mostram que as condições de

segurança podem ser analisadas considerando tanto a opinião técnica dos especialistas quanto a percepção dos usuários.

Uma das limitações do estudo de caso diz respeito ao número de entrevistas realizadas, que foi menor que o número mínimo recomendado no procedimento, devido à escassa disponibilidade de recursos e às condições nas quais foi aplicada a pesquisa. Contudo, o erro obtido com essa amostra é menor que o erro admissível máximo sugerido para a execução do procedimento.

Para finalizar, se resumem as principais vantagens e desvantagens do procedimento proposto. Entre as vantagens podem-se mencionar:

- o fato de constituir um método de tipo pró-ativo e que não depende da utilização de dados estatísticos sobre acidentes de trânsito, o que o converte em uma ferramenta para tratar os problemas de segurança em âmbitos onde as estatísticas são precárias ou pouco confiáveis;
- a possibilidade de incorporar e utilizar o conhecimento acumulado por profissionais e especialistas na área de tráfego e segurança viária, primeiro na avaliação geral realizada na fase de padronização, e depois, na avaliação específica das condições de segurança da via analisada;
- a possibilidade de considerar a percepção dos usuários (motoristas) acerca do efeito das características da via sobre a segurança deles na avaliação geral das condições de segurança oferecidas pela via analisada;
- a relativa facilidade da aplicação prática da fase complementar do procedimento, incluindo o processamento da informação utilizando planilhas eletrônicas ou outros softwares estatísticos;
- a hierarquização e a facilidade de identificação dos elementos viários de acordo com seu efeito sobre a segurança do tráfego e com as prioridades de intervenção mediante o uso dos instrumentos gráficos criados para esses fins, o que o converte em uma ferramenta útil para subsidiar a tomada de decisão para a alocação de recursos financeiros e humanos destinados a melhorar os níveis de segurança em condições de disponibilidade limitada daqueles.

Entre as limitações e desvantagens mais importantes do procedimento proposto podem ser ressaltados:

- o fato de requerer a aplicação de entrevistas com usuários da via, que dependendo das condições e dos recursos disponíveis, pode se tornar uma tarefa complicada;
- a relativa complexidade técnica do questionário de avaliação das características da via, o que dificulta a aplicação da pesquisa sobretudo entre os usuários, que com frequência demandam explicações adicionais sobre alguns dos elementos avaliados, requerendo um maior tempo para a realização das entrevistas;
- em específico, no estudo de caso desenvolvido nesta tese as entrevistas com usuários estiveram restritas a motoristas de carros ou veículos de passeio, o que impossibilitou conhecer se existem diferenças na percepção dos riscos avaliados entre eles e os motoristas de ônibus e de motocicletas.

7.2. Recomendações

Considera-se conveniente apontar as seguintes recomendações e sugestões para trabalhos e pesquisas futuras:

- aplicar o procedimento proposto em vias expressas de outras cidades do país e que não sejam operadas sob o regime de concessão, o que deve permitir estabelecer as diferenças que existem nas condições de segurança oferecidas e nas prioridades de intervenção entre vias de regiões diferentes e regimes de administração público e privado;
- desenvolver um método similar direcionado à avaliação da segurança de tráfego em vias expressas rurais ou em rodovias de pista dupla com acessos controlados, para determinar as semelhanças e as diferenças do efeito das características da infraestrutura entre vias do mesmo tipo em ambientes urbanos e rurais;
- incluir em próximas aplicações do procedimento proposto entrevistas com motoristas de carros, de ônibus e de motocicletas, com o intuito de identificar a percepção dos riscos (da infraestrutura) por parte de usuários que não sejam motoristas de taxi e de verificar possíveis diferenças na percepção das características entre os distintos tipos de usuários;

- procurar que, em futuras aplicações do procedimento proposto, a avaliação das características da via seja realizada pelos próprios especialistas encarregados de gerenciar a segurança do tráfego na via analisada, com o objetivo de constatar eventuais alterações em relação aos padrões de comparação obtidos para especialistas e usuários neste trabalho;
- realizar um estudo dos dados de acidentes de trânsito na Linha Amarela, para verificar se existe relação entre os fatores contribuintes dos acidentes registrados (sobretudo os associados com o fator viário) e as características que mais afetam a segurança do tráfego na via, de acordo com os resultados da avaliação dos usuários e dos especialistas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials, 2001, *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, EUA.
- ABDEL-ATY, M., DEVARASETTY, P. e PANDE, A., 2009, “Safety evaluation of multilane arterials in Florida”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 41, n. 4, pp. 777-788.
- ABDEL-ATY, M., DILMORE, J. e DHINDSA, A., 2006, “Evaluation of variable speed limits for real-time freeway safety improvement”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 38, n. 2, pp. 335-345.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989, *Norma NBR – 10.697. Pesquisa de acidentes de trânsito - Terminologia*. 10 p., Rio de Janeiro, Brasil.
- ALE, B., 2002, “Risk assessment practices in The Netherlands”, *Safety Science*, v. 40, n. 1-4, pp. 105-126.
- ANDREI, J., 2006, “Risk Assessment”. In: Rodrigue, J., N., Comtois, C. e Slack, B. (eds), *The Geography of Transport Systems*, 1 ed., capítulo 7, New York, USA. Hofstra University. Disponível em: <http://people.hofstra.edu/geotrans/index.html>. Acessado em Jan. 2009.
- ARBAIZA, A. e LUCAS, A., 2004, “Cuestiones Actuales sobre Mensajería Variable: una Propuesta de Desarrollo”. *VI Congreso de Ingeniería del Transporte*. Zaragoza, Espanha, 23-25 Jun.
- ASF - Automotive Safety Foundation, 1963, *Traffic Control and Roadway Elements. Their Relationship to Highway Safety*. Technical Report, EUA.
- AUSTROADS, 1994, *Road Safety Audit*. Austroads National Office, Australia.
- BAKER, R., 1975, *Handbook of highway engineering*. 894 p. EUA, Van Nostrand Reinhold Company.
- BERTIN-JONES M., 2004, “Una metodología para internalizar externalidades: el caso del diseño de vehículos”. *XIII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito e Transport*, Nova York, EUA, 26-29 Set.

- BRAGA, M., RIBEIRO, S. e FERREIRA, M., 2005, “Envolvimento em acidentes e exposição ao tráfego: Estudo de caso para a cidade do Rio de Janeiro”. *III Rio de Transportes*, Rio de Janeiro, Brasil, 16-17 Jun.
- BRASIL. Lei nº 9503 de 23 de setembro de 1997, 1997, *Código de Trânsito Brasileiro*. Brasília, Brasil. Disponível: <https://www.presidencia.gov.br/>. Acessado em jun. 2006.
- CARDOSO, G., 2006, *Modelos para previsão de acidentes de trânsito em vias arteriais urbanas*. Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- CARDOSO, G. e GOLDNER, L., 2004, “Previsão de acidentes de trânsito: análise das variáveis envolvidas na modelagem”. *XIII Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte*, Nova York, EUA, 26-29 Set.
- CEFTRU - Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, 2002, *Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito*. Brasília, Brasil. Disponível em: <http://www.ceftru.unb.br/laboratorios/laboratorio-de-transito>. Acessado em jan. 2008.
- CEPIS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2006, *Risk perception*. Organização Panamericana da Saúde. Disponível em: http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial6/i/pdf/topic_04.pdf. Acessado em dez. 2008.
- CETRA. Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte, 2003, *Seguridad en vías de interés nacional. Incidencia de la infraestructura viaria*. Ministerio del Transporte, La Habana, Cuba.
- CFIA. Canadian Food Inspection Agency, 2005, *Risk Communication and Government; Theory and Application for the Canadian Food Inspection Agency (CFIA)*. Disponível em: <http://www.inspection.gc.ca/english/corpaffr/publications/riscomm/riscomm.shtml>. Acessado em jul. 2007.
- CHANG, L., 2005, “Analysis of freeway accident frequencies: Negative binomial regression versus artificial neural network”, *Safety Science*, v. 43, n. 8, pp. 541-557.
- CHEN, H., LIU, P., LU, J. e BEHZADI, B., 2009, “Evaluating the safety impacts of the number and arrangement of lanes on freeway exit ramps”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 41, n. 3, pp. 543-551.

- CHU, X., 2004, “Measuring the risk of walking”. *XVII Entretiens du Centre Jacques Cartier. Transports en commun et Transports routiers urbains: qui doit payer?*, Montreal, Canadá, 7-8 Out.
- COLLADO, R., 2004, *El término accidente*. Disponível em: <http://www.seguridad-vial.com/suscriptores/index.php>. Acessado em Nov. 2004
- COMISSÃO EUROPÉIA, 2003, *Programa de Ação Europeu: Reduzir para metade o número de vítimas da estrada na União Europeia até 2010, uma responsabilidade de todos*. Bruxelas, Bélgica. Disponível em: http://europa.eu.int/comm/transport/road/library/rsap/com_2003_0311_pt.pdf. Acessado em set. 2006.
- COSTA NETO, P., 1977, *Estatística*. São Paulo, Brasil, Edgard Blücher.
- COWELL, S., FAIRMAN, R. e LOFSTEDT, K., 2002, “Use of Risk Assessment and Life Cycle Assessment in Decision Making: A Common Policy Research Agenda”, *Risk Analysis*, v. 22, n. 5, pp. 879-894.
- DARBY, P., MURRAY, D. e RAESIDE, R., 2009, “Applying online fleet driver assessment to help identify, target and reduce occupational road safety risks”, *Safety Science*, v. 47, n. 3, pp. 436-442.
- DAS, A. e ABDEL-ATY, M., 2010, “A Genetic Programming approach to explore the crash severity on multi-lane roads”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 42, n. 2, pp. 548-557.
- DAS, A., ABDEL-ATY, M. e PANDE, A., 2010, “Using Genetic Programming to investigate the design parameters contributing to crash occurrence on urban arterials”. *89th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting*, Washington DC, EUA, 10-14 Jan.
- DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito, 2009, Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/>. Acesso em abr. 2009.
- DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito, 1987, *Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros*. 2da. Ed., Brasília, Brasil.
- DENZIN, N. e LINCOLN, Y., 2003, “Methods of Collecting and Analyzing Empirical Materials”. In: *Collecting and Interpreting Qualitative Materials*, 2 ed., parte 1, Thousand Oaks, USA. Sage Publications.

- DIAZ-CARRASQUILLO, K., COLUCCI, B., LUYANDA, F. e QUINTANA, J., 2004, “Evaluación de aspectos de seguridad y desarrollo de guías para identificar intersecciones peligrosas en Puerto Rico”. *XIII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito e Transporte*, Nova York, EUA, 26-29 Set.
- DIÓGENES, M., 2008, *Método para avaliar o risco potencial de atropelamentos em travessias urbanas em meio de quadra*. Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- DIÓGENES, M., NODARI, C. e LINDAU, L., 2005, “Perception gaps between experts and drivers on roadway safety conditions”. *IV Extra Workshop International Cooperation on Theory and Concepts on Traffic Safety*, Campo Grande, Brasil, 21-23 Mar.
- DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, 1999, *Manual de projeto geométrico de rodovias rurais*. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, Brasil.
- DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, 1971, *Manual Inter-americano de sinalização rodoviária e urbana*. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, Brasil.
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006, *Manual de Estudos de Tráfego*. Publicação IPR – 723, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, Brasil.
- DOURTHÉ, A. e SALAMANCA, J., 2003, *Guía para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial*. Santiago, Chile. Disponível em: http://www.conaset.cl/portal/portal/default/seguridad_vial. Acessado em jun. 2008.
- EWING, R. e DUMBAUGH, E., 2009, “The Built Environment and Traffic Safety: A Review of Empirical Evidence”, *Journal of Planning Literature*, v. 23, n. 4, pp. 347-367.
- FARIA, E. e BRAGA, M., 2004, “Condições necessárias e objetivos da Educação para o Tránsito desde o ponto de vista dos profissionais brasileiros”. *XIII Congresso Panamericano de Engenharia de Tránsito e Transporte*, Nova York, EUA, 26-29 Set.
- FDT – Florida Department of Transportation, 2009, *RCI Office Handbook. Roadway Characteristics Inventory*. Disponível em: <http://www.dot.state.fl.us/planning/statistics/rci/officehandbook/fullrpt.pdf>. Acessado em fev. 2010.

- FHWA - Federal Highway Administration, 2006, *Ramp Management and Control Handbook*. Publication No. FHWA-HOP-06-001. EUA. Disponível em: http://ops.fhwa.dot.gov/publications/ramp_mgmt_handbook/manual/manual/foreword.htm. Acessado em out. 2006.
- FHWA - Federal Highway Administration, 2003, *Freeway Management and Operations Handbook*. Publication No. FHWA-OP-04-003. EUA. Disponível em: http://ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/publications/frwy_mgmt_handbook/chapter1_02.htm#1-5. Acessado em out. 2006.
- FHWA - Federal Highway Administration, 2001a, *Evaluation of Automated Pedestrian Detection at Signalized Intersections*. Publication No. FHWA-RD-00-097. EUA. Disponível em: http://www.walkinginfo.org/task_orders/to_11/peddetec.pdf Acessado em nov. 2006.
- FHWA - Federal Highway Administration, 2001b, *Managing Our Congested Streets and Highways*. Publication No. FHWA-OP-01-018. EUA.
- FHWA. Federal Highway Administration, 2001c, *National Review of the Highway Safety Improvement Program*. U.S. Department of Transportation. EUA. Disponível em: http://safety.fhwa.dot.gov/state_program/hsip/hsip_final.htm. Acessado em dez. 2009.
- FHWA - Federal Highway Administration, 2000, *Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways*. Publication No. FHWA-RD-99-207, EUA. Disponível em: <http://www.tfhrc.gov/safety/pubs/99207>. Acessado em fev. 2007.
- FHWA - Federal Highway Administration, 1989, *Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations*. Publication No. FHWA-IP-88-027, EUA.
- FIELD, A., 2009, *Discovering Statistics Using SPSS*, 3 ed., Thousand Oaks, USA. Sage Publications.
- FONTANA, A. e FREI, J., 2003, “The interview: from structured questions to negotiated text”. In: Denzin, N., Lincoln, Y. (eds), *Collecting and Interpreting Qualitative Materials*, 2 ed., capítulo 2, Thousand Oaks, USA. Sage Publications.
- FORBES, G., 1999, “Urban Roadway Classification. Before the Design Begins”. *Urban Street Symposium: Conference Proceedings.*, Dallas, EUA, 28-30 Jun.

- FRAMARIM, C., 2003, *Procedimento para monitorar medidas voltadas à redução dos acidentes no sistema viário*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- FU, L., PERCHANOK, M., MORENO, L. e SHAH, Q., 2006, “Effects of Winter Weather and Maintenance Treatments on Highway Safety”. *86th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting*, Washington DC, EUA, 22-26 Jan.
- GALENO, S., 2002, *Uma técnica de conflitos de tráfego aplicada aos pedestres: O caso de um corredor urbano em Belém*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- GAO - General Accounting Office, 2003, *Research Continues on the Variety of Factors That Contribute to Motor Vehicle Crashes*. Report to Congressional Requesters No. GAO-03-436, EUA. Disponível em: <http://www.gao.gov/new.items/d03436.pdf>. Acessado em jan. 2007.
- GARCÍA, M. e BRAGA, M., 1992, “Travessias exclusivas para pedestres: suas deficiências e a desobediência ao semáforo por parte dos motoristas.” *VI ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Rio de Janeiro, Brasil, 23-27 Nov.
- GOLOB, T., RECKER, W. e ALVAREZ, V., 2004, “Freeway safety as a function of traffic flow”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 36, n. 6, pp. 933-946.
- GOLOB, T., RECKER, W. e PAVLIS, Y., 2008, “Probabilistic models of freeway safety performance using traffic flow data as predictors”, *Safety Science*, v. 46, n. 9, pp. 1306-1333.
- GRSP – Global Road Safety Partnership, 2008, *Speed management: a road safety manual for decision-makers and practitioners*. Geneva, Switzerland.
- GUERRA, R. e BRAGA, M., 1994, “A publicidade nas faixas de domínio das rodovias: Diretrizes para sua regulamentação e avaliação como fonte adicional de recursos”. *VIII ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Recife, Brasil, 21-25 Nov.
- HADAYEGHI, A., SHALABY, A. e PERSAUD, B., 2010, “Development of planning level transportation safety models using Full Bayesian Semiparametric Additive techniques”. *89th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting*, Washington DC, EUA, 10-14 Jan.

- HANBALI, R. e SUDHAKAR, S., 2004, “Do Permanent Raised Pavement Markers Improve Highway Safety?”. *XIII Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte*, Nova York, EUA, 26-29 Set.
- HAUER, E., 2000, *Safety of Horizontal Curves*. Disponível em: <http://ca.geocities.com/hauer@rogers.com/Pubs/Curves.pdf>. Acessado em nov. 2006.
- HATFIELD, A. e HIPEL, K., 2002, “Risk and Systems Theory”, *Risk Analysis*, v. 22, n. 6, pp. 1043-1057.
- HOJ, N. e KRÖGEN, W., 2002, “Risk analyses of transportation on road and railway from a European Perspective”, *Safety Science*, v. 40, n. 1-4, pp. 337-357.
- HUANG, H. e ZEGEER, C., 2000, *The Effects of Pedestrian Countdown Signal in Lake Buena Vista*. University of North Carolina, Chapel Hill, EUA. Disponível em: http://www.dot.state.fl.us/Safety/ped_bike/handbooks_and_research/research/CNT-REPT.pdf Acessado em ago. 2007.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010, *Website do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acessado em jan. 2010.
- IMT - Instituto Mexicano del Transporte, 2003, *Seguridad vial en carreteras*. Publicación Técnica No. 224. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Sanfandila, México. Disponível em: <http://www.imt.mx/Espanol/Publicaciones/pubtec/pt224.pdf>. Acessado em nov. 2006.
- IMT - Instituto Mexicano del Transporte, 2002, *Algunas consideraciones de seguridad para el proyecto geométrico de carreteras*. Publicación Técnica No. 217, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Sanfandila, México. Disponível em: <http://www.imt.mx/Espanol/Publicaciones/pubtec/pt217.pdf>. Acessado em nov. 2006.
- IPEA e ANTP - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e Associação Nacional de Transportes Públicos, 2003, *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras*. Relatório Executivo. Brasília, Brasil.
- IPEA e DENATRAN - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e Departamento Nacional de Trânsito, 2006, *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras*. Relatório Executivo. Brasília, Brasil.

- IPP – Instituto Pereira Passos, 2010, *Website* do Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/ipp/>. Acessado em jan. 2010.
- ITE - Institute of Transportation Engineers, 1997, *A Toolbox for Alleviating Traffic Congestion and Enhancing Mobility*. Publication No. IR-054B. Federal Highway Administration. EUA.
- ITE - Institute of Transportation Engineers, 1992, *Traffic Engineering Handbook*. 4^{ta} Ed., Nova Jersey, EUA, Editora James L. Pline.
- KEEGAN, O. e O'MAHONY, M., 2003, “Modifying pedestrian behaviour”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. v. 37, n. 10, pp. 889-901.
- KHISTY, J. e LALL, K., 1998, *Transportation Engineering. An introduction*. 720 p. Nova Jersey, EUA, Prentice-Hall Inc.
- LAMSA – Linha Amarela S.A., 2010, *Website* da Linha Amarela S.A. Disponível em: <http://www.lamsa.com.br/>. Acessado em jan. 2010.
- LEE, C., HELLINGA, C. e OSBAY, K., 2006, “Quantifying effects of ramp metering on freeway safety”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 38, n. 2, pp. 279-288.
- LORD, D., MANAR, A. e VIZIOLI, A., 2005, “Modelling crash-flow-density and crash-flow-V/C ratio relationships for rural and urban freeway segments”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 37, n. 1, pp. 185-199.
- MACEDO, G., 2004, *Estudo das relações entre o nível de habilidade e direção segura, a irritabilidade e o cometimento de violações e erros do motorista e o seu possível envolvimento em acidentes de trânsito*. Tese de D.Sc., Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- MACEDO, N., 2007, *Fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental do Sistema de Transporte Público Urbano e sua hierarquização*. Dissertação de M.Sc., Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- MAIA, J., 1995, *Uma análise sistêmica dos acidentes de trânsito no Brasil*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- MALHOTRA, N., 2006, *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*, 4 ed., Porto Alegre, Brasil. Bookman.

- MALYSHKINA, N. e MANNERING, F., 2010, “Empirical assessment of the impact of highway design exceptions on the frequency and severity of vehicle accidents”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 42, n. 1, pp. 131-139.
- MARTIN, J., 2002, “Relationship between crash rate and hourly traffic flow on interurban motorways”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 34, n. 5, pp. 619-629.
- MCDANIEL, C. e GATES, R., 2006, *Pesquisa de marketing*, 2 ed., São Paulo, Brasil. Thomson Learning.
- MEDINA, A., WIERWILLE, W., LEE S. e HANOWSKI, R., 2004, “Understanding Driver Error. Crash Database Analysis in Support of Taxonomy Development”. *XIII Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte*, Nova York, EUA, 26-29 Set.
- MIRANDA V. e BRAGA M., 2004, “Segurança de trânsito no Brasil: Propostas para as empresas”. *XIII Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte*. Nova York, EUA, 26-29 Set.
- MOHAN, D., TIWARI, G., KHAYESI, M. e MUYIA, F., 2006, *Road traffic injury prevention: training manual*. World Health Organization, Geneve, Switzerland.
- MONT´ALVÃO, C. e BRAGA, M., 1998, “Painéis de mensagem variável e o papel do ergodesigner”. *P&D Design 98 – 3º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*. Rio de Janeiro, Brasil, 25-28 Out.
- MPOG – Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, 2009, *Orçamento Anual 2009*. Brasília. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/>. Acesso em mar. 2009.
- MT - Ministério dos Transportes, 2009, *Programa de Redução de Acidentes no Trânsito*. Brasília. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/>. Acesso em mar. 2009.
- NAVIN, F., ZEIN, S., NEPOMUCEUO, J. e HO, G., 1999, “Road Safety Audits and Reviews: The State-of-the-Art and Beyond”. *69th Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers*, Las Vegas, EUA, 1-4 Ago.
- NCHRP - National Cooperative Highway Research Program, 2007, *Methodology to Predict the Safety Performance of Urban and Suburban Arterials*. Final Report for NCHRP Project 17-26. Transportation Research Board of the National Academies. EUA.

- NCHRP - National Cooperative Highway Research Program, 2004, *Road Safety Audits: A Synthesis of Highway Practice*. NCHRP Synthesis 336, Transportation Research Board of the National Academies, EUA.
- NCHRP - National Cooperative Highway Research Program, 1999, *Performance of Roadside Barriers*. NCHRP Project 22-13. Transportation Research Board of the National Academies. EUA. Disponível em: <http://www4.trb.org/trb/crp.nsf/0/02f1c464bfc9f27c8525674800561ab7?OpenDocument>. Acessado em jan. 2007.
- NCHRP - National Cooperative Highway Research Program, 1997a, *Quantifying Congestion Final Report*. NCHRP Report 398. Transportation Research Board of the National Academies. EUA.
- NCHRP - National Cooperative Highway Research Program, 1997b, *Strategies for Improving Roadside Safety*. Research Results Digest 220. Transportation Research Board of the National Academies. EUA.
- NCHRP - National Cooperative Highway Research Program, 1993, *Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features*. NCHRP Report 350. Transportation Research Board of the National Academies. EUA. Disponível em: http://gulliver.trb.org/publications/nchrp/nchrp_rpt_350-a.pdf Acessado em jan. 2007.
- NERA - National Economic Research Associates, 2004, DTLR multi-criteria analysis manual. Disponível em: <http://www.communities.gov.uk/documents/corporate/pdf/146868.pdf>. Acessado em jul. 2008.
- NILSSON, G., 2004, *Traffic Safety Dimensions and the Power Model to Describe the Effect of Speed on Safety*. Bulletin 221, Lund Institute of Technology, Sweden. Disponível em: http://www.lub.lu.se/luft/diss/tec_733/tec_733.pdf. Acessado em dez. 2008.
- NODARI, C., 2003, *Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples*. Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

- NODARI, C. e LINDAU, L., 2004, “Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples”. *XIII Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte*. Nova York, EUA, 26-29 Set.
- NODARI, C. e LINDAU, L., 2003, “Identificação e avaliação de características físicas da rodovia que influenciam a segurança viária”. *XVII ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Rio de Janeiro, Brasil, 10-14 Nov.
- NODARI, C. e LINDAU, L., 2001, “Auditorias de Segurança Viária”. *Transportes*, v 9, n° 2. pp 48-66.
- NORMA, N., 2004, “Luz para salvar vidas”, *Tráfico (online)*, n. 168, pp. 29-32.
- O'BRIEN, A. e DONALD, D., 2000, “Road Safety Audit ‘Nitty Gritty’ – Design Stage Audits”. *70th ITE Annual Meeting and Exhibit*, Nashville, EUA, 6-9 Ago.
- OPS – Organización Panamericana de la Salud, 2007, *Por una mejor seguridad vial en las Américas*. Washington, EUA. Disponível em: http://whqlibdoc.who.int/paho/2007/9789275328774_spa.pdf. Acesso em mar. 2009.
- OSSIANDER, E. e CUMMINGS, P., 2002, “Freeway speed limits and traffic fatalities in Washington State”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 34, n. 1, pp. 13-18.
- OWERS, R. e WILSON, E., 2001, *Safety Analysis Without the Legal Paralysis: The Road Safety Audit*. University of Wyoming, Wyoming, EUA. Disponível em: http://www.ndsu.nodak.edu/ndsu/ugpti/MPC_Pubs/html/MPC02-129/index.html. Acessado em mar. 2006.
- PANDE, A. e ABDEL-ATY, M., 2009, “A novel approach for analyzing severe crash patterns on multilane highways”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 41, n. 5, pp. 985-994.
- PANDE, A. e ABDEL-ATY, M., 2006, “Assessment of freeway traffic parameters leading to lane-change related collisions”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 38, n. 5, pp. 936-948.
- PAPACOSTAS, C., 1987, *Fundamentals of Transportation Engineering*. 458 p, Nova Jersey, EUA, Prentice-Hall Inc.
- PARKIN, R. e BALBUS, J., 2000, “Variations in Concepts of “Susceptibility” in Risk Assessment”, *Risk Analysis*, v. 20, n. 5, pp. 603-612.

- PARK, B., FITZPATRICK, K. e LORD, D., 2010, "Evaluating the Effects of Freeway Design Elements on Safety". *89th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting*, Washington DC, EUA, 10-14 Jan.
- PARRA, Z., 2001, *Transporte coletivo público urbano: seleção de alternativas tecnológicas*. Dissertação de M.Sc., Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- PEDEN, M., SCURFIELD, R., SLEET, D., MOHAN, D., HYDER, A., JARAWAN, E. e MATHERS, C., 2004, *World report on road traffic injury prevention*. World Health Organization, Geneve, Switzerland.
- PEÑA, E., 2004, "Las Carreteras y la Noche. Ver y Ser Visto". *VI Congreso de Ingeniería del Transporte*. Zaragoza, Espanha, 23-25 Jun.
- PEO - Professional Engineers Ontario, 2003, *Report of the Highway 407 Safety Review Committee*. Disponível em: <http://www.peo.on.ca>. Acessado em nov. 2006.
- PEREIRA, L., 2005, *Um procedimento de apoio à decisão para escolha de sistemas de controle de tráfego considerando a coleta automatizada de dados*. Dissertação de M.Sc., Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- PICADO, J., 2005, *La Ingeniería de Tránsito y la Gestión de Seguridad Vial. Manual*. San José, Costa Rica.
- PORTUGAL, L. e ARAÚJO, L., 2008, "Procedure to Analyze the Performance of Urban Networks in Brazilian Cities", *Journal of Urban Planning and Development*, v. 134, n. 3, pp. 119-128.
- RENN, O., 1998, "The role of risk perception for risk management", *Reliability Engineering and System Safety*, n. 59, pp. 49-62.
- RIFAAT, S. e TAY, R., 2010, "Effect of Street Pattern on Road Safety: Are Policy Recommendations Sensitive to Different Aggregations of Crashes by Severity?". *89th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting*, Washington DC, EUA, 10-14 Jan.
- RODRÍGUEZ, I., 1996, "La velocidad a estudio", *Tráfico (online)*, n. 117, pp. 11-16.
- RODRIGUE, J., COMTOIS, C. e SLACK, B., 2006, *The Geography of Transport Systems*, 284 p., New York, USA. Hofstra University. Disponível em: <http://people.hofstra.edu/geotrans/index.html>. Acessado em Jan. 2009.

- RUNDMO, T. e IVERSEN, H., 2004, “Risk perception and driving behaviour among adolescents in two Norwegian counties before and after a traffic safety campaign”, *Safety Science*, n. 42, pp. 1-21.
- SAATY, T., 1991, *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo, Brasil, McGraw-Hill.
- SÁENZ, N. e RODRÍGUEZ, D., 2004, “Hacia una política para la implantación de las Auditorias de Seguridad Vial en Colombia”. *XIII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito e Transporte*, Nova York, EUA, 26-29 Set.
- SAMPEDRO, A., 2006, *Procedimento para avaliação da segurança de tráfego em vias urbanas*. Dissertação de M.Sc., Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- SAMPEDRO, A., BRAGA, M. e PORTUGAL, L., 2009, “Identificação das características da infraestrutura que influenciam a segurança do tráfego em vias expressas urbanas brasileiras”. *XV Congreso Latinoamericano de Transporte Público Urbano*, Buenos Aires, Argentina, 31 Mar-3 Abr.
- SAMPEDRO, A. e CAMPOS, V., 2006, “Avaliação e Tratamento das Características da Infraestrutura Viária Urbana que Influenciam a Segurança do Tráfego”, *Engenharia Civil*, n. 27, pp. 123-134.
- SAMPEDRO, A. e FOGLIATTI, C., 2005, “Estratégias atuais visando a segurança viária”, *Revista Militar de Ciência e Tecnologia*, v. XXIII, pp. 77-83.
- SAMPEDRO, A., REYNERI, F. e BRAGA, M., 2007, “Un procedimiento para la adecuación de las Auditorias de Seguridad Vial a las condiciones de Cuba”. *XIV Congreso Latinoamericano de Transporte Público Urbano*, Rio de Janeiro, Brasil, 20-24 Nov.
- SÁNCHEZ, J., 2001, “El riesgo de correr”, *Tráfico (online)*, n. 150, pp. 25-26.
- SCHLECHTER, W., 1995, “Process risk assessment - Using science to ‘do it right’”, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, n. 61, pp. 479-494.
- SCHOPF, A. e NODARI, C., 2007, “Revisão de Segurança Viária: Proposição de uma lista de verificação adaptada à realidade brasileira”. *XXI ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Rio de Janeiro, Brasil, 18-21 Nov.

- SHANKAR, V., MANNERING, F. e BARFIELD, W., 1995, “Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 27, n. 3, pp. 371-389.
- SINAY, L., 2007, *Modelling and forecasting cultural and environmental changes*. PhD dissertation, University of Queensland, Queensland, Australia.
- SJÖBERG, L., MOEN, B. e RUNDMO, T., 2004, “Explaining risk perception. An evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research”, *Rotunde*, n 84, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway. Disponível em: http://www.svt.ntnu.no/psy/Torbjorn.Rundmo/Psychometric_paradigm.pdf Acessado em dez. 2008.
- STORM, R., 2000, *Pavement markings and incidents reductions*. Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, Ames, EUA.
- TARKO, A. e DESALLE, B., 2003, “Perception-based road hazard identification with Internet support”, *Applied Health Economics and Health Policy*, v. 2, n. 4, pp. 191-200.
- TEDESCO, T., 2004, *Avaliação do uso de guias sonoras como medida de redução de acidentes nas rodovias de Rio Grande do Sul*. Trabalho de Conclusão de M.Ing., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- TOBASSO, C., 2004, “A más seguridad mayor inseguridad. La fascinante teoría de la homeostasis del riesgo”, *Revista dos Transportes Públicos*, n. 102, pp. 99-108.
- TORRES, A. e PARDILLO, J., 2004, “Las Auditorias de Seguridad Vial y la Visión Latinoamericana”. *VI Congreso de Ingeniería del Transporte*. Zaragoza, Espanha, 23-25 Jun.
- TRB - Transportation Research Board of the National Academies, 2004, *Development of the Highway Safety Manual*. NCHRP Web Document 62 (Project 17-18[4]): Contractor’s Final Report. National Cooperative Highway Research Program. EUA.
- TRB - Transportation Research Board of the National Academies, 2000, *Highway Capacity Manual*. Formato digital (CD), Washington, EUA.
- TRB - Transportation Research Board of the National Academies, 1998, *Managing Speed. Review of Current Practice for Setting and Enforcing Speed Limits*. Special Report 254, EUA.

- TRB - Transportation Research Board of the National Academies, 1987, *Designing safer roads: practices for resurfacing, restoration and rehabilitation*. Special Report 214, EUA.
- TWALA, B. e MKHONTA, Z., 2010, “Predicting Road Traffic Accidents Using Supervised Learning Algorithms: The Case of Gauteng Province in South Africa”. *89th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting*, Washington DC, EUA, 10-14 Jan.
- TXDOT – Texas Department of Transportation, 2004, *Access Management Manual*. Texas, EUA. Disponível em: <ftp://ftp.dot.state.tx.us/pub/txdot-info/gsd/manuals/acm.pdf>. Acessado em abr. 2009.
- VELASCO, A., BASCUÑÁN, R. e PONCE, F., 2004, “Modelo estratégico para intervenciones en Seguridad del Tránsito”. *XIII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito e Transporte*, Nova York, EUA, 26-29 Set.
- WELLS, P., TONG, S., SEXTON, B., GRAYSON, G. e JONES, E., 2008, *Cohort II: A Study of Learner and New Drivers*. Road Safety Research Report No. 81. Department of Transport: London. Reino Unido. Disponível em: <http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/research/rsrr/theme2/cohort2/cohrtiimainreport.pdf>. Acessado em jan. 2009.
- WETTON, M., HORSWILL, M., HATHERLY, C., WOOD, J., PACHANA, N. e ANSTEY, K., 2010, “The development and validation of two complementary measures of drivers’ hazard perception ability”, *Accident Analysis and Prevention*, v. 42, n. 4, pp. 1232 - 1239.
- WEYMAN, A. e KELLY, C. 1999, *Risk perception and risk communication: A review of literature*. Contract Research Report No. 248/1999. Health and Safety Laboratory. Reino Unido. Disponível em: http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/1999/crr99248.pdf. Acessado em jan. 2009.
- WILSON, E. e LIPINSKI, L., 1999, “Application of Road Safety Audits to Urban Streets”. *Urban Street Symposium*, Dallas, EUA, 28-30 Jun.
- ZANOLI, P. e SETTI, J., 2004, “Um método para estudo da localização de dispositivos para contenção de veículos desgovernados em declives”. *XIII Congresso Panamericano de Ingeniería de Tránsito e Transporte*. Nova York, EUA, 26-29 Set.

ZHENG, Z., AHN, S. e MONSERE, C., 2010, "Impact of traffic oscillations on freeway crash occurrences", *Accident Analysis and Prevention*, v. 42, n. 2, pp. 626-636.

APÊNDICES

I. Questionário para avaliação da importância das categorias viárias

QUESTIONÁRIO SOBRE A IMPORTÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DAS VÍAS EXPRESSAS URBANAS NA SEGURANÇA DO TRÁFEGO

Nome:

Instituição/Empresa:

Cargo:

Este Questionário tem por objetivo avaliar a importância de 8 **categorias viárias**, nas que foram divididas – para efeitos desta pesquisa - 31 características das vias expressas urbanas que afetam a segurança do tráfego. A seguir são apresentadas as 8 categorias, com as características da via que as formam. Para maior esclarecimento, ao final do Questionário apresenta-se um desdobramento das características, com os aspectos a considerar.

Categoria	Características
Traçado	Presença de curvas verticais acentuadas
	Presença de curvas horizontais fechadas
	Ausência ou inadequada superlargura e/ou superelevação em curvas
	Pouca consistência do alinhamento horizontal e vertical

Categoria	Características
Seção transversal	Largura de faixas inadequada
	Ausência de acostamentos
	Tipo e largura de canteiro central inadequados

Categoria	Características
Pavimento	Presença de buracos, desníveis, fissuras e desagregação do pavimento
	Superfície lisa e escorregadiça, baixa resistência a derrapagem
	Drenagem inadequada, formação de espelhos de água e lama na pista

Categoria	Características
Sinalização	Ausência das marcas no pavimento e das placas
	Baixa credibilidade das marcas e placas, uso incerto das mesmas
	Más condições técnicas das marcas e placas
	Ausência de tachões e de delimitadores

Categoria	Características
Dispositivos de Controle de Tráfego	Ausência de Sistemas Inteligentes de Transporte
	Ausência ou percepção dificultosa dos painéis de mensagens variáveis
	Ausência ou percepção dificultosa do radar de controle da velocidade

Categoria	Características
Áreas adjacentes	Presença de obstáculos perigosos nas laterais da pista
	Grande número de painéis de publicidade nas proximidades da via
	Presença de acessos com condições inadequadas ou sem controle
	Ausência de barreiras longitudinais nos limites da via

Categoria	Características
Condições operacionais	Velocidade regulamentada inadequada
	Condições de iluminação inadequadas
	Presença de ciclistas e pedestres
	Incompatibilidade entre categoria e condições operacionais da via
	Operação inadequada dos sistemas de transporte público
	Circulação de motocicletas

Categoria	Características
Interseções	Ausência de faixas auxiliares de aceleração e desaceleração
	Adoção de um desenho complexo e pouco coerente
	Visibilidade reduzida por geometria ou por presença de obstáculos
	Geometria e condições das alças de ligação inadequadas

I.- Considerando as características incluídas em cada uma delas, avalie as 8 **categorias** de acordo com a importância de sua influência sobre a segurança do tráfego em vias expressas urbanas nas condições brasileiras. Para isto, atribua na coluna “**Importância**” o peso que estime adequado, segundo a escala de **1 a 5** apresentada a seguir, onde **1** significa que a categoria apenas tem importância para a segurança do tráfego e **5** que tem muita importância.

Importância para a segurança do tráfego

 muito pouca	 pouca	 moderada	 alta	 muito alta
1	2	3	4	5

Categoria	Importância
Traçado	
Seção transversal	
Pavimento	
Sinalização	
Dispositivos de Controle de Tráfego	
Áreas adjacentes	
Condições operacionais	
Interseções	

Observações:

- Sua participação nesta pesquisa é voluntária e seus dados pessoais não serão revelados sob nenhuma circunstância.
- Os dados registrados neste questionário serão utilizados apenas para pesquisa acadêmica no âmbito da COPPE/UFRJ.
- Para esclarecimentos ou observações a respeito desta pesquisa, contatar Amílcar Sampedro, no Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ, pelo Email: amilcar@pet.coppe.ufrj.br

Obrigado pela sua participação.

ASPECTOS A CONSIDERAR DAS CARACTERÍSTICAS DA VIA

Traçado

1.- Presença de curvas verticais acentuadas: Existência de curvas verticais acentuadas que reduzem de forma notável a visibilidade de motoristas ou em que a mudança brusca da inclinação do perfil provoca desconforto ou insegurança excessiva dos usuários à velocidade regulamentada.

2.- Presença de curvas horizontais fechadas: Existência de curvas horizontais de raio de reduzido que diminuem de forma notável a visibilidade dos motoristas ou que podem provocar perda do controle do veículo e/ou saída da pista.

3.- Ausência ou inadequada superlargura e/ou superelevação em curvas: Ausência de superlargura na curva, ou a superlargura adotada é inadequada, considerando a geometria e as condições operacionais locais. Ausência de superelevação na curva ou a superelevação adotada é inadequada, considerando a geometria e as condições operacionais da curva.

4.- Pouca consistência do alinhamento horizontal e vertical: Presença de locais onde coincidem curvas horizontais e verticais, existência de curvas horizontais em aclives ou declives compridos ou íngremes ou de situações inesperadas do traçado e da geometria da via.

Seção transversal

5.- Largura de faixa inadequada: Largura reduzida das faixas considerando os tipos de veículos que circulam, a categoria da via e as condições operacionais.

6.- Ausência de acostamentos: Falta de acostamentos na via ou de áreas de refugio para paradas emergências de veículos.

7.- Tipo e largura de canteiro central inadequado: O tipo e a largura do canteiro central (com ou sem elemento físico de separação) resulta inapropriado para minimizar os efeitos dos fluxos de tráfego contrários, para desestimular o cruzamento de pedestres e para evitar manobras e giros não permitidos.

Pavimento

8.- Presença de buracos, desníveis, fissuras e desagregação do pavimento: Existência de desagregação e perda da superfície de rolamento, de buracos na pista e de ondulações na superfície que possam provocar manobras bruscas, perda do controle do veículo ou danos ao mesmo.

9.- Superfície lisa e escorregadia, baixa resistência a derrapagem: Presença de superfície do pavimento com baixa a resistência a derrapagem, tanto seca quanto molhada.

10.- Drenagem inadequada, formação de espelhos de água e lama na pista: Existência de acumulação ou espelhos de água na pista e/ou calçada, formação de correntezas de escoamento de água de chuva na pista, más condições técnicas e de manutenção das canteletas e bocas-de-lobo e presença de acumulação de lama e barro na pista.

Sinalização

11.- Ausência das marcas no pavimento e das placas: Ausência das marcas horizontais no pavimento, linhas longitudinais delimitadoras da pista, das faixas e inscrições onde necessário. Ausência ou número insuficiente das placas de regulamentação, prevenção e informação requeridas.

12.- Baixa credibilidade das marcas e placas, uso incerto das mesmas: Uso incorreto das marcas no pavimento e das placas utilizadas, considerando as condições físicas e operacionais da via e difícil leitura e compreensão das placas pelos usuários em aproximação.

13.- Más condições técnicas das marcas e placas: Presença de marcas apagadas ou com insuficiente visibilidade diurna, baixo nível de refletividade, baixa resistência à derrapagem e pouca resistência à intempérie. Presença de placas com dimensões inadequadas considerando a categoria e a velocidade regulamentada da via, insuficiente visibilidade diurna, baixo nível de refletividade, pouca resistência à intempérie e violação dos padrões de desenho estabelecidos.

14.- Ausência de tachões e de delimitadores refletivos: Ausência de tachões refletivos no pavimento nos limites da pista e nas faixas de rolamento ou mau estado técnico dos mesmos. Ausência de marcadores de alinhamento ou canalizadores refletivos em curvas fechadas, canalizações para giros em interseções ou localização, espaçamento e mau estado técnico dos marcadores de alinhamento ou dos canalizadores. Ausência de delimitadores ou balizadores refletivos nas bordas da pista onde necessário ou inadequado estado técnico dos balizadores ou delimitadores.

Dispositivos de Controle de Tráfego

15.- Ausência de Sistemas Inteligentes de Transporte: Ausência ou não utilização de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) para o controle operacional, como gerenciamento do fluxo veicular em tempo real, sistemas de comunicação adequados, monitoramento da operação ao vivo, limites de velocidade variáveis, entre outros.

16.- Ausência ou percepção dificultosa dos painéis de mensagens variáveis: Ausência ou não utilização dos painéis de mensagens variáveis (PMV). Ou a localização, as dimensões inadequadas ou o tipo de iluminação do PMV provocam que o mesmo não seja advertido com antecipação suficiente ou sua leitura e compreensão sejam difíceis.

17.- Ausência ou percepção dificultosa do radar de controle da velocidade: Ausência de radar para controle eletrônico de velocidade. Ou a localização e a precariedade das placas de informação sobre a presença do radar provocam que o mesmo não seja advertido com antecipação suficiente.

Áreas adjacentes

18.- Presença de obstáculos perigosos nas laterais da pista: Presença de objetos perigosos nas proximidades da pista, tanto na calçada quanto no canteiro central ou tratamento inapropriado dos objetos perigosos nas proximidades da pista.

19.- Grande número de painéis de publicidade nas proximidades da via: O número e o layout dos painéis de publicidade em áreas da via atrapalham a percepção certa de Dispositivos de Controle de Tráfego e placas de trânsito em qualquer hora e sob quaisquer condições climáticas.

20.- Presença de acessos com condições inadequadas ou sem controle: Existência de acessos não controlados às áreas adjacentes ou a outras vias. As condições estruturais e as características geométricas dos acessos não garantam a execução segura das manobras de entrada e saída da via considerando o tipo de tráfego e as condições operacionais.

21.- Ausência de barreiras longitudinais nos limites da via: Ausência de barreiras longitudinais de proteção ou comprimento, localização e tipo inadequados das mesmas. Mau estado técnico das barreiras de proteção. Barreira de proteção inadequada para garantir a circulação com segurança por pontes e viadutos considerando o tipo de tráfego e as condições operacionais da via.

Condições operacionais

22.- Velocidade regulamentada inadequada: Incompatibilidade entre velocidade de circulação regulamentada e a velocidade de desenho, considerando a categoria da via e as características geométricas do local. Ausência de placas de limite de velocidade. Incompatibilidade entre velocidade de circulação regulamentada e as condições operacionais e de segurança da via no local. Baixo nível de cumprimento da velocidade regulamentada pelo tráfego que circula pelo local.

23.- Condições de iluminação inadequadas: Ausência de iluminação ou tipo e níveis de iluminação inadequados. Existência de luminárias defeituosas ou existência de luminárias que dificultam a visibilidade de placas e Dispositivos de Controle de Tráfego.

24.- Presença de ciclistas e pedestres: Presença de bicicletas no fluxo veicular. Existência de pedestres atravessando a via. Localização inapropriada das travessias para pedestres. Presença de pedestres realizando atividades comerciais ou de outro tipo na pista ou próximo desta.

25.- Incompatibilidade entre categoria e condições operacionais da via: Incompatibilidade da categoria funcional da via considerando as características geométricas, as condições operacionais e as particularidades do tráfego.

26.- Operação inadequada dos sistemas de transporte público: Existência de pontos de ônibus na via. Realização de paradas não oficiais por parte dos ônibus do transporte público e de veículos do transporte alternativo. Circulação de caminhões e veículos pesados de carga.

27.- Circulação de motocicletas: Presença de motocicletas no fluxo veicular fazendo manobras perigosas, que circulam em alta velocidade, entre as filas de veículos que circulam em baixa velocidade ou durante congestionamentos, entre as faixas de rolamento, etc.

Interseções

28.- Ausência de faixas auxiliares de aceleração e desaceleração: Ausência de faixas auxiliares de aceleração e desaceleração para entrar e sair da via ou desenho geométrico e operacional das faixas auxiliares inadequado.

29.- Adoção de um desenho complexo e pouco coerente: Existência de múltiplos acessos na interseção, adoção de um desenho complexo, pouco coerente e difícil de entender para todos os usuários e características geométricas e raios de curvatura inapropriados considerando o volume e tipo de tráfego e as condições operacionais do local.

30.- Visibilidade reduzida por geometria ou por presença de obstáculos: Distância de visibilidade reduzida por causa do alinhamento vertical e horizontal, ângulo fechado da interseção ou pela presença de obstáculos laterais, prédios, vegetação ou relevo.

31.- Geometria e condições das alças de ligação inadequadas: Alças de ligação com raio de curvatura muito reduzido, limites de velocidade inadequados, superelevação inapropriada, más condições do pavimento e da sinalização, falta de barreiras longitudinais, etc.

II. Questionários para avaliação do efeito das características da via

**QUESTIONÁRIO SOBRE O EFEITO DAS CARACTERÍSTICAS DAS
VÍAS EXPRESSAS NA SEGURANÇA DO TRÁFEGO**
(versão para especialistas)

Via: _____ Data: ____/____/____ Dia da semana: _____

Entidade: _____ Cargo: _____ Tempo no cargo: ____ Sexo: ____

Este Questionário tem por objetivo avaliar a influência de 31 características das vias expressas urbanas sobre a segurança do tráfego. Para efeito desta análise, essas 31 características foram agrupados em 8 categorias relacionadas com aspectos específicos deste tipo de vias.

I.- Avalie cada característica dentro de cada categoria considerando seu **efeito negativo** na segurança do tráfego nesta via. Para tanto, na coluna **“Efeito”** atribua um critério segundo a escala apresentada a seguir.

Efeito negativo na segurança do tráfego

 muito baixo	 baixo	 moderado	 alto	 muito alto
 MB	 B	 M	 A	 MA

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Traçado	1. Presença de curvas verticais acentuadas					
	2. Presença de curvas horizontais fechadas					
	3. Superlargura e/ou superelevação em curvas					
	4. Alinhamento horizontal e vertical					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Seção transversal	5. Largura de faixas					
	6. Ausência de acostamentos					
	7. Tipo e largura do canteiro central					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Pavimento	8. Estado estrutural					
	9. Resistência a derrapagem					
	10. Condições da drenagem					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Sinalização	11. Presença das marcas no pavimento e das placas					
	12. Credibilidade das marcas e placas.					
	13. Condições técnicas das marcas e placas					
	14. Uso de tachões e de delimitadores refletivos					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Dispositivos de Controle de Tráfego	15. Uso de Sistemas Inteligentes de Transporte					
	16. Presença e visibilidade dos painéis de mensagens variáveis					
	17. Presença e visibilidade do radar de controle da velocidade					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Áreas adjacentes	18. Obstáculos laterais					
	19. Número de painéis de publicidade					
	20. Controle e condições dos acessos					
	21. Uso de barreiras de contenção					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Condições operacionais	22. Velocidade regulamentada					
	23. Condições de iluminação					
	24. Presença de ciclistas e pedestres					
	25. Compatibilidade entre categoria e condições operacionais					
	26. Operação dos sistemas de transporte público					
	27. Circulação de motocicletas					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Interseções	28. Faixas auxiliares de aceleração e desaceleração					
	29. Complexidade e coerência do desenho					
	30. Visibilidade					
	31. Geometria e condições das alças de ligação					

Observações:

- Sua participação nesta pesquisa é voluntária e seus dados pessoais não serão revelados sob nenhuma circunstância.
- Os dados registrados neste questionário serão utilizados apenas para pesquisa acadêmica no âmbito da COPPE/UFRJ.
- Para esclarecimentos ou observações a respeito desta pesquisa, contatar Amílcar Sampedro, no Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ, pelo Email: amilcar@pet.coppe.ufrj.br

Obrigado pela sua participação.

**QUESTIONÁRIO SOBRE O EFEITO DAS CARACTERÍSTICAS
DAS VIAS EXPRESSAS NA SEGURANÇA DO TRÁFEGO**
(versão para usuários)

Via: _____ Data: ____/____/____ Dia da semana: _____

Tipo de veículo: _____ Sexo: ____ Idade: ____ Uso da via: _____

Este Questionário tem por objetivo avaliar a influência de 31 características das vias expressas urbanas sobre a segurança do tráfego. Para efeito desta análise, essas 31 características foram agrupados em 8 categorias relacionadas com aspectos específicos deste tipo de vias.

I.- Avalie cada característica dentro de cada categoria considerando seu **efeito negativo** na segurança do tráfego nesta via. Para tanto, na coluna “**Efeito**” atribua um critério segundo a escala apresentada a seguir.

Efeito negativo na segurança do tráfego

 muito baixo	 baixo	 moderado	 alto	 muito alto
 MB	 B	 M	 A	 MA

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Traçado	1. Presença de curvas verticais acentuadas					
	2. Presença de curvas horizontais fechadas					
	3. Superlargura e/ou superelevação em curvas					
	4. Alinhamento horizontal e vertical					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Seção transversal	5. Largura de faixas					
	6. Ausência de acostamentos					
	7. Tipo e largura do canteiro central					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Pavimento	8. Estado estrutural					
	9. Resistência a derrapagem					
	10. Condições da drenagem					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Sinalização	11. Presença das marcas no pavimento e das placas					
	12. Credibilidade das marcas e placas.					
	13. Condições técnicas das marcas e placas					
	14. Uso de tachões e de delimitadores refletivos					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Dispositivos de Controle de Tráfego	15. Uso de Sistemas Inteligentes de Transporte					
	16. Presença e visibilidade dos painéis de mensagens variáveis					
	17. Presença e visibilidade do radar de controle da velocidade					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Áreas adjacentes	18. Obstáculos laterais					
	19. Número de painéis de publicidade					
	20. Controle e condições dos acessos					
	21. Uso de barreiras de contenção					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Condições operacionais	22. Velocidade regulamentada					
	23. Condições de iluminação					
	24. Presença de ciclistas e pedestres					
	25. Compatibilidade entre categoria e condições operacionais					
	26. Operação dos sistemas de transporte público					
	27. Circulação de motocicletas					

Categoria	Característica	Efeito				
		MB	B	M	A	MA
Interseções	28. Faixas auxiliares de aceleração e desaceleração					
	29. Complexidade e coerência do desenho					
	30. Visibilidade					
	31. Geometria e condições das alças de ligação					

Observações:

- Sua participação nesta pesquisa é voluntária e seus dados pessoais não serão revelados sob nenhuma circunstância.
- Os dados registrados neste questionário serão utilizados apenas para pesquisa acadêmica no âmbito da COPPE/UFRJ.
- Para esclarecimentos ou observações a respeito desta pesquisa, contatar Amílcar Sampedro, no Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ, pelo Email: amilcar@pet.coppe.ufrj.br

Obrigado pela sua participação.

ANEXO

I. Características da via listadas nos Guias de ASV internacionais

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Tópicos Gerais	Parterre	O parterre está em acordo com padrões/diretrizes (ex.zonas livre de obstáculos, distâncias de visibilidade)	x		x	x
		As áreas livres de obstáculo e as distancias de visibilidade serão provavelmente restringidas com o desenvolvimento lindeiro?	x		x	x
	Estacionamento	A provisão de estacionamento é satisfatória em relação a operação do tráfego e a segurança?	x	x		x
	Barreiras de tráfego	Presença de non-transversal ou objetos fixos perigosos dentro da zona livre de obstáculos.			x	
		Existe risco do veículo cruzar o canteiro central e ir para pista de sentido contrário?			x	
		Histórico de acidentes da área.			x	
	Consistência dos parâmetros de projeto	Assegurar que os parâmetros de projeto são consistentes em relação ao alinhamento, a seção transversal, a interseções e a interchanges.			x	
	Áreas de descanso / Locais de picnic	As área de picnic e descanso são desejáveis?			x	
		O número de áreas de picnic e descanso no projeto é adequado?			x	
		O acesso as áreas de picnic e descanso são seguros?			x	
		As áreas de picnic e descanso estão situadas em lugares apropriados			x	
		Existem placas adequadas e corretamente posicionadas informando com antecedencia sobre as área de picnic/descanso?			x	
	Registros de acidentes	Existem registros de acidentes específicos para determinadas facilidades?			x	
		Freqüência de acidentes em determinada facilidade.			x	
		Características comuns de acidentes discutidas nos registros.			x	
	Obras temporárias	Interação entre obras temporárias e fluxo de tráfego.			x	
		Padrões gerais de controle do tráfego temporário		x		
		condição da superfície do pavimento nas zonas de trabalho		x		
		As obras temporárias são adequadamente sinalizadas?		x	x	
		Visibilidade da área de obras temporárias pelo tráfego em aproximação.			x	

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Tópicos Gerais	Obras temporárias	O local é livre de equipamentos de construção e manutenção não mais necessários?	x			x
		Existem placas ou controladores de tráfego não mais necessários?	x		x	x
	Ofuscamento devido ao farol dianteiro	Severidade do ofuscamento por faróis dianteiros durante operação noturna			x	
		Existem possíveis problemas devido a ofuscamento por farol dianteiro (e.g. via de serviço de dois sentidos próxima a faixa principal de tráfego)?	x			x
Interface rural/urbana	-		x			
Alinhamento e seção transversal	Visibilidade, distância de visibilidade	A distância de visibilidade é adequada para velocidade praticada na via?				x
		A distância de visão é adequada ao tipo de tráfego que usa a rodovia?	x			x
		Existe distância de visibilidade adequada em interseções, cruzamentos (ex. pedestres, ciclistas, gado, rodovia) etc?	x			x
	Velocidade de projeto / velocidade sinalizada	O alinhamento horz e vert é adequado a velocidade do tráfego (85 percentil)? Se não:	x	x	x	x
		a) Existem sinais de advertência instalados?	x			x
		b) Existem sinais indicando a velocidade?	x			x
		Checar a continuidade da velocidade de projeto e velocidade sinalizada?			x	
		O tráfego segue velocidade sinalizada?			x	
	Ultrapassagem	A velocidade sugerida nas curvas é adequada?	x	x	x	x
		São providas oportunidades adequadas de ultrapassagem? Faixas de ultrapassagem	x	x		x
	Larguras	As faixas de tráfego e os leitos carroçáveis, incluindo pontes, são adequados?	x	x		x
		A largura da faixa é suficiente para o projeto viário / classificação?			x	
	Acostamento	A largura apropriada para comportar todos tipos de veículos usuários da via (ex. veículos de emergência e/ou veículos quebrados)?	x	x	x	x
		A via apresenta condições de trafegabilidade para todos veículos e usuários da via?	x			x

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Alinhamento e seção transversal	Acostamento	Possui inclinação transversal adequada para drenagem?	x		x	x
		O tratamento dos taludes são suficientes?		x	x	
		Existem desníveis?			x	
		existem faixas sonorizadoras onde justificáveis?			x	
		O revestimento do acostamento é adequado a classe da via?			x	
	Inclinação lateral (talude)	Os taludes laterais e grades de drenos são seguros para veículos que saiam da pista?	x	x		x
	Elementos transversais:	Determinar se o projeto proposto tem elementos de seção transversal adequados para a via de acordo com sua: Classificação, velocidade de projeto e nível de serviço/volume pico de serviço.			x	
		Determine se ajustes nas dimensões podem ser feitos para possíveis expansões futuras.			x	
	Talude / superelevação	A inclinação da rodovia é suficiente para drenar a água durante temporais?			x	
		Existem taxas de inclinação diferentes ao longo das faixas de tráfego?			x	
	Drenagem	O canal de drenagem é apropriado para a topografia, manutenção e acúmulo de neve?			x	
		Existe a possibilidade de transbordamento ou alagamento proveniente dos arredores ou de drenos ou cursos d'água?			x	
		A via tem drenagem suficiente?		x	x	
	Largura do pavimento (ou calçamento)	A largura da área pavimentada é suficiente ao longo das curvas onde se espera que veículos com características especiais?			x	
	Alinhamento	Existem curvas muito acentuadas que possam causar derrapagem em condições meteorológicas adversas?			x	
	Alinhamento horizontal	checar se é necessário curvas de transição entr e tangentes e curvas circulares			x	
A combinação de superelevação e curvas de transição são adequadas em relação aos efeitos de drenagem?				x		

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Alinhamento e seção transversal	Alinhamento vertical	Existem rampas excessivamente acentuadas que possam ser inseguras em condições meteorológicas adversas?			x	
		São providas faixa de ultrapassagem (climbing lanes) onde ultrapassagem e "passing manoeuvres" são limitadas devido ao terreno?			x	
		Existem climbing lanes onde o grau de inclinação projetado excede o comprimento crítico para a inclinação?			x	
	Alinhamento vertical	verificar se existem faixas de escape onde necessário em inclinações descendentes acentuadas, se não ver se faixas de escape são viáveis.			x	
		São providas de oportunidades de ultrapassagem adequadas?			x	
		Existe espaçamento suficiente entre zonas de ultrapassagem?			x	
	Alinhamento vertical e horizontal	checar a interação entre os alinhamentos vertical e horizontal na via (roller croaster alignments, sequenciamento de curvas horiz/vert)			x	
		existem locais que podem confundir o usuário (ex. marca antigas)	x		x	x
		O alinhamento da via é claramente definido?	x		x	x
		Existem áreas pavimentadas não utilizadas sendo removidas ou tratadas?	x			x
		As marcações antigas no pavimento foram devidamente removidas?	x		x	x
		Os postes de iluminação e o alinhamento de árvores estão em concordância com o alinhamento da via?	x		x	x
	Classificação	checar se a classificação e o projeto são apropriados para volume e composição de tráfego propostos.			x	
		O projeto e a classe da rodovia é suficientemente flexível para acomodar crescimentos de fluxo e mudanças nas características de tráfego não previstos?			x	
	Pontes	Checar se o alinhamento vertical e horizontal se ajusta as rodovias que interceptam.			x	
		Checar a existência de espaço vertical suficiente e sinalização dos limites de altura.			x	
		Existe espaço adequado entre a rodovia e a mureta/cerca de pontes?			x	

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Alinhamento e seção transversal	Pontes	As distancia de visibilidade para parada ou para ultrapassagem são obstruída pelas muretas da ponte?			x	
		E necessário placas para delineamento, restrição de peso ou avisos de congelamento do deck? Estão adequadamente instalados?			x	
		Existem grades de drenos que atrapalhem ciclistas?			x	
		Existe redução da largura de acostamento na estrutura? Existem placas advertindo essa redução.			x	
					x	
		São usados meio-fio de altura apropriada nas calçadas e parapeitos e nas guias de segurança das pontes?			x	
		O projeto inclui dispositivos de drenagem para evitar a formação de poças e água nas passagens subterrâneas , elevadas e pontes?			x	
		Existira uma percepção visual de afunilamento ou estreitamento nos túneis e elevadas devido a localização dos pilares em relação a via que passa por baixo da estrutura?			x	
					x	
		Os espaços laterais, espaços dos canteiros centrais e a harzard clearance das pontes obedecem os padrões da classe da via.			x	
Interseções	Localização / espaçamento	A localização das interseções é adequada em relação ao alinhamento horizontal e vertical?	x			x
		Existe espaçamento suficiente entre interseções?			x	
		O alinhamento vertical e horizontal afeta a localização/espaçamento da interseção?			x	
		Os acessos e entroncamentos adequados para todos movimentos veiculares permitidos?			x	
	Controles	A sinalização horizontal e placas de controle da interseção são satisfatórias?	x	x		x

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Interseções	Controle de acesso das vias laterais			x		
	Controles: marcações	As marcações no pavimento são visíveis durante os períodos do dia e noite?		x	x	
		Checar reflexividade da marcações.			x	
	Controles: placas	Checar visibilidade e condições de leitura das placas para usuários em aproximação.		x	x	
		Checar a localização e quantidade de placas			x	
		checar placas faltando/redundantes/quebradas.			x	
		Placas de pare e de a preferencia são usadas adequadamente?			x	
	Controles: semáforos			x		
		Existem semáforos/painéis/?? de alta intensidade onde pode haver problemas com nascer ou por do sol?			x	
		Checar a quantidade e localização dos semáforos. Ver se estão visíveis?			x	
		Assegurar que os semáforos de vias adjacentes não afetem a percepção dos motoristas da via.			x	
		São necessários displays auxiliares?			x	
	Controle: fases semaforicas	Os semáforos estão adequadamente posicionados?			x	
		São providos verde mínimos e vermelho geral?			x	
	Visibilidade, distância de visão	O plano semaforico é consistente com as interseções adjacentes?			x	
		Distância de visão é adequada a todos movimentos e todos usuários?	x	x	x	x
		As linhas de visão estão obtruidas por placas, pilares, prédios, paisagens, etc.?			x	
As linhas de visão podem ser temporariamente obstruídas por veículos estacionados, acúmulo de neve ou vegetação sazonal?			x	x		
Visibilidade/ conspicuidade	As inclinações nas interseções permitem distancia de visibilidade desejável?			x		
			x			
	O alinhamento vertical e horizontal permite adequada visibilidade da interseção?			x		

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
interseções	Visibilidade/ conspicuidade	As linhas de visão da interseção estão obstruídas?			x	
	Desenho	O desenho da interseção é lógico para todos usuários?	x	x		x
	Desenho	Os raios de curvatura e estreitamentos são adequados?	x			x
		O desenho dos meios-fios, ilhas e divisórias são satisfatórios?	x			x
		A largura das faixas é adequada para todas classes de veículos?			x	
		Existem características a montante ou jusante que possam afetar a segurança (obstruções visuais, estacionamentos oblíquos, vias de alto tráfego) ?			x	
	São necessárias mas não providas faixas separadas para o tráfego de			x		
Interseções	Layout das manobras	As manobras dos veículos são óbvias para todos usuários?		x	x	
		Identificar qualquer conflito potencial nas manobras.			x	
	Layout de faixas auxiliares e de conversão	Possuem comprimento apropriado?			x	
		As faixa auxiliar são sinalizadas com antecedência?			x	
		Existe distancia de visibilidade adequada para veículos entrando ou saindo?			x	
		existem estreitamentos instalados onde necessário? Estão corretamente alinhados?			x	
	Advertências	Existem avisos para alertar motoristas quando as interseções ocorrem ao final de ambientes de alta velocidade (ex. nas aproximações de cidades)?	x			x
		São necessária faixas laterais sonoras e estão apropriadamente posicionadas			x	
		As marcações no pavimento são apropriadas para a interseção?			x	
		É provida adequada advertência dos semáforos não visíveis de uma distancia apropriada (placas, luz piscante, etc)			x	
	Rotatórias e ilhas			x		
	Placas indicativas de destinos			x		
Culvert ("boca de lobo")			x			
Intercâmbios	Localização / espaçamento	O intercâmbio atende as necessidades da comunidade dos arredores?			x	

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Intercâmbios	Localização / espaçamento	Determine se o espaçamento entre interchanges na rede é suficiente.			x	
	Faixas de entrelaçamento	Assegure comprimento e número apropriado de faixas de entrelaçamento.			x	
	Rampas	A velocidade de projeto é apropriada para as limitações do local, configurações das rampas e mix de veículos.			x	
		Existe distância adequada entre entradas e saídas sucessivas?			x	
		O projeto da via principal é adequado nos terminais de saída e entrada?			x	
	Rampas de terminais de saída	O comprimento é adequado para a desaceleração?			x	
		É provida adequada distancia de visibilidade e distancia de decisão?			x	
		Se justiça a adoção de curvas espirais? Se sim, as espirais começam ou terminam em locais apropriados?			x	
	Rampas de terminais de entrada	O comprimento é apropriado para aceleração, segurança e mistura com o tráfego de passagem?			x	
		Se justiça a adoção de curvas espirais? Se sim, as espirais começam ou terminam em locais apropriados?			x	
		O comprimento da faixa de aceleração é conveniente para a composição do tráfego?			x	
		Existe uma visão adequada da pista de mudança de velocidade?			x	
		A visibilidade é atrapalhada por barreiras de tráfego e outras obstruções?			x	
	Vias de serviço	Existe distância adequada entre a rodovia e a via de serviço para futuras ampliações?			x	
		O tráfego na via de serviço afeta desfavoravelmente o fluxo ao longo da rodovia?			x	
		Existem acessos suficientes para a via de serviço?			x	
Balançamento de pistas/pista básica/continuidade de pista	O número de pistas é apropriado para operação segura e acomodação de variações nos padrões de tráfego.			x		
	Distância de retorno			x		

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Intercâmbios	Balanceamento de pistas/pista básica/continuidade de pista	A continuidade da pista é mantida?			x	
	Faixa auxiliar ou de conversão	São de comprimento apropriado?			x	
		Existe avisos antecipando a aproximação de pistas auxiliares			x	
		A distância de visibilidade para veículos entrando e saindo é apropriada?			x	
		existem estreitamentos instalados onde necessário? Estão corretamente alinhados?			x	
	As vias de serviço estão sendo usados para seu original propósito?			x		
Faixa auxiliar e faixa de conversão	Acostamento	São providas larguras de acostamento adequadas as diretrizes do projeto?	x			x
	Sinalização	As placas e marcações na via estão de acordo com os padrões?	x			x
	Visibilidade, distância de visão	Existem movimentos de conversão a direita evitados dentro do comprimento da faixa auxiliar?	x			x
		É provida distância de visibilidade para a traseira de veículos em conversão?	x			x
		É provida distância de visibilidade para veículos que estejam entrando ou saindo da via?	x			x
	Tráfego de conversão	Existência de placas advertindo a aproximação da faixa auxiliar (5km, 1km, ...)	x			x
	Estreitamentos	O início e final dos estreitamentos estão localizados e alinhados corretamente?	x			x
Tráfego não motorizado	Caminhos	existem caminhos e pontos de travessias adequados para ciclistas e Pd.?	x			x
	Paradas de ônibus	A paradas de onibus adequadamente localizadas e construídas com adequada área livre para sua visibilidade e segurança em relação ao tráfego?	x			x
	Idosos e deficientes	Existem facilidades para idosos, deficientes, cadeira de rodas, carrinho de bebe ?(ex. Corrimão, meio-fio rebaixado, travessia nas ilhas e rampas)	x			x
		Onde necessário existem corrimãos adequados (pontes, rampas)?	x			x
	A distancia entre a linha de retenção do semáforo e a travessia de pedestres é adequada para permitir que motoristas de caminhão enxerguem os pedestres?	x			x	

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Tráfego não motorizado	Idosos e deficientes	Tempos de semáforo - comprimento de ciclo adequado, tempo para pedestres, botoeiras funcionando	x			x
		Ciclistas	largura do calçamento adequado para a quantidade de ciclistas usando a rota?	x		
	existem grades de segurança para bicicletas em buracos de bueiros?		x			x
	A ciclovia tem continuidade, isto é, é livre de pontos de estrangulamentos e interrupções?		x			x
	Barreiras e cercas	onde necessário existem barreiras para separar fluxos de veículos, pedestres e ciclistas?	x			x
		As cercas são adequadas (ex. evitam barras horizontais)?	x			x
		Onde necessário existem cercas para guiar os pedestres e ciclistas para travessias ou passarelas?	x			x
	Sinalização e Iluminação (Austroroads, Ontário) Ajuda Visual (New Brunswick)	Placas	Existem todas as placas de regulamentação, advertência e orientação necessárias (incluindo desvios) corretamente localizadas? São visíveis?	x	x	x
Placas de destino e de nome de vias				x		
São usadas bases "frangíveis" onde não é possível usar placas padrão de alumínio "extruded" fora da área livre de obstáculos?					x	
Existem placas redundantes/faltando/quebradas?			x		x	x
As placas de tráfego estão corretamente localizadas e posicionadas em relação a sua altura e paisagem lateral?			x		x	x
As placas estão sendo usadas corretamente para cada situação e cada placa é necessária?			x	x		x
São usados níveis adequados de reflectância?					x	
As placas são adequadas para visualização em todas as condições prováveis de tempo e luz?			x		x	x
Checar operação de placas de mensagem variável.					x	
Checar consistência das placas de mensagem variável com os padrões de fonte e frases.					x	
A sinalização de alinhamento horizontal é adequada onde necessária?			x			

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Sinalização e Iluminação (Austroroads, Ontario) Ajuda Visual (New Brunswick)	Placas	As bases estão instaladas em altura apropriada? São frangíveis?			x	
		Os suportes das placas estão de acordo com as normas e padrões aceitáveis?	x			x
		Existem placas instaladas prejudicando a distancia de visibilidade particularmente para veículos em conversão?	x		x	x
	Iluminação	Existe iluminação adequada em interseções, rotatórias, travessias e refúgios de pedestres e ciclistas, etc.?	x	x		x
		Existe iluminação para placas, especialmente placas em pórticos?	x		x	x
		Todo o sistema de iluminação opera satisfatoriamente?	x			x
		Existe alguma iluminação conflitando com a visualização de semáforos e	x		x	x
					x	
		A iluminação de vias adjacentes afeta a percepção do usuário a respeito da rodovia?			x	
		Checar se é apropriada a localização das luminárias nas interseções, confluência etc.			x	
		As luminárias irão provocar ofuscamento nos usuários das vias adjacentes?			x	
		São usados tipos adequados de postes para todos locais e estão corretamente instalados (e.g., base deslizante em altura correta e postes rígidos protegidos quando dentro das zonas livres de obstáculos)?	x		x	x
	Marcação e demarcação	Existem sinalização reflectiva?	x			x
		A sinalização com cores instaladas corretamente, quando usada?	x			x
		Existe as marcações necessária no pavimento?	x	x		x
		As marcações do pavimento são visíveis em todas condições prováveis de tempo e luz?	x		x	x
		Em pavimentos claros (concreto) são usados RRPMS para simular faixas de tráfego?	x	x		x
		As linhas longitudinais são adequadas e em acordo com padrões e diretrizes aceites (linhas lateris em relevo, placas chevron) ?	x	x		x

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte				
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário	
Sinalização e Iluminação (Austroroads, Ontário) Ajuda Visual (New Brunswick)	Marcação e demarcação	A marcação longitudinal é eficiente em todas as condições prováveis de tempo e luz ? (dia, noite, chuva, neblina, nascer ou por do sol, faróis em aproximação)	x		x	x	
		Onde são usados Chevrons, existem tipos corretos de marcadores sendo utilizados?	x		x	x	
		Onde necessários os caminhos dos veículos são delineados nas interseções?	x			x	
		Marcações antigas no pavimento foram removidas			x		
		Estimar "destruição"?			x		
		Existem linhas laterais em relevo para trechos monótonos?	x	x	x	x	
		Nas rotas usadas por caminhões os dispositivos reflexivos são adequados para altura dos olhos dos motoristas?	x			x	
Objetos físicos	Zona livre	São providas zonas livres de obstáculos de acordo com os padrões e diretrizes aceitas?	x	x		x	
		Existe tratamento apropriado de objetos dentro das zonas livres de obstáculos?	x	x		x	
		Checar se as zonas livres de obstáculos são de dimensões adequadas.			x		
		Assegurar que não existam objetos não protegidos (permanentes ou temporários) dentro da zona livre de obstáculos requerida.			x		
	Barreiras de colisão Defensas			x	x		x
		O comprimento da barreira de colisão em cada instalação é adequado?	x			x	
		As barreiras de colisão estão corretamente instaladas?	x			x	
		O tipo de barreira de colisão é adequado ao tipo de situação?	x			x	
		Existem GREAT (Guard rail energy absorbing terminal) or crush cushions onde necessários?	x			x	
		Onde necessário existem barreiras temporárias instaladas de acordo com as normas?	x			x	
		Existem áreas seguras para veículos saindo da via no final de trechos de escape (runaway)?	x			x	
	Cerca	Os pedestres são protegidos por cercas onde necessário?	x			x	

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Objetos físicos	Cerca	As cercas nas zonas livres de obstáculos são desprovidas de barras de separação horizontais	x			x
		Existe adequada demarcação/visibilidade dos corrimãos e cercas no período da noite?	x			x
	Postes ou outras obstruções	A largura das divisórias centrais não protegidas é apropriada para os postes de iluminação?			x	
					x	
		Posicionamento apropriado de semáforos e outros postes de serviços?			x	
	Divisórias centrais	O tipo de divisória central escolhido é apropriado para a largura disponível?			x	
		As barreiras possuem configuração geométrica apropriada?			x	
		As inclinações das divisórias de grama são adequadas?			x	
		As barreiras de divisórias são suficientemente defasadas ?			x	
		As barreiras laterais e de pontes estão de acordo com o nível apropriado de teste de performance em colisões para a classificação da via?			x	
		Existe largura suficiente para os pilares de elevadas e túneis e iluminação			x	
		Checar espaçamento apropriado entre travessias de divisórias centrais.			x	
	Proteção a objetos perigosos	É provida adequada proteção onde necessário? (barreiras, atenuadores de impacto)		x	x	
		A proteção é visível em todas as condições de operação?			x	
		As terminações dos tratamentos possuem tratamento apropriado?			x	
		As dimensões (ex comprimento) das proteções são apropriadas?			x	
		O tratamento de barreiras é consistente por toda sua extensão?			x	
		Existe transição apropriada de uma barreira para a outra			x	
		São usados sinais reflexivos para delinear os guidarails?			x	
	Culvert ("boca de lobo")				x	
Cruzamento de ferrovia	assegurar a existência de sinalização horizontal e vertical ativa/passiva apropriada.			x		

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Objetos físicos	Cruzamento de ferrovia	checar distancia de visibilidade adequada de placas e de trens em aproximação.			x	
Semáforos	Operação	Os semáforos operam corretamente?	x			x
		A localização dos displays é apropriada?	x			x
		A quantidade de displays é apropriada?	x			x
	Visibilidade	Os semáforos são claramente visíveis para veículos em aproximação?	x			x
		O final da provável fila que se forme tem boa visibilidade para que eles possam fazer uma parada segura?	x			x
		semáforo com visibilidade prejudicada pelo nascer ou por do sol?	x			x
		Os displays dos semáforos são protegidos de forma a só serem vistos por aqueles motoristas que devem respeitá-lo?	x			x
	Outras provisões	Existem placas ou luzes de advertência antecedendo semáforos que não tenham boa visibilidade a uma distancia adequada?	x			x
		existem equipamentos para pedestres deficientes visuais em bom estado de funcionamento'?	x			x
			Os tempos semafóricos são adequado para pedestres idosos ou deficientes físicos?	x		
Delineamento	Faixas de marcação	As linhas de marcação estão em boa condições (linhas centrais, laterais e transversais)?	x	x		x
	Delineadores	Os delineadores estão corretamente localizados, limpos e visíveis?	x	x		x
	Marcações com relevo no pavimento	As linhas laterais em relevo estão em boas condições?	x	x		x
	Placa tipo chevron	as placas tipo chevron estão posicionadas corretamente em concordância com padrões e diretrizes?	x	x		x
Pavimento (Austroads)	Resistência a derrapagem	Pavimento com adequada resistência a derrapagem particularmente em curvas e aproximações de interseções?	x		x	x
Superfície da via (New Brunswick)		Teste de resistência a derrapagem foram realizados onde necessário?	x		x	x

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Pavimento (Austroroads) Superfície da via (New Brunswick)	Empoçamento	Superfície livre de formação de poças ou lâminas d'água que possam afetar a segurança?	x	x	x	x
	Pedregulhos soltos	O pavimento está livre de pedregulhos soltos?	x			x
	Defeitos no pavimento	O pavimento é livre de defeitos (buracos, rugosidade, fendas) que possam resultar em problemas de segurança (perda do controle do veículo)?	x	x	x	x
		Checar a segregação do mix (agrupamento de betão, segregação)			x	
	Textura da superfície	Visibilidade quando molhada.			x	
		checar reflexo durante operações noturnas			x	
Condições do acostamento			x			
Considerações ambientais	Clima	Checar os efeitos da chuva, neblina, neve, gelo, vento nas características do projeto			x	
		O acúmulo de neve foi considerado no projeto?			x	
		Checar medidas mitigadoras para o efeito da neve em relação a: ventos predominantes; derretimento da neve; terrenos abertos.			x	
	Animais	Existe alguma rota de migração de animais na região que pode afetar o projeto.			x	
		Existem cercas e passagens subterrâneas onde necessário?			x	
		Assegure a adequada sinalização onde necessário (aviso de cervo, travessia de			x	
Usuários da via	Tráfego motorizado					
	Veículos pesados e transporte público	A facilidade pode acomodar movimentos de veículos pesados/transporte público onde necessário? (vãos, raio de curvatura, largura do acostamento, capacidade operacional?)			x	
		Existe sinalização a respeito das atividades de veículos pesados/transporte público?			x	

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Usuários da via	Manutenção da via /veículos de emergência	A facilidade pode acomodar movimentos de manutenção da via e veículos de emergência? (vãos, raios de curvatura, largura do acostamento)			x	
		As divisórias centrais e os ?? São visíveis e adequadamente localizadas para esses veículos?			x	
	Veículos lentos	Os acostamentos podem acomodar veículos lentos onde necessário? (largura, capacidade estrutural; continuidade)			x	
		Existe apropriada sinalização a respeito dos veículos lentos como se faz necessário?			x	
	Snow-mobiles and ATV	Checar visibilidade da sinalização de trilhas adjacentes. Podem causar confusão para os usuários da via?			x	
		Checar sinalização e visibilidade dos pontos onde as trilhas caminhos cruzam a rodovia.			x	
		Está sendo considerada adequada distancia de visibilidade para parada onde as trilhas cruzam a rodovia?			x	
		As luzes dos snow mobiles/ATVs podem ofuscar os motoristas?			x	
	Tráfego não motorizado					
	Ciclistas e pedestres	Os acostamentos tem largura suficiente para veículos ciclistas e pedestres onde necessário?			x	
		Facilidades para pedestres e ciclistas		x		
		São providos acostamentos /calçada nas pontes?			x	
		O acúmulo de neve prejudica o acesso ou visibilidade dos pedestres?			x	
Acessibilidade e desenvolvimento adjacente	Direito de passagem - preferencial			x		
				x		
				x		
	Desenvolvimento proposto/previsto	Checar efeitos no s padrões de tráfego.			x	

Categoria	Elemento viário	Aspectos a considerar	Fonte			
			Austroads	Tranfund	New Brunswick	Ontário
Acessibilidade e desenvolvimento adjacente	Acessos	Checar interação dos acessos com a rua. O projeto dos acessos é adequado ao uso do solo.			x	
		Checar se os espaço entre os acessos em um mesmo lado da rua (entradas de veículos) é adequado.			x	
		Checar efeitos no s padrões de tráfego.			x	
	Acesso a propriedade		x			
	Desenvolvimento das laterais da via	Checar efeitos no s padrões de tráfego.			x	
	Recuo para edificação	Assegurar distancia adequada da borda do ROW.			x	

Fonte: Nodari (2003)