

*Universidade Federal de Santa Catarina*  
*Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção*

**SISTEMAS DE GERÊNCIA DE SEGURANÇA PARA  
O TRÂNSITO RODOVIÁRIO:  
O MODELO SGS/TR**

*Reginaldo Porath*

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Florianópolis

2002

*Reginaldo Porath*

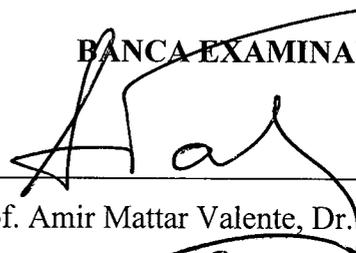
**SISTEMAS DE GERÊNCIA DE SEGURANÇA PARA  
O TRÂNSITO RODOVIÁRIO:  
O MODELO SGS/TR**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de **Doutor em Engenharia de Produção** no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 19 de Março de 2002.

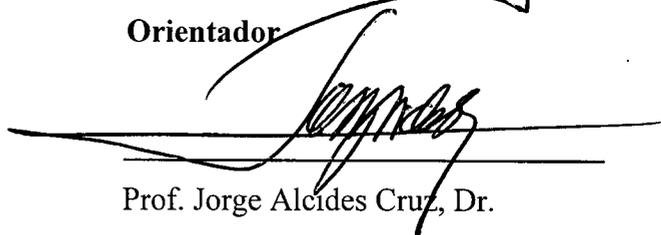
Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.  
Coordenador do Curso do PPGEP

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Amir Mattar Valente, Dr.

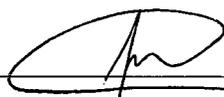
**Orientador**



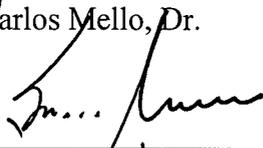
Prof. Jorge Alcides Cruz, Dr.



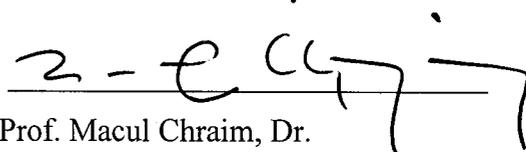
Prof.<sup>a</sup> Eunice Passaglia, Dr.<sup>a</sup>



Prof. José Carlos Mello, Dr.



Prof. Sérgio Fernando Mayerle, Dr.



Prof. Macul Chraim, Dr.

## **DEDICATÓRIA**

**À minha esposa Marisley Machado Porath e aos nossos  
filhos João Filipe, Pedro Henrique e Maria Luisa com  
muito carinho e amor.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os que contribuíram direta e indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho. De uma forma especial, sou grato:

à Direção Geral do DER-SC, em nome do Eng<sup>o</sup> Edgar Antônio Roman e à Diretoria de Programas Especiais (DIPE/DER-SC), em nome do Eng<sup>o</sup> Shu Han Lee, que viabilizaram a minha participação no Curso de Pós-graduação e a conseqüente elaboração desta Tese de Doutorado;

aos meus Professores do Curso de Pós-graduação pelo compartilhamento das experiências e conhecimento;

particularmente, ao meu orientador Eng<sup>o</sup> Amir Mattar Valente, incentivador decisivo para o meu retorno à Universidade, que, com grande habilidade, corrigiu os rumos de desenvolvimento deste trabalho nas horas adequadas;

aos Membros da Banca Examinadora: Prof<sup>a</sup> Eunice Passaglia, Prof. Jorge Alcides Cruz, Prof. José Carlos Mello, Prof. Macul Chraim e Prof. Sérgio Fernando Mayerle;

aos meus amigos particulares: Mário Vaz Nietzsche, que contribuiu para que eu despertasse para a necessidade de me reciclar e melhor preparar para o período pós-aposentadoria no serviço público; Luís Carlos Schamne pela sua valiosa contribuição na definição da estrutura funcional do Subsistema de Informação do SGS/TR proposto; Eduardo L. Martini, Claudir P. Martini, Dirceu Mattozo e Diomar Westphal pelos constantes incentivos e ações de ânimo;

aos meus colegas e amigos da Universidade Técnica de Darmstadt/Alemanha, especialmente o Dr. Ing. Michael Stamm e o Dr. Ing. Güenter Jacob pela indicação dos valiosos e decisivos estudos técnicos sobre o gerenciamento do trânsito rodoviário;

ao amigo Bel. Oscar Paes de Almeida Filho, Diretor da ARPEN-BR e Vice-Presidente da ARPEN-SP, pela provisão de informações atualizadas sobre a implementação do sistema de automação dos Ofícios de Registro Civil das Pessoas Naturais do Brasil e do Estado de São Paulo;

ao DNER, em nome do Eng<sup>o</sup> Wanderson Lopes da Silva, e ao GEIPOT, em nome do Eng<sup>o</sup> Francisco Rocha Neto pelo acesso a importantes informações e trabalhos técnicos relativos ao gerenciamento da segurança rodoviária no Brasil;

aos meus colegas de trabalho no DER-SC, em nome de Adão Marcos França e Valmir Antunes pelo espírito de cooperação;

aos meus colegas de outros órgãos rodoviários brasileiros que atenderam aos meus questionamentos sobre o gerenciamento da segurança rodoviária;

à Empresa Softplan/Poligraph, em nome dos Engenheiros Moacir Antônio Marafon e José Wilson Ramos e a Analista de Sistemas Kátia Regina Loch Bez pela prontidão de apresentar o Sistema de Acidentes – ACT, desenvolvido e em constante aperfeiçoamento na empresa;

ao Prof. Walter Zanela Tani, do NAT (Núcleo Multidisciplinar de Estudos sobre Acidentes de Tráfego), pela dedicação dispensada à leitura do trabalho e pelos comentários sobre o tema sistemas gerenciais;

ao André de Souza pela dedicação, paciência e prontidão na digitação e design do trabalho;

aos meus pais, Fridolin e Irmgard Porath, e aos meus irmãos pelos amorosos incentivos e pelo valioso apoio dispensado;

ao final, e não por último, sou grato à minha esposa Marisley e aos meus filhos pelo incentivo, pela paciência e pela compreensão dispensada nas horas em que a minha mente estava cativa pela redação deste trabalho, sem esquecer de sua cooperação na digitação desse, à custa de um valioso tempo de convívio familiar.

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| LISTA DE ABREVIATURAS .....   | i         |
| LISTA DE FIGURAS .....  | iv        |
| LISTA DE TABELAS .....  | v         |
| LISTA DE CONCEITOS .....  | vi        |
| RESUMO .....  | ix        |
| ABSTRACT .....  | x         |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 APRESENTAÇÃO .....  | 1         |
| 1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....  | 5         |
| 1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA E SUA DELIMITAÇÃO .....   | 10        |
| 1.4 METODOLOGIA UTILIZADA NA REALIZAÇÃO DA PESQUISA .....   | 11        |
| 1.5 DESENVOLVIMENTO DA TESE .....   | 12        |
| <b>2 SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO: UMA VISÃO GERAL.....</b>   | <b>14</b> |
| 2.1 RESUMO DA PRINCIPAL LITERATURA TÉCNICA .....  | 14        |
| 2.1.1 Sistemas de Informação para o Gerenciamento Rodoviário: Minuta das Diretrizes para o Desenho de Sistemas e de Bancos de Dados [105] .....       | 14        |
| 2.1.2 Acidentes Rodoviários: Um Problema Mundial que pode ser Abordado com Sucesso [143] .....  | 15        |
| 2.1.3 Sistema de Informações Gerenciais e Sistemas de Apoio à Decisão [50].....   | 15        |
| 2.1.4 Princípios e Modelos da Segurança Rodoviária: Revisão dos Modelos Descritivos, de Previsão, de Riscos e de Conseqüência de Acidentes [103]..... | 16        |
| 2.2 TÉCNICAS DE ANÁLISE DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA .....   | 16        |
| 2.2.1 Técnicas de Análise de Cenários.....  | 18        |
| 2.2.2 Técnicas de Auditoria de Segurança .....  | 19        |

|         |  |           |
|---------|--|-----------|
| 2.2.3   | Videoanálise.....  | 21        |
| 2.2.4   | Técnicas da Engenharia de Conflitos de Trânsito .....  | 22        |
| 2.2.5   | Visitas às Áreas Críticas.....   | 26        |
| 2.2.6   | Inspeção de Acidentes.....   | 28        |
| 2.3     | PROGRAMAS DE SEGURANÇA POR METAS.....  | 29        |
| 2.4     | SUSTENTABILIDADE DA SEGURANÇA DE UM SISTEMA RODOVIÁRIO .....   | 30        |
| 2.5     | MELHORIAS DA FISCALIZAÇÃO POLICIAL.....  | 32        |
| 2.6     | POSSIBILIDADES DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (GIS) PARA O GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO..... | 33        |
| 2.7     | POSSIBILIDADES DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS) PARA O GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO..... | 36        |
| 2.8     | POLÍTICAS DE SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO .....  | 44        |
| 2.9     | PRINCÍPIOS DO MARKETING PARA A IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA.....  | 46        |
| 2.10    | POLÍTICAS ORGANIZACIONAIS PARA A ÁREA DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA.....   | 47        |
| 2.11    | FINANCIAMENTO DAS AÇÕES DE MELHORIA DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA .....  | 48        |
| 3       | PRÁTICAS DE GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO.....   | 50        |
| 3.1     | GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NO BRASIL.....   | 50        |
| 3.1.1   | Aspectos Gerais da Política Organizacional do Sistema Nacional de Trânsito .....   | 50        |
| 3.1.2   | Gerenciamento da Segurança Rodoviária do DNER.....   | 54        |
| 3.1.3   | Gerenciamento da Segurança Rodoviária nos DER's .....  | 56        |
| 3.1.4   | Procedimentos Informatizados para o Gerenciamento da Segurança do Trânsito no Brasil .....   | 57        |
| 3.1.4.1 | <i>Sistema BIAT - Banco de Informações de Acidentes de Trânsito [76].....</i>  | <i>58</i> |
| 3.1.4.2 | <i>Sistema OAT - Observatório de Acidentes e Trânsito de Curitiba [68].....</i>  | <i>58</i> |
| 3.1.4.3 | <i>Sistema ACT – Sistema de Estatística de Acidentes de Trânsito .....</i>   | <i>59</i> |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 3.1.4.4 | <i>Sistema SAT - Sistema de Acidentes de Trânsito da CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) para o Município de São Paulo [68]</i> ..... | 60  |
| 3.1.4.5 | <i>Sistema Diagnóstico para o Atendimento às Vítimas de Acidentes de Trânsito da ECOVIA [149]</i> .....                                    | 61  |
| 3.2     | <b>GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NA CE [112, 143]</b> .....  | 63  |
| 3.2.1   | <b>Pacote para a Análise de Acidentes por Microcomputadores – MAAP (Microcomputer Accident Analysis Package)</b> .....                     | 66  |
| 3.2.2   | <b>Software SafeNET do Transport Research Laboratory/Inglaterra [138, 155]</b> .....   | 67  |
| 3.2.3   | <b>Sistema Especialista para a Identificação de Possíveis Alternativas de Intervenção para as Áreas Críticas</b> .....                     | 67  |
| 3.2.4   | <b>BASTa - Sistema Especialista para a Avaliação Digital de Acidentes no Estado de Brandenburg [73]</b> .....                              | 70  |
| 3.2.5   | <b>TIM - Sistema de Informação e Gerência de Trânsito [60]</b> .....   | 74  |
| 3.3     | <b>GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NOS USA [6, 7, 15, 25, 98]</b> .....  | 75  |
| 3.3.1   | <b>Equipes de Pesquisas da FHWA na Área da Segurança Rodoviária</b> .....  | 78  |
| 3.3.2   | <b>Plano Estratégico de Segurança Rodoviária da AASHTO [1, 2, 3, 4, 5, 6]</b> .....  | 79  |
| 3.3.3   | <b>Programa de Assistência Técnica para a Implementação de Sistemas de Gerência da Segurança Rodoviária nos USA [58]</b> .....             | 86  |
| 3.3.4   | <b>Sistema de Informação da Segurança Rodoviária (HSIS). [124, 125, 126, 132]</b> .....  | 87  |
| 3.3.5   | <b>Implantação do “Modelo Nacional” de Gerenciamento da Segurança da FHWA no Estado de IOWA/USA [128, 129, 130,]</b> .....                 | 89  |
| 3.3.6   | <b>Sistema de Comunicação e Informação de Acidentes para as Freeways de Los Angeles - FIRST</b> .....                                      | 91  |
| 3.4     | <b>GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NA AUSTRÁLIA [15, 143, 147]</b> .....   | 91  |
| 3.4.1   | <b>Gerenciamento da Segurança Rodoviária do Estado de New South Wales/Austrália [15]</b> .....   | 94  |
| 3.4.2   | <b>Gerenciamento da Segurança Rodoviária no Estado de Victória/Austrália [15]</b> .....  | 97  |
| 3.5     | <b>GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NA NOVA ZELÂNDIA [15, 143, 153]</b> .....   | 99  |
| 3.6     | <b>GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NO JAPÃO [15]</b> .....   | 101 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 3.6.1 | Ações das Principais Agências Responsáveis pela Segurança Rodoviária.....                                      | 101 |
| 3.6.2 | Instituto para a Pesquisa e Análise de Dados de Acidentes Rodoviários (ITARDA).....                            | 105 |
| 3.6.3 | Centros de Controle de Trânsito .....  | 106 |
| 3.7   | GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NO CANADÁ [143].....   | 107 |
| 4     | PROPOSTA DE UM MODELO PARA A CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE SEGURANÇA PARA O TRÂNSITO RODOVIÁRIO..... | 109 |
| 4.1   | IMPORTÂNCIA DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA PARA A SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO.....                             | 109 |
| 4.2   | CONCEITUAÇÕES.....   | 115 |
| 4.3   | SGS COMO SISTEMA INTEGRANTE DE UM SIGER.....   | 116 |
| 4.4   | FUNÇÕES DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE SEGURANÇA PARA O TRÂNSITO RODOVIÁRIO.....                                 | 120 |
| 4.5   | ARQUITETURA DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE SEGURANÇA PARA O TRÂNSITO RODOVIÁRIO – SGS/TR.....                       | 123 |
| 4.5.1 | Estrutura do Sistema SGS/TR Proposto.....  | 123 |
| 4.5.2 | Descrição Sumária dos Subsistemas do SGS/TR .....  | 124 |
| 4.5.3 | Funcionamento do Sistema SGS/TR.....   | 126 |
| 5     | SUSBSISTEMA DE INFORMAÇÃO DO SGS/TR PROPOSTO.....  | 128 |
| 5.1   | ASPECTOS GERAIS.....   | 129 |
| 5.2   | GERENCIAMENTO DO BANCO DE DADOS.....   | 133 |
| 5.3   | PROPRIEDADES DOS DADOS A COLETAR .....   | 135 |
| 5.4   | PADRONIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE COLETA E DADOS A COLETAR .   | 138 |
| 5.5   | TIPOS DE DADOS REQUERIDOS .....  | 141 |
| 5.6   | VALORES REFERENCIAIS DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS DE ANÁLISE .....   | 146 |
| 5.7   | MÓDULO - CUSTOS DE ACIDENTES RODOVIÁRIOS (CAR).....  | 147 |
| 5.8   | MÓDULO – PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS AO PÚBLICO.....   | 154 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 5.9   | VISUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS DADOS.....   | 157 |
| 6     | SUBSISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO SGS/TR PROPOSTO ...                                  | 159 |
| 6.1   | ASPECTOS GERAIS.....   | 159 |
| 6.2   | MÓDULO - IDENTIFICAÇÃO DO STATUS QUO .....   | 160 |
| 6.3   | MÓDULO - IDENTIFICAÇÃO DE POLÍTICAS, OBJETIVOS E METAS. ....                                       | 165 |
| 6.4   | MÓDULO - SELEÇÃO DE ÁREAS CRÍTICAS A ESTUDAR COM DETALHES .....                                    | 166 |
| 6.4.1 | Aspectos Gerais.....   | 166 |
| 6.4.2 | Métodos Para a Seleção de Áreas Críticas a Estudar .....   | 168 |
| 6.4.3 | Considerações Finais sobre a Escolha do Método para a Seleção de Áreas Críticas a Estudar .....    | 181 |
| 6.5   | RELATÓRIOS DOS DADOS DE SAÍDA (OUTPUTS) .....  | 183 |
| 7     | SUBSISTEMA DE ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO SGS/TR PROPOSTO .....   | 185 |
| 7.1   | ASPECTOS GERAIS.....   | 185 |
| 7.2   | MÓDULO - DEFINIÇÃO DE INTERVENÇÕES ALTERNATIVAS.....   | 186 |
| 7.2.1 | Considerações Especiais da Análise dos Dados para a Definição de Alternativas de Intervenção ..... | 190 |
| 7.3   | MÓDULO - SIMULAÇÃO DA EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA SEGURANÇA.....                                   | 199 |
| 7.3.1 | Aspectos Gerais.....   | 199 |
| 7.3.2 | Formulação de Modelos de Simulação dos Parâmetros de Segurança .....                               | 203 |
| 7.3.3 | Modelos de Simulação Existentes .....  | 208 |
| 7.3.4 | Considerações Finais .....   | 213 |
| 7.4   | MÓDULO – AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO .....  | 216 |
| 7.4.1 | Métodos de Avaliação.....  | 216 |
| 7.4.2 | Custos e Benefícios de Intervenções para a Segurança do Trânsito Rodoviário.....                   | 218 |
| 7.4.3 | Procedimentos de uma Avaliação Econômica .....   | 220 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 7.5   | MÓDULO - ESCOLHA DAS MELHORES ALTERNATIVAS.....   | 222 |
| 7.6   | ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....   | 223 |
| 8     | SUBSISTEMA DE OTIMIZAÇÃO E PROGRAMAÇÃO DO SGS/TR PROPOSTO.....  | 225 |
| 8.1   | ASPECTOS GERAIS.....  | 225 |
| 8.2   | MÓDULO - OTIMIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DOS RECURSOS.....  | 226 |
| 8.2.1 | Métodos para a Otimização Orçamentária.....   | 226 |
| 8.3   | CONSIDERAÇÕES FINAIS.....   | 230 |
| 8.3.1 | Processo de Decisão.....  | 230 |
| 9     | SUBSISTEMA DE MONITORAMENTO DO SGS/TR PROPOSTO.....   | 233 |
| 9.1   | ASPECTOS GERAIS.....  | 233 |
| 9.2   | MÓDULO - ACOMPANHAMENTO E CONTROLE.....   | 234 |
| 9.3   | MÓDULO – MONITORAMENTO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA.....   | 236 |
| 10    | RECOMENDAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO SGS/TR PROPOSTO E SUAS LIMITAÇÕES..... | 238 |
| 10.1  | RECOMENDAÇÕES GERAIS.....   | 238 |
| 10.2  | RECOMENDAÇÕES ESPECÍFICAS.....  | 241 |
| 10.3  | LIMITAÇÕES DO MODELO SGS/TR PROPOSTO.....   | 246 |
| 11    | CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS.....  | 248 |
| 11.1  | CONCLUSÕES.....   | 248 |
| 11.2  | SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....   | 253 |
| 11.3  | MÉRITO.....   | 256 |
|       | FONTES BIBLIOGRÁFICAS.....  | 258 |
|       | APÊNDICES.....  | 270 |
|       | APÊNDICE 1 - ASPECTOS GERAIS PARA A ELABORAÇÃO DE MAPAS ELETRÔNICOS DE REGISTRO DE ACIDENTES.....     | 270 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>APÊNDICE 2 – ÁREAS, OBJETIVOS E AÇÕES DO PLANO ESTRATÉGICO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA DA AASHTO/USA .....</b> | <b>277</b> |
| <b>APÊNDICE 3 - METODOLOGIAS MCDA.....</b>  | <b>286</b> |
| <b>APÊNDICE 4 - METODOLOGIAS HDM .....</b>  | <b>314</b> |
| <b>APÊNDICE 5 – ÍNDICES E CUSTOS REFERENCIAIS DE ACIDENTES .....</b>  | <b>328</b> |
| <b>APÊNDICE 6 - MODELO DE QUESTIONÁRIO.....</b>   | <b>333</b> |

## LISTA DE ABREVIATURAS

- AASHTO - American Association of State Highway Transportation Officials
- ACE - Associação Catarinense de Engenharia
- ADOT - Arizona Department of Transport
- ARPEN-BR - Associação dos Registradores de Pessoas Naturais do Brasil
- ARPEN-SP - Associação dos Registradores de Pessoas Naturais de São Paulo
- BDA - Banco de Desenvolvimento da Ásia
- BI - Business Intelligent Systems
- BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento
- BID-IV - Programa Rodoviário de Santa Catarina - Etapa IV
- BIRD - Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (Banco Mundial)
- BTS - Bureau of Transportation Statistics/DOT
- CET - Companhia de Engenharia de Tráfego (São Paulo)
- CETTRAN - Conselho Estadual de Trânsito
- CTB - Código de Trânsito Brasileiro
- CONTRADIFE - Conselho de Trânsito do Distrito Federal
- CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito
- CREMESC - Conselho Regional de Medicina de Santa Catarina
- CTSM - Committee on Transportation of TRB
- DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito/Ministério da Justiça
- DER - Departamento de Estradas de Rodagem (estaduais)
- DER/SC - Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina
- DETRAN - Departamento de Trânsito (estaduais)
- DETRAN/SC - Departamento de Trânsito de Santa Catarina
- DFID - Department For International Development / UK
- DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
- DNER/MT - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem/Mistério de Transporte
- EMS - Emergency Medical Service
- EMTs - Emergency Medical Technicians
- ERFSC - European Road Safety Federation
- ETSC - European Transport Safety Council
- FERSI - Federation of European Road Safety Research Institutes

FHWA - Federal Highway Administration  
FGSV - Forschungsgesellschaft für Strassenwesen und Verkehrswesen  
FRA - Federal Railroad Administration (USA)  
GDV - Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.  
GEIPOT - Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes  
GIS - Geographic Information Systems  
GPS - Global Positioning System  
GSM - Global System for Mobil Phones  
GRSP - Global Road Safety Partnership  
HSRC - Highway Safety Research Center  
IFRC - International Federation of Red Cross and Crescent  
IHI – Institution of Highways and Transportation/London  
INST – Instituto Nacional de Segurança no Trânsito  
IRF - International Road Federation  
IRTAD - International Road Traffic and Accident Database  
ISK - Institut für Strassenverkehr Köln  
ISTEA - Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991 of the USA  
ITS - Intelligent Transport Systems  
JARI - Junta Administrativa de Recursos de Infrações  
JIACA - Junta de Investigación de Accidentes de Aviación (Argentina)  
MCE - Mercado Comum Europeu  
MOT - Ministry of Transport  
MPAS - Ministério da Previdência e Assistência Social  
NAT/UFSC - Núcleo Multidisciplinar de Estudos sobre Acidentes de Tráfego na UFSC  
NHTSA - National Highway Traffic Safety Administration  
OAB/SC - Ordem dos Advogados do Brasil/Santa Catarina  
OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development  
ORC – Ofício de Registro Civil de Pessoas Naturais  
PIARC - World Road Association  
PM - Polícia Militar  
PRE - Polícia Rodoviária Estadual  
PRF - Polícia Rodoviária Federal  
SENAT - Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte  
SEST - Serviço Social do Transporte

SGS - Sistema de Gerência de Segurança  
SGS/TR - Sistema de Gerência de Segurança para o Trânsito Rodoviário Proposto  
SMS – Highway (or Road) Safety Management System  
SNT - Sistema Nacional de Trânsito  
SWOV - Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeerveiligheid  
TFHRC – Turner-Fairbank Highway Research Center/FHWA  
TRB - Transport Research Board  
TRL - UK Transport Research Laboratory  
TSIMS - Traffic Safety Information Management Systems (project of AASHTO)  
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina  
UN ESCAP - United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific  
USDOT - US Department of Transportation  
WHO - World Health Organization

## LISTA DE FIGURAS

|   | <b>Pág</b> |
|---|------------|
| Figura 1.1: Componentes da Segurança Rodoviária   | <b>08</b>  |
| Figura 2.1: Metodologia para a Avaliação da Segurança do Trânsito por KORDA.....  | <b>25</b>  |
| Figura 3.1: Constelação dos Dispositivos Eletrônicos do Sistema de Atendimento às Vítimas de Acidentes de Trânsito da ECOVIA..... | <b>62</b>  |
| Figura 3.2: Evolução do Número de Mortes em Rodovias Rurais e Urbanas da Alemanha.....  | <b>64</b>  |
| Figura 4.1: Tendência da Evolução do Número de Mortes em Função da Evolução da Mobilidade e da Taxa de Acidentes Fatais.....      | <b>110</b> |
| Figura 4.2: Estrutura Básica de um Sistema Integrado de Gerência Rodoviária....   | <b>119</b> |
| Figura 4.3: Funções Básicas de um Sistema de Gerência de Segurança para o Trânsito Rodoviário.....                                | <b>121</b> |
| Figura 4.4: Esquema Geral do Sistema da Gerência de Segurança para o Trânsito Rodoviário (SGS/TR) Proposto.....                   | <b>124</b> |
| Figura 4.5: Fluxograma de Funcionamento do Sistema da Gerência de Segurança para o Trânsito Rodoviário (SGS/TR) Proposto.....     | <b>127</b> |
| Figura 5.1: Fluxograma de Funcionamento do Subsistema de Informação do SGS/TR Proposto .....                                      | <b>128</b> |
| Figura 5.2: Componentes Típicos do Subsistema de Informação do SGS/TR Proposto.....   | <b>132</b> |
| Figura 6.1: Fluxograma de Funcionamento do Subsistema Identificação e Estruturação do SGS/TR Proposto.....                        | <b>160</b> |
| Figura 7.1: Fluxograma de Funcionamento do Subsistema Análise e Avaliação do SGS/TR Proposto.....                                 | <b>186</b> |
| Figura 8.1: Fluxograma de Funcionamento do Subsistema Otimização e Programação do SGS/TR Proposto.....                            | <b>226</b> |
| Figura 9.1: Fluxograma de Funcionamento do Subsistema Monitoramento do SGS/TR Proposto.....                                       | <b>234</b> |

## LISTA DE TABELAS

|   | <b>Pág</b> |
|---|------------|
| Tabela 2.1: Subsistemas Técnicos e Procedimentos de ITS.....  | 37         |
| Tabela 2.2: Previsão de Aceitabilidade dos Sistemas ITS.....  | 40         |
| Tabela 2.3: Resultado da Avaliação Econômica de Sistemas ITS.....   | 42         |
| Tabela 3.1: Custos Básicos de Acidentes por Categoria de Acidente do Sistema<br>BASTa.....                                  | 72         |
| Tabela 3.2: Taxa de Custos Mínimos de Acidentes por Categoria de Rodovia<br>da RAS-Q96.....                                 | 73         |
| Tabela 5.1: Relação Indicativa de Dados Requeridos por Níveis de<br>Gerenciamento da Segurança Rodoviária.....              | 142        |
| Tabela 6.1: Valores Referências Limites para a Definição de Pontos Críticos<br>Segundo a Metodologia da GDV/ISK.....        | 178        |
| Tabela 6.2: Índices Referenciais para a Definição de Categorias de Pontos<br>Críticos Segundo a Metodologia da GDV/ISK..... | 178        |
| Tabela 6.3: Valores Referenciais Limites para a Definição de Eixos Críticos<br>Segundo a Metodologia da GDV/ISK.....        | 180        |
| Tabela 7.1: Evoluções Típicas da Frequência de Acidentes.....   | 195        |
| Tabela 7.2: Estrutura Matemática do Modelo de Simulação DRAG-1.....   | 209        |

## LISTA DE CONCEITOS

1. *Tráfego* – elementos que geram o trânsito.
2. *Trânsito* – movimentação de veículos, pedestres e animais.
3. *Acidente de trânsito* – ocorrência de um acidente no trânsito rodoviário.
4. *Direção defensiva* – modo de um condutor dirigir o veículo para assegurar, a si e/ou a terceiros, tranquilidade aos fluxos de tráfego, impedir a formação de turbulência no trânsito e, ao final, minimizar a ocorrência de acidentes rodoviários.
5. *Fator contribuinte* – fator que contribui para a ocorrência de um acidente. Os acidentes podem ocorrer em consequência de um fator contribuinte, mas geralmente são decorrentes de uma sobreposição de fatores que pela “sinergia” deflagra a ocorrência de um acidente.
6. *Grupos básicos de fatores contribuintes* – agrupamentos básicos que classificam os diversos fatores que contribuem para a geração de um acidente, tais como os grupos de fatores que dizem respeito: (i) aos usuários (condutores e passageiros de veículos e pedestres); (ii) aos veículos; (iii) à infra-estrutura e ao meio ambiente; (iv) à legislação e à fiscalização (institucionais).
7. *Sinergia* – ação simultânea de diversos fatores contribuintes para a geração de um acidente rodoviário; o efeito resultante da ação dos vários fatores contribuintes é superior ao efeito total decorrente desses mesmos fatores se atuassem individualmente.
8. *Fatores humanos* – fatores que dizem respeito ao comportamento das pessoas envolvidas no acidente (usuários). Nesse grupo básico de fatores contribuintes se destacam: (i) o treinamento inadequado; (ii) a ingestão de álcool e/ou outras drogas; (iii) o estado emocional; (iv) o desconhecimento da rota; (v) a desatenção.
9. *Fatores relativos aos veículos* – dizem respeito às inadequações na operacionalidade dos veículos envolvidos em acidentes. Dentre esses fatores poderão ser citados, por exemplo, problemas no sistema de frenagem, nos pneus, direção, amortecedores e lanternas.
10. *Fatores relativos à infra-estrutura* – fatores vinculados diretamente às características da via e das áreas próximas da via no momento da ocorrência do acidente. Nesse grupo básico de fatores podem ser citados, entre muitos outros, o alinhamento geométrico inadequado, a superelevação insuficiente, o estado do

pavimento, o posicionamento indevido de obstáculos fixos e da vegetação nas áreas adjacentes à rodovia.

11. *Fatores do meio ambiente* – condições meteorológicas no momento da ocorrência do acidente, como por exemplo, a chuva, o congelamento da pista de rolamento, a neblina e o vento.
12. *Fatores institucionais* – fatores intervenientes na ocorrência de acidentes, relacionados à regulamentação e fiscalização do trânsito. A legislação de trânsito pode apresentar lacunas na informação transmitida aos usuários. O treinamento dos condutores também pode ser inadequado principalmente no que diz respeito às técnicas e atitudes de direção defensiva. Os pedestres podem desconhecer a legislação de trânsito em vigor. As operações da polícia e os equipamentos de fiscalização podem ser inadequados ou insuficientes.
13. *Código de trânsito* – conjunto de normas que procura definir adequadamente, para todas as situações possíveis, o comportamento que os condutores de veículos e pedestres devem adotar ao transitar no sistema viário.
14. *Acidente* – um evento independente do desejo do ser humano, causado por uma força externa, alheia, que atua subitamente e deixa ferimentos no corpo e na mente (definição da OMS).
15. *Categorias de acidentes* – classes de acidentes definidas em função de sua gravidade, tais como, os *acidentes com vítimas e sem vítimas (ou com danos materiais)*, podendo a categoria *com vítimas* ser classificada em *com ferimentos fatais, graves e leves*. Os danos materiais podem ocorrer em cada uma das categorias citadas; por isso deverão ser estimados separadamente.
16. *Acidente com vítimas fatais* – acidente no trânsito rodoviário que resultou em pelo menos uma morte no local ou posteriormente até 30 dias contados a partir da data de ocorrência do acidente (definição da OMS).
17. *Acidente com feridos graves ou acidente com vítimas gravemente feridas* – acidente no trânsito que resultou em pelo menos uma pessoa com ferimentos graves, isto é, que necessitou ser internado em hospital durante pelo menos 24 horas, mas sem mortes.
18. *Acidente com feridos leves ou acidente com vítimas levemente feridas* – acidente de trânsito que resultou em pelo menos uma pessoa com ferimentos, mas que não necessitou ser internado ou que permaneceu internado em hospital menos que 24 horas.

19. *Acidente com danos materiais* – acidente de trânsito que resultou apenas em danos materiais ao veículo e às instalações da infra-estrutura, podendo ser classificado, ainda, em acidente com danos materiais graves e outros danos materiais.
20. *Acidente com danos materiais graves* – acidente de trânsito que resultou em danos materiais ao veículo e às instalações da infra-estrutura, sendo que o veículo teve que ser transportado.
21. *Acidente com outros danos materiais* – acidente de trânsito que resultou em danos materiais ao veículo e às instalações da infra-estrutura que não se enquadra como acidente com danos materiais graves.
22. *Áreas críticas* – áreas da infra-estrutura da rede rodoviária com elevados índices de acidentes de trânsito (inclui elevados custos decorrentes dos acidentes de trânsito). As áreas críticas podem ser subdivididas em pontos críticos, eixos críticos e regiões críticas.
23. *Ponto crítico* – área pontual ao longo de uma rodovia que apresenta elevados índices de acidentes de trânsito.
24. *Eixo crítico* – segmento rodoviário que apresenta um conjunto de pontos com elevados índices de acidentes de trânsito distribuídos de forma homogênea em quase toda a sua extensão; refere-se a um conjunto de pontos críticos sucessivos de um segmento.
25. *Região crítica* – parte da rede rodoviária composta por vários eixos críticos interligados.
26. *Incidente rodoviário* – toda situação no trânsito rodoviário sob cujas circunstâncias quase ocorreu um acidente se não fossem as manobras bruscas de um, alguns ou todos os usuários envolvidos. Um incidente de trânsito diverge de um acidente de trânsito apenas nas suas conseqüências.
27. *Sistema Burocratizado de Informações Gerenciais* – organização burocrática ou hierárquica de informações; as informações são agrupadas por níveis hierárquicos formando componentes organizacionais cada vez maiores até chegar ao topo da hierarquia; é freqüente se observar a duplicidade de informações.
28. *Sistema Integrado de Informação* – sistema que interliga e suporta vários sistemas administrativos; os dados são coordenados, coletados, armazenados e manuseados de forma a eliminar ao máximo a duplicidade de informações; diferentes usuários do mesmo sistema poderão dar diferentes aplicações para uma determinada informação.

## RESUMO

PORATH, Reginaldo. **Sistemas de Gerência de Segurança para o Trânsito Rodoviário: o Modelo SGS/TR**. Florianópolis, 2002. 338p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

Neste trabalho, são analisados o estado da arte e o estado da prática do gerenciamento da segurança rodoviária no Brasil e em vários países desenvolvidos, visando contribuir para suprir, mediante o desenvolvimento e a implementação de sistemas de gerência, parte das principais deficiências básicas do planejamento estratégico e gerencial da segurança do trânsito rodoviário principalmente em países em desenvolvimento. A partir da revisão da literatura técnica, da pesquisa de campo junto às agências rodoviárias brasileiras e da experiência do autor em atividades de planejamento dos transportes, é apresentado um modelo de um Sistema de Gerência de Segurança para o Trânsito Rodoviário (SGS/TR) que propõe a implementação e a integração de procedimentos sistematizados e informatizados. A estrutura modular proposta desse sistema, constituída de cinco subsistemas e esses, por sua vez, de vários módulos interligados, prevê integrar sistemas de gerenciamento de banco de dados, aplicativos GIS (Geographic Information System), aplicativos BI (Busyness Intelligent System) e sistemas ITS (Intelligent Transport System). Os principais objetivos do sistema SGS/TR são permitir: (i) sistematizar a coleta, o tratamento e a apresentação dos dados relevantes da segurança rodoviária visando obter uma base de dados sólida para o planejamento e gerenciamento sustentável dessa área técnica; (ii) contribuir para a geração de políticas, objetivos e metas para a segurança rodoviária; (iii) desenvolver e avaliar alternativas de ações de intervenção visando identificar as mais eficazes e otimizar a aplicação dos recursos disponíveis; (iv) fazer recomendações claras e fundamentadas aos tomadores de decisão; (v) monitorar a implementação e a eficiência de ações e planos da segurança rodoviária, assim como o nível de segurança da rede rodoviária como um todo. Além da análise da conveniência de sua integração com um sistema integrado de gerência rodoviária (SIGER), são descritas as funções do sistema SGS/TR e apresentados os inter-relacionamentos entre os subsistemas e módulos previstos. Esse trabalho descreve, ainda, sucintamente, cada um destes subsistemas e módulos, apresentando os pertinentes esquemas de funcionamento e os principais procedimentos sistematizados em operação ou em elaboração. Ao final, é apresentada uma lista de recomendações gerais e específicas para o desenvolvimento e implementação do sistema SGS/TR para um estado ou país, enfatizando sua aplicação para sistemas rodoviários interestaduais e intermunicipais em países em desenvolvimento.

**Palavras-chave:** sistemas de gerência de segurança para o trânsito rodoviário; sistemas de gerência; segurança rodoviária; acidentes de trânsito.

## ABSTRACT

PORATH, Reginaldo. **Sistemas de Gerência de Segurança para o Trânsito Rodoviário: o Modelo SGS/TR**. Florianópolis, 2002. 338p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

In this thesis the state-of-the-art and the state-of-the-practice of road traffic safety management in Brazil and in several developed countries is analysed, with the main objective to help to reduce, through the development and the implementation of management systems, the main deficits of the strategic and specific road traffic safety planning and management, mainly in developing countries. On the basis of the technical literature review, as well as with survey applied to Brazilians road agencies, along with author's experience with road planning activities, a model of a Road Traffic Safety Management System (named SGS/TR), proposing the development and the integration of several systematized and automated procedures, is presented. The proposed modular structure of the SGS/TR systems, consisting basically of 5 subsystems and these, of several modules, seeks to integrate database management systems, geographic information systems, business intelligent systems and ITS systems. The basic aims of the SGS/TR systems are: (i) to systematize the collection, treatment and the presentation of relevant road safety data, to obtain a solid data base for the sustainable road safety planning and management for this technical area; (ii) to obtain clear and consistent information for the generation of road safety policies and goals; (iii) to develop and to evaluate alternatives for road safety actions and interventions, in order to identify the most efficient intervention so as to achieve an optimal resource application; (iv) to make clear and consistent recommendations for the decision makers; and, (v) to monitor the implementation and the efficiency of road safety actions and plans, as well as to monitor the road safety levels on the road networks as a whole. In addition to analysing the importance of its integration in a whole road management system (RMS), the main functions of the SGS/TR system, presenting the interrelations between the subsystems and defined modules are described. This work describes briefly each of the subsystems and modules, showing the respective working schemes and the main systematized procedures, in operation or under way. At the conclusion it is presented a list of specific and general recommendations for the development and implementation of the SGS/TR system for a state or a country, emphasizing its application for interstate and intercity networks in developing countries.

**Key-words:** road traffic safety management systems; management systems; road safety; road traffic accidents.

## **INTRODUÇÃO**

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 APRESENTAÇÃO

Apesar de responder pela maior parcela do transporte de cargas e pessoas em quase todos os países, o modal rodoviário detém os piores índices de segurança de trânsito em todo o mundo [91, 113, 117, 135]. As estatísticas da República Federal da Alemanha de 1992, por exemplo, indicam que a probabilidade de um acidente ocorrer com morte no sistema rodoviário daquele país equivale a cerca de quatro vezes a do modal ferroviário, dez vezes a do sistema aéreo e oitenta vezes a do sistema hidroviário de cabotagem [113].

O Banco Mundial divulgou um estudo [136] que revela que mais de 1,17 milhões de pessoas morrem e mais de 10 milhões de pessoas ficam aleijadas ou feridas em acidentes de trânsito nas rodovias em todo o mundo, a cada ano. Sessenta e cinco por cento das mortes são de pedestres, dos quais 35% são crianças. Cerca de 3/4 das mortes ocorrem nos países em desenvolvimento.

O problema “acidentes rodoviários” tem atingido tal nível de gravidade que o Banco Mundial, WHO, IFRC, Nações Unidas, ESCAP, BDA, BID e outras agências internacionais e cooperações do setor privado mundial firmaram uma coalizão global denominada *Global Road Safety Partnership* (GRSP), sediada nas dependências da IRFC em Gênova, desde abril de 1999, para enfrentar essa questão.

Um estudo recente da GRSP [115] prevê que, nos próximos 10 anos, mais de 6 milhões de pessoas poderão morrer e mais de 60 milhões de pessoas poderão ficar aleijadas ou feridas em acidentes rodoviários em todo o mundo, a não ser que ações corretivas e preventivas sejam implementadas urgentemente.

O estudo *The Global Burden Disease* [96], empreendido pela Organização Mundial de Saúde (WHO), Harvard University e o Banco Mundial, indica que os acidentes de trânsito nas rodovias em todo o mundo são a principal *causa mortis* entre os homens e a quinta entre as mulheres na faixa etária entre 15 e 44 anos. Os acidentes em rodovias, portanto, atingem principalmente os mais jovens, com perda significativa dessa classe economicamente mais ativa da sociedade.

Além das dores e transtornos causados pelos acidentes às vítimas e/ou aos familiares dos acidentados, que são irreparáveis, os custos sociais resultantes dos

acidentes de trânsito em rodovias são também enormes. As perdas financeiras anuais para a sociedade dos países da OECD são estimadas em cerca de US\$ 450 bilhões, ou seja, equivalente a cerca de 2% do PIB [96]. Só para os EUA essa cifra está estimada em US\$ 70 bilhões [115].

A evolução dos principais indicadores da segurança rodoviária nos países desenvolvidos ainda preocupa essas sociedades. WEGMAN [143], por exemplo, avaliando os dados de acidentes no trânsito rodoviário dos países desenvolvidos e coletados pela TRL e IRTAD, concluiu que:

- a) em termos gerais, o indicador da segurança pública (mortes/100.000 habitantes) decresceu nos últimos sete anos entre 10 e 40 %; a redução foi maior nos anos 70 do que nos anos 80;
- b) em termos gerais, a taxa de segurança do trânsito também decresceu nesse mesmo período, com a redução variando de país para país entre 15 e 60%;
- c) a redução atual da taxa de fatalidades (mortes/10.000 veículos registrados) é menor que no passado, mas varia de país para país;
- d) uma boa meta a ser estabelecida para a segurança do trânsito rodoviário corresponde reduzir as atuais taxas pela metade. O Reino Unido, a Noruega e a Holanda, com taxas relativamente baixas de acidentes e acentuadas reduções desses indicadores, são bons exemplos a serem seguidos.

Os países em desenvolvimento apresentam uma realidade em termos de transporte via motorização rodoviária completamente diferente que a dos países industrializados. Nos últimos dez anos, por exemplo, o número de veículos por habitantes em alguns países, como a Coreia do Sul e Tailândia, foi multiplicado por 10. Por outro lado, em vários países da África, a taxa de motorização permanece baixa, entre 1 e 100 veículos por 1000 habitantes [143]. No Brasil, essa taxa foi de vinte veículos por 100 habitantes no ano 2000, tendo aumentado em cerca de 15% nos últimos cinco anos [64]. As taxas de segurança do trânsito, em geral, se comparadas com os indicadores dos países desenvolvidos, permanecem elevadas [135]. Uma correta avaliação da evolução dos acidentes nesses países é prejudicada pela baixa qualidade dos dados disponíveis.

Se tomados os indicadores de segurança de trânsito apresentados pelo Banco Mundial [135], o indicador para o Brasil é de 4,1 mortes por 10.000 veículos. Esse indicador é cerca de duas vezes maior que os indicadores dos USA e da Alemanha e cerca de 3,5 vezes maior que o da Holanda (país que apresenta o menor índice: 1,2

mortes por 10.000 veículos). Tudo indica que a situação brasileira é bem pior, já que os dados não são suficientemente completos e consistentes para esse tipo de análise comparativa.

Um estudo do Banco Mundial estima que os custos atuais dos acidentes rodoviários nos países em desenvolvimento podem atingir os US\$ 100 bilhões por ano [136]. Esses custos sociais podem representar nesses países até 3% do Produto Interno Bruto (PIB).

As estatísticas dos acidentes nas rodovias brasileiras são alarmantes. Os acidentes em rodovias no Brasil podem responder por mais de 4% das fatalidades em acidentes no transporte rodoviário de todo o mundo. Os dados oficiais do Departamento Nacional de Trânsito- DENATRAN [21] indicam que em 1997 foram registrados 24 mil mortes e 327 mil feridos em 327 mil acidentes (nesse número não estão incluídos todos os acidentes sem vítimas, pois seu registro não é obrigatório em todas as áreas do país). O número de mortes registrado em acidentes de trânsito pelo Ministério da Saúde [93] para aquele ano é 48% superior que o registrado pelo DENATRAN. Os dados repassados ao DENATRAN baseiam-se fundamentalmente nos boletins de ocorrência que registram as mortes nos locais dos acidentes e não incluem muitas vezes, os falecimentos decorrentes de acidentes de trânsito após a internação das vítimas no hospital. O boletim pode, ainda, não ser preenchido se o acidente ocorre em uma via não policiada. Uma pesquisa realizada pelo DNER [45] nas rodovias federais do Estado do Rio de Janeiro indicou que o número de mortes de acidentes de trânsito aumentou em 54% com um acompanhamento das vítimas internadas.

Em um estudo publicado pelo BID, em 1998, GOLD [68] estimou que em 1995 ocorreram, ao todo, cerca de 1,1 milhões de acidentes no Brasil, dos quais cerca de 20% em áreas rurais e 80% em regiões urbanas. Ao não dispor de outros dados mais consistentes e completos, a estimativa realizada considera para o número de acidentes com vítimas, os dados oficiais do DENATRAN; para o número de acidentes sem vítimas nas áreas rurais, o dobro do número de acidentes sem vítimas registrados pelo DNER em rodovias federais policiadas; e para o número de acidentes sem vítimas nas áreas urbanas, quatro vezes os acidentes urbanos com vítimas. Segundo essa estimativa e tomando os custos médios dos acidentes estimados pelo DNER para as rodovias sob sua jurisdição e pela Companhia de Engenharia de Tráfego – CET para o município de São Paulo, o custo total dos acidentes no Brasil, em 1995, alcançou a cifra de US\$ 9,6

bilhões. Os custos de acidentes incluíram perdas das receitas futuras, danos aos veículos, custos médico-hospitalares e danos às cargas.

O problema de gerenciamento da segurança é especialmente grave no Brasil, se observado não apenas a falta de priorização dos governantes e dirigentes dos órgãos públicos responsáveis para a questão da segurança rodoviária e o despreparo dos técnicos responsáveis pela engenharia do trânsito rodoviário, mas também o desconhecimento da real amplitude do problema por parte da imprensa e a inércia de grande parte dos diversos segmentos da sociedade brasileira frente a essa questão.

A priorização insatisfatória dos decisores dos órgãos rodoviários com a segurança dos usuários poderá ser reconhecida pelos constantes cortes dos montantes previstos para o planejamento e gerenciamento das ações de prevenção de acidentes nos projetos de manutenção, restauração, construção e manutenção rodoviária, assim como durante a execução dos serviços nos segmentos em obras.

Enquanto os dirigentes de outros modais de transporte se valem amplamente dos princípios e das técnicas de marketing para promover maior segurança aos usuários dos sistemas de transporte, os responsáveis pela direção do transporte rodoviário, raras vezes, lançam mão desse importante meio de comunicação para esclarecer seus usuários sobre os benefícios do correto comportamento diante das reais condições de segurança ofertadas pelas rodovias.

A imprensa brasileira, por sua vez, não entendendo corretamente a gravidade da questão dos acidentes rodoviários no Brasil, apresenta freqüentemente muito mais reportagens sensacionalistas de fatos isolados das ocorrências do que reportagens efetivamente construtivas para a solução da questão da insegurança rodoviária como um todo. O acidente aéreo com um Boeing 737-204 com 65 mortes, em agosto de 1999, em Buenos Aires [79], por exemplo, teve forte repercussão, não apenas na mídia brasileira, mas também mundial. Por outro lado, *só no Estado de Santa Catarina as fatalidades nas rodovias equivalem às mortes de um acidente aéreo desse porte a cada doze dias (se tomados os dados do Ministério da Saúde de 1997)*, sem todavia, referir-se a epidemia dos acidentes rodoviários com a mesma intensidade. Atualmente, a divulgação de relatos mais construtivos para a solução do problema através dos meios de comunicação é mais freqüente, mas ainda aquém do nível de importância que essa questão tem para o país. Sua ação é mais acentuada quando da proximidade de eventos especiais, tal como a semana de trânsito ou acidentes que envolvem expressivo número de mortes em uma única ocorrência.

A mobilização da sociedade brasileira, através de suas diversas classes representativas para fazer frente à gravidade do problema e assim obter maior segurança aos usuários do sistema rodoviário, é ainda principiante. É verdade que importantes iniciativas de diversos segmentos da sociedade estão sendo tomadas, destacando-se: (i) a criação da ONG MONATRAN (Movimento Nacional de Educação no Trânsito); (ii) a criação do Núcleo Multidisciplinar de Estudos sobre Acidentes de Tráfego junto a UFSC, visando ao ensino, à pesquisa e ao treinamento de pessoal envolvido em áreas técnicas com diferentes disciplinas [97]; a instituição do Fórum Catarinense pela Preservação da Vida no Trânsito, tendo como entidades promotoras de eventos, entre outras, a ACE, o CREMESC, o MP/SC, o DETRAN/SC, a OAB/SC e a UFSC [9].

Os técnicos responsáveis pelo planejamento, execução e operação dos projetos de engenharia rodoviária, não conhecendo sempre as reais condições de risco de acidentes nas rodovias, pela falta de um instrumental adequado de planejamento das ações de prevenção de acidentes ou ainda pelas restrições financeiras impostas pelo decisores dos órgãos públicos, acabam entregando à sociedade um sistema rodoviário com sérias restrições de segurança para os usuários. Não há uma divisão clara das responsabilidades sobre a qualidade do produto “segurança” do sistema rodoviário entre os responsáveis pelo sistema (projetistas, construtores e gerentes rodoviários) e os usuários desse sistema.

Esses dados refletem bem o estado atual crítico em que se encontra o tema gerenciamento da segurança rodoviária também no Brasil.

É claro que a segurança rodoviária é problema mundial ainda não resolvido de uma maneira satisfatória. As experiências bem sucedidas de outros países sobre essa questão, no entanto, poderão contribuir de forma significativa para a identificação de soluções para esse grave problema nacional.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Dentre os distintos modais de transporte, o rodoviário apresenta atualmente os maiores índices de acidentes de trânsito em todo o mundo. As estatísticas mundiais de acidentes rodoviários são alarmantes. O número total de mortes, a cada ano, ultrapassa a 1 milhão de pessoas; o total de feridos e aleijados, a 10 milhões. Cerca de 70% do total de pessoas mortas ocorre nos países em desenvolvimento. A maioria das vítimas dos

acidentes rodoviários não é ocupante de automóveis e caminhões, mas pedestres, motociclistas, ciclistas e ocupantes de veículos não-motorizados, sendo que 1/3 das mortes de pedestres são de crianças [136].

A pesquisa “The Global Burden of Disease” [96] apresenta os acidentes de trânsito nas rodovias como um problema de saúde pública, especialmente em termos de anos perdidos de vida. De acordo com essa pesquisa, os acidentes do trânsito rodoviário representaram, em 1990, a nona causa “mortis” mais importante do ser humano e no ano 2020 poderá atingir a terceira posição em função do crescimento da fração adulta da população e da menor incidência de importantes tipos de doenças.

No Brasil, as estatísticas do Ministério de Saúde [93] registraram, em 1997, cerca de 36 mil mortes em acidentes de trânsito; só no Estado de Santa Catarina, com apenas 1,3% da área do país, o número total de fatalidades foi de 1900 pessoas.

Mesmo sem considerar os danos causados às famílias e amigos das vítimas (dores e transtornos), os custos sociais para os cofres públicos são enormes. Estima-se que esses custos no Brasil representam até 2% do PIB [68].

Apesar do Brasil aparecer na 25ª posição de uma lista de 94 países analisados pelo Banco Mundial [136], hierarquizada em função do número de fatalidades por 10 000 veículos, a situação brasileira é muito grave. Os indicadores para a segurança do trânsito rodoviário no Brasil são muito discutidos. Admite-se que o número real de acidentes, de fatalidades e de feridos é muito maior que o divulgado oficialmente. Os dados oficiais do Ministério da Saúde [93] apontam para um número total de mortes no trânsito, em 1997, 48% superior que ao total divulgado pelas agências de trânsito [21] para aquele ano. Um estudo do DNER, realizado em 1987 nas rodovias federais do Estado do Rio de Janeiro, revelou que o número de mortes com o acompanhamento dos pacientes internados em decorrência de acidentes rodoviários é mais de 50% superior ao registrado oficialmente por aquele órgão rodoviário. Constatação semelhante foi obtida por VIEIRA em um estudo realizado na Grande Florianópolis/SC [142] ao observar que o número total de mortes posteriores às datas das ocorrências entre março e agosto de 1997 representou cerca de 45% do total de mortes e que o número real de mortes era 85% superior que o oficialmente registrado. As estatísticas de acidentes do trânsito rodoviário no Brasil não apresentam dados completos e suficientemente consistentes para o planejamento da segurança rodoviária.

O problema de registro de dados de acidentes não é um problema totalmente resolvido nos países desenvolvidos. Na Holanda, por exemplo, que apresenta os

melhores indicadores para a segurança do trânsito nas rodovias, o registro de fatalidades de acidentes de trânsito da polícia coincide com o registro de fatalidades dos estabelecimentos hospitalares. Estima-se que 52% das entradas de feridos nos hospitais, 13% das altas de acidentados internados e apenas 4 % dos feridos não tratados em hospitais constavam nos registros policiais de 1994 [103]. Segundo HAKKERT e HAUER (1988, [103]), 2% a 10% dos feridos falecem em decorrência de acidentes após o limite de trinta dias estabelecido pela OMS para atribuir a causa da morte.

A dificuldade na obtenção de dados precisos deve-se principalmente: (i) à falta de registro das ocorrências (as agências rodoviárias e de trânsito frequentemente exercem o policiamento do trânsito apenas em parte da malha rodoviária que está sob sua jurisdição) e ao sub-registro das ocorrências (as entidades responsáveis muitas vezes não registram as informações dos acidentados até trinta dias após a ocorrência dos acidentes); (ii) à classificação equivocada das ocorrências; (iii) aos vazios de registros entre as datas da ocorrência e do registro dos acidentes; (iv) à indicação imprecisa ou equivocada do local do acidente (é comum observar o registro dos locais de acidentes nos órgãos rodoviários do Brasil sem que se tenha implantado um adequado sistema de referência para a malha rodoviária e sem que se utilize instrumento apropriado para a localização suficientemente precisa dos locais de ocorrência de acidentes).

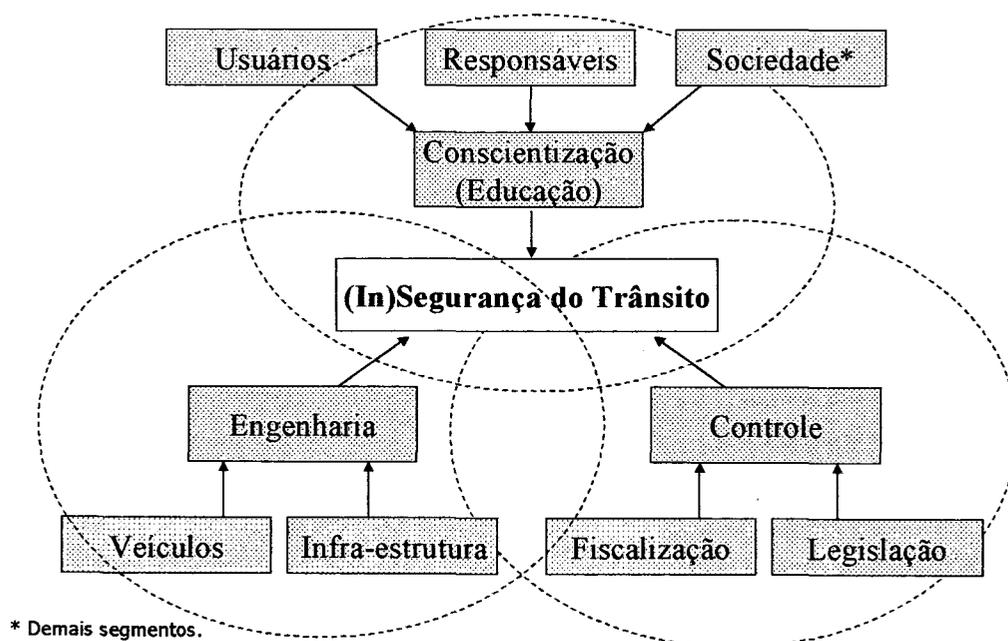
Muitos dos paradigmas da área da segurança do trânsito rodoviário somente puderam ser questionados ou quebrados através de pesquisas estatísticas mais recentes. Por exemplo, ao contrário das percepções de muitos técnicos, pesquisas realizadas na Inglaterra em 2000 [152] indicaram que o maior problema da segurança do trânsito ocorre nas rodovias rurais; naquele país, ocorrem 20% mais mortes nas rodovias rurais do que nas rodovias urbanas e a taxa de redução do número de mortes em acidentes em rodovias rurais também é menor. Na Alemanha, o número de mortes nas rodovias rurais do país é cerca de duas vezes maior que nas demais rodovias do país [87]. A revisão da segurança rodoviária dos projetos de engenharia que integram o Programa Rodoviário de Santa Catarina – Etapa IV (financiado parcialmente pelo BID) também indicou a mesma tendência de gravidade.

Observam-se, ainda, técnicos dos órgãos brasileiros responsáveis pela fiscalização do trânsito rodoviário, amparados pelos meios de comunicação, propagarem a crença de que 90% dos acidentes de trânsito são causados pelo fator humano (transferindo a maior parcela da responsabilidade das conseqüências dos acidentes aos condutores de veículos e pedestres) e que as únicas soluções passam pela

normalização e regulamentação mais rigorosa do trânsito e pela implementação de programas de educação e de ações de punição dos condutores e dos pedestres. É evidente que muitas ações podem e devem ser empreendidas nessas áreas.

É verdade que a falha humana é uma das principais causas da maioria dos acidentes. Falhas humanas dos usuários sempre ocorreram e, se considerado o atual avanço tecnológico, ocorrerão ainda por muito tempo no trânsito rodoviário. Mas sabe-se também que outros fatores, atuando de forma isolada ou sobreposta, contribuem significativamente para a ocorrência de acidentes nas rodovias e influenciam o grau de severidade das conseqüências desses acidentes, dentre os quais destacam-se os fatores que dizem respeito: (i) à engenharia dos veículos e da infra-estrutura; (ii) ao controle através da legislação e da fiscalização do trânsito; (iii) à conscientização dos usuários, dos responsáveis pelo gerenciamento da segurança rodoviária e das demais classes da sociedade no que se refere à questão da (in)segurança do trânsito rodoviário. A figura a seguir apresenta os principais componentes da segurança rodoviária.

*Figura 1.1 - Componentes da Segurança do Trânsito Rodoviário*



Mesmo que não se tenha descoberto, até a presente data, uma medida única de alcance global capaz de resolver em seu todo o problema dos acidentes em rodovias, as medidas e ações efetivas, isoladas ou em grupos, já comprovadas, podem reduzir as casualidades dos acidentes nas rodovias. É melhor implementar ações preventivas contínuas e conjuntas das entidades intervenientes na segurança do trânsito que

previnem acidentes rodoviários baseadas no princípio da sinergia, do que resolvê-los posteriormente.

É possível reduzir o número de acidentes com ações que tratam isoladamente cada um desses fatores. É a implementação de ações conjuntas consistentes de um *plano nacional ou regional de segurança rodoviária de longo prazo*, pertinentes aos principais grupos de fatores causadores de acidentes (infra-estrutura rodoviária e meio ambiente adjacente, veículos, usuários, legislação e fiscalização) que apresenta os melhores resultados para reduzir a severidade dos acidentes [136]. Um estudo da PIARC [143] afirma que pelo menos 400.000 pessoas poderão ser salvas nos próximos quinze anos se o programa de prevenção de acidentes para a Europa Central e Leste for implementado.

Um adequado gerenciamento da questão da segurança do trânsito rodoviário, baseado no estabelecimento de prioridades políticas de intervenção claras, numa organização adequada do setor e em recursos orçamentários e financeiros suficientes, poderá contribuir efetivamente para o aumento da segurança do trânsito nas rodovias.

Para a definição e a implementação de ações consistentes para a segurança rodoviária é importante que se avalie as experiências dos técnicos de engenharia de trânsito no gerenciamento dos acidentes rodoviários de outros países, e também de técnicos especializados de outros modais de transporte e de outras áreas técnicas.

Se de um lado o sistema aéreo oferece aos seus usuários índices de segurança bem superiores aos do modal rodoviário, de outro lado os técnicos responsáveis pelo gerenciamento desse sistema dispõem de critérios, metodologias, procedimentos e instrumentos mais apropriados, assim como pessoal mais qualificado para tratar a questão dos acidentes de forma interdisciplinar para identificar as causas dos acidentes e das ações corretivas e preventivas necessárias. Outros setores da economia, como o setor elétrico, apresentam uma divisão mais clara das responsabilidades da segurança do produto ofertado à sociedade entre os projetistas e os consumidores.

A tendência de crescimento previsto para a mobilidade motorizada (quilômetros viajados) na maioria dos países, sem um efetivo gerenciamento contínuo e sistematizado da segurança rodoviária, resultará no crescimento do número de mortes em acidentes de trânsito e em prejuízos subseqüentes ainda maiores para a sociedade.

Apesar da severidade e da elevada freqüência de acidentes no sistema rodoviário, os investimentos em pesquisas e ações que visam a melhorias de procedimentos, de modelos e de sistemas para o gerenciamento da segurança do trânsito

nesse modal de transporte são insuficientes e mal conduzidos por falta de conhecimento, critérios e metodologias apropriadas para tal, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Muitos estudos e pesquisas científicas são seriamente prejudicados pela ausência de uma base sólida para a área da segurança do trânsito rodoviário.

Urge, portanto, a necessidade de se investir mais nessa importante área técnica da engenharia, tal como se propõe nessa pesquisa, para que se possa identificar ou elaborar metodologias, procedimentos sistematizados, sistemas informatizados e ações mitigadoras apropriadas para poder, a partir de dados relevantes, completos e consistentes, realizar o gerenciamento eficiente do trânsito como um todo nas rodovias e assim, alcançar melhorias sustentáveis para a segurança do trânsito rodoviário.

### 1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA E SUA DELIMITAÇÃO

Um pré-requisito para que se possa alcançar melhorias sustentáveis para a segurança do trânsito de pessoas e cargas através do sistema rodoviário é, sem dúvida, a elaboração, implementação e monitoramento de planos de segurança rodoviária (nacional e regionais) de longo prazo com base em: (i) um banco de dados sólido cujas informações sejam relevantes, completas e consistentes; (ii) políticas, objetivos e metas claras para a segurança do trânsito; (iii) um banco de conhecimento de boas práticas da região em estudo, do país, de outros países, de outros modais de transporte e de outros setores da economia. O plano deverá apresentar metas mensuráveis (a curto, médio e longo prazo), indicar as pertinentes ações mitigadoras prioritárias, contemplar a capacitação de técnicos das instituições responsáveis, assim como prover fontes de recursos contínuos para o financiamento das medidas requeridas para a segurança rodoviária.

A elaboração desses planos poderá ser obtida, satisfatoriamente, mediante a utilização de um sistema de gerência de segurança para o trânsito rodoviário que permita, a partir de um subsistema de informação que contenha uma base de dados sólida, identificar áreas críticas e avaliar ações e planos alternativos de intervenção, visando otimizar e programar a aplicação dos recursos financeiros disponíveis para o setor e, ao final, monitorar as ações de segurança implementadas e os níveis de segurança da rede rodoviária como um todo. A padronização e sistematização dos

procedimentos de coleta, análise, avaliação e monitoramento das ações implementadas é fundamental para que se possa obter níveis de segurança melhores e sustentáveis para o trânsito rodoviário.

É objetivo dessa pesquisa estabelecer um modelo para construção de um sistema de gerência de segurança para o trânsito rodoviário, com ênfase às particularidades do trânsito rodoviário intermunicipal e interestadual, que possa contribuir efetivamente para suprir parte das atuais deficiências administrativas e gerenciais das unidades responsáveis pelo gerenciamento da segurança rodoviária.

Especificamente, essa pesquisa deverá definir os principais subsistemas e módulos que deverão compor o sistema de gerência, assim como descrever as principais metodologias e procedimentos mais apropriados a serem adotados em cada um dos módulos identificados.

O modelo conceitual, resultado dessa pesquisa, deverá indicar as principais diretrizes ao desenvolvimento modular de uma ferramenta para o planejamento e gerenciamento estratégico e detalhado à segurança do trânsito rodoviário.

Além de explicitar as potencialidades e as limitações do modelo proposto frente às dificuldades dos órgãos intervenientes na segurança do trânsito, principalmente em países como o Brasil, e efetuar recomendações finais para a implementação desse modelo, a presente pesquisa indica um elenco de novas linhas de pesquisa relacionadas à segurança de trânsito rodoviário.

Benefícios adicionais dessa pesquisa poderão contemplar o incremento das atividades de cursos de pós-graduação que tenham áreas de interesse voltadas à infraestrutura viária ou que se reportem a aspectos logísticos e de operações de transporte onde a questão da segurança e a redução da gravidade e da frequência de acidentes são fundamentais.

Por último, a presente pesquisa poderá contribuir para a criação de disciplinas pertinentes, para a orientação de dissertações (mestrado) e teses (doutorado) em universidades, assim como para publicações de artigos e apresentação de trabalhos em eventos do setor.

#### 1.4 METODOLOGIA UTILIZADA NA REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A metodologia utilizada para a realização da presente pesquisa incluiu a leitura, a análise e a descrição sucinta dos principais temas do gerenciamento da segurança rodoviária, apresentados na literatura nacional e internacional, tendo como objetivos principais entender e descrever:

- a) a importância do tema acidentes rodoviários no Brasil e no mundo;
- b) o estado da arte dos principais aspectos que envolvem a gerência da segurança do trânsito no Brasil e no mundo;
- c) o estado da prática do desenvolvimento e da implementação de procedimentos sistematizados para o gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário.

Para a formulação do modelo conceitual proposto para o desenvolvimento e implementação de um SGS, contou-se ainda com: (i) as experiências de técnicos de diversos órgãos rodoviários ligados ao setor (as informações foram coletadas mediante a aplicação de um questionário apresentado no Apêndice 6, enviado por e-mail ou apresentado em entrevistas pessoais, sendo que esse último procedimento obteve resultados mais satisfatórios); (ii) a experiência do pesquisador com outros procedimentos sistematizados para o gerenciamento das atividades de planejamento, projeto e monitoramento de planos e ações de transporte.

## 1.5 DESENVOLVIMENTO DA TESE

Essa pesquisa resultou na formulação de uma proposta conceitual para o desenvolvimento modular de um sistema de gerência de segurança para o trânsito rodoviário, denominado SGS/TR, a ser implementado por etapas.

Além da estrutura desse trabalho, o **Capítulo I - Introdução** - apresenta as informações gerais que realçam os principais aspectos da situação atual do problema da segurança rodoviária, a justificativa da pesquisa, os objetivos e a delimitação da pesquisa, assim como a metodologia utilizada para a sua realização.

No **Capítulo II - Segurança do Trânsito Rodoviário: Uma Visão Geral** - foram analisados e descritos resumidamente os principais temas do gerenciamento da segurança rodoviária, abordados pela literatura técnica nacional e internacional analisada ao longo dessa pesquisa bibliográfica.

O **Capítulo III - Práticas de Gerenciamento da Segurança do Trânsito Rodoviário** - apresenta um resumo descritivo dos principais aspectos do gerenciamento da segurança rodoviária praticados no Brasil e no exterior.

O **Capítulo IV - Proposta de um Modelo para a Construção de um Sistema de Gerência de Segurança para o Trânsito Rodoviário** - contempla: (i) a descrição da importância de um sistema de gerência para a segurança do trânsito rodoviário; (ii) a proposição de uma arquitetura e de um fluxograma de funcionamento de um sistema de gerência de segurança para o trânsito rodoviário, indicando de forma auto-explicativa os inter-relacionamentos existentes entre os distintos subsistemas e módulos dos subsistemas que compõem o sistema como um todo.

Os **Capítulos V, VI, VII, VIII e IX** apresentam a descrição das funções e dos principais modelos e procedimentos propostos para o funcionamento de cada um dos **Módulos** que compõem os **Subsistemas** definidos para o SGS/TR.

As principais recomendações gerais e específicas para o desenvolvimento e a implementação do SGS/TR, principalmente tendo em conta a situação atual do Brasil, é apresentada no **Capítulo X**. Esse capítulo também descreve as potencialidades e as limitações do modelo SGS/TR proposto.

As principais conclusões da pesquisa realizada e as sugestões para a realização de novas pesquisas são apresentadas no **Capítulo XI – Conclusões e Sugestões para Novas Pesquisas.** °

Os últimos capítulos, não numerados, apresentam as principais **Fontes Bibliográficas** e os **Apêndices** da pesquisa.

**SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO:  
UMA VISÃO GERAL**

## **2 SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO: UMA VISÃO GERAL**

### **2.1 RESUMO DA PRINCIPAL LITERATURA TÉCNICA**

Este item apresenta, sumariamente, os temas abordados por algumas das principais referências bibliográficas analisadas ao longo dessa pesquisa.

#### **2.1.1 Sistemas de Informação para o Gerenciamento Rodoviário: Minuta das Diretrizes para o Desenho de Sistemas e de Bancos de Dados [105]**

Este relatório técnico emitido pelo Departamento de Desenvolvimento Urbano e da Infra-estrutura do Banco Mundial (BIRD) apresenta as diretrizes para o desenvolvimento de sistemas de informação que, organizadas e ajustadas, podem ter aplicações em todas as áreas de gerenciamento do setor rodoviário. Essas diretrizes são um ferramental auxiliar importante para as agências rodoviárias na escolha apropriada das informações requeridas pelos tomadores de decisão, como coletá-las e como gerenciá-las.

Ao proporem uma estrutura genérica modular, os autores contribuem para que se possa desenvolver um sistema de informação: (i) flexível; (ii) relevante para as diferentes necessidades dos diversos níveis de gerenciamento; (iii) adequado ao tamanho, às habilidades e aos recursos das diferentes agências rodoviárias; (iv) hábil para atualizações tendo em vista futuras alterações tecnológicas ou de circunstâncias.

Tendo definidos nove grupos de informações e quatro níveis de qualidade de informação (IQL - Information Quality Level), desde as informações básicas até as mais detalhadas, essas diretrizes abordaram, especificamente, os seguintes grupos de informação:

- inventário rodoviário (referenciamento da rede, elementos geométricos, elementos acessórios e do meio ambiente adjacente);
- pavimento (elementos estruturais e do estado/condições);
- estrutura de obras de arte especiais (inventário das estruturas e estado/condições);
- tráfego (volume, classe e pesos);

- acidentes (horário, tipo, circunstâncias, clima, categorias (de gravidade), localização, danos e detalhes específicos);
- finanças (custos unitários, orçamentos e taxas);
- atividades (projetos, intervenções e programas);
- recursos (dados institucionais e materiais);
- facilidades (equipamentos).

Para cada grupo de níveis de qualidade foram identificados os principais itens de dados, apresentados de tal maneira que os detalhes dos níveis mais elevados de qualidade possam ser condensados e transformados em níveis sumários ou básicos. Ao final, são apresentados os principais procedimentos e métodos de coleta dos dados para cada um dos distintos grupos de informação, os métodos e os equipamentos disponíveis para cada método e uma proposição para a frequência, amostragem e cobertura da coleta de cada item de dados.

### **2.1.2 Acidentes Rodoviários: Um Problema Mundial que pode ser Abordado com Sucesso [143]**

Realçando a gravidade atual da questão da segurança rodoviária em todo o mundo, esse relatório apresenta informações importantes para que se possa conhecer melhor: (i) a evolução recente das tendências da segurança rodoviária; (ii) a análise da segurança rodoviária em todo o mundo; (iii) as recentes iniciativas eficazes para a redução do número de acidentes nas rodovias; (iv) a importância das melhorias nas rodovias para o aumento da segurança rodoviária; (v) o desenvolvimento de novas tecnologias promissoras para a segurança rodoviária; (vi) as políticas da segurança rodoviária.

As experiências bem sucedidas de outros países no combate à questão dos acidentes rodoviários, principalmente os da Europa, USA e Austrália, merecem uma avaliação cuidadosa por parte dos demais países.

### **2.1.3 Sistema de Informações Gerenciais e Sistemas de Apoio à Decisão [50]**

Tendo ciência de que cada indivíduo necessita de “um treinamento explícito na arte da resolução de problemas e em como utilizar a fartura de informações factuais para resolver os problemas do mundo real, sem ser sufocado pela avalanche de dados”, propõe-se através desse trabalho contribuir para desenvolver a capacidade criativa apresentando o ferramental apropriado para o desenvolvimento e a implementação de sistemas gerenciais e de apoio à decisão.

Esse trabalho apresenta informações valiosas para que se possa entender melhor: (i) os conceitos básicos de um sistema de informações gerenciais (SIG); (ii) a função de um SIG; (iii) os objetivos e elementos de um SIG; (iv) a integração do SIG com o SAD (Sistema de Apoio à Decisão); (v) a abrangência de um SIG; (vi) as considerações econômicas para a instalação de um SIG; (vii) os requisitos operacionais para o projeto e desenvolvimento de um SIG; (viii) conceitos relacionados à pesquisa de desenvolvimento de um SIG; (ix) considerações especiais sobre a implementação de um SIG.

#### **2.1.4 Princípios e Modelos da Segurança Rodoviária: Revisão dos Modelos Descritivos, de Previsão, de Riscos e de Conseqüência de Acidentes [103]**

Conhecendo a crescente importância dos modelos de simulação e de previsão de acidentes, especificamente para a priorização do desenvolvimento e da implementação de ações e planos para a segurança rodoviária, o relatório da OECD apresenta importantes informações sobre os quatro principais grupos de modelos para a modelagem de acidentes: (i) explicitando o principal caminho através do qual uma situação de segurança rodoviária possa ser descrita; (ii) revisando os modelos e as teorias usualmente adotadas. Os modelos analisados são: (i) os modelos descritivos; (ii) os modelos de previsão para dados agregados; (iii) os modelos de riscos para dados não-agregados; (iv) os modelos dos efeitos de acidentes.

## **2.2 TÉCNICAS DE ANÁLISE DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA**

Os estudos técnicos para a determinação da evolução e a comparação da segurança rodoviária se fundamentam basicamente em dois tipos de indicadores: os *indicadores da segurança do trânsito* e os *indicadores da segurança pública*.

Os *indicadores da segurança do trânsito* medem o quão seguro é exercida a função do transporte rodoviário. Usualmente, é medida em termos do número de mortes por 10 000 veículos registrados ou por milhões ou bilhões de quilômetros viajados. A literatura técnica apresenta também outros indicadores para medir a segurança do trânsito, tais como: (i) o número de acidentes (ou feridos) por 10 000 veículos registrados ou por  $10^8$  ou  $10^9$  quilômetros viajados; (ii) a densidade de acidentes (ou de vítimas) definida pelo número de acidentes (ou de vítimas) por quilômetro e ano; (iii) a relação do número ponderado em função das categorias de acidentes com mortes, feridos e danos materiais por  $10^9$  veículos km; (iv) a relação do total dos custos por 1 000 veículos-km. O risco da mobilidade em um sistema de transporte pode ser medido ainda: (i) pelo número de mortes por  $10^6$  km da rede e ano; (ii) pelo número de mortes por  $10^6$  horas viajadas ano [113].

Os *indicadores de segurança pública*, por sua vez, indicam o grau com que os acidentes de trânsito afetam a segurança de uma população (também são considerados indicadores da saúde pública). O indicador usualmente adotado para a segurança pública é a taxa de mortalidade definida como sendo a relação do número de mortes por 100 000 habitantes em um ano. Outros indicadores também são utilizados para medir a segurança pública, tais como, o número de acidentes (ou feridos) por 100 000 habitantes em um ano.

O indicador estatístico mais significativo para a comparação da segurança do trânsito entre países é a taxa de acidentes dada em: unidades de mortes, de feridos ou de acidentes por bilhões de quilômetros viajados. Muitos países, no entanto, não apresentam as informações adequadas sobre o uso dos veículos. Tal deficiência leva os técnicos a lançar mão, para esses estudos comparativos, da relação do número de fatalidades por 10 000 veículos registrados em um determinado ano.

A importância da segurança no trânsito rodoviário para a sociedade cresce à medida que ela se conscientiza da real gravidade da “epidemia dos acidentes de trânsito” no país. Ao ser um aspecto qualitativo do trânsito nas rodovias, a segurança rodoviária deverá ser apenas uma das variáveis que deverão ser ponderadas quando da escolha das melhores intervenções na rede rodoviária. Outros aspectos como a acessibilidade, o nível de serviço, os impactos ambientais, a variação dos custos

operacionais e de tempo de viagem e os investimentos requeridos para a sua implementação também poderão ser decisivos para a escolha de uma das alternativas do projeto.

Há várias décadas, o *procedimento clássico* para a análise da segurança do trânsito rodoviário envolve as cinco principais etapas: (i) a coleta dos dados; (ii) a análise preliminar dos dados; (iii) a análise detalhada dos dados pertinentes às áreas críticas identificadas; (iv) a elaboração de intervenções alternativas; (v) a avaliação das contramedidas.

Mais recentemente, outras técnicas de análise da segurança do trânsito rodoviário foram incorporadas às atividades de planejamento e gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário, quais sejam:

- a) a análise de cenários;
- b) auditoria de segurança;
- c) videoanálise (filmagens);
- d) técnicas da engenharia de conflitos;
- e) inspeção local (da área crítica);
- f) inspeção do acidente.

É comum a adoção de uma ou mais dessas técnicas de análise no gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário de uma determinada região de estudo.

### **2.2.1 Técnicas de Análise de Cenários**

As técnicas de análise de cenários permitem avaliar as conseqüências para a segurança rodoviária de forma estratégica. Com esse procedimento, espera-se que os impactos sobre a segurança do trânsito decorram, principalmente, da redistribuição do trânsito de uma rede gerada pela implementação de projetos de melhoramentos, tais como, novas rodovias, novas seções transversais, novas intersecções e novas sinalizações.

Essas técnicas levam em conta o fato de que diferentes categorias de rodovias com diferentes características físicas e de tráfego apresentam, para distintos volumes de tráfego, diferentes indicadores para a segurança rodoviária.

Os valores dos indicadores relevantes de segurança de trânsito e de volumes de tráfego, assim como os impactos de diferentes alternativas de intervenção, poderão ser

calculados ao se modelar categorias de rodovias (vide o modelo da ferramenta de análise do HDM-4 [110]).

### **2.2.2 Técnicas de Auditoria de Segurança**

Os processos formais de auditoria poderão ser classificados, fundamentalmente, em dois tipos: (i) a auditoria de segurança rodoviária de projetos rodoviários – RSA (Road Safety Audit) trata do procedimento tradicional de revisão de projetos rodoviários sob a ótica da segurança iniciado nos anos 80, na Inglaterra [119]; (ii) a revisão da auditoria de segurança rodoviária – RASR que utiliza processos formais de auditoria de segurança mediante a revisão dos projetos e da inspeção de rodovias existentes para identificar alternativas de intervenção que permitam contribuir para a redução da severidade e frequência de acidentes.

Na revisão dos projetos, a auditoria objetiva: (i) minimizar o risco e a severidade de acidentes que poderão ser gerados pelo projeto da rodovia na pista de rolamento, nas faixas laterais e nas áreas adjacentes da rede rodoviária; (ii) minimizar a necessidade de serviços corretivos após a construção; (iii) reduzir os custos ao longo de toda vida útil do projeto; (iv) melhorar a garantia de se adotar as melhores práticas para o desenho de rodovias seguras.

As conseqüências de intervenções na infra-estrutura para a segurança rodoviária podem ser explicitadas convenientemente através da adoção de técnicas de auditoria. A indicação dessas conseqüências pode ser importante para a escolha de alternativas de projetos na fase de planejamento e de concepção de uma rodovia nova, assim como para otimizar o desenho da rodovia existente.

Por meio dos processos de auditoria, objetiva-se, inicialmente, assegurar se o atual estágio de conhecimentos da segurança rodoviária foi incorporado da melhor forma durante a elaboração e a implantação dos projetos das rodovias. Tais procedimentos visam obter um desenho rodoviário simples e rapidamente reconhecível pelos futuros usuários das rodovias para que esses possam usá-las com o menor erro potencial possível.

Os procedimentos de auditoria de segurança rodoviária como ferramenta de prevenção de acidentes estão em operação no Reino Unido [75, 136], na Austrália [143]

e mais recentemente, em desenvolvimento e início de operação nos USA [68, 119] e na Alemanha [16] entre outros países.

Na França [143], a auditoria da segurança rodoviária prevê atividades que envolvem cinco fases distintas de uma rodovia:

- a) viabilidade preliminar/fase inicial (ou nível estratégico, mediante o uso de uma ferramenta de planejamento apropriado);
- b) desenho preliminar;
- c) desenho detalhado;
- d) inspeção da rodovia na fase de pré-abertura;
- e) inspeção da rodovia em serviço.

Os melhores benefícios de uma auditoria, segundo Wegman [143], são obtidos se:

- a) a auditoria for realizada por auditores independentes, especializados e que tenham sido bem treinados;
- b) os relatórios dos auditores forem publicados;
- c) a auditoria de segurança for iniciada com os resultados do cenário estratégico;
- d) relatórios específicos de auditoria forem divulgados para as fases do desenho preliminar, do desenho definitivo e antes que a obra seja aberta ao público;
- e) os relatórios de auditoria orientam o responsável do projeto rodoviário, sem tirar dele, todavia, a total responsabilidade sobre o projeto;
- f) desenvolva e utilize um “checklist” das melhores práticas.

ROLLHAUS e PHILIP [114] afirmam que os melhores resultados da auditoria de segurança são alcançados se os trabalhos do auditor independente forem realizados em conjunto com os técnicos da área de planejamento, os projetistas e os construtores durante a execução das obras; no caso de rodovias existentes, com os gerentes responsáveis pela manutenção e operação, pois esses poderão conhecer particularidades que muitas vezes são desconhecidas pelos auditores. Esses autores estimam ainda que cerca de 1/3 das colisões poderão ser evitadas e cerca de 1 a 3% do número de feridos poderão ser reduzidos com a adoção dos procedimentos da auditoria de segurança

### 2.2.3 Videoanálise

O método convencional de avaliação da segurança do trânsito mais utilizado é a análise de acidentes. Apesar de sua grande objetividade, essa análise muitas vezes se torna problemática pela ausência de um número mínimo de ocorrências e de variáveis importantes para a segurança. As medições, por exemplo, de volume, velocidade e tempo de espera do tráfego fornecem dados quantitativos adicionais importantes sobre análise da situação do acidente. A análise de imagens de videorregistros poderá ser fundamental para a identificação de fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes. É claro que a observação *in loco* também pode ser adicionada de forma descritiva ou quantificada.

A segurança do trânsito rodoviário não se limita à prevenção de acidentes como ocorrências extremas (com danos físicos e/ou materiais), mas inclui também a prevenção de conflitos (situações de risco) para o usuário da rodovia. A psicologia do trânsito considera adicionalmente o sentimento subjetivo da segurança [83].

Dessa forma, a segurança do trânsito é constituída por três componentes: o acidente, o incidente ou situação de conflito (situações de risco) e o sentimento da segurança. Os métodos de avaliação que se valem da análise de imagens digitais de vídeo são convenientemente adotados para a avaliação de cada um desses componentes.

A quantificação das observações realizada por tipo de comportamento poderá ser vantajosa, mas as medições das distâncias espaciais (m) ou temporais (s) são as mais adotadas na videoanálise. As técnicas da engenharia de conflitos de trânsito se fundamentam nessas medições. Essas técnicas inserem também a análise de risco que estima a probabilidade para a ocorrência de conflitos ou acidentes.

O sentimento sobre a segurança rodoviária pode ser avaliado convenientemente através de pesquisas junto aos usuários. A participação de psicólogos da área de trânsito é muito importante nesse contexto.

A mensuração das variáveis para a avaliação da segurança é realizada cada vez mais freqüentemente através da análise de videoimagens. Enquanto no passado a videoanálise se limitou à avaliação de situações reais do trânsito reproduzidas em filmes, os métodos atuais permitem, com o apoio da informática, obter dados reais de distintas variáveis de medição com grande precisão [122]. As imagens obtidas através de filmadoras, preferencialmente equipadas de dispositivos de zoom, são avaliadas com o apoio de softwares computacionais especialmente desenvolvidos para tal fim.

Um dos softwares empregados foi desenvolvido na Universidade de Kaiserslautern/Alemanha denominada DiVA (Digitale Verkehrs Analyse System) [116]. Esse sistema permite: (i) medir intervalos de tempo, velocidades, acelerações e distâncias (inclinadas e ortogonais); (ii) determinar rotas dos elementos integrantes do trânsito e fluxos de tráfego (automático).

Os erros de medição podem reduzir as possibilidades de sua utilização na avaliação da segurança de trânsito. Esses erros poderão resultar, entre outras razões: (i) da capacidade do operador; (ii) do desenvolvimento óptico da imagem a ser avaliada e da inclinação da filmadora. Com as atuais qualidades objetivas dos gravadores de vídeo e suas possibilidades de zoom a distância entre a posição da videocâmara e o local da imagem a ser gravada influencia menos nos resultados das medições.

#### **2.2.4 Técnicas da Engenharia de Conflitos de Trânsito**

As técnicas da engenharia de conflitos de trânsito podem substituir, em certos casos, o registro de acidentes na análise de áreas críticas de uma rede rodoviária, assim como poderão ser utilizados para estimar valores de variáveis explicativas da segurança do trânsito. Esse método é baseado na definição de quase-acidentes (conflitos) que usualmente são expressos como intervalo de tempo para a colisão de usuários rodoviários envolvidos, como por exemplo, menos que 1/2 segundo. A vantagem desse método é que os dados podem ser coletados rapidamente. A desvantagem, todavia, é que a validade dos resultados é menor que a dos registros de acidentes [87, 103].

Com esse procedimento, o número de acidentes é estimado a partir do registro de conflitos, mediante a adoção de taxas expressas pela relação entre o número de conflitos e o de acidentes. Admite-se, portanto, que os conflitos podem ser tomados para a quantificação de variáveis explicativas à segurança do trânsito, assim como para estimar indiretamente o número de acidentes.

As técnicas de engenharia de conflitos de trânsito são métodos de avaliação da segurança do trânsito que avaliam as observações exclusivamente com variáveis (ou funções) quantificáveis. Essas variáveis (ou funções) passam, na maioria das metodologias, pela medição da diferença temporal (s), ou seja, quanto os envolvidos erram seu comportamento em uma área de conflito. Essa diferença pode ser potencial ou real.

O tempo potencial refere-se ao tempo ainda requerido pelo veículo até a área de conflito se não alterar a sua velocidade. É resultante da relação entre a distância e a velocidade de um veículo de sua posição de observação até área de conflito.

A maioria dos métodos avalia inicialmente se, ao início de uma interação, se apresenta uma rota de colisão. No caso positivo, o encontro é relevante para a avaliação de segurança. Uma rota de colisão desenvolvida durante a interação não é levada em conta por muitos desses métodos.

Sumariamente, os métodos da engenharia de conflitos de trânsito fundamentam-se na tentativa de responder às seguintes questões:

- a) por quão pouco (metros ou segundos) ter-se-ia iniciado uma colisão em um incidente (conflito, situação de quase acidente) se os envolvidos não tivessem reagido?
- b) os envolvidos poderiam ter reagido se algo imprevisto tivesse acontecido durante o incidente ?
- c) por quanto pouco (metros ou segundos) os envolvidos escaparam de uma colisão durante e ao final de um incidente ?
- d) quanto severa foi a reação dos envolvidos em um incidente para que uma colisão pudesse ter sido evitada ?

Vários desses métodos foram analisados e avaliados por KORDA [83] quanto a sua aplicabilidade, entre eles:

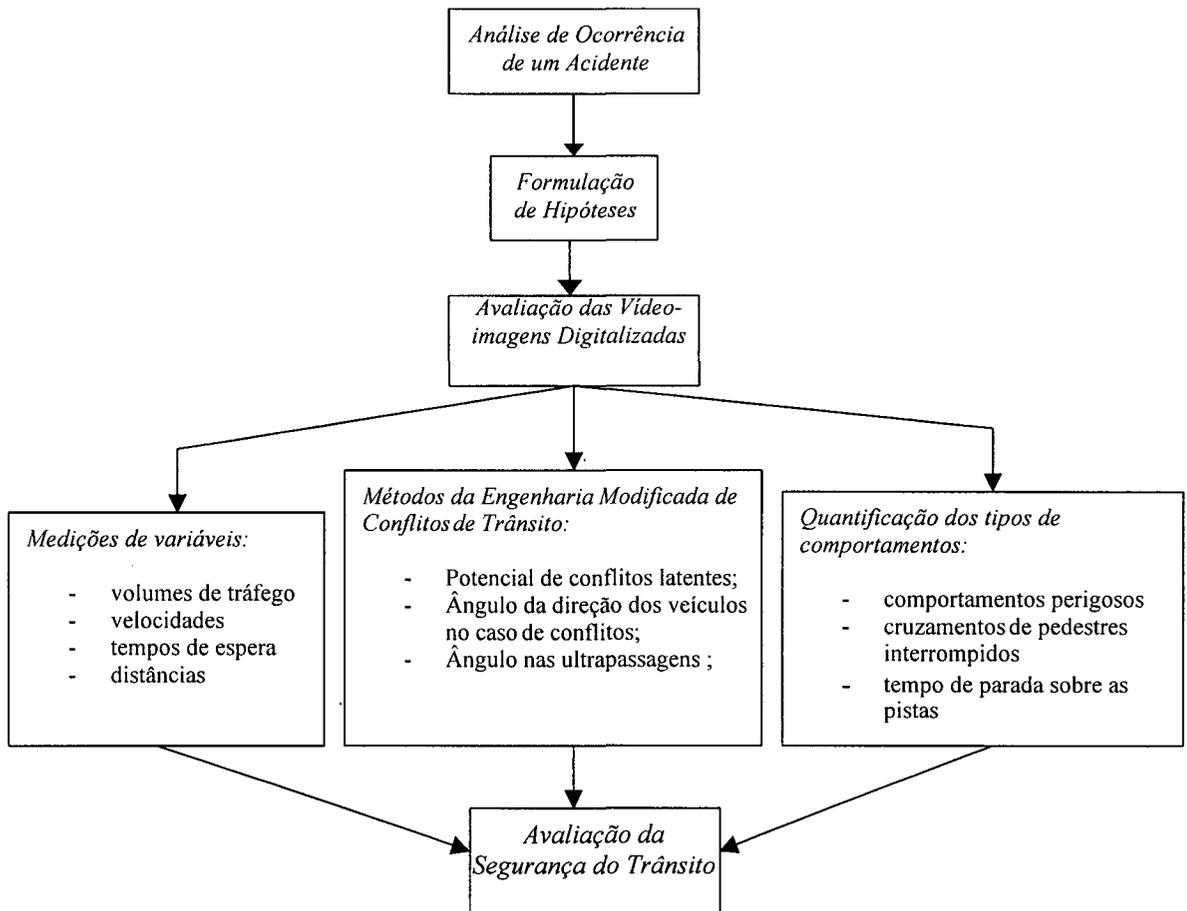
- a) o desenvolvido por RETZKO (1961) é o método de avaliação de maior abrangência e que considera o intervalo de tempo potencial do cruzamento de linhas de rotas de veículos. Nesse método, são levados em consideração não apenas os veículos dos fluxos preferenciais, mas também os dos fluxos não preferenciais, assim como suas capacidades de aceleração;
- b) o denominado *time to Collision (TTC)*, desenvolvido por VAN DER HORST (1990), que também se fundamenta na teoria do tempo potencial de Greenshields (1947). Esse método difere significativamente na definição do ponto de referência do tempo, se comparado com outros métodos, já que são calculados em pequenos intervalos de tempo durante toda a interação, sendo o menor valor (TTC min) tomado para a avaliação;
- c) o método *post Encroachment Time (PET)*, de Allen et al (1977), avalia o término real de uma interação através da medição do intervalo do tempo do

erro dos envolvidos em uma área de conflito. A avaliação da segurança é processada pelo valor desse intervalo de tempo;

- d) o *potencial de um Conflito Latente (LPK)* é um método que inclui, na avaliação da segurança do trânsito, os conflitos latentes. Um conflito é considerado latente se, em uma determinada situação, o envolvido não percebe que sua rota poderá resultar diretamente em perigo de colisão/acidente. Esse método avalia a segurança do trânsito através da determinação da desaceleração potencial necessária para evitar a efetiva colisão. A maior desaceleração potencial determinada para uma determinada situação crítica (LPKmax) é fundamental para a avaliação da segurança do trânsito. A segurança rodoviária é a seguir descrita através de um “fator de risco”. Os limites extremos 0 e 1 devem ser determinados para as situações críticas observadas. A avaliação da segurança através do LPK inclui também a questão se o envolvido ainda dispõe de tempo suficiente para reagir e agir apropriadamente.

Korda é de parecer que os procedimentos modificados da engenharia de conflitos do trânsito devam ser empregados para complementar as análises processadas pelos métodos clássicos, tais como, a análise de acidentes, as medições de variáveis e quantificação dos tipos de comportamento dos envolvidos em uma situação de conflito. O fluxograma a seguir apresenta a metodologia de avaliação para a segurança do trânsito rodoviário sugerida por Korda.

Figura 2.1 - Metodologia para a Avaliação da Segurança do Trânsito



Fonte: KORDA [83]

Os softwares de avaliação automática da segurança do trânsito estão continuamente em pesquisa e sua aplicação deverá crescer aceleradamente. O maior problema na aplicação desses métodos ainda se deve às imprecisas medições obtidas a distâncias maiores, resultantes da limitação da resolução das câmaras de vídeo.

Apesar das vantagens da padronização e automatização da avaliação de uma interação (situação de conflito de trânsito) obtida através dos métodos de avaliação da segurança da engenharia modificada de conflitos de trânsito, cada situação a ser considerada necessita da análise pessoal por parte dos técnicos da área. A avaliação dos técnicos bem treinados ainda não pode ser substituída por um software de avaliação automatizada.

Nas atuais condições, esses métodos de avaliação automática da segurança podem ser aplicados convenientemente, segundo Korda (1999), apenas para a avaliação de segurança: (i) das faixas de pedestres; (ii) dos fluxos de tráfego nas intersecções; (iii)

das distâncias aos obstáculos das faixas laterais da rodovia, nos encontros e ultrapassagens de ciclistas.

As inovações tecnológicas das videocâmaras que visam melhorar a resolução, deverão permitir ampliar a aplicabilidade dos métodos da engenharia de conflitos para a avaliação da segurança do trânsito.

### 2.2.5 Visitas às Áreas Críticas

Muitas vezes, os dados coletados e armazenados de forma sistemática em um banco de dados não são suficientes para que se possa descobrir as causas dos acidentes e esboçar medidas e ações apropriadas para minimizar a frequência dos acidentes em uma determinada área crítica local.

*A inspeção local (ou visita à área crítica)* objetiva confirmar ou complementar a identificação das relações entre as ocorrências de acidentes e os fatores potencialmente contribuintes do local. Estes fatores poderão estar relacionados: (i) ao comportamento dos usuários da rodovia (condutores, pedestres e outros); (ii) à engenharia de trânsito; (iii) aos pontos de conflito resultantes (veículo-veículo, veículo-demais usuários, veículo-obstáculo lateral, por exemplo). Muitas vezes, a ocorrência de acidentes poderá ser explicada por deficiências particulares do local, como por exemplo, a presença de obstáculos à visibilidade para determinados fluxos, traçados inadequados para os pedestres ou ciclistas, aderência insuficiente da superfície dos pavimentos, a presença, a sucessão ou a combinação inadequada de elementos geométricos da rodovia.

Nas áreas críticas selecionadas (pontos, eixos ou regiões críticas) dever-se-á, sempre que necessário, realizar inspeções *in loco* para coletar dados complementares, não apenas nas horas da ocorrência de maior número de acidentes, mas também nas horas e dias de menor concentração de acidentes, pois poderão trazer importantes informações para a identificação de novos fatores contribuintes e para a subsequente elaboração de soluções alternativas individuais ou do conjunto de ações. Se muitos acidentes, por exemplo, ocorrerem à noite, tais visitas aos locais deverão ser realizadas nesse período.

A literatura técnica recomenda que uma inspeção do local apropriada requer:

- a) ter conhecimento dos direitos e deveres dos usuários do comportamento geral dos pedestres e condutores na região na qual está inserida a área crítica;
- b) analisar o local sob o ponto de vista dos distintos grupos de usuários (condutores de veículos de maior porte, motoristas de automóveis, pedestres; os condutores e pedestres familiarizados com o local também têm comportamentos diferentes ao se aproximar e se conduzir pelo local do que os não familiarizados). Além do uso da câmara fotográfica, a filmagem do local em vídeo, a partir da perspectiva do pedestre e do condutor do veículo, poderá contribuir para a identificação das causas dos acidentes;
- c) programar as inspeções considerando os dias, hora e condições de maior incidência de acidentes, levando consigo o diagrama e a pertinente lista de acidentes (as observações nos períodos de baixa frequência de acidentes ajudam a identificar diferenças nas condições de via, do trânsito e do comportamento dos condutores e pedestres);
- d) analisar a área para identificar os principais pólos geradores de tráfego nas proximidades.

GOLD [68] sugere, ainda, que a inspeção do local para o momento do acidente seja realizada em três níveis de abrangência. Enquanto o *nível 1 - detalhes do local* - inclui a verificação dos aspectos que se referem à sinalização, geometria, visibilidade e condições da superfície e o *nível 2 - as aproximações e as saídas* - visa identificar a impressão que os usuários têm do local ao se aproximar ou sair do local, o *nível 3 - origem/destino dos veículos e pedestres* - objetiva contribuir, estudar e avaliar as mudanças na circulação, prevendo as reações prováveis dos usuários para essas medidas.

A inspeção do local poderá ser realizada convenientemente por etapas e por tipo de acidente que respondem pela maior incidência de vítimas, amparado por um guia de inspeção previamente elaborado (check-list). As informações da comunidade lindeira, de testemunhas e envolvidos também podem ser muito importantes no processo para se identificar às causas que levaram à ocorrência do acidente e a chegar em alternativas efetivas para solucionar o problema em estudo.

### 2.2.6 Inspeção de Acidentes

À medida que cresce a conscientização da sociedade que é mais importante reduzir o número de mortes e de feridos nos acidentes do trânsito rodoviário do que reduzir apenas o número de acidentes, cresce, também, a importância de se realizar sistematicamente inspeções de acidentes sempre que resultar em uma ou mais mortes.

As boas práticas da inspeção de um acidente aéreo [79] deverão ser analisadas, avaliadas e, eventualmente, adotadas quando da realização da inspeção de um acidente rodoviário fatal.

A inspeção deverá ser realizada por uma equipe multidisciplinar de técnicos especializados em segurança pertencentes às áreas da engenharia rodoviária, de trânsito e mecânica, assim como da medicina, da psicologia e da sociologia.

A inspeção do acidente deverá resultar em um informe final que poderá conter convenientemente:

- a) os dados gerais de identificação do acidente;
- b) a informação sobre a ocorrência do acidente especificamente sobre: (i) o redesenho da ocorrência; (ii) as lesões decorrentes; (iii) os danos materiais causados (iv) a informação médica e patológica, inclusive sobre os aspectos físicos e psicológicos dos condutores, passageiros e demais envolvidos; (v) as possíveis incidências de problemas pessoais dos condutores na condução do veículo e pedestres envolvidos; (vi) provas dos exames médicos realizados; (vii) incêndios; (viii) a sobrevivência dos envolvidos (a retirada dos acidentados dos veículos, o atendimento médico-emergencial e o traslado dos acidentados, a informação e ajuda médico-psicológica a familiares); (ix) a performance do veículo; (x) a adequacidade da infraestrutura, dos sistemas e procedimentos operacionais e de controle existentes; (xi) a cooperação de entidades de segurança nacionais e regionais (públicas ou privadas) na condução das investigações; (xii) a coordenação entre as ações judiciais e a investigação de acidentes realizada;
- c) a análise do acidente (análise dos antecedentes e características dos condutores, análise da manobra e dos fatores que influenciaram sobre a mesma, distância de aceleração e parada, condições da pista de rolamento, acostamentos e áreas adjacentes, defeitos nos veículos, operação adequada dos veículos, harmonia entre o condutor e os ocupantes dos veículos);

- d) as conclusões (resultados definitivos, fatores contribuintes);
- e) as recomendações aos fabricantes dos veículos, às agências de trânsito e rodoviárias locais, aos serviços de atendimento emergencial, às polícias, aos órgãos normativos e executores nacionais.

As investigações de acidentes deverão ser realizadas de acordo com procedimentos padronizados nacionalmente (através da elaboração de normas técnicas específicas) para que se obtenha melhores resultados finais. Um bom exemplo é o procedimento adotado pelo governo do Japão, que realiza inspeções de acidentes de forma sistemática sempre que acidentes que envolvem condutores profissionais de veículos comerciais resultarem em mortes (vide mais detalhes no item 3.6).

### 2.3 PROGRAMAS DE SEGURANÇA POR METAS

Um programa de segurança rodoviária por metas é baseado em metas claras e objetivas e consiste em estabelecer contramedidas para alcançar as metas pre-estabelecidas. Na elaboração de um programa dessa natureza convém observar os seguintes passos [143]:

- a) *analisar as tendências dos acidentes e os problemas da segurança rodoviária.* Para o melhor entendimento das mudanças do passado e a evolução futura da segurança rodoviária, dever-se-á descrever as tendências de crescimento dos acidentes e os fatores responsáveis. A descrição sistemática dos problemas de segurança rodoviária ajuda a identificar os grupos de usuários rodoviários vulneráveis e de alto risco que necessitam de atenção especial nos programas;
- b) *avaliar o potencial das medidas.* A avaliação do potencial das distintas medidas requer conhecer sua eficácia e o grupo de metas a que pertence. Embora esse conhecimento seja apenas parcial ou altamente incerto, é conveniente que se estime o seu efeito potencial. Raramente o efeito potencial de segurança poderá ser completamente realizado. Os obstáculos políticos, práticos e econômicos deverão ser considerados;
- c) *avaliar os efeitos de fatores exógenos (confounders).* Os fatores exógenos que poderão afetar a segurança rodoviária estão sempre presentes e suas implicações para a elaboração de políticas da segurança rodoviária deverão

ser bem entendidas e consideradas. Dentre os quais destacam-se variáveis como idade, sexo, teor de alcoolemia, ambiente de origem do infrator e nível de conhecimento do local (vide também os itens 7.3.1 e 7.3.2);

- d) *estabelecer metas*. Quanto mais claramente definidas forem as metas a alcançar para a segurança rodoviária, melhores orientações terão os formuladores de políticas para as áreas. Metas ambiciosas poderão ajudar na formulação de políticas, mas não há nenhuma garantia que possam ser alcançadas;
- e) *formulação de planos de ação alternativos*. A análise sistemática de distintas alternativas de planos de ação pode ajudar na definição da alternativa com menor relação custo/eficácia. Nessa etapa, são elaboradas as diferentes alternativas, determinadas as relações custo/eficácia ou benefícios/custos para cada medida de intervenção e, ao final, calculados esses indicadores econômicos. O software HDM-4 do Banco Mundial pode ser uma boa ferramenta para a avaliação e otimização das ações alternativas;
- f) *monitoramento e “feedback”* (realimentação). O monitoramento cuidadoso da implementação desses programas é fundamental para: (i) avaliar a performance das políticas e das medidas adotadas; (ii) se necessário, revisar as metas e os planos. O monitoramento induz a obtenção de melhores dados de segurança rodoviária em termos quantitativos e qualitativos. A falta de dados relevantes, de acuracidade, acessibilidade, disponibilidade, padronização e integração necessária de dados travam o desenvolvimento, a análise e a avaliação das ações/medidas de intervenção para a segurança rodoviária.

## 2.4 SUSTENTABILIDADE DA SEGURANÇA DE UM SISTEMA RODOVIÁRIO

A implementação de um sistema de transporte rodoviário mais seguro a longo prazo poderá ser obtido, mais facilmente, se forem: (i) identificadas as causas que deram origem aos acidentes; (ii) removidas as áreas de conflito e/ou tornando-as controláveis pelo usuário da rodovia. Um sistema de transporte rodoviário sustentavelmente seguro deverá dispor, segundo WEGMAN [143], de:

- a) uma infra-estrutura cujo desenho está adaptado às limitações da capacidade humana (deverá levar em conta que o ser humano não está habilitado a tomar decisões sustentáveis entre mais que duas alternativas simultaneamente -ver normas técnicas rodoviárias alemãs);
- b) veículos devidamente equipados para simplificar a tarefa do usuário e construídos para proteger o ser humano tanto quando for possível;
- c) usuários que estão adequadamente informados, treinados e, se necessário, controlados.

No que se refere à infra-estrutura, WEGMANN [143] afirma que a segurança sustentável no transporte rodoviário poderá ser alcançada se forem obedecidos, fundamentalmente, três princípios a saber:

- a) o uso funcional da rodovia, prevenindo-se o uso indevido dela;
- b) uso homogêneo, evitando-se grandes diferenças na velocidade, massa e direção dos movimentos dos veículos;
- c) uso previsível, evitando-se incertezas entre usuários rodoviários através do melhoramento da previsibilidade do alinhamento da rodovia e o bem estar dos usuários que seguem outros veículos.

As ações de consistência, de sistematização e de prevenção, ao invés de ações curativas, incidentais limitados aos paradigmas atuais, são requisitos fundamentais para que se obtenha um sistema de transporte rodoviário sustentavelmente mais seguro.

As melhores práticas, no entanto, somente serão aplicadas com mais sucesso e sustentadas a longo prazo se forem resultados de um processo de decisão que conta com a participação direta de representantes decisores dos diversos órgãos e entidades intervenientes da segurança rodoviária. NUTT [100] concluiu, em duas décadas de pesquisas em empresas norte-americanas, que quanto maior for a participação dos envolvidos no processo de decisão, maior será também o grau de sucesso de cada aplicação e de sua utilização a longo prazo; apesar de ser justamente a tática menos empregada pela grande maioria dos decisores (apenas 7% do casos), o mecanismo permite às pessoas-chave intervir no processo de decisão: (i) convencendo-as com base em estudos de melhores práticas; (ii) explicando de onde vieram as idéias; (iii) documentando desempenhos e articulando novas idéias, teve 92% de aplicação total e 96% de sustentação a longo prazo; a participação do decisor na implementação do que foi decidido acontece em apenas 20% dos casos e dá bons resultados, 73% da aplicação e 80% de sustentação após dois anos. Segundo essa pesquisa, NUTT concluiu que os

executivos sabem que essa tática é um sucesso, mas é pouco usada porque requer tempo e parece retirar deles a sensação de controle da situação; a tática da persuasão (usada em 40% dos casos) tem 47% de aplicação e 56% de sustentação; a tática da ordem pura e simples (também usada em cerca de 40% dos casos) tem apenas 35% de aplicação e de sustentação.

A definição, implementação e sustentação dos melhores planos e ações para a segurança do trânsito rodoviário em vários países (vide capítulo 3) devem-se, principalmente, à efetiva participação de pessoas-chave das diversas disciplinas técnicas dos órgãos e entidades intervenientes na segurança rodoviária (via equipe técnica multidisciplinar e comissão superior de monitoramento da segurança rodoviária).

## 2.5 MELHORIAS DA FISCALIZAÇÃO POLICIAL

Historicamente, a polícia tem sido uma das entidades que mais contribui para o aumento da segurança do trânsito rodoviário quase em todos os países. Sabe-se que o sucesso da polícia na mudança do comportamento humano depende de sua habilidade de criar dissuasões gerais (o usuário se convence que a obediência às leis de trânsito é efetivamente fiscalizada e as penalidades suficientemente onerosas são efetivamente aplicadas) e dissuasões específicas (os infratores detectados foram efetivamente julgados e penalizados).

WEGMANN [143] recomenda que esses princípios devam ser aplicados inicialmente às infrações mais importantes, tais como: direção com dosagem alcoólica acima do limite máximo admissível, excesso de velocidades, violação do sinal vermelho nos semáforos e não-uso de cintos de segurança. Para melhorar a fiscalização policial do trânsito, recomenda, ainda:

- a) combinar a fiscalização policial com os procedimentos de publicidade; os usuários devem entender que atualmente a fiscalização aumentou efetivamente;
- b) a aceitação social da fiscalização policial poderá ser influenciada positivamente pela publicidade e obter, assim, melhores efeitos sobre a segurança do trânsito;
- c) combinar a fiscalização policial aleatória com a contínua quando se trata de comportamentos ou locais de alto risco;

- d) integrar os controles mais visíveis com os menos visíveis;
- e) aplicar outras sanções legais além das multas, tais como: a suspensão e a revogação da carteira de habilitação do condutor, a apreensão dos veículos, os esquemas de demérito por pontos e assegurar que a detecção das infrações seja alta.

O Ministério dos Transportes e dos Assuntos Hídricos (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1995) da Holanda editou um Manual de Fiscalização com boas práticas para o setor da fiscalização do trânsito rodoviário. Crê-se que com esse manual será possível:

- a) atualizar os conhecimentos na área;
- b) priorizar as ações policiais no trânsito rodoviário;
- c) ajudar a mudar a histórica atitude policial de apreender e penalizar os infratores, ao invés de melhorar a segurança rodoviária;
- d) motivar o gerenciamento policial e individual dos oficiais;
- e) aumentar a comunicação entre as instituições de fiscalização (inclusive promotores públicos e organizações de publicidade).

Uma das conclusões da experiência holandesa na implementação das ações policiais diz respeito à conveniência de se usar melhor as forças existentes, otimizando-as para a educação, treinamento e fiscalização dos usuários do que usar de mais força e mais equipamento policial apenas para a repreensão e penalização.

Os indicadores do retorno econômico das diferentes estratégias na área de fiscalização ainda são pobres.

## 2.6 POSSIBILIDADES DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (GIS) PARA O GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO

Dado o seu atual estágio de desenvolvimento, os sistemas de informações geográficas (GIS) podem ser aplicados praticamente em todas as áreas dos transportes, assim como em todas as fases de um processo de decisão. Esses sistemas informáticos são ferramentas importantes em trabalhos técnicos interdisciplinares e que envolvem dados e informações armazenados em arquivos separados [60, 146, 150, 151, 155].

Se apropriadamente usados, os aplicativos GIS facultam aos técnicos obter, com rapidez, segurança, precisão e economia, a extração, o tratamento, a composição e a apresentação de dados e informações em cartas digitais georeferenciadas, facilitando a análise de todo o universo de dados. Dessa forma, as informações dos distintos bancos de dados poderão ser integradas, combinadas, representadas visualmente ou impressas, analisadas e controladas com o auxílio de cartas digitais, permitindo entender e visualizar as interdependências de variáveis de um ou mais bancos de dados através de mapas temáticos.

Além de suas funções de documentação e de controle, os sistemas GIS são cada vez mais utilizados como instrumentos auxiliares para o planejamento estratégico em todos os seus níveis de abrangência.

A aplicação de um GIS terá outro benefício adicional se a grande quantidade de dados não for apenas mais uma atividade administrativa de uma instituição, mas se os dados forem efetivamente utilizados nos processos de decisão. Os dados georeferenciados são cada vez mais requeridos para o gerenciamento de dados, assim como na prestação de serviços e de produtos. A carta digital passa, cada vez mais, de um elemento central do sistema GIS para um elemento auxiliar secundário. Atualmente é entendido apenas como uma das possíveis opções de análise das informações.

Além de sua utilização como instrumento de planejamento estratégico e de controle, análise e combinação de dados, os atuais sistemas de GIS contribuem diretamente para a geração de valores agregados aos dados, assim como para a padronização, consistência e a qualidade desses dados.

Os meios de transferência de dados e informações para um GIS são, principalmente, textos, tabelas, imagens com estrutura de dados, raster ou vetorial, assim como fotos e dados de medições.

A aplicação de um GIS para avaliações complexas requer, todavia, uma reorganização e reestruturação de dados historicamente armazenados nas diversas instituições e unidades administrativas envolvidas. Esse procedimento resulta em interrupções no fluxo de dados e perdas de informações, de tempo e dinheiro. Por essa razão, recomenda-se a elaboração de um catálogo objetivo para a padronização (nacional ou regional) de dados e informações da infra-estrutura rodoviária e de trânsito, a exemplo do OKSTRA do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem da Alemanha [121].

As principais aplicações de sistemas GIS no setor transportes são realizadas nas áreas técnicas de:

- gerenciamento de banco de dados da infra-estrutura;
- centrais de processamento de dados de trânsito;
- centrais de comando de trânsito;
- centrais de dados para provedores de serviço na telemática de trânsito;
- centrais de dados e de comando para as atividades de planejamento em empreendimentos logísticos.

Se apropriadamente utilizado, o sistema GIS contribui nas tarefas das seguintes etapas de processos decisórios:

- tratamento e apresentação de dados georeferenciados de áreas técnicas (mapas temáticos);
- análise e combinação de dados em função de problemas específicos ;
- tematização orientada, como por exemplo, por modal de transporte;
- avaliação de alternativas de planejamento e cenários ;
- elaboração de objetivos, metas e planos;
- preparação e apresentação de resultados e estudos técnicos;
- elaboração de informes para a sociedade que expõe a performance dos investimentos realizados .

Os sistemas GIS constituem, portanto, um software ideal para a aplicação nas atividades de planejamento e gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário. Alguns exemplos das inúmeras aplicações do GIS no setor dos transportes referem-se: (i) ao Sistema de Informação e de Gerência-TIM (Traffic Information and Management), que tem como base de operação o sistema GIS Map-Info; (ii) ao sistema de comunicação e informação de acidentes – FIRST, operado pela polícia rodoviária de Los Angeles/Califórnia/USA que utiliza o GIS integrado com as tecnologias ITS para gerenciar acidentes nas suas freeways em tempo real. Essas aplicações são descritas resumidamente no Capítulo 3.

Ainda existem restrições nas aplicações dos sistemas de GIS, tais como as que se referem [60]:

- às distintas fontes de dados (dados de satélites, fotos aéreas, informações gráficas e dados descritivos);
- às distintas estruturas de armazenamento dos dados (raster, vetorial, técnicos e híbridos);

- aos distintos formatos de dados (EDBS, DXF, TIFF, ...);
- aos distintos sistemas de armazenamento (relacional, orientados ao objeto);
- à falta de elementos dos dados referenciados;
- às distintas densidades de dados;
- às distintas qualidades de dados;
- à falta de formatos padrões para o intercâmbio de dados geodésicos;
- aos preços dos dados georeferenciados;
- aos direitos de uso e à divulgação das informações.

Essas restrições, todavia, não devem ter razão suficiente para se desistir da aplicação do GIS quando da elaboração de sistemas informatizados para as diversas áreas técnicas dos transportes, como para a segurança do trânsito rodoviário. FOLLMANN [60] afirma que o desenvolvimento explosivo do mercado GIS está contribuindo para que investimentos significativos sejam realizados para a solução de tais problemas.

## 2.7 POSSIBILIDADES DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS) PARA O GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO

Os sistemas ITS (Intelligent Transport Systems) referem-se às aplicações de tecnologias de informação e de controle para o gerenciamento de sistemas de transporte, tendo por principal característica o uso de informações sobre as condições de trânsito e sobre os usuários viajantes desses sistemas de transporte. Os sistemas ITS podem gerar uma massa de dados utilizados, primeiramente, em tempo real para influenciar estratégias de controle. As aplicações potenciais de sistemas ITS incluem as áreas de planejamento, gerência, operação e pesquisas do setor de transportes.

Os principais programas para implantação de sistema ITS são: (i) ITS AMERICA nos USA, que inclui o ATM (Advanced Traveler Management) e o AVCS (Advanced Vehicle Control Systems); (ii) ERTICO na Europa; (iii) VERTIS (Vehicle, Road and Intelligent Society de 1994) no Japão. Os objetivos, as principais aplicações de ITS realizadas, assim como seus benefícios são apresentados em [78, 106, 151, 158].

Esses programas visam ao desenvolvimento e à implantação de sistemas de gerenciamento de viagem e trânsito e de sistemas para o controle e segurança de

veículos. Os atuais sistemas ITS para o gerenciamento de viagem e trânsito objetivam principalmente: (i) informar aos usuários dos sistemas de transporte; (ii) monitorar e guiar o trânsito; (iii) gerenciar as ocorrências de acidentes; (iv) contribuir para a gerência da manutenção da infra-estrutura viária; (v) monitorar e controlar as emissões de gases nocivos à saúde; (vi) facilitar a cobrança de taxas de pedágios; (vii) gerenciar o trânsito. Os sistemas ITS para o controle e segurança de veículos, por sua vez, destinam-se principalmente para: (i) prevenir colisões de veículos no trânsito ou durante manobras; (ii) reduzir a gravidade de acidentes através de dispositivos instalados nos veículos; (iii) condução automática de veículos nas rodovias (vide também [10]).

ZACKOR E KELLER [158] relacionaram os principais subsistemas técnicos e procedimentos de ITS atualmente disponíveis para a intervenção no trânsito:

*Tabela 2.1: Subsistemas Técnicos e Procedimentos de ITS*

| <b>Área Técnica</b>                                | <b>Subsistema Técnico/Procedimento</b>   |
|--|--|
| Coleta de dados de trânsito e das áreas adjacentes | <ul style="list-style-type: none"> <li>. pontos fixos de medição</li> <li>. dispositivos móveis de medição</li> </ul>  |
| Identificação dos locais de veículos e ocorrências | <ul style="list-style-type: none"> <li>. localização de posições com o apoio de satélites (GPS)</li> <li>. sensores para a identificação de movimento de veículos</li> <li>. mapas rodoviários digitais</li> <li>. sistema de comunicação para curtas distâncias (GSM)</li> <li>. computadores de bordo para a determinação de posições lógicas</li> </ul> |
| Centrais de tratamento de informações              | <ul style="list-style-type: none"> <li>. centrais de comando de trânsito</li> <li>. centrais para operações especiais, como as do transporte coletivo e de cargas, de pronto-socorros, de radiotransito e para assegurar a mobilidade dos usuários.</li> </ul>   |
| Emissão de informações para o usuário              | <ul style="list-style-type: none"> <li>. sinais mutáveis de trânsito</li> <li>. comando de semáforos em função do trânsito</li> <li>. terminais públicos (Infotheken)</li> <li>. terminais privados (móveis ou estacionários)</li> <li>. aparelhos de bordo (computadores, dispositivos de recebimento e emissão de dados)</li> </ul>                      |
| .Comunicação/transferência de dados                | <ul style="list-style-type: none"> <li>. rede fixa</li> <li>. radiodifusão (terrea) tais como RDS, DAB, DSRC (Infravermelho, microondas) e GSM.</li> <li>. comunicação por satélites</li> </ul>  |

Esses subsistemas ITS podem ser agrupados em seis sistemas distintos:

- de controle de coletivos convencionais;
- de comunicação via radiodifusão;
- de planejamento de viagens;
- de navegação;
- de condução de veículos;
- integrados.

Os *sistemas de controle de coletivos (convencionais)* referem-se àqueles que controlam sinais de trânsito mutáveis (ou programáveis) e que programam tempos de semáforos em função das características do trânsito.

Os *sistemas de radiodifusão (inclusive radiotelefonia)* para a transmissão de informações de trânsito estão em operação desde 1997. As informações de trânsito codificadas são transmitidas via rádio UKW (RDS (Radio Data System) - TMC (Traffic Message Channel)) a partir de várias emissoras. Os aparelhos de rádio RDS-TMC são instalados nos veículos de tal forma que a inserção ou recepção de informações visual/acústica durante a viagem não expõem o motorista a riscos de vida. Em casos de dúvida, o sistema deverá exigir que o condutor pare para atender a operação. Esses sistemas, no entanto, não são fechados, isto é, dependem do recebimento prévio de informações das condições de trânsito.

Outro sistema de informação para os usuários de sistemas de transporte, a exemplo do que foi desenvolvido para o transporte público para a região da grande Hannover [78], inclui a transmissão de informações e dados dinâmicos para os passageiros em trânsito em uma região através de técnicas DAB (Digital Áudio Broadcasting), tal como ocorre nas estações autônomas de informações AIH (Autonome Infopunkt Haltestellen/ Autonomous Station Infopoint) e através das técnicas DMB (Digital Multimedia Broadcasting), como ocorre nos guias automáticos de rotas para os passageiros AIL (Autonome Infopunkt Leitsystem /Autonomous Route Guidance Infopoint), que é um sistema derivado do AIH e se destina aos transbordos e de guia dinâmico para os passageiros. O sistema DAB possui uma capacidade de transmissão de dados para o veículo muito superior que o sistema de transmissão RDS, o que resulta em melhores imagens fixas e móveis. Os passageiros também têm a sua disposição visores coletivos equipados com receptores, codificadores e monitores coloridos planos de cristal líquido, instalados em pontos estratégicos no interior dos veículos, provendo, em tempo real, dados atualizados da viagem com detalhes do próximo ponto de parada,

conexões, mudanças de horários da prestação de serviços providos pelo Centro de Gerenciamento do Trânsito de Hannover.

Os *Sistemas de planejamento de viagens*, tal como o PTA (Personal Traveller Assistant), permite ao usuário planejar a sua viagem antes de seu início e como proceder às correções necessárias decorrentes de informações atuais sobre o trânsito durante a viagem. O PTA se comunica com as centrais de informação de trânsito em duas vias mediante a utilização das técnicas de comunicação GSM (Global System for Mobil Phones). O sistema em desenvolvimento deverá ser operado pela iniciativa privada.

Os *Sistemas de Navegação* podem ser classificados em estáticos e dinâmicos. Os sistemas estáticos de navegação já estão em operação. Os principais sistemas auxiliares para a sua operação são os mapas rodoviários digitais e o receptor GPS (Global Positioning System) para a determinação da posição em relação a um sistema de projeção predeterminado (via latitude e longitude do ponto). A navegação dinâmica a ser procedida mediante a inserção de dados de informações atuais está sendo iniciada. Tal navegação requer uma comunicação entre as centrais de comando de trânsito e o veículo, que pode ser realizada em via única mediante as técnicas de transmissão RDS/DAB ou em duas vias via através do GSM. Deve-se dar atenção especial à privacidade das informações transmitidas, às atualizações dos dados e informações e à cooperação com o setor público privado.

Os *sistemas de condução de veículos* têm a função de intervir nas distâncias entre veículos em movimento e na velocidade do veículo. Visa prover maior segurança dos usuários envolvidos. A interferência do sistema no movimento do veículo é gradual, passando, pela informação do status, para as posições de alarme, de intervenção automática no sistema de frenagem e a permanente movimentação atrás de outro veículo com uma determinada velocidade preestabelecida. Na última etapa, as responsabilidades usuais (como a obediência aos limites de movimentos seguros dos veículos, requeridos pelas dimensões da seção transversal da rodovia, mudanças de faixas, afastamentos laterais e traseiros de outros veículos e obstáculos) continuam sendo do condutor do veículo. Os seguintes efeitos da implementação desse sistema são previsíveis: a redução da habilidade do condutor no manuseio do veículo, a redução da capacidade das vias pelo aumento do afastamento frontal com o veículo que transita a sua frente, menor disposição para atender ao sistema se os afastamentos forem julgados exagerados pelo condutor e maior preocupação em assegurar espaços à direita de sua trajetória para manobras, em casos de falhas do sistema de condução.

Vários desses sistemas ITS poderão ser integrados visando a objetivos específicos do gerenciamento do trânsito rodoviário (denominado *sistemas integrados*), tais como o sistema diagnóstico da empresa concessionária ECOVIA para atendimento aos acidentados da BR-277 entre Paranaguá e Curitiba [149].

Para o bom funcionamento dos sistemas integrados, as informações das diversas fontes deverão ser: (i) centralizadas em centrais de informação e de comandos; (ii) tratadas para atender às diferentes necessidades dos usuários; (iii) postas à disposição dos usuários (integrantes do trânsito como usuários finais, dos técnicos de operações especiais e de outras centrais do país e até de outros países).

ZACKOR E KEMER [158] avaliaram a evolução do grau de implementação (aceitabilidade) de cada um dos subsistemas disponíveis para os horizontes 2005 e 2010 com as previsões de desenvolvimento conservador (C) e progressista (P), cujos resultados são apresentados sumariamente a seguir:

*Tabela 2.2: Previsão da Aceitabilidade dos Sistemas ITS*

| <b>Sistema Parcial</b>  | <b>A</b> | <b>C5</b> | <b>P5</b> | <b>C 10</b> | <b>P 10</b> |
|---|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| <b>Sistemas Convencionais Coletivos:</b>  |          |           |           |             |             |
| - instalações para sinais mutáveis de trânsito, interferência nas linhas e pontos específicos, comandos para estacionamentos;   | +        | ++        | +++       | +++         | +++         |
| - radiodifusão de alerta para os usuários, com informações adicionais de trânsito.  | +        | ++        | +++       | +++         | +++         |
| <b>Sistemas de Planejamento de Viagens:</b>   |          |           |           |             |             |
| - estáticos   | 0        | +         | ++        | ++          | +           |
| - dinâmicos   | -        | +         | ++        | ++          | +++         |
| - dinâmicos com opção de venda de tickets   | -        | +         | ++        | ++          | +++         |
| <b>Sistemas de Informação e de Navegação:</b>   |          |           |           |             |             |
| - informações de trânsito via rádio RDS-TMC:  |          |           |           |             |             |
| • como operações de alerta ao usuário   | 0        | +         | ++        | ++          | +++         |
| • informações adicionais para viagens   | -        | +         | ++        | ++          | +++         |
| - informações de trânsito via transmissão DAB   |          |           |           |             |             |
| • informações de trânsito   | 0        | +         | ++        | ++          | +++         |
| • informações adicionais para viagens   | 0        | +         | ++        | ++          | +++         |
| - navegação estática individualizada  |          |           |           |             |             |
| • com cartas digitais, computador de bordo, sensores de movimentação de veículos autark: (com/sem GPS) e roteirizador descentralizado.  | 0        | +         | ++        | ++          | ++          |
| - navegação dinâmica (e informações de trânsito) individualizada com mapas digitais, computador de bordo, sensores de movimentação de veículos (via tecnologias por radiodifusão, satélites): |          |           |           |             |             |

Continua

## Continuação

| Sistema Parcial   | A | C5 | P5 | C 10 | P 10 |
|---|---|----|----|------|------|
| tecnologias por radiodifusão, satélites):   |   |    |    |      |      |
| • RDS: roteirização descentralizada   | 0 | +  | ++ | ++   | +++  |
| • DAB: roteirização descentralizada   | 0 | +  | ++ | ++   | +++  |
| • DSRC: roteirização centralizada   | - | 0  | 0  | 0    | 0    |
| • GSM: roteirização descentralizada   | 0 | +  | ++ | + +  | ++   |
| • GMS/GPS: roteirização centralizada  | 0 | +  | ++ | ++   | +++  |
| Sistemas de Condução de Veículos:   |   |    |    |      |      |
| - interferência sobre a velocidade e distância entre veículos em auto-estradas (informações e alarmes)  | 0 | +  | ++ | -    | -    |
| - regulagem de velocidades e distâncias mínimas entre veículos (trânsito permanente sem ultrapassagens) |   |    |    |      |      |
| • em auto-estradas  | - | 0  | +  | ++   | +++  |
| • em áreas urbanas  | - | 0  | 0  | +    | ++   |
| - auxílio para a troca de faixas de rolamento   | - | -  | -  | -    | +    |
| Sistemas de Gerência de Frotas:   |   |    |    |      |      |
| - planejamento de frotas (como planejamento de viagens)   | 0 | +  | ++ | ++   | +++  |
| - condução orientada (como acima)   | 0 | +  | ++ | ++   | +++  |
| - sistemas logísticos   |   |    |    |      |      |
| • por rádio   | 0 | +  | ++ | ++   | +++  |
| • comunicação por satélites   | 0 | +  | ++ | ++   | +++  |
| Coleta Automática de Taxas:   |   |    |    |      |      |
| - em auto-estradas  |   |    |    |      |      |
| • com base em GSM   | - | -  | +  | +    | ++   |
| • com base em sistemas de comunicação para curtas distâncias  | - | -  | 0  | 0    | 0    |
| - em áreas urbanas (City Maut)  |   |    |    |      |      |
| • com base em GSM   | - | -  | +  | +    | ++   |
| • com base em sistemas de comunicação para curtas distâncias  | - | -  | 0  | 0    | 0    |
| Operações Telemáticas Adicionais:   |   |    |    |      |      |
| • com base em GMS   | 0 | +  | ++ | ++   | +++  |
| • com base em sistemas de comunicação para curtas distâncias  | - | 0  | 0  | 0    | 0    |

Fonte : ZACOR e KELLER [158]

## Legenda :

A - Disponibilidade atual (Cenário referencial)

C 5 - Cenário conservador para o ano 2005

C10 - Cenário conservador para o ano 2010

P5 - Cenário progressista para o ano 2005

P10 - Cenário progressista para o ano 2010

+++ - Sistema amplamente utilizado:

++ - Sistema utilizado:

+ - Sistema pouco utilizado:

0 - Sistema disponível no mercado

Na avaliação econômica dos subsistemas realizada por ZACOR e KELLER [158] resultaram as seguintes relações indicativas de custos/benefícios:

Tabela 2.3: Resultados da Avaliação Econômica de Subsistemas ITS

| Subsistemas   | C 5 | P 5 | C 10 | P 10 |
|---|-----|-----|------|------|
| Sistemas Coletivos Convencionais                                      |     |     |      |      |
| • intervenção nas linhas do transporte coletivo                       | 5,4 | 5,4 | 6,0  | 6,0  |
| • intervenção na rede   | 7,2 | 7,2 | 8,4  | 8,4  |
| Sistemas de Planejamento de Viagens e de Informação aos Usuários      |     |     |      |      |
| • sistemas de radiotransmissão  | 1,7 | 1,2 | 5,5  | 3,8  |
| • PTA   | 1,7 | 1,1 | 3,6  | 2,2  |
| Sistemas de Navegação Individual                                      | 2,0 | 1,0 | 4,2  | 2,0  |
| Sistemas de Condução de Veículos                                      |     |     |      |      |
| • sistema de alarme para distâncias críticas entre veículos           | 0,1 | 0,1 | 0,1  | 0,2  |
| • sistema de regulagem de distâncias mínimas e velocidade de veículos | 1,0 | 1,0 | 1,3  | 1,3  |
| Sistemas Integrados   |     |     |      |      |
| • auto-estradas   | 1,0 | 0,6 | 2,1  | 1,1  |
| • vias urbanas  | 2,0 | 2,0 | 2,2  | 2,2  |

Fonte : ZACOR e KELLER [158]

As aplicações dos dispositivos ITS (vide também [51, 157]) deverão ser avaliadas, entre outras, para as seguintes áreas técnicas da segurança rodoviária:

- monitoramento do trânsito (importante para os estudos de planejamento dos transportes, gerenciamento de frotas de veículos com instrumentos GPS ou GSM);
- distribuição temporal e espacial otimizada do trânsito (através do uso dos sistemas de informação de trânsito por rádio e telefonia, aplicação de velocidades operacionais homogêneas dos veículos);
- atendimento médico emergencial aos acidentados (inclusive de mal estares súbitos) in loco, visando minimizar a severidade das conseqüências dos acidentes;
- redução de riscos de incidentes (adoção de sistemas de alarme para situações extremas nas rodovias e do clima, de melhorias da visibilidade, de limitação inteligente de velocidades, entre outros);
- redução dos efeitos subseqüentes de acidentes (sistema de alarme de acidentes e coordenação das ações de distintas entidades intervenientes em

casos de acidentes), visando reduzir a ocorrência de acidentes secundários, congestionamentos e subseqüentes perdas de tempo de viagem e de capacidade do sistema de transporte.

Para as tarefas que necessitam obter uma melhor resposta aos incidentes de trânsito e às investigações de acidentes, os sistemas ITS poderão ser aplicados especificamente para:

- a) a coleta de dados de acidentes e incidentes;
- b) o planejamento do patrulhamento policial;
- c) o planejamento de rotas alternativas para respostas emergenciais;
- d) o planejamento do tempo de resposta dos serviços emergenciais, tais como a polícia, bombeiros e emergência médica local (vide o sistema diagnóstico da ECOVIA [149]).

Dentre as aplicações ITS para o gerenciamento de incidentes nas rodovias, destaca-se, ainda, o sistema de comunicação e informação para o gerenciamento de acidentes nas freeways de Los Angeles/USA - FIRST (descrição sumária do sistema está apresentada no capítulo 3). Outros sistemas americanos em teste, destacados em [106], são:

- a) FAST – TRAC – sistema para o trânsito rápido e seguro de Michigan/USA através de controles avançados e sistema de navegação a bordo dos veículos;
- b) TRANSMIT – sistema para o gerenciamento de incidentes e de trânsito da TRANSCOM sob a supervisão de FHWA;

Para o planejamento de um sistema ITS, os técnicos poderão se valer de um manual [108] com ampla abrangência sobre o tema ITS elaborado pela Associação Mundial de Rodovias (PIARC). Esse manual, denominado Intelligent Transport Systems (ITS) Handbook 2000, trata dos seguintes temas:

- Sistemas e Operações Telemáticos;
- Componentes, Arquitetura de Sistemas e Padrões;
- Benefícios, Custos e Performance;
- Planejamento, Financiamento e Parcerias entre a Iniciativa Privada e Órgãos Públicos ;
- Aplicações em Países em Desenvolvimento.

## 2.8 POLÍTICAS DE SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO

Por que aceitamos a elevada probabilidade de ocorrência de acidentes apenas no transporte rodoviário, rejeitando-a nos demais modos de transporte, nas outras áreas da economia do país e quando tratamos de desastres naturais ?

As pessoas dirigem com velocidades excessivas e os cruzamentos são muito perigosos. Há necessidade de alguma mobilização social para enfrentar o problema. Inicialmente, deve-se identificar os problemas e reconhecê-los efetivamente para, a seguir, procurar efetivas soluções. WEGMAN [143] é do parecer que quando o público em geral está suficientemente ciente e convicto da gravidade da segurança rodoviária, é de se esperar, entre outros aspectos, que os políticos agirão, que as entidades representativas da sociedade ligadas à segurança rodoviária serão criadas e funcionarão com sucesso, que uma agência de segurança do trânsito será estabelecida pelo governo e que recursos financeiros suficientes serão alocados.

Todos os grupos comunitários, organizações públicas e privadas de segurança do trânsito rodoviário, assim como executores e cientistas da segurança rodoviária têm um papel importante a exercer junto aos políticos, convencendo-os a criar condições seguras de trânsito no sistema rodoviário e contribuindo para que os usuários tenham o comportamento apropriado. Não há remédio para todos os complexos inter-relacionamentos das atividades nas diversas áreas da sociedade, mas é necessário que os diversos grupos da sociedade interfiram ajudando a formar opiniões junto aos políticos, para que tenham convicção sobre a necessidade de se obter maior segurança no transporte rodoviário.

Uma nova visão para a segurança rodoviária foi aprovada pelo Parlamento Sueco em 1997. Trata-se da legislação Visão Zero (*Vision Zero*) para a segurança rodoviária da Swedish National Road Administration - SNRA. Esse conceito objetiva reduzir a atual menor taxa de mortes em rodovias no mundo a zero [156].

A SNRA desafia basicamente dois paradigmas, defendendo que a ênfase das ações para aumentar a segurança do trânsito nas rodovias deverá mudar:

- a) da prevenção de acidentes em si mesmo para ações que visam eliminar as mortes e os feridos em acidentes de trânsito; esse desafio reconhece que os condutores de veículos sempre cometerão erros no trânsito e que as rodovias deverão ser projetadas de tal maneira que se minimize as conseqüências desses erros;

- b) da responsabilidade exclusiva do usuário da rodovia para a divisão de responsabilidades da segurança entre os projetistas do sistema rodoviário e os usuários. Nesse caso, os projetistas são responsáveis pela estrutura e pela operação do sistema de transporte rodoviário; os usuários têm o dever de seguir as regras do trânsito rodoviário, mostrando o devido cuidado e consideração.

A razão da mudança do enfoque tem por base a constatação de que, atualmente, os responsáveis pelo projeto do sistema rodoviário cometem muitos erros e não detêm responsabilidades quando as instalações projetadas resultarem em mortes. JOHANSSON (Deputy Director of the Traffic Safety Department of the SNRA) afirma que “sempre que colocarmos uma estrutura nas laterais de uma rodovia e a mesma estrutura matar pessoas, nós não assumimos a responsabilidade, justificando que as pessoas não são permitidas a invadir a rodovia”. Em outros setores de serviços e produtos, por exemplo, na transmissão de energia elétrica e na produção de equipamentos elétricos, a responsabilidade pela segurança dos produtos é do projetista.

Os condutores de veículos não percebem os perigos da mesma maneira que os projetistas. Os projetistas do sistema rodoviário têm a responsabilidade de levar em conta tais discrepâncias entre a percepção e a realidade do perigo e desenvolver os dispositivos de segurança necessários (por exemplo, prever a construção de defensas centrais).

Na Suécia, a primeira experiência com a implementação dos novos conceitos foi realizada em 1998 com a instalação de barreiras (defensas) centrais em rodovias rurais de duas faixas de rolamento. A instalação desses dispositivos em grande escala foi realizada no ano de 2000. As barreiras foram projetadas para suportar veículos de até 3 toneladas viajando a 110 km/h. Como os acidentes com esses veículos respondem por 92% de todos os acidentes fatais na Suécia, estima-se que essas barreiras centrais poderão reduzir o número de acidentes fatais do país na mesma proporção.

As agências rodoviárias deverão ser projetadas para um novo modelo que objective o melhoramento contínuo da segurança do trânsito rodoviário. A melhor maneira de motivar ações não são as penalidades. Bons resultados para a segurança do trânsito poderão ser obtidos, principalmente, com a pesquisa por qualidade (trata-se de um tema da *qualidade da segurança* ofertada).

A nova visão é inspirada nas boas práticas da Fórmula 1 onde todos os profissionais envolvidos: (i) reconhecem claramente os perigos inerentes; (ii) focalizam

continuamente o melhoramento dos padrões de segurança e onde, a princípio, nenhuma morte ou ferido na pista é aceitável.

## 2.9 PRINCÍPIOS DO MARKETING PARA A IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA

Uma nova maneira de melhorar a segurança no transporte rodoviário passa pela aplicação dos princípios de marketing para descobrir como as ações (ou intervenções) de segurança podem ser implementadas efetiva e eficientemente. Os mesmos princípios poderão ser aplicados como um meio para melhorar a comunicação entre as partes envolvidas [101].

Trata-se de um marketing social pois o agente promovedor não é afetado pela margem de lucro como retorno financeiro da mudança (tal como esperado através do marketing comercial), mas motivado pelo objetivo social, tal como a saúde ou a segurança.

Enquanto as políticas tradicionais de segurança rodoviária tentam prescrever o que as pessoas deveriam fazer, o marketing social ajuda a identificar o melhor caminho para promover o correto tipo de comportamento. WEGMAN [143] afirma que é certo que as medidas mais eficazes são muitas vezes impopulares, mas a aceitação dessas medidas dará melhores resultados.

O relatório da OECD [101] conclui que para se obter uma estratégia de marketing com sucesso, os seguintes passos deverão ser entendidos e levados em consideração:

- maior ênfase nas exigências dos grupos alvos que na demanda de especialistas em segurança;
- o grupo alvo deverá ser analisado e as ações deverão ofertar mais segurança para atender os motivos, os valores e os requerimentos do consumidor (usuário);
- mudança e compromisso apropriados deverão ser alcançados entre os especialistas de segurança e as necessidades dos usuários. O usuário deverá ser capaz de perceber os benefícios do comportamento orientado para a segurança;

- os seguintes elementos deverão ser incluídos em uma estratégia de marketing: (i) a análise da situação; (ii) a seleção dos grupos alvos; (iii) o estabelecimento dos objetivos; (iv) a escolha dos instrumentos de marketing (produto, preço, promoção e lugar); (v) os pré-testes; (vi) a implementação de medidas corretivas; (vii) a avaliação e o “feed back”.

A filosofia (comunicação entre o produtor e consumidor) e seu sucesso no setor comercial dá ao marketing social uma potencialidade real como um ferramental para aumentar a segurança do trânsito do transporte rodoviário.

## 2.10 POLÍTICAS ORGANIZACIONAIS PARA A ÁREA DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA

É claro que o melhor modelo de gerenciamento de segurança rodoviária é aquele que considera a realidade do país, mas as experiências de diversos países demonstraram a importância dos seguintes princípios [17, 143]:

- bons planos nacionais e regionais para a segurança do transporte rodoviário que descrevem a estratégia da política e a adequada organização para a sua implementação; uma meta quantificada de uma política (por exemplo, “reduzir em 25% as vítimas fatais de acidentes com faixas etárias de 15 a 20 anos”) pode oferecer um elemento atrativo e de compromisso;
- informação básica adequada sobre acidentes, variáveis de influência e sistema de monitoramento da performance, criando-se um *feedback* para a política da segurança rodoviária;
- a adoção de um corpo de coordenação independente que: (i) possa operar suficientemente próximo aos tomadores de decisão sobre a geração de políticas; (ii) ter o seu próprio (mesmo que modesto) orçamento para implementar as políticas com os meios para convidar ou convocar outros; (iii) possa fazer lembrar outros das suas obrigações para promover segurança nas rodovias. O grupo de coordenação também é responsável pela aquisição e propagação do conhecimento;
- interação explícita com as áreas políticas importantes para a segurança rodoviária, preferencialmente nas atividades de planejamento urbano, saúde pública, instalações de segurança, etc.;

- forte coordenação vertical entre o governo central e outras áreas do governo nas quais as implementações das políticas são realizadas (estados, municípios);
- funções explícitas para as organizações privadas que aceitem a responsabilidade de implementar ou contribuir na execução de políticas (organizações de consumo, grupos de interesse para certos usuários de rodovias, tais como dos motoristas, pedestres, ciclistas, etc.) e que sejam capazes de gerar e manter a conscientização da segurança rodoviária junto ao governo;
- transferência de conhecimentos adquiridos, organizada profissionalmente;
- treinamento de profissionais.

## 2.11 FINANCIAMENTO DAS AÇÕES DE MELHORIA DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA

Infelizmente, os altos custos dos acidentes nas rodovias raramente convencem os tomadores de decisão a alocar recursos necessários para prevenir os acidentes rodoviários, principalmente, aqueles com vítimas.

A alocação insuficiente de recursos financeiros para a implementação das ações que visam reduzir a severidade e o número de acidentes nas rodovias ainda é um dos principais obstáculos para que se possa obter a segurança apropriada no sistema do transporte rodoviário.

É necessário descobrir meios criativos para assegurar recursos financeiros para essas ações, além daqueles alocados no orçamento dos governos.

É verdade que os pagadores de impostos se beneficiam dos investimentos públicos, mas também é verdade que as seguradoras são igualmente beneficiadas. A taxa sobre o seguro dos veículos motorizados, regulamentada no Canadá, Austrália e Finlândia surge como uma boa possibilidade de se angariar recursos para a implementação das ações e intervenções de segurança [143]. É claro que para tal a aplicação desses recursos deverá estar vinculada a essas ações e intervenções.

Entre muitas, duas questões estão atualmente em forte discussão:

- a segurança rodoviária necessita de fundo de recursos independente?

- a taxaço do seguro de veculos é realmente um recurso atrativo para o financiamento da segurana no transporte rodoviário ?

Outra maneira de aumentar a segurana do trnsito rodoviário poder ser a parceria entre as entidades pblicas e privadas. O setor privado poder, por exemplo, realizar investimentos nas reas adjacentes, reorganizando-as e eliminando os acessos e os obstculos laterais perigosos.

**PRÁTICAS DE GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA  
DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO**

### **3 PRÁTICAS DE GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO**

#### **3.1 GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NO BRASIL**

##### **3.1.1 Aspectos Gerais da Política Organizacional do Sistema Nacional de Trânsito**

O trânsito nas rodovias brasileiras é regido pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB), objeto da Lei Federal nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.

Esse Código estabelece no 2º parágrafo do seu 1º artigo que “o trânsito em condições seguras é um direito de todos e dever dos órgãos e das entidades componentes do *Sistema Nacional de Trânsito*” (SNT): (i) adotar as medidas necessárias a assegurar esse direito através de ações de defesa da vida, de preservação da saúde e do meio ambiente; (ii) no âmbito de suas competências, responder diretamente por danos causados aos cidadãos em virtude de ação, omissão ou erro na execução e manutenção de programas, projetos e serviços que deverão garantir o exercício do trânsito seguro.

Especificamente, cabe às entidades do SNT, em conjunto com os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, a função de exercer “as atividades de planejamento, administração, normalização, pesquisa, registro e licenciamento dos veículos, formação, habilitação e reciclagem dos condutores, educação, engenharia, operação do sistema viário, policiamento e fiscalização, julgamento das infrações e recursos e aplicação de penalidades” [29].

Basicamente, o Sistema Nacional de Trânsito objetiva: (i) definir a política nacional de trânsito que se refere à segurança, à fluidez, ao conforto, à defesa ambiental e à educação para o trânsito e fiscalizar seu cumprimento; (ii) promover a padronização de critérios técnicos, financeiros e administrativos para a execução das atividades do trânsito; (iii) estabelecer a sistemática de fluxos contínuos de informações entre os seus diversos órgãos e entidades a fim de facilitar o processo decisório e a integração do Sistema.

Esse sistema é composto pelo:

- a) *Conselho Nacional de Trânsito* (CONTRAN);
- b) *Conselhos Estaduais de Trânsito* (CETTRAN) e do Distrito Federal (CONTRADIFE);
- c) órgãos executivos de trânsito dos governos federal (DENATRAN), estaduais e do Distrito Federal (DETRAN's) e municipais;
- d) órgãos executivos rodoviários dos governos federal, estaduais, Distrito Federal e dos municípios;
- e) Polícia Rodoviária Federal (PRF);
- f) Polícias Militares dos Estados e do Distrito Federal (PM's);
- g) Juntas Administrativas de Recursos de Infrações (JARI's).

O CONTRAN, subordinado atualmente ao Ministério de Justiça e presidido pelo dirigente máximo do DENATRAN, tem como órgão máximo normativo e consultivo, entre outras funções básicas, a tarefa de: (i) estabelecer as normas regulamentares do Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e as diretrizes da política brasileira de trânsito; (ii) coordenar as atividades dos órgãos do sistema nacional de trânsito visando integrá-los; (iii) zelar pela uniformidade e cumprimento das normas contidas no CTB e resoluções complementares. As *Câmaras Temáticas*, vinculadas ao CONTRAN, são integradas por especialistas e têm por objetivo oferecer sugestões e estudos técnicos sobre assuntos específicos para a tomada de decisões do CONTRAN. Essas Câmaras são constituídas de representantes dos órgãos e entidades dos governos federal, estaduais (inclusive do Distrito Federal) e municipais, e de especialistas representantes dos diversos segmentos da sociedade relacionados com o trânsito. Entre as câmaras temáticas destacam-se as da: (i) operação, fiscalização e policiamento ostensivo de trânsito; (ii) engenharia de trânsito, de vias e veículos; (iii) medicina de trânsito; (iv) educação.

Os CETTRAN's (e CONTRADIFE) são os órgãos estaduais normativos, consultivos e coordenadores e têm basicamente, entre outras, as tarefas de: (i) cumprir e fazer cumprir a legislação e as normas de trânsito nas áreas de competência; (ii) elaborar normas no âmbito de suas competências; (iii) estimular e orientar a execução de campanhas educativas de trânsito; (iv) assessorar o CONTRAN nas atividades de gerenciamento, educação, engenharia, fiscalização e policiamento ostensivo de trânsito, formação de condutores, registro e licenciamento de veículos e de articulação dos órgãos do Sistema nos estados. Os CETTRAN's são dirigidos pelos respectivos dirigentes máximos dos DETRAN's.

Às JARI's compete fundamentalmente: (i) julgar recursos impostos pelos infratores; (ii) assessorar órgãos e entidades executivos de trânsito e executivos rodoviários com informações sobre problemas por elas observadas e que se repetem sistematicamente.

Ao DENATRAN, órgão máximo executivo de trânsito do governo federal, cabe entre outras funções: (i) cumprir e fazer cumprir os dispositivos legais do CTB e a execução das normas e diretrizes estabelecidas pelo CONTRAN; (ii) supervisionar, coordenar e fiscalizar os órgãos executivos estaduais e municipais na execução da política e dos programas nacionais de trânsito, articular-se com os demais órgãos do Sistema Nacional de Trânsito, de transporte e de segurança pública, visando controlar a violência do trânsito e promover e/ou executar ações para a preservação do ordenamento e da segurança do trânsito; (iii) supervisionar a implantação de projetos e programas relacionados com a engenharia, educação, administração, policiamento e fiscalização do trânsito, visando uniformizar procedimentos; (iv) emitir a carteira nacional de habilitação (CNH) e os certificados de registro e de licenciamento de veículos mediante a delegação aos órgãos executivos estaduais, organizando e mantendo o Registro Nacional de Carteiras de Habilitação - RENACH e o Registro Nacional de Automotores - RENAAM; (v) definir o modelo padrão para a coleta de informações sobre as ocorrências de acidentes de trânsito; (vi) organizar a estatística geral de trânsito no território nacional, definindo os dados a serem fornecidos mensalmente pelos órgãos executivos rodoviários e de trânsito, promovendo sua divulgação; (vii) administrar o fundo nacional destinado à segurança e à educação de trânsito; (viii) fornecer aos demais órgãos do SNT informações sobre registros de veículos e condutores; (ix) promover seminários e congressos anuais, assim como, a divulgação de conhecimentos técnicos adquiridos na área da segurança e educação do trânsito; (x) prestar o suporte técnico jurídico, administrativo e financeiro ao CONTRAN.

As funções da Polícia Rodoviária Federal (PRF) se restringem às rodovias federais e são, basicamente: (i) realizar o patrulhamento ostensivo através de operações para aumentar a segurança pública nas faixas de domínio dessas rodovias; (ii) aplicar e arrecadar multas impostas por infrações de trânsito e exercer medidas administrativas decorrentes; (iii) efetuar levantamento dos locais de acidentes de trânsito e dos serviços de atendimento, socorro e salvamento de vítimas; (iv) assegurar a livre circulação nas rodovias federais; (v) coletar dados estatísticos e elaborar estudos técnicos sobre

acidentes de trânsito; (vi) participar na implementação de programas, projetos e ações da política nacional de segurança e educação do trânsito; (vii) fiscalizar o nível de poluentes e de ruído dos veículos automotores.

Os órgãos executivos rodoviários são: no âmbito federal, o DNER até o início de 2002 (atualmente o DNIT), nos estados os DER's e nos municípios, as entidades correspondentes. Esses órgãos têm como funções principais: (i) cumprir e fazer cumprir a legislação e as normas de trânsito do país; (ii) planejar, projetar, regulamentar e operar o trânsito de veículos, pedestres e animais, promovendo o desenvolvimento da circulação e da segurança de ciclistas; (iii) implantar, manter e operar o sistema de controle viário (sinalização, dispositivos e equipamentos); (iv) coletar, tratar dados e elaborar estudos sobre acidentes de trânsito e suas causas; (v) estabelecer em conjunto com os órgãos de policiamento ostensivo de trânsito as diretrizes para esse policiamento; (vi) fiscalizar o trânsito e aplicar penalidades aos infratores; (vii) implementar as medidas da política e de programas nacionais de trânsito; (viii) participar ou promover projetos e programas de educação e segurança de trânsito de acordo com as diretrizes do CONTRAN; (ix) interligar-se aos demais órgãos do SNT para fins de arrecadação e compensação de multas impostas aos infratores e para a unificação do licenciamento; (x) fiscalizar a emissão de poluentes e ruídos dos veículos automotores ou pela sua carga; (xi) vistoriar veículos que necessitam autorização especial.

Aos DETRAN's compete, além de cumprir e fazer cumprir a legislação e as normas de trânsito estabelecidas: (i) realizar, fiscalizar e controlar o processo de formação, aperfeiçoamento, reciclagem e suspensão de condutores; (ii) expedir e cassar licenças para dirigir mediante delegação do órgão federal; (iii) vistoriar e inspecionar as condições de segurança dos veículos; (iv) registrar, emplacar e licenciar veículos; (v) fiscalizar o trânsito e aplicar as penalidades aos infratores; (vi) coletar e tratar dados e elaborar estudos sobre acidentes de trânsito e suas causas; (vii) implementar as medidas da política e dos programas nacionais de trânsito; (viii) promover e participar de projetos e programas de educação e segurança de trânsito de acordo com o CONTRAN; (ix) integrar-se aos demais órgãos do SNT para efeito de arrecadação, compensação de multas e unificação de procedimentos; (x) fornecer aos órgãos executivos os dados cadastrados de veículos e condutores; (xi) fiscalizar o nível de emissão de poluentes e de ruídos dos veículos automotores; (xii) articular-se com os demais órgãos do SNT no Estado sob a coordenação do respectivo CETRAN.

Às PM's estaduais compete fiscalizar o trânsito quando e de acordo com convênio firmado com os agentes de órgãos ou entidades executivos de trânsito ou executivos rodoviários.

Os órgãos executivos de trânsito municipais, além de exercer no âmbito das rodovias e estradas municipais as funções similares àquelas estabelecidas para os outros órgãos executivos, também têm a função de implantar, manter e operar os sistemas de estacionamentos rotativos pagos.

Várias das prescrições do CTB não estão ou estão apenas parcialmente implementadas.

Ao não dispor de um sistema formal de gerência de segurança do trânsito rodoviário, como proposto no capítulo 4 desse trabalho, a maioria das agências responsáveis pela segurança do trânsito nas rodovias brasileiras elabora programas de redução de acidentes, tendo como base bancos de dados organizados manual ou eletronicamente que contêm os principais registros extraídos dos boletins de ocorrência de acidentes (não padronizados) emitidos pelos órgãos policiais. Cada órgão dispõe de seu próprio banco de dados sem articulá-lo, todavia, aos demais bancos e dados existentes no país.

Esses bancos de dados de acidentes, apesar de serem muitas vezes insuficientemente completos e consistentes, se tornaram ferramental básico, não apenas para identificar, analisar e priorizar medidas de correção de pontos críticos, mas também para: (i) possibilitar aos tomadores de decisão entender o problema de um determinado ponto, segmento ou rede rodoviária; (ii) avaliar o progresso da implementação de programas de segurança do trânsito rodoviário; (iii) formular solicitações de recursos para tais programas de segurança (vide [36]).

### **3.1.2 Gerenciamento da Segurança Rodoviária do DNER**

O DNER exerceu as responsabilidades conferidas pelo CTB ao órgão executivo rodoviário federal do SNT até meados de fevereiro de 2002, quando foi extinto pelo Decreto Federal Nº 4.129, de 13 de fevereiro de 2002. Esse Decreto regulamentou os dispositivos da Lei 10.233 de 05 de junho de 2001 criando o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte (CONIT), a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) e o

Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT). A partir da publicação desse Decreto, as atribuições do órgão executivo rodoviário federal prescritas pelo CTB são de responsabilidade do DNIT.

Com o objetivo de fornecer uma seqüência metodológica para o estudo dos segmentos rodoviários críticos e suas implicações, o DNER divulgou, em 1988, o Manual de Análise, Diagnóstico, Proposição de Melhorias e Avaliações Econômicas dos Segmentos Críticos [42]. Essa metodologia prescreve, basicamente, a realização de quatro etapas: (i) *análise*, prevê resumir, a partir dos dados disponíveis, as características dos acidentes nos locais de maior ocorrência de um determinado segmento; (ii) *diagnóstico*, prevê proceder à vistoria de campo para a identificação das principais causas da ocorrência de acidentes no segmento em estudo; (iii) *proposição de melhorias*, visa estudar e elaborar as possíveis soluções para os problemas encontrados; (iv) *avaliação econômica de segmentos críticos*, objetiva determinar os principais indicadores de rentabilidade para a escolha e a priorização das que melhor atendem aos requisitos técnicos quanto às disponibilidades financeiras dos órgãos.

A metodologia recomendada nesse manual para a identificação de segmentos críticos é a prescrita na publicação do DNER de 1986, intitulada *Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias* [41]. Esse modelo foi apresentado sumariamente no item 6.4.2 dessa pesquisa.

Para o gerenciamento da segurança da rede rodoviária federal, o DNER, através da Divisão de Engenharia e Segurança de Trânsito (DEST), utilizou um sistema de processamento eletrônico de dados desenvolvido a partir de 1978 que é constituído basicamente de seis sistemáticas: (i) a coleta de dados; (ii) a identificação de segmentos críticos; (iii) o cálculo de custos de acidentes; (iv) a análise, o diagnóstico e a proposição de melhorias; (v) a avaliação econômica de melhoramentos; (vi) o acompanhamento e a retroalimentação, sendo que essa sistemática ainda não foi devidamente desenvolvida. O banco de dados contém os acidentes registrados em cerca de 37 000 km de estradas que estão sob jurisdição federal [43].

O banco de dados é gerenciado através de um sistema escrito em linguagem COBOL e permite emitir informes gerenciais periódicos. O sistema é fechado, isto é, não permite o acesso direto dos interessados às informações, mas as informações podem ser obtidas mediante solicitação formal ao DEST.

A extração especial de dados é facultada mediante a utilização de um software FORPRINT for Windows que permite a leitura e a interpretação fácil de tabelas auto-explicativas.

O software utilizado não permite a geração automática de croquis de acidentes ou seu mapeamento. O DNER estuda a conexão desse sistema com um sistema GIS para integrar todos os dados técnicos do órgão e elaborar mapas digitais das informações coletadas.

### **3.1.3 Gerenciamento da Segurança Rodoviária nos DER's**

Os Departamentos de Estradas de Rodagem dos Estados detêm as responsabilidades prescritas no CTB para os órgãos executivos rodoviários estaduais.

A questão do gerenciamento da segurança rodoviária, na maioria dos estados, é especialmente grave porque os dados relevantes de acidentes não são suficientemente completos e consistentes para um planejamento apropriado da segurança do trânsito rodoviário estratégico e específico. Admite-se que o número real de acidentes, de fatalidades e de feridos é muito maior que o divulgado oficialmente.

Além da falta de uma base de dados sólida, é freqüente observar órgãos rodoviários e de trânsito do Brasil que exercem, sem uma política claramente definida para a segurança do trânsito rodoviário, as suas funções através de um quadro de técnicos insuficientemente qualificado e dimensionado para as unidades responsáveis pelo gerenciamento da segurança do trânsito, utilizando, muitas vezes, procedimentos desatualizados, incompletos e sem o necessário apoio logístico.

É freqüente observar nos órgãos rodoviários estaduais: (i) a adoção de modelos distintos de boletim de ocorrência de acidentes (BO); (ii) a utilização de dados de acidentes que desconsideram as informações do acompanhamento das vítimas nos hospitais; (iii) a determinação dos locais de ocorrência de acidentes sem um sistema de referência do sistema rodoviário e/ou instrumentos de localização de precisão (GPS ou similares); (iv) o policiamento do trânsito apenas em parte da malha rodoviária sob sua jurisdição. No Estado de Santa Catarina, por exemplo, as rodovias estaduais não-pavimentadas e cerca de  $\frac{1}{4}$  das rodovias estaduais pavimentadas não são policiadas atualmente pela PRE [36].

Assim, a precisão dos dados de acidentes dos Estados é afetada principalmente: (i) pela falta de registro ou pelo sub-registro das ocorrências; os dados de acidentes das agências rodoviárias e de trânsito raramente registram informações dos acidentados até 30 dias após a ocorrência dos acidentes; (ii) pela classificação equivocada das ocorrências; (iii) pelos vazios de registros entre as datas da ocorrência e do registro dos acidentes; (iv) pela indicação imprecisa ou equivocada do local do acidente. As estatísticas de acidentes de trânsito são prejudicadas pela falta de padronização de conceitos utilizados durante a coleta (por exemplo, os conceitos que dizem respeito a morte, tipos e categorias de acidentes).

As deficiências administrativas e a ausência de um instrumento de planejamento e gerenciamento adequado para a segurança do trânsito rodoviário nas agências intervenientes são problemas que merecem atenção especial, principalmente quanto à definição de planos de segurança estaduais, harmonizados com plano federal.

Vários Departamentos de Estradas de Rodagem estão implementando sistemas de informação que contemplam as estatísticas de trânsito. Os DER's dos Estados do Paraná e Santa Catarina, por exemplo, estão concluindo a instalação do seu sistema de controle estatístico de acidentes rodoviários (trata-se do sistema ACT). O item 3.1.4 descreve alguns dos principais sistemas informatizados em uso no país.

Para a análise e o tratamento de áreas críticas rodoviárias é comum que os DER's se utilizem principalmente das metodologias estabelecidas pelo DNER [41, 42, 46] e pelo DENATRAN [31]. Essas metodologias estão descritas sucintamente no item 6.4.2.

### **3.1.4 Procedimentos Informatizados para o Gerenciamento da Segurança do Trânsito no Brasil**

Além do sistema do DNER apresentado sumariamente no item 3.1.2, os procedimentos informatizados para o gerenciamento da segurança do trânsito que mais se destacam são: (i) Sistema BIAT - Banco de Informações de Acidentes de Trânsito; (ii) Sistema OAT - Observatório de Acidentes e Trânsito de Curitiba; (iii) Sistema ACT – Sistema de Estatística de Acidentes Rodoviários; (iv) Sistema SAT - Sistema de Acidentes de Trânsito da CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) para o Município

de São Paulo; (v) Sistema Diagnóstico para o Atendimento às Vítimas de Acidentes de Trânsito da ECOVIA.

#### *3.1.4.1 Sistema BIAT - Banco de Informações de Acidentes de Trânsito [76]*

O Banco de Informações de Acidentes de Trânsito foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Trânsito (INST) com o propósito de oferecer um instrumental informatizado para o cadastramento sistemático das ocorrências de acidentes de trânsito e a recuperação dessas informações através de consolidações descritivas capazes de apoiar com eficácia as intervenções da engenharia de trânsito com a brevidade exigida.

O sistema é constituído, fundamentalmente, de três módulos básicos: alimentação de dados, análise e relatórios.

Esse software se destaca como instrumento para a seleção e a análise de dados. Todos os elementos armazenados podem ser associados ou dissociados por sentenças lógicas booleanas livremente definidas pelos usuários. As filtragens personalizadas das informações permitem a seleção dos acidentes em blocos de interesse. As alternativas de saída de dados (literais ou quantitativas) são igualmente flexíveis.

O instrumental foi desenvolvido em ambiente Windows (3.0 ou superior) e requer microcomputadores 386 com 4Mb de RAM.

A partir de uma seleção de pesquisa é possível obter histogramas e gráficos 3D. Esses gráficos são gerados instantaneamente através de uma simples opção de menu e podem ser exportados para outros aplicativos Windows, como, Excel, Word e Paint-Brush ou copiados para a área de transferência.

#### *3.1.4.2 Sistema OAT - Observatório de Acidentes e Trânsito de Curitiba [68].*

A Prefeitura Municipal de Curitiba montou um banco de dados sobre acidentes de trânsito no contexto do Projeto de Transporte Urbano, financiado parcialmente pelo BID.

O banco de dados integra as fontes identificadas como boletins de ocorrência, fichas de hospitais e registros do IML. O sistema permite inserir outras informações de terceiros, como, entrevistas de testemunhas ou envolvidos nos acidentes. A integração

dos dados nessa forma permite registrar, por exemplo, as mortes de vítimas de acidentes que ocorrem até horas, dias ou meses após a ocorrência do acidente.

O sistema OAT contém registros de dados sobre os fluxos de tráfego de veículos e pedestres obtidos de levantamentos manuais ou automáticos, assim como apresenta automaticamente os índices de acidentes e vítimas relacionados com os volumes de tráfego. O sistema permite, também, efetuar a análise dos dados para os fins de distintas pesquisas. Se acoplado a um GIS, o banco de dados permite mapear os acidentes registrados.

#### *3.1.4.3 Sistema ACT – Sistema de Estatística de Acidentes de Trânsito*

Trata-se do sistema ACT (Sistema de Estatística de Acidentes Rodoviários) [118], desenvolvido originalmente para o DER/PR pela Empresa Softplan/Poligraph, que visa: (i) cadastrar os dados coletados no atendimento dos acidentes rodoviários; (ii) a partir desse cadastro, emitir estatísticas referentes aos acidentes rodoviários registrados; (iii) devendo em uma etapa posterior integrar o sistema com um módulo de geoprocessamento para identificar, entre outros, os pontos críticos das rodovias e os trechos de maior e menor risco de acidentes.

Nesse aplicativo, o cadastramento de dados dos acidentes rodoviários é realizado a partir do Boletim de Ocorrência (BO) e do Relatório de Acidentes (RA), ambos preenchidos pelo atendente do acidente do posto policial. O RA é um BO simplificado enviado para a Companhia da Polícia Rodoviária antes do preenchimento do BO.

O sistema ACT permite cadastrar o “Histórico Quilométrico” das rodovias, através do qual são registradas as melhorias, manutenção, obras efetuadas no quilômetro identificado, assim como os pontos críticos de maior concentração de acidentes.

A consulta de dados ao cadastro permite extrair, filtrando as informações referentes aos acidentes rodoviários registrados no ACT, visualizar os dados desejados de cada acidente, assim como obter o número de acidentes ocorridos a partir de um ou mais parâmetros ou combinação deles, como: rodovia, companhia da polícia rodoviária, posto rodoviário, período, tipo de veículo, tipo de acidente, perfil do trecho, gravidade de acidente, condição e tipo da pista, condições do tempo, luminosidade, dia da semana, faixa etária, sexo e estado civil dos acidentados e condições de operação dos veículos.

A outra função do sistema permite a visualização e a emissão de boletins de ocorrência, assim como de relatórios de acidentes integrados com o editor de texto WORD e EXCEL, listando os dados cadastrados referentes a um determinado acidente.

Os principais relatórios diretamente disponibilizados pelo sistema são: (i) o relatório de acidentes por trecho e rodovia; (ii) o relatório de pontos críticos por trecho e rodovia com identificação dos dados da pista no momento do acidente; (iii) informações sobre vítimas, se fatais ou feridos, sexo, faixa etária e tipo (pedestre, passageiro e condutor); (iv) informações sobre acidentes com dados das vítimas, de veículos e condutores envolvidos em acidentes e sobre acidentes de trânsito sem vítimas; (v) estatísticas de acidentes por trecho e quilômetro com indicação de quantidades de veículos envolvidos, horários e dias da semana, condições do clima, tipo de rodovia, acidente e veículo, assim como da situação das vítimas.

#### *3.1.4.4 Sistema SAT - Sistema de Acidentes de Trânsito da CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) para o Município de São Paulo [68]*

O órgão responsável pelo planejamento e operação técnica do trânsito do Município de São Paulo, a CET, dispõe de um banco de dados informatizado sobre acidentes de trânsito registrados no município nas últimas duas décadas.

O sistema, denominado SAT (Sistema de Acidentes de Trânsito), foi desenvolvido em FOX PRO. O SAT contém os principais dados registrados nos boletins de ocorrência das polícias. O acesso ao sistema é facultado a todos os funcionários da CET através de uma rede de microcomputadores instalados nos diferentes escritórios regionais da companhia distribuídos pela cidade.

Além de prover sistematicamente informes gerenciais, o sistema permite ao usuário obter, “on line”, tabulações de dados sobre acidentes: (i) na forma de seus interesses ou suas necessidades, por exemplo, por acidentes com vítimas fatais, por ferimentos graves, ou também por vítimas infantis; (ii) por zonas, vias ou intersecções da cidade; (iii) por datas, tipos de acidentes e de veículos.

Mais recentemente, foi adicionado ao sistema um subsistema contendo informações mais detalhadas sobre os acidentes com vítimas fatais, dados esses não constantes dos boletins de ocorrência da polícia, mas obtidos a partir de investigações complementares realizadas pelos funcionários da Companhia.

O sistema não permite a opção gráfica para a representação de diagramas a serem elaborados a partir dos croquis e descrições dos informes policiais. Esses diagramas são elaborados manualmente a partir de consultas às cópias dos boletins policiais. O Sistema SAT não permite o mapeamento automático dos acidentes, principalmente por causa da falta de precisão nos dados registrados sobre os locais de ocorrência.

#### *3.1.4.5 Sistema Diagnóstico para o Atendimento às Vítimas de Acidentes de Trânsito da ECOVIA [149]*

Com o objetivo de prover mais conforto e segurança para os usuários da BR277 Curitiba-Paranaguá, a concessionária responsável (ECOVIA) introduziu um sistema para melhorar o serviço de resgate médico-emergencial a acidentados ou com doenças (mal-estares) súbitas dos viajantes.

Esse sistema utiliza unidades móveis para o atendimento médico-intensivo e veículos de resgate totalmente equipados; são operados por tripulantes altamente especializados, como: enfermeiros, médicos, paramédicos e equipes de resgate (a partir de 2001).

Num país com altos índices de acidentes (como o Brasil), é impossível sempre estar presente na cena de um acidente. A qualidade do atendimento emergencial determina, muitas vezes, se a vítima falece ou não. Além disso, as informações enviadas por radiodifusão detalhando o tipo de ferimento e as condições do paciente podem se estender demais e, muitas vezes, são distorcidas por interferências de comunicação. A demora nos diagnósticos corretos, somada às extremas pressões da equipe médica, pode complicar todo o processo.

O sistema adotado reduz o tempo de troca de informações com qualidade para que se possa fazer uma avaliação apropriada do paciente, transformando o acidente em uma forma virtual para o médico. O sistema melhora a qualidade e a velocidade da resposta ao diagnóstico para qualquer acidente que envolve traumatismos. Nos primeiros cinco meses da operação, o tempo requerido para análise e obtenção do diagnóstico caiu 40%, de 10 para 6 minutos.

O sistema dispõe de alta tecnologia para o tratamento e transmissão de dados, vozes e imagens e permite a interconexão sem fio (*WAN-wireless area network system*)

pela rede mundial de comunicação com a área de trabalho do sistema via *point to point* do sistema celular principal. Como as ambulâncias são móveis, o uso do telefone fixo é inapropriado, além de ser mais caro.

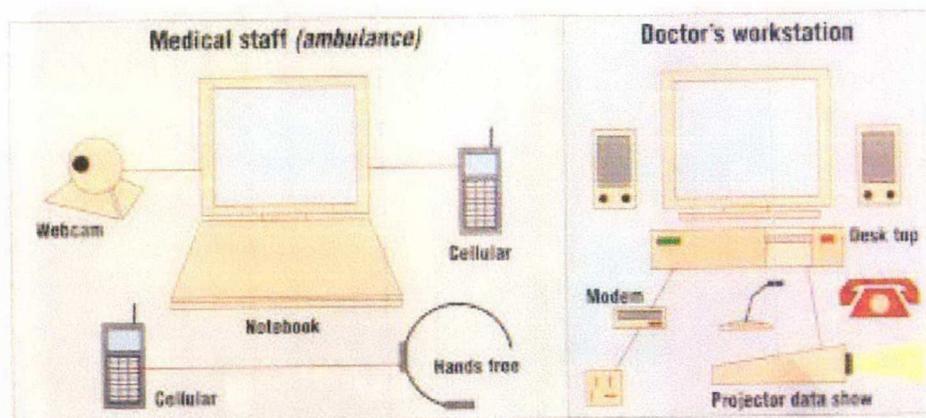
Uma unidade móvel instalada nos veículos de resgate capta imagens por uma câmara digital capaz de processar trinta frames por segundo no padrão USB (universal serial bus), permitindo a transferência de sinais digitais em alta velocidade. Um computador portátil, através de um dispositivo USB com alta capacidade de processamento, conecta a “WEBCAN” e o celular de forma tal que a qualidade de transmissão e a velocidade não comprometem.

O sistema *NetMeeting* da Microsoft é o software que controla a transmissão (fácil de ser usado e é compatível com a maioria das câmeras disponíveis no mercado) opera sob o MS-Windows 98. O telefone celular Startac 7860 W (Motorola) com a tecnologia CDMA (*Code Division Multiple Access Technology*) é utilizado para a transmissão acima 28,8 kilo bytes por seg (KBPS). O módulo de transmissão de voz (que dá melhor performance) é equipado com a opção *handsfree*.

A unidade fixa instalada na base médica é constituída de um *Workstation* baseado em um Pentium III 500 com 128 MB de RAM, disco rígido de 9,1 GB e um modem de 56K. A imagem é recebida no *Workstation* e, a seguir, apresentada na tela com dimensão apropriada para a condução da avaliação médica.

A figura a seguir apresenta a constelação dos equipamentos eletrônicos desse sistema diagnóstico para o atendimento às vítimas, utilizado pelas equipes médico-ambulatoriais e base.

*Figura 3.1 - Constelação dos Dispositivos Eletrônicos do Sistema Diagnóstico de Atendimento às Vítimas de Acidentes de Trânsito da ECOVIA*



### 3.2 GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NA CE [112, 143]

Cerca de 50 000 pessoas morrem e mais de 1 500 000 pessoas são mutiladas todos os anos nas rodovias dos países da Comunidade Européia (CE). É claro que os acidentes não têm conseqüências dramáticas apenas em termos humanos; o custo econômico desses acidentes é também elevado. As perdas nesses países são estimadas, dependendo da metodologia adotada, entre US\$ 58 e 117 bilhões todos os anos.

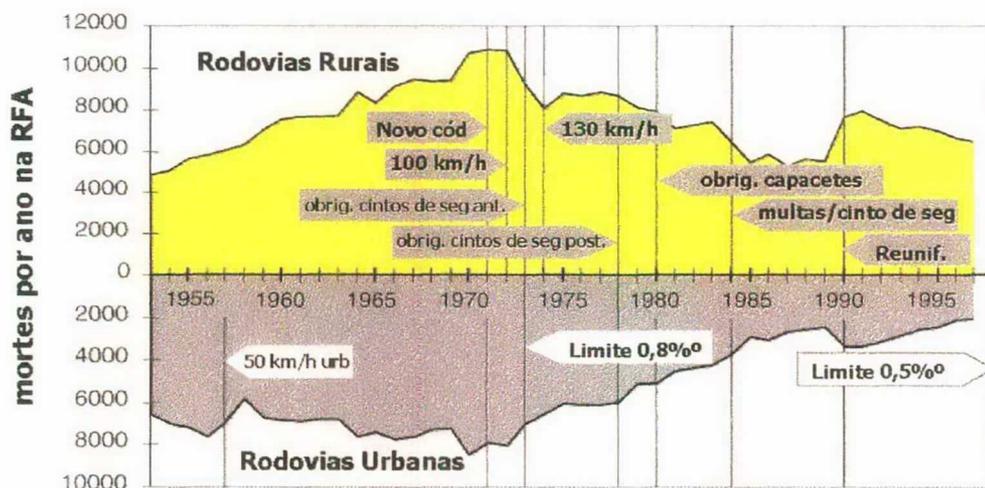
Na Hungria, a exemplo de muitos outros países europeus, os dados de acidentes com vítimas são coletados pela polícia, armazenados inicialmente em caráter local. Os sumários dos dados de acidentes nacionais são elaborados pela CBS (Central Bureau of Statistics) desde 1992. Todas as informações relevantes sobre acidentes, inclusive as suas possíveis causas, são padronizadas; esse tipo de registro possibilitou desenvolver uma série de avaliações e processamentos especiais. Os dados reunidos são transferidos para um banco central de dados rodoviários (CRDB) para o armazenamento conjunto de todos os dados relevantes que se referem à condição, ao tráfego e à segurança das rodovias. O sistema atual de registro de dados tem dois níveis: o local e o central. Todos os dados de entrada são locais. O sistema local de referência comum faculta a transferência dos dados para o banco de dados principal. O sistema de registro de dados, com um procedimento automático de conversão, faculta ao usuário usar tanto o sistema tradicional de número da rodovia + quilometragem (*chainage*) como o sistema *link-node* [61].

Apesar dos avanços obtidos na implementação de padrões técnicos e do bem-estar, os indicadores da segurança rodoviária dos diversos países membros da CE ainda variam muito. A taxa média de acidentes fatais da CE, expressa em quilômetros viajados, é cerca de duas vezes maior que a dos EUA [143].

Países como a Noruega, Suécia, Suíça, Grã-bretanha, Holanda e Alemanha (estados ocidentais), entre outros, apresentam os menores índices de mortes em acidentes de trânsito rodoviário [48, 135, 136]. Esses países anteciparam a implementação de contramedidas que resultaram em uma tendência sistemática de queda desses índices. O quadro a seguir apresenta a evolução do número de mortes em acidentes nas rodovias rurais e urbanas alemãs entre 1953 e 1998. O quadro explicita, em uma visualização macro, a eficácia das principais medidas implementadas para a

redução da severidade dos acidentes e que a gravidade deles (expressa em número de mortes por ano) ainda é muito maior nas rodovias rurais do que nas rodovias urbanas naquele país.

*Figura 3.2 - Evolução do Número de Mortes em Rodovias Rurais e Urbanas da Alemanha*



Fonte: MEEVES [87]

Muitas das medidas bem sucedidas nesses países foram objeto de análise e discussão no contexto dos grupos técnicos da CE. As principais ações efetivadas até a presente data na Comunidade Europeia dizem respeito à harmonização das legislações dos veículos motorizados através da adoção de mais de cem diretrizes, tais como as que se referem ao número máximo de horas de trabalho dos condutores de veículos, à profundidade mínima dos sulcos dos pneus de carros particulares, à inspeção periódica dos veículos (incluindo padrão para o teste de freios), aos requisitos gerais para a obtenção da carteira de motorista, à obrigatoriedade do uso dos cintos de segurança (inclusive para crianças) e aos limites de velocidade para veículos pesados. As diretrizes, visando à harmonização dos limites de velocidades para os veículos comerciais e da máxima concentração de álcool admissível no sangue, ainda estão em negociação no Conselho da CE.

Em 1991, o esforço da CE para aumentar a segurança rodoviária através de um comitê de especialistas (Gérondeau Committee) resultou na elaboração de uma lista de sessenta medidas técnicas que pudessem contribuir para a redução do número de pessoas mortas e seriamente feridas em cerca de 20 a 30% até o ano 2000. WEGMAN

[143] afirma que muitas dessas medidas são bem conhecidas, mas longe de serem implementadas de forma homogênea e completa nesses países.

O Comitê da Comunidade Européia entendeu que sua função não era apenas identificar as medidas técnicas necessárias para reduzir o número e a severidade de acidentes rodoviários, mas também determinar os caminhos a serem seguidos para que eficientes políticas de segurança rodoviária pudessem ser implementadas em toda Comunidade.

Para tal, esse Comitê sugeriu: (i) editar diretrizes através de dispositivos regulamentares; (ii) juntar experiências e permitir seu acesso para todos os países membros de tal forma que um pudesse aproveitar a experiência do outro; (iii) criar um grupo permanente especializado formado exclusivamente por profissionais da área para estabelecer medidas de orientação, assistência e persuasão. As funções desse grupo seriam: (i) pesquisar e avaliar a experiência dos diferentes países membros; (ii) promover pesquisas e divulgar os conhecimentos adquiridos; (iii) assistir e aconselhar os países membros; (iv) monitorar as rodovias nesses países e incentivar a implementação de políticas efetivas de segurança rodoviária em toda a Comunidade.

A Comissão Européia, no entanto, decidiu estabelecer um plano de segurança rodoviária com a definição de ações com metas quantitativas e a identificação de prioridades, mantendo o processo de harmonização através da legislação e o desenvolvimento e a aplicação de projetos de pesquisa comuns aplicadas às áreas do bem-estar do usuário, aos veículos e à infra-estrutura. O corpo de técnicos especializados da Comunidade e da agência de segurança rodoviária ainda não foram estabelecidos.

Atualmente, duas organizações atuam no campo da política para a segurança rodoviária na Comunidade Européia: (i) o Conselho Europeu de Segurança do Transporte e (ii) Federação Européia de Segurança Rodoviária na qual várias associações não-governamentais são atuantes, por exemplo, a FERSI. Essas organizações, juntamente com a Comissão Européia, procuram atualmente entre outras questões, por uma organização apropriada, procedimentos efetivos e prioridades claras para a questão da segurança rodoviária.

Até os anos 90, a implementação das principais ações da Comunidade Européia residia nas ações individuais de cada um dos países membros. WEGMAN [143] identificou algumas tendências gerais dos objetivos dos planos de segurança rodoviária dos países europeus:

- a) gerar mais conhecimento sobre os problemas da segurança rodoviária entre políticos, atores intermediários ou clientes (autoridades regionais e locais, organizações e empresas privadas), os usuários da rodovia e o público em geral;
- b) elaborar programas de segurança rodoviária com metas contemplando pacotes de medidas priorizadas em função da relação custo/efetividade, monitorar e, se necessário, revisar os programas estabelecidos;
- c) dar maior atenção às várias opções para implementar certas medidas;
- d) envolver “stakeholders”, já que os governos centrais não aparecem como únicos atores no desenvolvimento de estratégias de segurança rodoviária e na implementação de tais estratégias;
- e) obter fundos, além dos recursos orçamentários regulares provenientes dos governos centrais, para financiar a implementação de medidas de prevenção de acidentes.

Mais recentemente, a CE estabeleceu como principal objetivo da política dos transportes para a Europa obter maior segurança para o trânsito através da implementação de um sistema de sinalização padrão e de única interpretação (o quanto possível) que permita obter uma melhor visibilidade nos períodos diurnos e noturnos e sob severas condições de clima [112]. A implementação dessa política conta com a aprovação do Conselho Europeu, Comissão Europeia e das Normas Técnicas Europeias.

### **3.2.1 Pacote para a Análise de Acidentes por Microcomputadores – MAAP (Microcomputer Accident Analysis Package)**

A TRL (Transport Research Laboratory) e a ODA (Overseas Development Administration) desenvolveram um sistema de análise de acidentes por microcomputadores (MAAP) para minimizar os problemas detectados em países em desenvolvimento, tais como a dificuldade de: (i) obter dados consistentes sobre acidentes de trânsito; (ii) realizar o tratamento sistematizado dos dados existentes; (iii) suprir a falta de técnicos devidamente qualificados para o gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário.

O sistema MAAP permite: (i) o registro direto de dados; (ii) a emissão de relatórios gerenciais padronizados e específicos; (iii) o mapeamento dos acidentes de

distintas formas utilizando como base mapas esquematizados da rede que podem ser capturados por scanner dos guias das cidades; (iv) a inclusão de outros dados que facilitam a identificação de fatores contribuintes comuns entre vários acidentes. Com o auxílio de aplicativos auxiliares, os dados poderão ser apresentados graficamente ou em mapas eletrônicos georeferenciados usando o MAAP Geographical Information System [137].

### **3.2.2 Software SafeNET do Transport Research Laboratory/Inglaterra [138, 155]**

O programa SafeNET, desenvolvido pelo TRL (Transport Research Laboratory abril de 1999), simula a previsão da frequência de acidentes para uma ampla variedade de intersecções e trechos rodoviários urbanos em função de fluxos de veículos e pedestres e as características adjacentes das rodovias.

Dessa forma, o pacote permite aos engenheiros de trânsito avaliar rapidamente os impactos potenciais de intervenções alternativas na malha rodoviária urbana, como as alterações do desenho de intersecções, a forma de controle e a redistribuição de trânsito.

O software é capaz de produzir uma apresentação detalhada dos diferentes tipos de acidentes previstos para cada intersecção ou link. Sua interface gráfica baseada em windows possibilita pronta e rapidamente a inserção de dados e a interpretação de resultados.

Esse modelo pode ser utilizado como um aplicativo isolado ou ser acoplado a modelos de alocação de trânsito, tal como o CONTRAM (Continuous Traffic Assignment Model) do TRL para prover uma avaliação compreensiva de tempos de espera e de viagem e frequência de acidentes.

### **3.2.3 Sistema Especialista para a Identificação de Possíveis Alternativas de Intervenção para as Áreas Críticas**

WEINERT [144] apresentou um protótipo de um sistema especialista para auxiliar os técnicos na definição de contramedidas alternativas para aumentar a segurança do trânsito rodoviário nas áreas críticas identificadas. Com o auxílio de um método da pesquisa da inteligência artificial, especificamente através do raciocínio

baseado em casos reais (case-based reasoning), são extraídas de um banco de dados de boas práticas as possíveis contramedidas ordenadas em função do grau de semelhança entre as principais características da área crítica em análise e dos casos já resolvidos com sucesso.

Desse método não resulta uma solução padrão definitiva, mas um elenco de contramedidas que no passado foram adotados em situações-problema semelhantes. As medidas sugeridas pelo sistema não são necessariamente as mais adequadas. Caberá aos técnicos avaliar as alternativas de contramedidas sugeridas e optar por aquela que mais lhe parece apropriada.

O protótipo tem como base os dados de 129 pontos críticos localizados em áreas urbanas que foram efetivamente melhorados. A base de dados (de conhecimento) contém informações gerais sobre a ocorrência de acidentes, o tratamento de áreas críticas, os problemas específicos da avaliação de acidentes, assim como sobre a engenharia e o gerenciamento do trânsito e o desenho das rodovias. Ao banco de dados foram adicionadas as principais características (parâmetros) de experiências bem sucedidas com contramedidas para a melhoria de áreas críticas, que ao final resultaram na base de casos reais.

A partir da análise dos 129 pontos críticos foram definidos dez grupos de intervenção (categorias) na rede rodoviária, assim como determinados os parâmetros representativos para a classificação de pontos críticos. As intervenções semelhantes foram associadas em grupos de intervenção. Dessa análise, resultaram 54 tipos de intervenção. A eficácia de cada uma das intervenções realizadas foi avaliada através de estudos antes/depois, tendo sido avaliados os indicadores absolutos (número de acidentes, feridos, etc.), assim como os indicadores relativos (taxa de acidentes, taxa de custos de acidentes, etc.), coletados durante 1 a 4 anos para cada um dos períodos (antes e depois da intervenção).

Nesse protótipo, um aplicativo Windows localiza para uma dada situação atual áreas críticas semelhantes melhoradas no passado e sugere as alternativas de intervenção nelas aplicadas. O algoritmo de decisão utiliza o *case-base Reasoning-Shell software* para tornar o aplicativo mais amigável.

A interface do usuário programada em Visual Basic foi estruturada em cinco telas (ferramentas) e dispostas em forma de cartas. Essas interfaces representam, fundamentalmente, as etapas de trabalho que constam nos procedimentos convencionais do tratamento de pontos críticos. As cinco telas de trabalho são:

- dados gerais;
- geometria;
- fluxos de tráfego;
- ocorrência do acidente;
- intervenção.

Os *dados gerais* referem-se às informações gerais para o gerenciamento do projeto em estudo. Esses dados não influenciam a busca por contramedidas.

Os *dados geométricos* requeridos pelo sistema referem-se especificamente aos pontos críticos, devendo indicar se o ponto está localizado em um segmento, uma intersecção do tipo T, cruzamento ou rótula.

O sistema permite escolher o croqui que mais se assemelha ao desenho da rodovia no ponto crítico. Outros parâmetros geométricos de entrada são o número de acessos, e por acesso, os nomes e os respectivos ângulos do acesso, número de faixas de rolamento à esquerda, em linha reta e de conversão à direita, ilha central e ilha triangular.

As informações requeridas pelo sistema para os *fluxos de tráfego* referem-se a seis aspectos:

- TMD;
- categoria da rodovia;
- sinalização dos fluxos preferenciais;
- transporte coletivo;
- trânsito de pedestres;
- ciclovias.

Os principais parâmetros dos fluxos de tráfego utilizados para a procura de pontos críticos semelhantes na base de conhecimento referem-se: (i) à sinalização dos fluxos preferenciais; (ii) à categoria da rodovia. As demais informações têm caráter mais descritivo do acidente.

A tela *ocorrência de acidentes* responde pelo maior número de informações sobre o ponto crítico. Nesse módulo serão inseridos todos os dados para a descrição dos acidentes. A tela é dividida em três partes e representa os procedimentos usuais no tratamento de pontos críticos que contemplam:

- o gerenciamento dos dados de acidentes do período antes da realização de uma contramedida;
- o registro dos dados de uma intervenção já realizada e sua eficácia;

- o manuseio dos dados de acidentes do período após a implementação de uma contramedida.

Um caso real implementado somente será adicionado à base de conhecimento do sistema se todos os dados de acidentes do período de análise estiverem digitados, calculados os parâmetros característicos e procedidas as avaliações pertinentes. Os indicadores calculados caracterizarão um dado ponto crítico com melhorias implementadas.

A última tela (ferramenta) *intervenção* dispõe de uma comunicação com o *software case-based Reasoning ESTEEM* através do qual se inicia a busca por pontos críticos semelhantes no banco de dados (de casos reais). Por último, apresenta uma lista de sugestões indicando a categoria e o tipo de intervenções sugeridas, ordenados em ordem decrescente em função do grau de semelhança entre os pontos críticos.

O acesso rápido a informações visuais e à limitação dos resultados para um caso específico com dados característicos semelhantes é mais fácil com tal aplicativo que através de edições impressas com grande número de tabelas, croquis e diagramas.

O sucesso desse sistema auxiliar para a definição de alternativas de contramedidas depende diretamente do nível de abrangência da base de dados. Um modelo similar poderá ser desenvolvido também para as áreas rurais.

### **3.2.4 BASTa - Sistema Especialista para a Avaliação Digital de Acidentes no Estado de Brandenburg [73]**

O sistema informatizado para a avaliação de acidentes foi implementado em meados de 1996 nos seis departamentos rodoviários do Estado de Brandenburg (Alemanha) para aumentar a segurança do trânsito nas rodovias estaduais e federais da região. Para o seu desenvolvimento levou-se em conta os seguintes critérios: (i) a utilização dos dados relevantes, existentes e acessíveis para os estudos da segurança de trânsito que tenham sido coletados por outras agências intervenientes; (ii) o uso das informações dos dados digitais históricos de acidentes; (iii) o desenvolvimento de parâmetros para a caracterização de segmentos críticos; (iv) a análise da ocorrência dos acidentes em segmentos críticos ; (v) a obtenção de um ferramental auxiliar para o desenvolvimento de contramedidas; (vi) a apresentação dos dados de controle de custos e da eficácia das contramedidas; (vii) o manuseio fácil para o usuário do sistema.

O funcionamento do sistema BASTa requer a inserção de: (i) dados de acidentes; (ii) dados do inventário e monitoramento da rede rodoviária; (iii) dados da estrutura espacial da região (limites de zonas administrativas das entidades regionais).

A estrutura desse sistema inclui um subprograma de coleta e preparação dos dados relevantes de outros arquivos para a análise em função dos limites das unidades administrativas da região (municípios, das cidades-município e das áreas de jurisdição das instituições rodoviárias de trânsito e policiais envolvidos da região). Enquanto os dados relevantes de outras áreas do setor rodoviário são obtidos do banco de dados do sistema de informação rodoviário (dados pertinentes aos segmentos e nós das rodovias, travessias urbanas, volumes de tráfego), os dados dos registros de acidentes deverão ser obtidos dos pertinentes arquivos dos departamentos de estatística. As informações coletadas poderão ser apresentadas em mapas eletrônicos georeferenciados.

Os dados dos registros das ocorrências de acidentes são, entre outros: a identificação do local do acidente, o tipo da rodovia, a data, o horário, o dia da semana, as condições de visibilidade, as conseqüências do acidente, as causas gerais dos acidentes, as condições da rodovia, a influência dos fatores climáticos, os dados dos envolvidos no acidente (idade, sexo, severidade dos acidentados, dados dos passageiros, causas comprovadas, tipo do acidente, categorias do acidente). O banco de dados inclui as informações de todos os acidentes com feridos e elevados danos materiais a partir de 1996.

A alocação dos acidentes nos segmentos rodoviários foi obtida pela combinação dos dados do local dos acidentes indicados nos boletins de ocorrência com os dados georeferenciados constantes do banco de informação rodoviário (SIB) do Estado de Brandenburg. O local do acidente é determinado a partir das coordenadas geográficas do segmento rodoviário e dos dados quilométricos e do sentido do trânsito do veículo acidentado. Na ocorrência de mais que um acidente no mesmo local, a posição desse é calculada de tal forma que sua representação gráfica não fique sobreposta.

Partindo-se do conhecimento que a freqüência de acidentes também é uma função do volume do tráfego na rodovia, optou-se por incluí-lo na composição dos critérios para a determinação de segmentos críticos de tal forma que, além dos segmentos com elevada densidade de acidentes, também pudessem ser identificados aqueles segmentos que apresentassem elevados custos dos acidentes apesar de baixo volume de tráfego.

Os limites de jurisdição das unidades administrativas das instituições rodoviárias, de trânsito e policiais essencialmente organizadas por municípios, distritos, microrregiões do Estado e/ou em uma combinação deles foram inseridos nos mapas eletrônicos e os dados por elas organizados. Assim, os dados e os resultados (inclusive a avaliação dos indicadores absolutos da segurança com outros indicadores estatísticos) do sistema BASTa podem ser apresentados por tais unidades a critério do usuário do sistema.

Os parâmetros para a identificação de segmentos críticos nas rodovias rurais no Estado de Brandenburg foram determinados em função dos custos sócio-econômicos dos acidentes tendo-se em conta que: (i) a causa da ocorrência de acidentes graves (com feridos ou elevados danos materiais) em segmentos fora das áreas urbanas deve ser procurada principalmente na similaridade das ocorrências de acidentes, (ii) para essas ocorrências não se aplicam os critérios como “mais de três acidentes por ponto crítico”.

Os seguintes custos básicos de acidentes foram adotados:

*Tabela 3.1: Custos Básicos por Categoria de Acidentes Adotados*

|  |                            | Dados de 2000 |
|--|----------------------------|---------------|
| <i>Tipo de Acidente</i>                            | <i>Local da Ocorrência</i> | <i>DM</i>     |
| Com pelo menos 1 pessoa morta ou gravemente ferida | Fora das áreas urbanas     | 427.000       |
|  | Area urbana                | 228.000       |
| Com pelo menos 1 pessoa levemente ferida           | Foras das áreas urbanas    | 39.000        |
|  | Area urbana                | 28.000        |

A partir desses custos básicos são calculados outros indicadores estatísticos, tais como:

- densidade de acidentes (acidentes por km e ano);
- densidade dos custos de acidentes (custos totais dos acidentes por km e ano);
- taxa de acidentes (acidentes por  $10^6$  veículos.km);
- taxa de custos de acidentes (custos de acidentes para cada  $10^6$  veículos.km);
- acidentes por habitante e ano;
- custos de acidentes por habitante e ano;
- densidade evitável dos custos de acidentes (potencial da segurança do trânsito rodoviário).

Com o auxílio dos custos básicos de acidentes são calculados os custos de acidentes mínimos para uma rodovia com seção transversal típica [57]. Esses custos

mínimos são os custos verificados em média se os elementos e os dispositivos mais apropriados em termos de engenharia da segurança do trânsito da rodovia previstos pelas normas de segurança forem implementados. As taxas adotadas para os custos mínimos de acidentes foram:

*Tabela 3.2: Taxas de Custos Mínimos de Acidentes por Categoria de Rodovia*

| <i>Tipos da Seção Transversal cfe RAS-Q 96</i> | <i>DM/1000 veículos km-ano</i> |
|--|--------------------------------|
| RQ 36,5  | 33                             |
| RQ 26  | 35                             |
| RQ 20  | 42                             |
| RQ 15,5  | 47                             |
| RQ 10,5  | 66                             |
| RQ 9,5   | 79                             |
| RQ 7,5   | 99                             |

Fonte: FGSV/RAS-Q 96 [57]

As densidades evitáveis de acidentes, também conhecidos como o *potencial da segurança do trânsito*, representam as economias que poderão ser alcançadas por quilômetro através da remoção dos principais fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes em um segmento rodoviário. Esses valores são determinados pela diferença entre as densidades dos custos atuais e dos custos mínimos a serem alcançados em média com a implementação das intervenções. O sistema BASTa divide os valores do potencial de segurança do trânsito em cinco classes e apresenta-as em cores distintas nos mapas eletrônicos para a melhor diferenciação dos segmentos que necessitam intervenções.

Esse sistema permite ainda:

- a) plotar, individualmente, os acidentes nos mapas de registro de acidentes, com indicação opcional da categoria e do tipo de acidente;
- b) relacionar para os segmentos rodoviários as informações adicionais sobre as ocorrências dos acidentes dos últimos três anos, assim como a avaliação desses indicadores com os parâmetros limites;
- c) indicar os custos de acidentes evitáveis dos segmentos rodoviários por área administrativa desejada do usuário;
- d) apresentar listas de prioridades para as ações do ano atual. A lista é composta de tal forma que os custos evitáveis de acidentes e os custos dos acidentes do ano atual sejam adicionados com os correspondentes dados dos

últimos três anos para assim eliminar as possíveis oscilações nas prioridades;

- e) realizar avaliações especiais por tipo de acidentes, como por exemplo, acidentes com ciclistas, veículos de cargas e crianças, assim como acidentes com pistas molhadas ou choques em árvores;
- f) emitir uma lista de acidentes por segmento crítico analisado contendo as principais informações pertinentes a cada acidente;
- g) emitir sumário da análise da segurança para a região em estudo.

A partir dos relatórios emitidos pelo sistema, a Secretaria dos Transportes de Brandenburg elabora anualmente, desde 1996, um pacote especial de medidas para redução de acidentes, tais como o Programa de Ações Imediatas de 1996, Programa “Tempo 80 km/h *in Alleen*” de 1998 (estabelecendo a velocidade máxima de 80km/h em rodovias arborizadas) e o Programa de Segmentos Rodoviários Vermelhos em Áreas Rurais de 2000 (segmentos vermelhos referem-se aos segmentos críticos que apresentam o maior nível potencial de segurança, representado em cor vermelha pelo BASTa). A supervisão da implementação das ações (road safety check) desses programas é realizada por uma equipe de trabalho da Secretaria dos Transportes de Brandenburg mediante inspeções periódicas nos departamentos rodoviários. O atual Programa de Segmentos Críticos em Áreas Rurais enfatiza a execução de pequenas intervenções construtivas como a instalação de defensas, o alargamento de curvas com a inserção de ilhas, a eliminação de obstáculos, a melhoria da visibilidade para o usuário, da aderência e da inclinação transversal dos pavimentos.

A operação do sistema BASTa requer a instalação prévia do sistema de informações geográficas *MapInfo Professional* a partir da versão 5.0, assim como o acesso aos bancos de dados das demais agências intervenientes apropriadamente organizados.

### **3.2.5 TIM - Sistema de Informação e Gerência de Trânsito [60]**

Uma das aplicações do GIS refere-se à constituição de um sistema de informação rodoviário, como ocorre com o TIM (*Traffic Information and Management*). Esse sistema, tendo como base o sistema GIS Map-Info, considera atualmente as seguintes áreas técnicas:

- dados básicos (inclui os módulos: mapas, dados da estrutura sócio-econômica e banco de dados de informações rodoviárias);
- tráfego motorizado (inclui os módulos: semáforos, volumes de tráfego e estacionamentos);
- transporte coletivo (inclui os módulos: redes de linhas, pontos de parada, análise das linhas, facilidades disponíveis nos pontos de parada e medidas para reduzir o tempo da viagem);
- trânsito de pedestres e bicicletas (inclui os módulos: estacionamentos para bicicletas e dispositivos auxiliares para cruzamento de rodovias);
- dispositivos (inclui os módulos: sinalização vertical e horizontal);
- planejamento da infra-estrutura (inclui os módulos: apresentação de planos, manutenção das instalações de trânsito);
- gerenciamento do trânsito (inclui os módulos: tratamento das contagens de tráfego e avaliação técnica do trânsito);
- segurança do trânsito (inclui os módulos: notificação de acidentes de trânsito, mapas eletrônicos de registro de acidentes e diagrama de acidentes).

### 3.3 GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NOS USA [6, 7, 15, 25, 98]

O gerenciamento da segurança rodoviária nos USA envolve, principalmente, além de outras entidades governamentais e não-governamentais os seguintes órgãos do USDOT: (i) NHSTA (National Highway Traffic Safety Administration); (ii) FHWA Federal (Highway Administration); (iii) BTS (Bureau of Transportation Statistics) [141].

A partir de 1945, os USA desfrutaram de uma prosperidade e de uma mobilidade sem precedentes. Os automóveis tornaram-se uma característica central da cultura americana alterando significativamente a economia através do aumento de renda per capita, sub-urbanização das cidades e a construção do Sistema Rodoviário Interestadual. Essas mudanças estão refletidas de uma forma dramática nos principais parâmetros das estatísticas rodoviárias.

De 1945 a 1992, o número de veículos registrados nos USA aumentou de 31 para 193 milhões. A milhagem viajada por veículos automotores aumentou ainda mais dramaticamente. Se esse índice era de 250 bilhões veículos milhas em 1945, em 1996 pulou para 2,5 trilhões veículos milhas. Esse acréscimo de mobilidade resultou, todavia, em um aumento expressivo de pessoas mortas em acidentes de trânsito nas rodovias, ampliando de 28 000 mortes/ano em 1945, para cerca de 42 000 mortes/ano em 1996 [15, 71].

A preocupação atual dos americanos é gerenciar a infra-estrutura como um todo tendo a segurança do trânsito rodoviário como um componente integral. O “Intermodal Surface Transportation Efficiency Act” de 1991 (ISTEA-91) estabeleceu uma base sistemática para o gerenciamento da infra-estrutura de transporte apresentando as inter-relações dos distintos sistemas de gerenciamento dos transportes e explicitou a necessidade de se coordenar e integrar todos os programas de melhoramentos de transporte existentes através de um único e coesivo esforço.

Nesse sentido, o ISTEA fixou uma importante etapa para uma nova era do gerenciamento dos transportes. Assim como os efeitos ambientais introduziram novos aspectos nas fases de definição de políticas e de sua implementação, as exigências de planos de desenvolvimento de longo prazo para os estados e áreas metropolitanas e de sistemas de gerência dos transportes mudaram o planejamento e a estrutura de decisão e introduziram novos atores nos processos de tomada de decisão.

O ISTEA-91 exigiu dos estados americanos o desenvolvimento e a implementação de seis sistemas de gerência: (i) de pavimentos; (ii) de obras de arte especiais; (iii) de segurança; (iv) de congestionamentos; (v) de transporte públicos; (vi) intermodal.

Como *sistemas de gerência* são entendidas as ferramentas que permitem prover informações para assistir os tomadores de decisão dos estados e entidades locais na seleção de políticas, programas e projetos com boa relação custo-eficácia, melhorar a segurança e a eficácia da infra-estrutura nacional e proteger os investimentos públicos realizados nessa infra-estrutura.

Nesse contexto entende-se por:

- *Sistemas de Gerência dos Pavimentos (SGP)*, processos sistematizados que fornecem informações chaves para o uso na elaboração e implementação de programas de reconstrução, reabilitação e manutenção preventiva dos pavimentos e resulta em pavimentos projetados para suportar o tráfego

presente e futuro de uma maneira segura, durável e com boa relação custo/eficácia;

- *Sistemas de Gerência de OAE (Obras de Arte Especiais)*, processos que incluem, entre outras atividades: (i) os procedimentos para a coleta, processamento e atualização dos dados de inventários de pontes e viadutos; (ii) prever a deterioração de pontes; (iii) identificar projetos para melhorar as condições, a segurança e o uso de pontes e viadutos; (iv) estimar custos das intervenções; (v) determinar estratégias de baixo custo para a manutenção, reparo e reabilitação de pontes e viadutos.
- *Sistema de Gerência de Segurança*, processos sistemáticos que objetivam reduzir o número e a severidade de acidentes de trânsito através da incorporação de oportunidades para melhorar a segurança das rodovias desde a fase do planejamento, projeto, construção e manutenção até a operação do sistema rodoviário. Inclui: (i) a coleta e a análise de dados de segurança rodoviária, (ii) a disseminação de informações públicas; (iii) a provisão de atividades educacionais; (iv) a coordenação adequada entre as agências responsáveis por diferentes elementos de segurança (veículos, rodovias, condutores e fiscalização e regulamentação);
- *Sistemas de Gerência de Congestionamentos*, processos sistemáticos que permitem prover informações sobre a performance de um sistema de transporte e as estratégias alternativas para amenizar os congestionamentos e melhorar a mobilidade de pessoas e bens. Esse sistema inclui: (i) o monitoramento e a avaliação da performance do sistema de transporte; (ii) a avaliação e a implementação de estratégias com boa relação custo/eficácia; (iii) a avaliação da eficácia das ações implementadas;
- *Sistemas de Gerência do Transporte Público*, processos sistematizados que permitem a coleta e a análise de informações sobre as condições e os custos das facilidades de manutenção, estações, terminais, equipamentos e veículos de transporte de uma forma contínua, identificando necessidades e capacitando os tomadores de decisão para selecionar as estratégias com boa relação custo/eficácia para pôr e manter os equipamentos e demais facilidades de trânsito em boas condições de serviço;
- *Sistemas de Gerência Intermodal*, processos sistemáticos que visam identificar as interligações entre os distintos modos de transporte, definir

estratégias para melhorar a eficácia das interações modais, avaliar e implementar tais estratégias.

Enquanto os sistemas de gerência dos pavimentos foram inicialmente desenvolvidos nos finais dos anos 60, os sistemas de gerência de segurança começaram a ser introduzidos nos USA apenas nos anos 80. Poucos estados americanos, todavia, tiveram experiência com sistemas de gerência de congestionamentos, de transporte público e intermodal antes da exigência do ISTEA.

Os sistemas de gerência de pavimentos foram implementados em todos os estados americanos. Até março de 1997, cerca de trinta estados dos USA haviam implementado os seus sistemas de gerência do transporte público e intermodal. Todos os sistemas estão em constante desenvolvimento e aperfeiçoamento. Um modelo nacional de gerência da segurança está sendo implementando pela FHWA no Estado de IOWA (vide item 3.3.5). A implementação dos sistemas SGS nos USA conta com um programa de assistência técnica da FHWA (vide item 3.3.3).

Cientes dos benefícios que esses procedimentos sistematizados poderão gerar para os processos de tomada de decisão gerando informações satisfatoriamente precisas e prontamente disponíveis antes da implementação das intervenções, vários estados americanos estão continuando a implementação dos sistemas de gerência exigidos pelo ISTEA, apesar de serem opcionais a partir de 1996.

O “Highway Safety Act de 1996” exigiu dos estados americanos o desenvolvimento de Planos de Segurança Rodoviária visando resolver, de forma sistemática, o problema dos acidentes em rodovias. Esse dispositivo legal do governo federal estabeleceu as principais diretrizes para as intervenções que reduziram a taxa de mais de cinco mortes por 100 milhões de veículos milhas viajadas daquele ano para a atual menor que dois [15, 71].

### **3.3.1 Equipes de Pesquisas da FHWA na Área da Segurança Rodoviária.**

Para alcançar seu principal objetivo de facultar às pessoas a transitarem com segurança nos USA, a FHWA [131] dispõe atualmente, de quatro equipes que conduzem pesquisas inovativas para tornar as rodovias americanas mais seguras, quais sejam:

- a) a equipe “Sistema Centralizado no Homem” (*Human Centered System Team*) conduz as pesquisas dos fatores humanos relacionados à segurança rodoviária e aos sistemas inteligentes de transporte (ITS). O tema realiza pesquisas onde o bem-estar do condutor é um fator determinante para a segurança rodoviária. As pesquisas visam melhorar as rodovias para os condutores idosos e jovens, reduzir acidentes decorrentes de fugas de veículos das pistas de rolamento, desenhar áreas em obras mais seguras, identificar erros de condutores, desenvolver modelos de performance de condutores, determinar a visibilidade de sinais e outros dispositivos de segurança;
- b) a equipe “Faixas Rodoviárias Laterais” (*Roadside Team*) objetiva reduzir o número de fatalidades e seriamente feridos decorrentes de acidentes que envolvem obstáculos nas faixas laterais das rodovias. As pesquisas envolvem testes com simulações de acidentes, testes de acidentes e de laboratório, acidentes de capotamento e tombamento, assim como pesquisas e análises de materiais avançados;
- c) a equipe “Pista de Rolamento” (*Roadway Team*) visa desenvolver os desenhos geométricos, o gerenciamento de velocidades, as técnicas para o melhoramento da visibilidade, o ferramental de avaliação da segurança para manter os veículos sobre a rodovia, os acidentes relacionados à redução de velocidades, assim como melhorar a segurança de pedestres e ciclistas e aumentar a segurança nos trechos em obras.
- d) a equipe “Gerência da Segurança” (*Safety Management Team*) responde pela operação do Sistema de Informação da Segurança Rodoviária (HSIS), pelo desenvolvimento e testes de tecnologias de coleta de dados e ferramental de análise da segurança e pelo desenvolvimento e divulgação de modelos de gerência para a segurança rodoviária.

### **3.3.2 Plano Estratégico de Segurança Rodoviária da AASHTO [1, 2, 3, 4, 5, 6]**

Nos USA, as taxas dos acidentes com veículos em rodovias entre 1991 e 1995 mantiveram-se inalteradas. As projeções baseadas no “status quo” e na expectativa de vida dos americanos de 75 anos indicam que uma criança de cada 84 nascidas será

morta violentamente em um acidente rodoviário; e ainda mais, seis de cada dez crianças nascidas atualmente serão feridas em um acidente rodoviário, muitas delas mais que uma vez. O estudo da AASHTO [6] revela que, além das atuais taxas de acidentes serem consideradas inaceitáveis, a sociedade americana também não aceita que as atuais projeções desses indicadores para os próximos anos se realizem.

Estas constatações levaram ao *Standing Committee for Highway Traffic Safety* da AASHTO, com a assistência da FHWA e NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*) e o *Committee on Transportation Safety Management* da TRB, reunir em 1996, um grupo de trabalho nacional integrado por especialistas de segurança em assuntos ligados aos condutores de veículos automotores, aos veículos propriamente dito e às rodovias de distintas organizações para elaborar um plano estratégico compressivo de segurança rodoviária que pudesse ser capaz de reduzir substancialmente o número de mortes e feridos resultantes de acidentes nas rodovias federais dos Estados Unidos. O grupo de trabalho foi composto por representantes dos “clientes” da iniciativa privada e das entidades dos governos federal e estadual.

O plano, concluído em 1997 e apresentado de forma compreensiva aos interessados, reflete as contribuições das diversas organizações de segurança envolvidas e destina-se não apenas à infra-estrutura rodoviária, mas também às responsabilidades do condutor, dos ocupantes, das fabricantes de veículos e daquelas ligado às atividades pós-acidente. Esse plano foi elaborado tendo por base outros programas existentes, tal como o NSC's *National Agenda for Safety Records, Roadside Safety Plan, Improving Roadside Safety* (desenvolvido pelo *National Cooperative Highway Research Program* da TRB) e o Plano Estratégico EMS - Serviço Médico-Emergencial.

A missão do grupo foi criar um plano estratégico de segurança rodoviária inteligível e realizável para os interessados que tem por principal meta salvar entre 5 000 a 7 000 pessoas a cada ano, assim como reduzir substancialmente os custos médico-hospitalares. Espera-se que o plano possa estar totalmente implementado nos próximos cinco a sete anos, com uma significativa redução na freqüência e severidade dos acidentes.

Os participantes identificaram 92 ações concretas em 22 objetivos agrupados em seis áreas técnicas que: (i) afetam explicitamente a segurança rodoviária; (ii) apresentam uma boa relação custo-eficácia; (iii) são aceitáveis para uma significativa maioria dos americanos. Para cada uma das estratégias, o grupo desenvolveu uma minuta de um plano de implementação.

A relação a seguir apresenta os objetivos definidos para cada uma das áreas técnicas (as ações correspondentes para que esses objetivos pudessem ser alcançados estão relacionados no Apêndice 2):

*Área 1 – Condutores*

1. Instituição de licenças graduadas para condutores jovens.
2. Certificação de que os condutores são totalmente licenciados e competentes.
3. Sustentação da proficiência dos condutores idosos.
4. Restrições à direção agressiva.
5. Redução da direção danosa.
6. Manter os condutores alertas.
7. Aumento da conscientização do nível de segurança dos condutores.
8. Aumento do uso do cinto de segurança e melhoramento da eficiência do air-bag.

*Área 2 - Usuários Especiais*

9. Aumento da segurança de caminhar ao longo de vias e cruzar vias.
10. Maior segurança para os ciclistas.

*Área 3 – Veículos*

11. Aumento do nível de segurança e conscientização dos motociclistas.
12. Aumento da segurança do trânsito de caminhões.
13. Aumento das melhorias de segurança dos veículos.

*Área 4 – Rodovias*

14. Redução das colisões entre veículos e trens.
15. Manter os veículos sobre as rodovias.
16. Minimização das conseqüências dos veículos que abandonam as rodovias.
17. Melhoramento dos projetos e operação das intersecções.
18. Redução das colisões frontais e de abalroamento transversal.
19. Desenho mais seguro das áreas em obras.

*Área 5 - Serviços Médico-Emergenciais*

20. Melhoramento da capacidade médico-emergencial para aumentar a sobrevivência.

*Área 6 – Gerência*

21. Melhoramento dos sistemas de informação e de suporte às decisões.
22. Criação de processos e sistemas de gerência de segurança mais eficientes.

No que se refere à *gerência*, especificamente ao objetivo *aperfeiçoar os sistemas de informação e de suporte à decisão*, o plano da AASHTO entende que: (i) a boa informação usada de uma forma apropriada é fundamental para que ações saudáveis possam ser realizadas na área de segurança de trânsito; (ii) os condutores com registros de condução inapropriada necessitam ser rigorosamente investigados e medidas adequadas devem ser tomadas para assegurar a segurança do público; (iii) as informações sobre o *como, quando, quem, onde e porque* dos acidentes devem ser registradas; (iv) os dados devem estar prontamente disponíveis para análise e uso na elaboração de políticas de segurança; (v) a tecnologia existe para coletar, agrupar, integrar e utilizar informações para os mais diversos importantes temas da segurança do trânsito. Entender e usar a tecnologia de informação como a maior vantagem é um desafio crítico para os programas de segurança de trânsito em todo os Estados Unidos.

Para alcançar esse objetivo foram estabelecidas as seguintes ações:

- *melhorar a qualidade dos dados de segurança*. Bons dados de acidentes são a espinha dorsal de um efetivo sistema de gerência de segurança. A qualidade dos dados pode ser melhorada através: (i) do desenvolvimento e distribuição de manuais para uso em investigações de acidentes; (ii) da demonstração do uso de diversas técnicas para assegurar a qualidade; (iii) da determinação do uso apropriado dos dados; (iv) do desenvolvimento de um manual para assegurar performance da coleta de dados; (v) da realização de avaliações independentes dos dados de trânsito; (vi) da demonstração de métodos de comunicação entre usuários e o pessoal responsável pela coleta para facilitar o entendimento sobre os temas e o uso dos dados;
- *capacitar gerentes e usuários dos dados de segurança rodoviária*. A AASHTO está convencida de que: (i) o melhor banco de dados existente nada vale se os usuários não estiverem capacitados para trabalhar com eles; (ii) é necessário que se apresente periodicamente aos usuários o estado da arte da tecnologia de informação de segurança especificamente para a coleta, armazenamento e análise dos dados; (iii) igualmente se faz mister que periodicamente se apresente o estudo de caso do setor, se demonstre à habilidade para se ter acesso direto e uso dos dados para fins de análise e se demonstre tecnologias de visualização de dados;
- *estabelecer os meios pelos quais a coleta, o gerenciamento e o uso possam ser coordenados em todos os níveis jurisdicionais e entre organizações*.

Nesse aspecto, a AASHTO propõe estabelecer um comitê federal ou regional com departamentos responsáveis pelos sistemas de informação da segurança rodoviária, assim como dos usuários de tais sistemas. Um guia para eliminar ou evitar barreiras das organizações para a coleta, gerenciamento e uso de informações da segurança rodoviária também deverá ser desenvolvido;

- *estabelecer um grupo técnico treinado em métodos analíticos para a avaliação das informações da segurança rodoviária.* Um bom sistema de dados equipado com um processo de fácil extração poderá se tornar sem benefícios se os profissionais não estiverem devidamente treinados para processar análises. É fundamental que se realize entre os técnicos usuários um programa de treinamento adequado para melhorar a capacidade de análise dos dados da segurança do trânsito para que possam trabalhar, gerenciar e interpretar os dados apropriadamente;
- *estabelecer padrões técnicos das características chaves dos sistemas de informação de segurança para a operação efetiva de programas de sistemas de gerência de segurança.* Dados que são tecnicamente “defeituosos” ou sujeitos a interpretações diversas poderão comprometer a eficácia dos sistemas de informação de segurança. Essa ação visa estabelecer um comitê permanente de padrões de informação os quais a comunidade de sistemas de informação nacional, estadual e local usa para resolver e eliminar discrepância de dados técnicos.

Outro objetivo do Plano é *criar processos e sistemas de gerência de segurança mais eficazes.* A exemplo de outros esforços complexos, os programas de segurança do trânsito necessitam ser bem gerenciados para serem eficazes. Metodologias saudáveis e eficazes são essenciais para os sistemas integrados de informação. Os sistemas existentes deverão ser aperfeiçoados, tendo a perspectiva de segurança para todas as fases de uma rodovia desde o desenho até a sua manutenção.

A experiência nos EUA tem demonstrado que os governos locais e as instituições das comunidades são muitas vezes mais eficazes ao tratar de seus temas ligados à segurança do trânsito que níveis mais centralizados dos governos. Isso é verdade quando se referem às ações de educação e fiscalização. As coligações entre os governos locais, órgãos intervenientes e “clientes” interessados têm influenciado positivamente uma variedade de assuntos de segurança nas suas regiões de influência,

reduzindo os excessivos índices de acidentes e de fatalidades dos principais corredores que atravessam as suas comunidades. As reações e soluções das comunidades para os problemas de segurança devem ser tomadas com muita seriedade.

O Plano da AASHTO prevê, ainda, que ao se desenvolver processos e sistemas de gerência de segurança dever-se-á:

- a) incorporar os *conhecimentos e as experiências já adquiridas com o desenvolvimento e operação dos melhores sistemas existentes*. Dever-se-á compilar e distribuir os estudos de casos, iniciativas e melhores práticas realizadas. Também deverá ser desenvolvido e distribuído um sumário executivo de orientação para a polícia e tomadores de decisão. Deverão ser oferecidos “workshops” regionais de SMS (Safety Management System) e cursos de treinamento;
- b) *implementar processos piloto de auditoria de segurança*. O processo de auditoria usado na Europa e na Austrália tem o potencial de reduzir os acidentes entre 3 a 4 % através de processos que visam melhorar o desenho, construção e manutenção das rodovias a partir de uma perspectiva de segurança. Essa iniciativa deverá também desenvolver um modelo de manuais de auditoria de segurança, demonstrá-los em cinco estados, avaliar os resultados, desenhar os melhoramentos e divulgá-los em todo o território americano;
- c) *promover forte coordenação, cooperação e comunicação de iniciativas de segurança em cada Estado*. Com essa iniciativa, se prevê promover a constituição de equipes multidisciplinares (engenharia, educação, policiamento, serviço médico emergencial), convocar conferência nacional de SMS e identificar os meios para integrar as considerações bem sucedidas da área de segurança nas atividades relevantes de desenvolvimento dos sistemas rodoviários;
- d) *integrar as ações de planejamento dos programas de segurança rodoviária e dos sistemas de informação da segurança rodoviária*. O uso efetivo de tais sistemas forma a espinha dorsal de um sistema de gerência de segurança. Essa iniciativa do grupo de trabalho responsabiliza a equipe de gerenciamento de segurança pelo monitoramento dos processos e sistemas de informação de segurança como um todo para assegurar a coordenação e o planejamento entre sistemas de informação e programas que impactam a

segurança rodoviária. Pontos de tomadas de decisão chaves que podem impactar significativamente a segurança rodoviária deverão ser identificados. Um manual deverá ser desenvolvido para facilitar o uso de dados de segurança para dar suporte às tomadas de decisão;

- e) *implementar um sistema de medição de performance para avaliar a relação custo-eficácia dos investimentos de projeto e programas.* A iniciativa visa desenvolver e distribuir um modelo para medir performances e avaliar os melhoramentos obtidos, demonstrá-los aos estados e avaliar a sua eficácia; se apropriado após o seu aperfeiçoamento, distribuí-lo para a sua implementação nacional.

De acordo com a AASHTO, a implementação de programas de segurança nos corredores rodoviários deverá envolver consultas às comunidades locais visando engajar parceiros diretamente afetados pelas áreas da segurança do trânsito dos corredores em estudo. Esses programas deverão ser implementados em cerca de 50% das áreas urbanas americanas com população igual ou superior a 5 000 e em 300 ou mais corredores com elevadas taxas de acidentes.

Esse esforço inclui as comunidades situadas ao longo dos corredores. Uma comunidade segura é aquela que promove continuamente a prevenção de acidentes e a realização de atividades de controle local para resolver problemas inerentes às rodovias, à segurança do trânsito e aos acidentes. Em tais comunidades, uma coligação multidisciplinar ou de uma força de trabalho claramente definida aprofunda a identificação do problema relacionado às fatalidades e aos acidentes, assim como às suas ramificações médicas e financeiras.

A iniciativa claramente definida para um corredor é similar aos programas da comunidade na área de segurança com a diferença de que essa objetiva a redução de acidentes em uma específica rodovia potencialmente perigosa (taxa potencial elevada de acidentes) e que, muitas vezes, envolve várias comunidades. Os programas compreensivos de segurança de corredores rodoviários foram bem sucedidos e alcançaram reduções de acidentes de 25 a 40 % em alguns estados nos quais foram implementados, tendo ações que se referem à educação, à conscientização, à fiscalização, aos pequenos melhoramentos da infra-estrutura e aos serviços médico-emergenciais.

Os programas educacionais, a serem elaborados com a parceria das comunidades interessadas, deverão contemplar, segundo a proposição da AASHTO, as seguintes

áreas técnicas: (i) segurança do pedestre; (ii) direção agressiva, descuidosa e sem a devida habilitação; (iii) excesso de velocidade; (iv) uso dos cintos de segurança; (v) dispositivos de controle de trânsito; (vi) pontos de elevados índices de acidentes; (vii) perigos nas faixas laterais; (viii) segurança dos trechos em obras; (ix) serviços médico emergenciais.

O grupo de trabalho coordenado pela AASHTO está ciente de que várias soluções para evitar acidentes - particularmente aquelas que envolvem a conscientização pública, a educação, a engenharia e a fiscalização - poderão ser mais efetivamente obtidas pelos responsáveis dos governos locais e das instituições das comunidades, advogados de segurança e outros grupos locais do que através dos oficiais e técnicos das entidades federais mais centralizadas.

Os manuais bem sucedidos da NHTSA deverão ser ampliados, incorporando-se às iniciativas de segurança da FHWA e FRA (Federal Railroad Administration).

### **3.3.3 Programa de Assistência Técnica para a Implementação de Sistemas de Gerência da Segurança Rodoviária nos USA [58].**

Um sistema de gerência da segurança rodoviária (SMS) nos USA é um processo compreensivo que tem por objetivo reduzir o número e a severidade dos acidentes no trânsito rodoviário através da seleção e implementação efetiva de estratégias e projetos de segurança no sistema do transporte rodoviário. Um SMS insere segurança em todas as fases do processo de tomada de decisão a começar do planejamento, desenho, construção, manutenção e operações. Sistemas de gerências da segurança bem desenhados e implementados podem contribuir para a redução significativa do número de acidentes de trânsito, de feridos e de fatalidades.

A FHWA e NHTSA somaram esforços para desenvolver um programa de assistência técnica consistente e inteligível para ajudar os estados interessados em um SMS. A assistência técnica prevê a realização de um workshop para capacitar os estados para o desenvolvimento preliminar e a implantação de um SMS na forma preconizada pelo ISTEA (1991). Esse programa deverá especificamente: (i) promover o SMS; (ii) prover a assistência técnica e o treinamento de técnicos dos estados, necessários para a implementação e operação de um SMS; (iii) apresentar estudos de casos e do mercado de SMS aos estados e às agências locais.

### **3.3.4 Sistema de Informação da Segurança Rodoviária (HSIS). [124, 125, 126, 132]**

O Sistema de Informação da Segurança Rodoviária (HSIS) é um banco de dados interestadual desenvolvido pelo FHWA que contém dados de acidentes, de inventários rodoviários e de volumes de tráfego de um grupo seletivo de estados nos USA. O grupo composto por oito estados foi selecionado em função da qualidade de seus dados, do intervalo disponível de dados e da possibilidade de seus dados poderem ser combinados (tratados) com dados de outros arquivos.

O HSIS é usado pela equipe da FHWA, empresas contratadas, pesquisadores, engenheiros e administradores rodoviários que, freqüentemente, se defrontam com decisões que dizem respeito ao desenho e operação de sistemas rodoviários.

O sistema permite entender, através da análise dos dados, como a segurança é afetada pelo projeto geométrico da rodovia, pela escolha e instalação de dispositivos físicos (obstáculos) nas faixas laterais da via, pelo uso de dispositivos de controle de trânsito, pelas dimensões, capacidade e performance dos veículos e pelas necessidades e habilidades dos usuários. Esse entendimento pode ser obtido através de uma análise saudável de informações sobre os acidentes, a geometria das rodovias, dispositivos de controle de trânsito, dados volumétricos do tráfego e a localização de elementos fixos e obstáculos nas faixas laterais das rodovias.

Os dados do HSIS são adquiridos anualmente do grupo de estados integrantes do sistema, processados em um formato de computação comum, documentados e preparados para a análise. O sistema HSIS é usado para uma “simples identificação” de um problema, para a elaboração de estudos detalhados da ocorrência de acidentes rodoviários, assim como para dar suporte aos programas de pesquisa da FHWA e para a definição de políticas da segurança rodoviária.

Os dados são armazenados no banco de dados relacional SYBASE. Os dados podem ser extraídos em formato ASCII ou convertidos para o formato SAS (Statistical Analysis System) para uso em análises estatísticas. Esse banco de dados contém apenas os dados de acidentes relatados pela polícia que ocorreram no sistema rodoviário mantido pelos oito estados selecionados.

Para cada HSIS estadual foi desenvolvido um manual detalhado, visando prover informações suficientes aos usuários para o efetivo uso do sistema. O primeiro volume

contém a descrição básica do sistema estadual, uma listagem em ordem alfabética das variáveis disponíveis, definições detalhadas das categorias e variáveis utilizadas e notas sobre a qualidade das variáveis. O volume II contém tabulações das variáveis contidos em cada arquivo para os últimos cinco anos. O referido manual é atualizado a cada dois anos.

O sistema contém os seguintes arquivos:

- a) *acidentes* - (inclui dados básicos dos acidentes, veículos e ocupantes por ocorrência. Dados típicos incluem: tipo de acidente, tipo de veículo, sexo e idade dos ocupantes, colisões com obstáculos fixos, severidade dos acidentes e condições climáticas);
- b) *inventário rodoviário* - (contém informações da sessão transversal da rodovia, tipos da rodovia e outras características. Os dados incluem: número e largura de faixas de rolamento, tipo e largura dos acostamentos, largura da faixa central, se é urbana ou rural e a classificação funcional);
- c) *volume de tráfego* - (contém os dados de TMDA. Os dados adicionais, tais como o volume, horário e o percentual de caminhões, também estão disponíveis para alguns locais ou estados);
- d) *geometria rodoviária* - (contém informações sobre as curvas horizontais e o greide vertical. Os dados incluem o raio e extensão da curva e o percentual do greide);
- e) *intersecção I* - (contém dados que se referem às intersecções de mesmo nível, tais como o tipo do controle de trânsito, tipo da intersecção, fases do semáforo e faixas de rolamento);
- f) *intersecção II* - (contém as informações sobre intersecções de diversos níveis, tais como as características das rampas de acesso e o tipo da intersecção);
- g) *número de identificação do veículo (VIN)* - (contém marca, modelo, estilo, tipo da estrutura, peso e número de rodas do veículo);
- h) *guardrail/Barreiras* - (contém um inventário dos guardrails. Os dados incluem: tipo de guardrail, tipo de poste, altura e terminal do guardrail).

O HSIS é operado pelo Centro de Pesquisa da Segurança Rodoviária da Universidade da Carolina do Norte e a Corporação LENDIS, sob contrato com a FHWA. A corporação LENDIS também responde pela operação do Laboratório do HSIS na Mc Lean Virginia. Esse Laboratório dispõe de (a) PCS e workstations para a

armazenagem, manutenção e análise dos dados do HSIS; (b) Videodisc Photologs – para acessar imagens de rodovias de alguns estados; (c) o sistema de informações geográfico (GIS) para manusear e apresentar os dados do HSIS.

### **3.3.5 Implantação do “Modelo Nacional” de Gerenciamento da Segurança da FHWA no Estado de IOWA/USA [128, 129, 130,]**

As agências de transporte e da segurança pública americana estão sendo pressionadas a proteger o público através do aumento da segurança com cada vez menos recursos. Esse objetivo está sendo alcançado no Estado de IOWA, nos USA, através do aumento da performance dessas agências pela realização de trabalhos conjuntos e compartilhando informações. O Modelo Nacional para o Gerenciamento da Segurança Rodoviária é um resultado da parceria entre a FHWA e o Estado de IOWA que visa demonstrar a integração bem sucedida de tecnologias de coleta de dados, de gerenciamento e de comunicação de informações de segurança. Os objetivos desse modelo são: (i) melhorar a aquisição de dados de acidentes rodoviários; (ii) comprovar tecnologias para o policiamento rodoviário; (iii) tornar mais eficiente a comunicação das informações de segurança para “clientes” chaves e incrementar o uso dessas informações para programas de segurança.

Ao invés de duplicar esforços ou desenvolver soluções incompatíveis em caráter estadual, as agências de IOWA (IOWA-DOT e IOWA-DPS) utilizam um modelo integrado para o gerenciamento da segurança. Trabalhando de forma conjunta, IOWA DOT lidera os esforços que envolvem os equipamentos e softwares de computação e o IOWA DPS (Departamento da Segurança Pública) lidera as ações que se referem à comunicação.

Os benefícios do modelo integrado de IOWA são: (i) menor esforço para coleta dos dados relevantes; (ii) a aquisição eletrônica de dados e divulgação de informações de acidentes prontamente e com a acuracidade necessária; (iii) acesso comum das diferentes agências às informações relativas aos acidentes, incluindo pessoas envolvidas, severidade, condições climáticas e locação; (iv) a transmissão de dados e “feedback” com o sistema judicial que se refere às informações de multas e de resultados adjudicados; (v) a maturidade no uso do ferramental analítico.

Nesse modelo, foram desenvolvidos conjuntos integrados de arquivos eletrônicos que compartilham dados entre todos os formulários de entrada, eliminando inserção duplicada de dados e provendo a transmissão eletrônica estadual e local imediata para arquivos distantes. Os formulários incluem dados: (i) de relatórios de acidentes (crash reports); (ii) de inspeções dos veículos comerciais; (iii) de multas; (iv) de relatórios da condução alcoolizada; (v) de relatórios de incidentes (incident reports).

Para manuseio dos dados, o Estado de IOWA utiliza *pen-based computers*, impressoras portáteis, leitoras de barras, câmeras digitais, GPS e GIS. Está em análise o uso de medidores a laser e de equipamentos de reconhecimento de voz.

O Estado IOWA desenvolveu um sistema próprio de informações geográficas (GIS) para análise de acidentes visando suprir as necessidades dos engenheiros e do pessoal da polícia. As análises através de sistemas GIS e ferramental *smart map* permitem mostrar geograficamente os resultados. Os registros históricos de acidentes foram referenciados com um sistema *link-node* e os dados de rodovias referenciados a um sistema *roadway-segment*. Ao referenciar os dois arquivos a um mesmo sistema de coordenadas x e y, os dados puderam ser integrados e apresentados usando o sistema GIS. O software analítico GIS desenvolvido e o software de coleta de dados de acidentes, discutido acima, geram um arquivo que faz a interface direta com eles. Essa interface possibilita inserir alguns dos elementos do relatório de acidentes automaticamente. Tais elementos incluem itens, como: tipo de superfície de rolamento, localidade, tipo das faixas de tráfego, limite de velocidade, classe da rodovia, número/nome da rodovia, marco de referência quilométrica e geometria da rodovia.

Nesse estado, a NTHSA iniciou ainda um projeto através do Departamento de Saúde Pública de IOWA que permite a interligação dos registros de acidentes, dos ambulatórios e dos cuidados para obter informações mais completas sobre a severidade dos acidentes.

Outra inovação tecnológica em avaliação no “Modelo Nacional” é o ALERT (Advanced Law Enforcement Response Technology Vehicles). Trata-se de um veículo de fiscalização (estado da arte) que usa tecnologias eletrônicas para uma série de atividades de policiamento, incluindo: (i) a comunicação sem fio; (ii) reportagem de acidentes e de fiscalização do trânsito; (iii) os registros do local de acidentes em tempo real e outros obstáculos perigosos da via por GPS. O sistema ALERT dispõe, também, de câmeras digitais para a coleta de imagens de acidentes que podem ser combinadas com relatórios de acidentes.

### **3.3.6 Sistema de Comunicação e Informação de Acidentes para as Freeways de Los Angeles - FIRST**

O recente avanço nas tecnologias GIS, o maior acesso e obtenção de dados espaciais, somado ao esforço de se alcançar padrões comuns para as tecnologias de ITS e de comunicação, induz a uma aceleração do processo de integração de sistemas ITS e GIS.

A lista de usuários de aplicações integradas de ITS e GIS, tais como as que se referem ao gerenciamento de acidentes, monitoramento de trânsito, operação de trânsito, sistemas de roteirização e monitoramento de veículos, cresce aceleradamente.

Um exemplo dessa aplicação integrada é o sistema de comunicação e de informação de acidentes via intranet e internet do Estado de Los Angeles/Califórnia/USA denominado FIRST – (Sistema de Comunicação e Informação de Acidentes de Los Angeles) [150]. Esse sistema desenvolvido pelo GIS/TRAN e operado pela Polícia Rodoviária da Califórnia, utilizando GIS, permite gerenciar os acidentes nas *freeways* daquele estado. O sistema permite, mediante representações cartográficas dinâmicas dos acidentes e procedimentos de análise dos dados de acidentes de trânsito, simplificar o processo de gerência de acidentes como um todo.

FIRST consiste em um sistema de gerenciamento central, de comunicação e de comunicação bidirecional a bordo dos veículos, interligado com as agências e as polícias rodoviárias, os meios de comunicação, unidades de pronto socorro e outras envolvidas na gerência de acidentes. Esse sistema permite ao usuário obter informações, em tempo real, sobre a ocorrência de acidentes nas rodovias locais e dos municípios próximos, assim como fornecer o status e a atualização dos dados para as agências de gerenciamento. A utilização do sistema Intranet e das tecnologias de rede mundial permitem revolucionar a gerência de acidentes locais e metropolitanos de Los Angeles.

### **3.4 GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NA AUSTRÁLIA [15, 143, 147]**

Visando erradicar os piores pontos críticos nas rodovias do país num prazo de três anos, o “Federal Office of Road Safety (FORS)” da Austrália, em cooperação com todos os estados e territórios australianos, adotou em 1989, um “Pacote Nacional da Segurança Rodoviária” com dez pontos fundamentais, estabelecendo:

- limite nacional para a dosagem de álcool no sangue de 0,05 ‰;
- uma licença nacional para condutores de ônibus e veículos pesados;
- limites nacionais uniformes de velocidades;
- limites de velocidades para veículos pesados;
- limite de dosagem de álcool no sangue “zero” para condutores jovens e de veículos pesados;
- aumento da fiscalização aleatória dos testes com bafômetros;
- uso compulsório de capacetes para ciclistas;
- licenciamento graduado para condutores jovens (estende o período de aprendizado para que os condutores obtenham maior experiência na condução de veículos rodoviários);
- aumento da fiscalização do uso de cintos de segurança e de dispositivos protetores para crianças;
- instalação de luzes para uso diurno nas motocicletas vendidas a partir de 1993.

O sucesso da implementação desse pacote somente foi possível mediante a alocação de US\$ 205 milhões e a efetiva participação dos estados e dos territórios na aplicação dos recursos.

Embora essas ações tenham reduzido o número de fatalidades e feridos entre 1989 e 1993 em 30%, o governo australiano observou uma nova tendência de crescimento desses índices a partir de 1993, o que fez com que lançasse, em 1994, a primeira estratégia nacional da segurança rodoviária acompanhada do respectivo plano de ação.

O *Nacional Road Safety Action Plan* (NRSAP) resultou de um esforço conjunto dos técnicos de todos os níveis dos órgãos públicos, entidades de segurança rodoviária, agência de saúde, polícia, indústria automobilística, organizações dos condutores, transportadoras e organizações comunitárias. Todos os seis estados e dois territórios desenvolveram seus próprios planos de ação, interligados com a estratégia nacional de segurança rodoviária. A tendência de redução do número de mortes em acidentes

rodoviários observado a partir de julho de 1993, é atribuída à implementação dessa estratégia e desse plano nacional.

A Austrália prevê que o esforço nacional, integrado à implementação dos programas específicos existentes, deverá evitar a morte de mais de 3 000 pessoas e mais de 150 000 acidentes nos próximos dez anos gerando benefícios financeiros da ordem de US\$ 1,1 bilhões a cada ano.

Os objetivos da estratégia nacional deverão ser alcançados através de ações em quatro áreas, quais sejam:

- a) *a coordenação e o envolvimento de todas as agências.* Deverá contribuir para a melhor aplicação dos recursos, assim como aumentar a participação das comunidades nos processos de tomada de decisão na área da segurança rodoviária;
- b) *a concordância dos clientes.* A parceria entre os governos, departamentos de polícia, associação de condutores, indústria e grupos comunitários desenvolveram a estratégia e acordaram um procedimento para medir os alcances;
- c) *a priorização a base de indicadores de relação custo-eficácia.* Todos os clientes serão solicitados a estabelecer prioridades de investimentos para os programas de segurança rodoviária na base de seus indicadores de custo/eficácia e de suas contribuições para todos os objetivos da estratégia;
- d) *a pesquisa e o desenvolvimento.* Entende-se ser necessário que se: (i) desenvolva novos e melhores meios para alcançar a segurança do trânsito; (ii) elimine a falta de dados nos bancos de dados; (iii) encoraje os clientes para coordenar suas atividades de pesquisas e de desenvolvimento e a compartilhar suas descobertas evitando custos em duplicidade.

A tabela a seguir apresenta as relações indicativas entre os benefícios e custos (B/C) de algumas ações do plano de segurança da Austrália indicadas em [15]:

- operação policial aleatória para o controle da dosagem alcoólica - 14/1
- reformulações das intersecções mediante a implementação de rotatórias (Roundabouts) – 7/1;
- remoção de obstáculos perigosos nas laterais da rodovia – 6/1;
- testes e treinamentos de motociclistas – 7/1;
- câmaras fotográficas de controle de velocidades – 12/1;
- melhoramento do traçado de rodovias rurais – 14/1;

- terceira faixa em rodovias rurais (overtakinglanes) – 5/1 a 10/1.

### **3.4.1 Gerenciamento da Segurança Rodoviária do Estado de New South Wales/Austrália [15]**

O estado australiano de *New South Wales* (NSW) criou, em 1989, a *Road and Traffic Authority* (RTA), incorporando as funções dos Departamentos Estaduais das Rodovias Troncais (*Main Roads*), do Transporte Motorizado (*Motor Transport*) e da Autoridade de Trânsito (*Traffic Authority*).

A RTA responde diretamente por cerca de 17 mil km de rodovias nacionais e estaduais. A execução dos serviços nos 3 mil km de rodovias federais é financiada com recursos do governo federal, os demais 14 mil pelo Estado de NSW. Cerca de 160 mil km de rodovias são financiadas pelos Conselhos Rodoviários Locais, com a assistência dos governos federal e estadual.

As rodovias federais e estaduais representam menos que 20% do total das rodovias no estado, mas respondem, atualmente, por cerca de 75% do total de veículos-km viajados. O orçamento anual da RTA, para fazer face às suas responsabilidades na rede rodoviária, é de aproximadamente US\$ 1,4 bilhões.

O número de acidentes com fatalidades nas rodovias nesse Estado, após ter alcançado o pico em 1978 com 1.384 mortes, foi reduzido para cerca de 800 mortes em 1990. Atribuiu-se os resultados à implementação de operações do tipo *blitze* para o controle do teor de álcool no sangue dos condutores e de outras medidas, como o uso efetivo de cintos de segurança, de protetores para crianças e de capacetes para os motociclistas. Apesar dessas melhorias, o governo estadual de *New South Wales* estimou para a década de 90 um total de 100 000 pessoas seriamente feridas (mortes e hospitalizados) a um custo total estimado em US\$ 15 bilhões, decorrentes principalmente do aumento da população e da mobilidade dos usuários.

Mais recentemente, o Ministério de Rodovias de NSW adotou um plano estratégico, denominado *Road Safety 2000*, elaborado em concordância com a estratégia nacional de segurança rodoviária da Austrália para reduzir o número de acidentes nas rodovias no estado, bem como seus custos decorrentes. Para até o final de 2000 se previu uma redução de cerca de 25% dos índices registrados em 1990.

A estratégia para obter a participação coordenada de todos os setores e organismos ligados à segurança do trânsito rodoviário naquele estado foi baseada, fundamentalmente, em quatro conceitos centrais:

- envolvimento da comunidade;
- planejamento do transporte e uso do solo (a segurança rodoviária deve ter prioridade máxima no planejamento e no gerenciamento dos transportes e do uso do solo);
- pessoas, rodovias e veículos mais seguros (os programas e as pesquisas devem focalizar os usuários das rodovias, as rodovias e seus fluxos, os veículos e equipamentos, a resposta aos acidentados e os cuidados pós-acidente);
- coordenação (deve ser desenvolvido um *framework* para o planejamento e para as ações da segurança rodoviária).

Apesar da Estratégia *Road Safety 2000* prover uma estrutura na qual cada um dos clientes pode entender seu papel no gerenciamento do programa estadual, um plano de ação mais detalhado foi desenvolvido priorizando a implementação dos programas e ações individuais das diversas agências e organizações públicas e privadas envolvidas na segurança rodoviária em *New South Wales*. Esse estado, sob a liderança da RTA, estabeleceu a missão e os objetivos do plano e continuamente aperfeiçoa os métodos para que os objetivos possam ser alcançados.

Para assegurar a implementação do plano de ação, o Estado de *New South Wales* entendeu ser necessária à cooperação de todas as organizações interessadas na segurança rodoviária. Para tal, foi estabelecido o Conselho Consultivo da Segurança Rodoviária, que assessora a RTA na implementação do *Road Safety 2000*. O Conselho é composto por representantes de organizações públicas e privadas de todo o estado, tais quais: o Departamento da Advocacia Geral, Instituto Australiano de Planejamento e Gerenciamento do Trânsito, Departamento de Saúde, Departamento da Educação Escolar, Departamento dos Transportes, Conselho Australiano de Seguros, Governos Locais, Associação dos Condados, Autoridade dos Acidentes Rodoviários, Associação Nacional das Rodovias e dos Motoristas, Serviços Policiais e Autoridade de Rodovias e Trânsito.

O Conselho Consultivo ajuda a esclarecer as oportunidades de coordenação e de cooperação ao longo da implementação do *Road Safety 2000*. Um fórum anual é planejado para que se possa revisar os alcances obtidos e discutir futuras direções.

Esse estado australiano entende ser fundamental otimizar a aplicação dos resultados de modo a assegurar o maior retorno possível. A priorização das intervenções foi obtida pelo critério da relação dos valores presentes dos benefícios e dos custos (B/C).

Apesar da RTA deter a responsabilidade legal sobre a segurança rodoviária no Estado de *New South Wales*, o extenso processo de consultas possibilita também o estabelecimento de metas endossadas por terceiros.

A comunicação, a coordenação e a cooperação necessárias para a implementação do *Road Safety 2000 Plan* estão sendo alcançadas através de conselhos consultivos da segurança rodoviária, grupos de planejamento e de acordos estratégicos estaduais, regionais e locais. Esses grupos recebem os dados estratégicos da segurança da RTA para auxiliar no planejamento de suas ações na área da segurança rodoviária, especialmente para a identificação e a análise de problemas específicos.

As ações estabelecidas variam desde a reformulação de intersecções até a análise e tratamento de segmentos críticos por imagem de vídeo (hightechnology vídeo imaging). A auditoria da segurança das rodovias [14], por exemplo, é tratada como um componente integrante da estratégia de ampliação da rede rodoviária da Austrália, assim como do plano *Road Safety 2000* do Estado de *New South Wales*.

Uma das ações mais bem sucedidas para a redução do índice de mortes e feridos nesse Estado é a instalação de rotatórias (roundabouts) nas intersecções com elevada frequência de acidentes. Os primeiros resultados indicaram uma redução de 63% de redução de acidentes com mortes e de 45% de redução em acidentes com feridos, possivelmente como resultado da maior atenção requerida pelos condutores.

Outras ações são específicas para os condutores de veículos pesados que respondem por cerca de 15% dos acidentes que ocorrem nesse Estado e se referem ao uso da "Safe-T-Cam". O "Safe-T-Cam" é um sistema tecnológico de videoimagem projetado para identificar placas de licenciamento dos veículos pesados no trânsito. A RTA planeja, atualmente, seu uso também para monitorar velocidades, a localização e as horas de serviço dos condutores e coordenar essas informações com as equipes das operações de fiscalização blitz de todo o estado. O objetivo de tal ação é, fundamentalmente, reduzir as velocidades extremas desses veículos no trânsito, bem como a violação do número de horas em serviço ininterrupto dos condutores. Com essa ação, a RTA prevê reduzir as velocidades extremas em 3% e evitar a morte de cinco vidas e sete feridos a cada ano.

Uma outra inovação tecnológica implantada na Austrália é o Truckanalyser, um dinamômetro portátil que mede a performance dos freios e da suspensão dianteira e apresenta os pesos dos veículos comerciais. Em 1988, 70% dos veículos comerciais tinham defeitos e, desses 22% com defeitos graves. Em 1993, as verificações aleatórias indicaram que esses percentuais foram reduzidos para 55% e 9%, respectivamente.

### **3.4.2 Gerenciamento da Segurança Rodoviária no Estado de Victória/Austrália [15]**

O Estado de Victória possui 120 000 km de rodovias e cerca de 3 milhões de veículos e número similar de condutores. O transporte rodoviário responde por cerca de 90% do transporte da carga e 95% do transporte de pessoas.

Três agências respondem pelo desenvolvimento das ações na área da segurança rodoviária no Estado de Victória, *Victória Roads Corporation* (VicsRoads), *Victoria Police* e a TAC (*Traffic Accident Commission*). Essas agências, com o Departamento de Saúde e o Centro de Pesquisa de Acidentes da Universidade de Monash (MUAC), lideram e direcionam o programa da segurança nas rodovias naquele estado.

A *VicsRoads* é a agência de transporte do estado, criada em 1989 através da junção da *Road Traffic Authority* e da *Road Construction Authority*. Com a recente privatização, a *VicsRoads* deixou de realizar atividades de construção e manutenção por administração direta para exercer funções gerenciais, tendo contratado atualmente mais de 90% das funções de manutenção com terceiros.

Em resposta ao aumento significativo do número de acidentes de trânsito observado em 1989, estabeleceu-se em 1991, um grupo de trabalho denominado Conselho de Coordenação da Segurança Rodoviária, incluindo representantes seniores da *VicsRoads*, *Victória Police*, TAC e MUAC.

A *VicsRoads*, exercendo o papel central, responde pelas estratégias e políticas da segurança rodoviária, licenciamento e educação de condutores, o registro e a padronização de veículos, bem como pelas ações para a melhoria da segurança do trânsito na rede principal.

O programa operacional mais importante da *VicsRoads* trata do estudo e desenvolvimento de medidas mitigadoras para eliminar os pontos críticos nas rodovias, das auditorias formais de segurança e do uso de câmaras fotográficas para o controle de

velocidades. Os projetos são implementados priorizando aqueles com o melhor retorno dos investimentos medido pela relação benefícios/custos (B/C).

O projeto “câmaras fotográficas para o controle de velocidades”, implementado com a participação ativa da Polícia de Victória, é considerado o mais efetivo programa de contramedidas para aumentar a segurança rodoviária no Estado de Victória. Os veículos com excesso de velocidade são fotografados, as infrações analisadas e, se confirmadas, enviadas aos infratores. A relação B/C desse projeto é 10/1.

A Polícia de Victória focaliza suas ações principalmente na fiscalização da direção com excesso de teor de alcoolemia, do excesso de velocidades e do uso de cintos de segurança. A fiscalização é coordenada com as campanhas comerciais de educação pública principalmente através da televisão.

Um dos principais programas da Polícia de Victória é a fiscalização aleatória de veículos dirigidos por condutores alcoolizados. Milhares de testes de dosagem alcoólica são realizados anualmente através desse programa denominado “booze buses”. Os registros iniciais de um infrator alcoolizado para cada quatrocentas pessoas examinadas foram reduzidos para o atual indicador de um infrator para cada setecentas pessoas examinadas (44% menos). Os testes realizados à noite, no entanto, ainda são muitos elevados, ou seja, um entre cada cem condutores dirige embriagado. Os infratores têm a sua licença de habilitação suspensa por um período que depende do teor verificado acima de limite de 0,05‰.

A agência seguradora TAC (Traffic Accident Commission), que responde pelo seguro de saúde e de acidentes obrigatório para todos os condutores de Victória, é um dos participantes mais ativos do programa de segurança rodoviária desse estado.

Tendo contribuído com a redução de acidentes nos últimos anos através da aquisição de ônibus para o controle do teor de alcoolemia dos condutores, de dispositivos fotográficos de controle de velocidades e do financiamento de comerciais de segurança do trânsito em televisão, as maiores iniciativas da TAC referem-se aos comerciais televisionados que abordam:

- a direção alcoolizada entre jovens;
- o excesso de velocidades de condutores jovens;
- a falta de concentração e de atenção de condutores jovens;
- as características dos condutores das zonas rurais;
- o cansaço de condutores de carros de passeio.

As pesquisas realizadas indicam que 95% da população aprovam os comerciais e 100% da população reconhecem os comerciais.

A TAC entende que os programas das campanhas educacionais devem focalizar claramente o tema principal, ter recursos financeiros suficientes, ser criativos, contribuir com outras iniciativas da segurança rodoviária e combinar a educação com a fiscalização do trânsito e as soluções de engenharia para alcançar a segurança rodoviária.

As ações da segurança rodoviária no Estado de Victória foram bem sucedidas tendo-se reduzido o número de mortes em acidentes rodoviários, entre de 1989 e 1992, em cerca de 50%.

A estrutura da gerência de segurança de Victória que conta com a participação de organizações interdisciplinares visa: (i) identificar problemas; (ii) desenvolver contramedidas; (iii) estabelecer prioridades; (iv) implementar projetos. As organizações que concordarem participar desse processo devem compartilhar a alocação dos recursos necessários, implementar projetos e concordar em não fazer “lobby” contra os projetos selecionados através de um modelo de planejamento estratégico. Os representantes designados pelas organizações para participar dos grupos de trabalho devem ter autoridade suficiente para implementar as decisões decorrentes do processo.

As prioridades são estabelecidas através desse processo e as responsabilidades são de todas as organizações participantes. Os relatórios de progresso da implementação da estratégia da segurança do trânsito rodoviário, assim como de atualização dos programas deverão ser publicados e divulgados entre todos os participantes.

### 3.5 GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NA NOVA ZELÂNDIA [15, 143, 153]

A principal responsabilidade sobre a segurança do transporte rodoviário na Nova Zelândia está a cargo de três organizações, quais sejam “Transit New Zealand”, a “Land Transportation Safety Authority” e a Polícia da Nova Zelândia.

A *Transit New Zealand* (TNZ) responde pelo controle e gerenciamento das rodovias estaduais e pela provisão da assistência financeira para as rodovias locais. As principais funções da TNZ na área “melhoramento das condições físicas da rodovia” visam:

- ao melhoramento das intersecções;
- à sinalização dos trechos em construção e em manutenção e a instalação de *guardrails* e barreiras nas faixas centrais;
- à instalação da sinalização de faixas de trânsito, de faixas de cruzamento para pedestres e de ciclovias;
- à instalação de marcos de referência nas faixas laterais;
- prover suporte para os estudos de redução e de investigação de acidentes;
- avaliar a eficácia das intervenções na rede rodoviária.

A TNZ adota processos de gerenciamento similares aos utilizados no Japão, Austrália e USA para identificar os pontos críticos (podendo incluir rodovias inteiras e regiões) e para o desenvolvimento de medidas mitigadoras. As prioridades são estabelecidas pela adoção do critério da relação Benefícios/Custos (B/C).

Visando reduzir os índices de acidentes no país, a TNZ emprega também os *processos de auditoria da segurança rodoviária* para revisar os projetos das rodovias e inspecionar as rodovias existentes. Na fase dos projetos, a auditoria objetiva: (i) minimizar o risco e a severidade de acidentes que podem ser gerados pelo projeto da rodovia tanto na pista de rolamento e faixas laterais como nas redes rodoviárias adjacentes; (ii) minimizar a necessidade de serviços corretivos após a construção; (iii) reduzir os custos ao longo de toda vida útil do projeto; (iv) melhorar a garantia de se adotar as melhores práticas para o projeto de rodovias seguras.

A LTSA (Land Transport Safety Authority) é a agência de maior hierarquia na área de segurança rodoviária daquele país. Criada em 1993, responde pelo desenvolvimento de padrões de segurança em parceria com a indústria e o público e assegura aos clientes a adoção dos padrões estabelecidos.

A LTSA administra o “Plano Nacional da Segurança Rodoviária” coordenando e direcionando as atividades da segurança das organizações em toda a Nova Zelândia. Também supervisiona a alocação anual dos recursos para as atividades da segurança rodoviária realizada pela Polícia da Nova Zelândia, autoridades locais e grupos das comunidades. Quando as condições da rodovia são a causa de acidentes, a LTSA realiza, em conjunto com a TNZ, trabalhos para melhorar aspectos específicos da rodovia que tenham sido sugeridas pelas investigações.

A Polícia da Nova Zelândia atua como agente da LTSA, respondendo pela fiscalização da segurança rodoviária, investiga acidentes rodoviários e conduzindo os

serviços de teste para a habilitação de condutores. Como principal cliente, compila os dados de entrada para o Plano Nacional da Segurança Rodoviária desse país.

### 3.6 GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NO JAPÃO [15]

A rede rodoviária japonesa é composta de 6,5 mil km de vias expressas nacionais, 47 000 km de rodovias federais, 129 mil km de rodovias estaduais (das 47 prefeituras) e de 940 mil km de rodovias municipais. As vias expressas nacionais e segmentos específicos das rodovias nacionais são administradas pelo Ministério da Construção (MOC) que conta com um Conselho Rodoviário constituído por diversos acadêmicos e representantes dos governos regionais. Os demais segmentos das rodovias nacionais são gerenciados pelos governadores das prefeituras ou prefeitos das cidades. As rodovias estaduais são administradas pelos governos estaduais (prefeituras) e as municipais, pela municipalidade.

Apesar do aumento de crescimento do número de veículos registrados entre 1970 e 1992 em 190%, do número de condutores licenciados ter aumentado nesse mesmo período em 140%, o número de mortes em acidentes nas rodovias japonesas caiu de 17 mil para 8,5 mil de 1970 a 1979. A redução é atribuída a um programa agressivo de melhoramento do sistema rodoviário, especialmente através de melhorias nas faixas laterais para o trânsito de pedestres e ciclistas (respondem pela maior parcela das fatalidades em acidentes de trânsito), na sinalização e marcadores de trânsito, na iluminação rodoviária e nos sinais luminosos para o trânsito de veículos. A partir de 1979, as fatalidades no trânsito voltaram a crescer, tendo alcançado a cifra de 11,5 mil mortes em 1992. Nesse período, observou-se um crescimento acentuado do número de mortes de condutores e passageiros de veículos e de idosos residentes locais.

#### 3.6.1 Ações das Principais Agências Responsáveis pela Segurança Rodoviária

Três organizações respondem pela segurança do trânsito rodoviário no Japão: o Ministério de Construção (MOC), o Ministério dos Transportes (MOT) e a Agência da Polícia Nacional (NPA).

### *Ações do Ministério de Construção (MOC)*

O MOC, organização responsável pela construção, reabilitação e manutenção do sistema rodoviário japonês, detém a responsabilidade de melhorar a segurança do trânsito através de intervenções nas condições físicas das rodovias e contribui com o Ministério dos Transportes (MOT) e a Agência da Polícia Nacional nas campanhas de segurança.

O maior programa de melhoria da segurança no trânsito rodoviário no Japão foi lançado em 1991 através de um plano de ações para onze anos. Esse plano, incluindo o estabelecimento de políticas nacionais e a criação de um centro de análise de acidentes (em cooperação com os demais ministérios), dá ênfase à segurança dos idosos e deficientes.

Em 1988, como parte de um plano quinquenal para o melhoramento das facilidades da segurança rodoviária, o MOC estabeleceu um sistema bem definido para identificação e tratamento de seções rodoviárias com elevados índices de acidentes, tendo por base um banco de informações que contempla os dados de acidentes de trânsito (alimentado pela Agência da Polícia Nacional) e os dados do inventário rodoviário (levantados pelo MOC). Esse banco de dados, com registros de cerca de 700 mil acidentes em 1992, inclui as seguintes informações:

- *dados das condições dos acidentes*: nível dos danos, localização, data e hora, tipo da rodovia, condições da superfície, tipo de acidentes, clima;
- *dados das partes envolvidas*: tipo de veículos, marca, idade, tipo de licença, ação na hora do acidente;
- *dados do inventário rodoviário (rodovias estaduais e federais - 180 000 km)*;
- *dados do volume de tráfego*: por tipo de veículos, horas do dia, dias normais e feriados;
- *dados das condições da rodovia*: número de faixas, largura, acostamentos, faixas de pedestre, barreiras entre pistas de rolamento, número de intersecções;
- *dados de pesquisas O/D*;
- *dados de pesquisas de velocidades nas horas de pico*.

O MOC realiza através de seu Instituto de Pesquisas de Obras Públicas as análises preliminares para a identificação dos pontos críticos e, se autorizados pelas instâncias superiores, conduz as análises aprofundadas para o desenvolvimento das

ações mitigadoras mais efetivas. A implementação das medidas mais apropriadas somente é determinada pelos decisores superiores após a revisão das conclusões obtidas dos estudos de avaliação do Instituto.

Com esse processo, o MOC identificou cerca de 8,3 mil km de pontos críticos dos 180 mil km de rodovias pesquisados. Nesses 4,8% da extensão da rede, ocorreu aproximadamente a metade do total dos acidentes do Japão. Os recentes estudos realizados indicaram uma tendência de aumento: (i) das velocidades dos veículos; (ii) da presença de veículos mais largos e pesados; (iii) da idade dos condutores. Esses fatores requereram o aperfeiçoamento de uma variedade de facilidades e dispositivos para o trânsito, tais como defensas de segurança, iluminação das rodovias, sinais e marcadores de trânsito.

Para o desenvolvimento das melhorias das facilidades e dos dispositivos de trânsito são utilizados simuladores de direção e de acidentes. Assistido por computadores, o simulador ajuda a avaliar a segurança das rodovias desenhadas, medindo a reação dos condutores em várias situações. O simulador produz um layout geométrico, horizontal e vertical, larguras das faixas de rolamento e dos acostamentos.

As iniciativas do Instituto de Pesquisa visaram desenvolver tecnologias para tornar a rodovia mais segura, eficiente e confortável, integrando as tecnologias avançadas com rodovias e veículos. Essas pesquisas são conduzidas no contexto do Sistema Avançado do Transporte Rodoviário (ARTS) composto de três fases:

- *advertência*: refere-se a dispositivos acionados automaticamente que advertem os condutores ao se aproximar de um perigo potencial. Entre esses equipamentos estão, entre outros: (i) as “flashing lights” instalados nas defensas da parte externa de curvas fechadas, advertindo os veículos do fluxo contrário quando o alinhamento reduz a distância de visibilidade; (ii) sinais com mensagens variáveis indicando aproximação de veículos de fluxos de outras direções de intersecções do tipo T;
- *advertência e controle automático de frenagem*: os freios poderão ser acionados automaticamente quando os veículos se aproximarem de um perigo;
- *advertência e controle automático de direção*: nessa fase, os veículos na presença de um perigo iminente deverão ser controlados automaticamente. A implementação desses dispositivos está prevista para os próximos vinte anos.

### *Ações do Ministério dos Transportes (MOT)*

O MOT é responsável pela formulação de políticas para a segurança do transporte, seja por mar, terra ou ar no Japão. As responsabilidades do MOT, na área da segurança rodoviária, incluem: (i) a inspeção, “recall system” dos veículos, as medições da poluição ambiental gerada pelos veículos e o registro dos veículos.

O MOT tem à sua disposição um Conselho da Tecnologia do Transporte provendo serviços de consultoria para o estabelecimento de padrões de segurança. Esse Conselho é composto por representantes das entidades do governo, indústria e universidades. O Conselho faz uso das informações da segurança do trânsito obtidas do banco de dados desenvolvido pelo ITARDA (Institut for Traffic Accident Research and Data Analysis) realizando análises e pesquisas na área da segurança do trânsito rodoviário, assim como faz recomendações de medidas técnicas relativas ao desenho dos veículos.

A inspeção dos veículos automotores é realizada através dos “Centros de Diagnósticos” aprovados pela Divisão dos Serviços de Manutenção desse Ministério. Esses centros examinam os freios, os componentes da direção e outros dispositivos de segurança dos veículos de acordo com os critérios estabelecidos. Um dos critérios requer inspeções periódicas mensais para caminhões e ônibus e semestrais para veículos de passageiros. O sistema de supervisão da manutenção do MOT requer a certificação de um encarregado responsável da empresa para assegurar que as inspeções mensais sejam realizadas. A certificação é verificada aleatoriamente por um auditor do MOT.

Igualmente é exigido das empresas verificar se os condutores estão em boas condições físicas e mentais para dirigir os veículos. Um gerente operacional faz a leitura dos odômetros e dos tacômetros após cada viagem para assegurar que o condutor descanse as horas necessárias em obediência ao limite de horas de condução. Os gerentes operacionais das empresas são habilitados através de exames nacionais de licenciamento. O MOT investiga a ocorrência de acidentes quando há evidências de que o excesso de cargas ou a fadiga do motorista tenham sido a causa enviando um auditor para inspecionar a empresa. O número máximo de horas diárias do condutor em serviço num caminhão ou ônibus não pode superar a treze horas; igualmente não pode dirigir mais que quatro horas interruptamente. Por semana, esse limite total é de 46 horas. Os auditores do MOT estão alocados nos escritórios do MOT em cada uma das 47 prefeituras e três distritos especiais.

### *Ações da Agência Nacional da Polícia (NPA)*

A NPA responde, além das atividades policiais regulares, pelo controle do trânsito, gerenciamento dos congestionamentos, gerência da segurança rodoviária, licenciamento dos condutores, fiscalização do trânsito e controle por sinais no Japão. Ao contrário de outros países, a NPA responde, também, pela manutenção e operação do sistema nacional de controle de trânsito. As polícias regional e local estão sob a jurisdição da NPA.

A redução recente das fatalidades de pedestres no Japão é atribuída à construção de mais faixas de pedestres e à melhoria na sinalização rodoviária. Os dados indicaram que o aumento das fatalidades entre os ocupantes de veículos se deveu, principalmente, a maior performance e velocidade dos veículos.

Em resposta a essas conclusões, a NPA iniciou, em meados da década de 90, um programa de gerência do trânsito rodoviário nas áreas: (i) educação; (ii) engenharia; (iii) fiscalização. Na área da educação são realizados campanhas e programas anuais de segurança. As ações da engenharia de trânsito incluem sinais de controle acústicos, maiores tempos nos semáforos para os deficientes, detectores de uso incorreto de faixas de rolamento e sistemas de controle de velocidades, tais como os fotorradares. No que se refere ao policiamento, a NPA realiza inspeções aleatórias de veículos nas rodovias e inspeções de caminhões nas suas campanhas semestrais de segurança.

### **3.6.2 Instituto para a Pesquisa e Análise de Dados de Acidentes Rodoviários (ITARDA).**

O ITARDA é um instituto de pesquisa e análise de acidentes de trânsito que está à disposição do MOC, MOT e a NPA. Trata-se de uma organização pública semigovernamental de serviços, criada em 1992, que também assessora a Associação dos Fabricantes de Automóveis do Japão, a Federação Japonesa das Organizações Econômicas e a Associação das Seguradoras dos Marinheiros e Bombeiros do Japão. O ITARDA promove e melhora a eficiência das medidas de segurança do trânsito adotadas pelas organizações públicas e conduz pesquisas em temas especializados para melhorar os métodos de análise de acidentes de trânsito em vários campos. O Instituto realiza estudos de análise de dados de acidentes de trânsito para o governo nacional,

comunidades locais, universidades e companhias privadas. As organizações financiadoras suprem os dados necessários para um banco de dados integrado de segurança rodoviária que cobre o sistema rodoviário japonês por completo. Os arquivos para os acidentes de trânsito são adquiridos da NPA, o arquivo “rodovias”, do MOC e o arquivo de veículos, do MOT. Esses dados são completados com os dados relevantes da indústria.

### **3.6.3 Centros de Controle de Trânsito**

Cada “Prefectural Police Headquarters” das áreas metropolitanas no Japão gerencia e opera um centro de controle de trânsito (TCC) com o objetivo de: (i) coletar e processar as informações em tempo-real; (ii) disseminar as informações pertinentes aos usuários das rodovias na condução de seus veículos.

O sistema de controle do trânsito na região de Tóquio conta com: (i) videocâmaras; (ii) detectores ultra-sônicos de veículos; (iii) identificadores automáticos de veículos. O sistema também incorpora informações adquiridas dos veículos das rondas policiais, dos demais usuários e durante as horas de “rush”, dos helicópteros do Departamento de Polícia Metropolitana de Tóquio.

Os dados são analisados e atualizados a cada cinco minutos pelos computadores instalados nos TCC's. As informações processadas são distribuídas por sinais variáveis de mensagens, controles centralizados de semáforos e centros de radiodifusão em todo o território japonês. Os sinais de mensagens variáveis informam casos emergenciais e indicam o tempo de viagem até as próximas saídas.

O sistema nacional inclui os centros de controle de trânsito das 75 principais cidades. Nas cidades menores, o sistema dispõe de controle de semáforos ao invés dos serviços completos de um TCC ou centro de comando.

A NPA liderou também o desenvolvimento do Sistema Avançado de Informações e de Comunicação do Trânsito Motorizado que oferece aos usuários um dispositivo de comunicação de duas vias com os veículos. Através desse sistema, os condutores via teleterminal instalado no painel dos carros (radiocelular de 800 MegaHertz) têm acesso às informações das condições do trânsito, do tempo de viagem, da disponibilidade de estacionamento e da localização das principais facilidades.

Os centros de comandos de comunicação (CCC) são instalados em cada “Prefectural Police Headquarters” para atender às chamadas emergenciais do público e da assistência emergencial. O centro de Tóquio recebe, em média, 2 000 chamadas diariamente. A equipe da polícia metropolitana atende às chamadas, verifica a localização e envia o policiamento e a assistência médicoemergencial necessária. Em 1993, o tempo de resposta foi de 4,5 minutos. As informações pertinentes às condições do trânsito são repassadas do CCC para o TCC por telefone.

Os planos japoneses mais recentes para a segurança do trânsito rodoviário incluem o Sistema Universal da Gerência do Trânsito (UTMS) que utiliza tecnologias de infravermelho e sistemas inteligentes de transporte (ITS) para melhorar o sistema de controle do trânsito e melhor informar ao motorista, assim como detectores automáticos de veículos e sistemas de comunicação bidirecionais. O sistema central de controle deverá conter cinco subsistemas:

- Sistema Móvel de Controle Operacional (MOCS) para o gerenciamento de táxis, caminhões e veículos emergenciais;
- Sistema Dinâmico de Orientação de Rotas (DRGS) para prover a otimização de rotas para os condutores;
- Sistema Móvel Avançado de Informações (AMIS) para aconselhar os condutores nos casos de congestionamentos de trânsito, acidentes, construção rodoviária e buscas por tempo estimado de viagens até o destino;
- Sistema de Priorização do Transporte Público para priorizar ônibus e veículos com elevada ocupação;
- Sistema de Gerência para a Proteção Ambiental para reduzir a poluição sonora, emissões de gases e outras poluições do trânsito.

Os primeiros sistemas, incluindo todos os cinco subsistemas, foram implantados em 1994, em Yokohama e Kawasaki, da prefeitura de Kanagawa perto de Tóquio.

### 3.7 GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA NO CANADÁ [143].

O Canadá realizou, em 1988, um simpósio nacional para identificar as prioridades e as metas da área da segurança rodoviária para o período de 1990 a 1995. As doze principais ações identificadas foram submetidas às agências canadenses responsáveis pela segurança de trânsito no país para revisão e implementação.

Como resultado dos trabalhos, os ministérios dos governos do Canadá (federal e das províncias) responsáveis pela segurança rodoviária acordaram, em 1989, a implementação de um programa nacional para as restrições dos ocupantes de veículos automotores (NORP), objetivando alcançar o uso de cintos de segurança por 95% dos ocupantes de veículos.

Tendo-se em conta que em 1989 apenas 75% dos ocupantes usaram o cinto de segurança, estima-se que através desse programa se possa salvar cerca de 13 mil pessoas até o final de 2010.

Em 1991, 48% de todos os condutores mortos em acidentes rodoviários no Canadá tinham consumido algum tipo de álcool antes do acidente, 62% apresentaram teores de álcool no sangue acima de 150 mg% (BAC – blood alcohol concentration). O objetivo da estratégia para reduzir a direção ofensiva foi reduzir as mortes em acidentes rodoviários atribuídos ao consumo de álcool em 20% até 1995.

Para tal, cada província estabeleceu seus próprios programas para redução da direção ofensiva. Os programas incluem desde planos de ajuda aos organizadores de eventos sociais, programas de ajuda aos passageiros potenciais em veículos operados por um condutor agressivo, até programas de campanhas televisionadas que visam alcançar diretamente os condutores agressivos.

A experiência canadense na legislação, educação e fiscalização policial induziram os estados a: (i) remover quaisquer exceções do não-uso de cintos de segurança; (ii) aumentar as multas dos não-usuários e introduzir penalidades por pontos pelo não-uso.

Ao final de junho de 94, a taxa nacional do uso de cintos de segurança foi majorada para 90% (15% a mais que em 1989).

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA A  
CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE  
SEGURANÇA PARA O TRÂNSITO RODOVIÁRIO**

## **4 PROPOSTA DE UM MODELO PARA A CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE SEGURANÇA PARA O TRÂNSITO RODOVIÁRIO**

### **4.1 IMPORTÂNCIA DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA PARA A SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO**

A segurança no transporte rodoviário é um direito assegurado a todos pela legislação de trânsito da maioria dos países. No Brasil, o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) estabelece que é dever dos órgãos e entidades competentes do Sistema Nacional de Trânsito, no âmbito de suas competências, adotar as medidas destinadas a assegurar esse direito e responder objetivamente por danos causados aos cidadãos que sejam decorrentes de ação, omissão ou erro na execução e manutenção de programas, projetos e serviços que devam garantir o exercício do direito do trânsito seguro. Nas suas ações, as entidades e os órgãos brasileiros deverão priorizar a defesa da vida, a preservação da saúde e do meio ambiente.

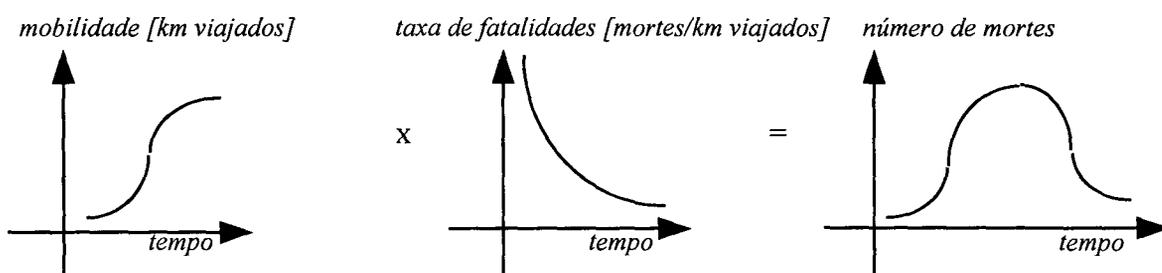
A segurança de um sistema de transporte rodoviário é influenciada por um grande número de variáveis. Essas variáveis dizem respeito fundamentalmente: (i) à propriedade do projeto, construção, manutenção, operação e gerenciamento de suas instalações físicas para as diversas condições climáticas; (ii) à adequação e às condições operacionais dos veículos; (iii) ao comportamento dos condutores e demais usuários do sistema de transporte diante das diversas situações de trânsito; (iv) à adequação e prontidão do atendimento médico-hospitalar emergencial ao acidentado; (v) à adequação da legislação de trânsito e de sua fiscalização. Esses fatores são também influenciados diretamente pelo grau de conscientização (via acesso a informações relevantes, confiáveis e de fácil entendimento, treinamento e/ou reciclagem) dos responsáveis pelo gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário e dos demais segmentos da sociedade sobre a severidade da (in)segurança rodoviária (vide figura 1.1).

Mesmo sabendo que muitos desses fatores podem ser isoladamente a causa da ocorrência de um acidente, normalmente várias dessas variáveis influenciam de forma sobreposta a segurança de um sistema rodoviário.

Sabe-se que o aumento do nível de motorização (e conseqüentemente a maior incidência de congestionamentos) resulta numa maior utilização e operação da rede rodoviária existente, mas se não forem tomadas as contramedidas necessárias também ter-se-á uma maior ocorrência de acidentes rodoviários.

A longo prazo, o crescimento da motorização, em muitos países, é acompanhado por uma curva exponencial decrescente para as taxas de fatalidades ( $n^{\circ}$  de mortes/veic.km). Trata-se de uma redução do número anual de mortes por quilômetros viajados com um percentual que difere de um ano para outro e também de um país para outro [143]. Na base dos dados empíricos, Koornstra e Oppe [104 apud 143] concluíram que as modificações cíclicas do número de mortes (fatalidades) refletem, a longo prazo, a tendência macroscópica do crescimento da mobilidade e da taxa de fatalidades, ou seja, o produto da simples combinação das duas evoluções [fatalidades = (fatalidades por km viajados) x km viajados] permite descrever a tendência da evolução do número total de mortes em acidentes rodoviários, tal como apresentado nos gráficos a seguir:

*Figura 4.1 - Tendência da Evolução do Número de Mortes em Função da Evolução da Mobilidade e da Taxa de Acidentes Fatais*



Fonte: WEGMAN [143]

Observa-se, portanto, que a redução do número total de fatalidades deverá resultar de uma maior diminuição da taxa de fatalidades ( $n^{\circ}$  de mortes/km viajados), já que se prevê, a médio prazo, uma tendência de crescimento da mobilidade (km viajados) na maioria dos países. Se houver um crescimento acelerado da mobilidade, por exemplo, como resultado de uma alta taxa de crescimento da economia, uma atenção adicional deverá ser dada às ações de prevenção de acidentes sob pena de se observar imediatamente um crescimento do número de mortes em acidentes rodoviários (O modelo de previsão adotado por SWOV tem por base esses conhecimentos e foi calibrado com as estatísticas de diversos países [115]).

Contudo, uma correlação entre o crescimento da mobilidade e a redução da taxa de fatalidades não poderá ser o resultado de uma lei natural ou evolução espontânea. Essa correlação deverá ser considerada como uma influência coletiva para adaptar a sociedade ao crescimento do tráfego.

O crescimento do tráfego requer, portanto, um sistema rodoviário cada vez mais bem conservado, modernizado e ampliado. Esse crescimento do tráfego e a correspondente adaptação da sociedade resultam em melhores e novas rodovias, maior experiência dos motoristas na condução dos veículos, veículos mais novos e mais seguros e uma regulamentação e policiamento mais apropriado do trânsito. Todos os países que, atualmente, apresentam elevadas taxas de motorização passaram por esse período de adaptação para atingir o atual estágio elevado de segurança, todavia em velocidades diferentes [87, 143]. Esse entendimento é de suma importância para a definição de políticas de intervenção. Quanto maior for a explosão do crescimento da motorização, maior deverá ser a redução anual da taxa de fatalidades.

Há também um retardamento na correlação entre o crescimento do tráfego e a redução da taxa de fatalidades. Isso pode ser entendido como um período requerido para implementar efetivas medidas de prevenção de acidentes podendo corresponder ao período de resposta da sociedade à implementação de ações para aumentar a segurança rodoviária diante do crescimento do tráfego.

Uma política de segurança rodoviária que se antecipa ao crescimento do tráfego é, sem dúvida, uma adequada resposta a esse retardamento. Tal resposta somente poderá ser dada de forma adequada mediante um planejamento e gerenciamento criterioso da segurança do trânsito rodoviário.

O crescimento previsto para a mobilidade motorizada sem um efetivo gerenciamento da segurança rodoviária de forma contínua e sistematizada resultará no crescimento do número de mortes em acidentes de trânsito, assim como dos conseqüentes prejuízos à sociedade.

Apesar das melhorias alcançadas para a segurança do trânsito em alguns países, os níveis e a evolução da severidade e da freqüência dos acidentes rodoviários mantêm-se, atualmente, inaceitáveis para a maioria dos usuários desse modal de transporte nos cinco continentes.

A exigência por níveis de segurança mais elevados para os usuários do sistema de transporte rodoviário pode ser justificada pelos índices de acidentes mais baixos nos demais modais de transporte, mas é igualmente reforçada pelo desenvolvimento e

disponibilidade de novas tecnologias veiculares, de novas tecnologias de sinalização e de fiscalização do trânsito (incluindo sinais com mensagens variáveis, sistemas de comunicação e de identificação dos veículos, sistemas teleguiados, etc.), pela elaboração e implementação de legislações de trânsito mais modernas e pela disponibilidade de novas tecnologias de desenho das instalações físicas do sistema rodoviário (normas, diretrizes e softwares). Tais tecnologias, se forem adotadas convenientemente, poderão contribuir para reduzir os efeitos dos acidentes e conseqüentemente: (i) melhorar a qualidade de vida dos usuários através de menores traumas familiares; (ii) obter menores custos finais de transporte para esse modal que responde, em muitos países, pela maior parcela do transporte de cargas e de passageiros. [91, 113, 117].

À sociedade cabe, principalmente através de suas entidades e órgãos responsáveis, definir as melhores ações e intervenções para otimizar o desempenho de cada uma das partes do sistema de transporte em função da disponibilidade de recursos financeiros tendo em conta as novas tecnologias existentes no mercado.

A definição das melhores ações e intervenções para aumentar a segurança do trânsito rodoviário depende diretamente de uma base de informações relevantes, confiáveis, acessíveis e economicamente viáveis, coletadas e armazenadas de forma padronizada e sistemática para que se possa formular juízos racionais e consistentes.

PATTERSON E SCULLION [105] afirmam, com propriedade, que é verdade que decisões pobres podem ser tomadas com uma grande quantidade de informações confiáveis, mas dificilmente uma boa decisão poderá ser tomada com dados insuficientes e de baixa qualidade. A padronização e a sistematização da coleta dos dados relevantes é fundamental para que esses dados, mesmo se reunidos e/ou armazenados por distintas entidades, não sejam coletados em duplicidade ou deixem de ser coletados, mas possam ser interligados e utilizados apropriadamente. É necessário, portanto, que se desenvolva um sistema de informação organizado e compatível com as necessidades e disponibilidades de recursos da agência rodoviária, especificamente com as atividades de planejamento, gerenciamento e operação das facilidades rodoviárias.

Como em qualquer outro setor da economia de uma sociedade e das demais áreas da economia do transporte rodoviário, as principais ações e intervenções da área de segurança rodoviária requerem um planejamento apropriado, um gerenciamento cuidadoso e uma provisão de serviços satisfatórios para os usuários e demais beneficiários desse sistema de transporte.

À medida que experiências, análises e julgamentos apropriados são usados para a tomada de decisão em uma agência rodoviária, cresce a necessidade de se coletar dados objetivos, mas cresce também o número de fatores que influenciam a tomada de decisão. Conseqüentemente, aumenta a importância e a complexidade dos sistemas de informação e de gerenciamento para a área. Os analistas de informática e os técnicos da engenharia de trânsito dispõem, atualmente, para o desenvolvimento de tais sistemas complexos, de *hardwares* e *softwares* de informática de alta capacidade e de fácil manuseio.

Com exceção de casos excepcionais, as pesquisas realizadas até a presente data demonstraram que é impossível explicar a evolução do número de acidentes e de vítimas de acidentes rodoviários na base do atual conhecimento das relações causa-efeito entre indicadores do risco e das variáveis explicativas, tais como o tráfego, a composição do tráfego, o comportamento do tráfego, a qualidade da infra-estrutura e dos veículos e as condições climáticas (Koornstra, 1993). Todas ou várias das prováveis causas identificadas em um local podem estar contribuindo para a ocorrência de um acidente nesse local.

As ações e as intervenções que visam à melhoria da segurança rodoviária, usualmente descritas através de indicadores que envolvem a quantidade e a severidade de acidentes de trânsito nas rodovias, poderão ser empreendidas fundamentalmente em três áreas distintas: (i) *conscientização (educação)* dos *usuários*, dos *responsáveis* pelo gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário e dos demais segmentos da *sociedade*; (ii) *engenharia* (inovações tecnológicas) *dos veículos* e da *infra-estrutura*; (iii) *controle* via *fiscalização* e *legislação* do trânsito.

Se tomados isoladamente, os esforços dos governos e da sociedade para implementar: (i) legislações de trânsito mais modernas e abrangentes; (ii) melhorias na infra-estrutura rodoviária; (iii) melhorias nas condições operacionais dos veículos; (iv) melhorias no treinamento dos condutores de veículos e demais usuários das rodovias; (v) melhorias no atendimento médico-hospitalar às vítimas dos acidentes, poderão contribuir, mas não são capazes de resolver a questão da segurança rodoviária de uma região ou país como um todo. Há necessidade de ações e planos interligados que se valiam das contribuições individuais das variáveis relevantes de cada uma das áreas técnicas anteriormente referidas para que se possa atingir resultados objetivos, eficazes e duradouros para a segurança do modal rodoviário.

A literatura técnica recomenda que, ao invés de se adotar ações isoladas, se defina um pacote integrado de medidas ações e estratégias na base de uma análise saudável e imparcial do problema. As ações orientadas para a solução do problema e integradas em um só pacote de medidas, que resultem em planos elaborados diretamente por uma equipe técnica multidisciplinar das diversas entidades intervenientes no gerenciamento da segurança rodoviária tem mais chance, via sinergia, de: (i) resolver efetivamente o problema, evitando a dispersão de recursos; (ii) sustentar as ações estabelecidas para aumentar a segurança do trânsito no sistema rodoviário a longo prazo.

Para tal fim, há a necessidade de se otimizar os resultados já alcançados em pesquisas da engenharia do trânsito em outras regiões e países. Sabe-se, no entanto, que as medidas isoladas eficazes em um país ou região não podem ser transferidas para um outro país ou região sem uma análise crítica do problema local.

A situação desfavorável para a eliminação dos focos geradores de acidentes é ainda mais dificultada pela escassez dos recursos financeiros disponíveis para a implementação de ações de prevenção de acidentes. Cabe aos dirigentes e técnicos da engenharia de trânsito escolher apenas as medidas de prevenção mais eficazes.

A situação é igualmente insatisfatória porque o item orçamentário *Segurança Rodoviária*, principalmente em países como o Brasil, concorre diretamente com outras áreas de investimentos dos recursos públicos, tais como a saúde, educação e assistência social, onde as relações entre o problema, a medida e a consequência da medida são mais explícitas.

A necessidade de fazer escolhas entre investimentos de expansão, de manutenção e de melhorias para aumentar a segurança do trânsito rodoviário da rede existente e entre alternativas de ações e intervenções da área da segurança rodoviária, decorrente das limitações impostas pela disponibilidade de recursos financeiros, requer a adoção de sistemas de gerência racionais que, a partir de uma base sólida, permitam definir, avaliar, otimizar e priorizar as melhores ações e intervenções no sistema rodoviário.

Esses sistemas de gerência são também instrumentos auxiliares importantes para atender às exigências da sociedade, principalmente dos usuários do sistema rodoviário para prontamente: (i) ser informada sobre os reais riscos e condições de trânsito para que possa tomar a tempo as decisões mais apropriadas que resultem em maior segurança para ela; (ii) receber o atendimento médico emergencial apropriado para os acidentados

de trânsito; (iii) ser assistida pelas equipes emergenciais dos órgãos rodoviários e de trânsito para evitar ou minimizar efeitos secundários de acidentes ou incidentes detectados.

## 4.2 CONCEITUAÇÕES

No âmbito do transporte rodoviário, *sistemas de gerência* são os processos que permitem prover informações para assistir os tomadores de decisão (de um país ou estado) na seleção de políticas, programas e projetos de intervenção viáveis técnica e economicamente que permitam melhorar a eficácia e a segurança do sistema rodoviário, assistindo os usuários das rodovias e protegendo os investimentos públicos nele realizados.

Os sistemas de gerência para o transporte rodoviário mais conhecidos em alguns países são os sistemas de gerência: (i) de pavimentos; (ii) de obras de arte especiais; (iii) de segurança; (iv) de congestionamentos; (v) de transporte público; (vi) de transporte intermodal. Nesse contexto, entende-se por:

- *Sistemas de Gerência dos Pavimentos (SGP)*, processos sistematizados que fornecem informações relevantes para a elaboração e implementação de programas de reconstrução, reabilitação e manutenção preventiva, resultando em pavimentos projetados a suportar o tráfego presente e futuro de uma maneira segura, durável e com boa relação custo/eficácia (vide [35]);
- *Sistemas de Gerência de Obras de Arte Especiais*, processos que incluem, de uma forma sistemática, entre outras atividades: (i) os procedimentos para a coleta, processamento e atualização dos dados de inventários de pontes e viadutos; (ii) a estimativa da evolução da deterioração de pontes; (iii) a identificação de projetos para melhorar as condições, segurança e uso das pontes e viadutos; (iv) a estimativa de custos das intervenções; (v) a determinação de estratégias de baixo custo para a manutenção e reparo e de reabilitação de pontes e viadutos;
- *Sistemas de Gerência de Congestionamentos*, processos sistematizados que permitem prover informações sobre a performance de um sistema de transporte e as estratégias alternativas para amenizar os congestionamentos

e melhorar a mobilidade de pessoas e bens. Este sistema inclui: (i) o monitoramento e avaliação da performance do sistema de transporte; (ii) a avaliação e a implementação de estratégias com boa relação custo/eficácia; (iii) a avaliação da eficácia das ações implementadas;

- *Sistemas de Gerência do Transporte Público*, processos sistematizados que permitem a coleta e análise de informações sobre a condição e os custos das instalações de manutenção, estações, terminais, equipamentos e veículos de uma forma contínua, identificando necessidades e capacitando os tomadores de decisão para selecionar as estratégias com boa relação custo/eficácia para pôr e manter os equipamentos e demais facilidades de trânsito em boas condições de serviços;
- *Sistemas de Gerência Intermodal*, processos sistematizados que visam identificar as interligações entre os distintos modos de transporte, definir estratégias para melhorar a eficácia das interações modais e avaliar, implementar e monitorar tais estratégias;
- *Sistemas de Gerência de Segurança (SGS)*, processos sistematizados que objetivam reduzir a severidade e o número de acidentes de trânsito através da incorporação de oportunidades para melhorar a segurança das rodovias desde a fase do planejamento, projeto, construção e manutenção até a operação do sistema rodoviário. Isso inclui: (i) a coleta e a análise de dados de segurança rodoviária, (ii) a disseminação de informações aos responsáveis pelo gerenciamento da segurança rodoviária, ao público usuário e aos demais segmentos interessados da sociedade; (iii) a provisão de ações e intervenções que visam à melhoria da segurança do trânsito rodoviário (pertinentes aos diversos componentes da segurança rodoviária); (iv) a coordenação adequada entre as agências responsáveis por diferentes elementos de segurança (tais como veículos, rodovia, usuários, legislação e fiscalização do trânsito).

#### 4.3 SGS COMO SISTEMA INTEGRANTE DE UM SIGER.

Os investimentos no setor rodoviário constituem a maior parte do patrimônio (bens do capital público) de um governo. Um estudo do Banco Mundial [133] revelou

que o valor desse patrimônio pode chegar a três vezes o PIB anual de um país, seus custos de manutenção a 15% desse PIB. Os custos da insegurança rodoviária (custos de acidentes de trânsito rodoviário) podem alcançar a cifra correspondente a 3% do PIB anual de um país [102, 136].

Esse expressivo patrimônio, equivalente ao de grandes empresas multinacionais, é, freqüentemente, gerenciado sem a adoção de técnicas modernas de gerenciamento por unidades técnico-administrativas estanques de um ou mais órgãos públicos que concorrem entre si para captar os recursos financeiros requeridos para a execução das tarefas a elas delegadas.

Segundo PATERSON [105], é freqüente observar na administração pública que para as intervenções em áreas técnicas que mais convencem, os tomadores de decisão alocam, proporcionalmente, recursos financeiros mais do que o ótimo necessário. O gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário, por exemplo, necessita muitas vezes parte dos recursos financeiros que são alocados sem critérios para a ampliação da rede rodoviária.

Sabe-se, no entanto, que o melhor uso de um sistema rodoviário depende diretamente da definição e implementação das intervenções mais eficazes para os recursos financeiros disponíveis independentemente das áreas técnicas a que pertencem.

A requerida otimização da aplicação dos recursos financeiros disponíveis para um sistema de transporte rodoviário, portanto, passa pelo gerenciamento integrado apropriado das diversas áreas técnicas rodoviárias. Os sistemas integrados de gerência rodoviária (SIGER) da África do Sul [95], da Indonésia [74] e da Arábia Saudita [148] são exemplos bem sucedidos.

Um sistema SIGER poderá ser constituído de diversos subsistemas de gerência, que tem como base central um banco integrado de dados composto de arquivos que contêm informações (preferencialmente georeferenciadas) de distintos setores e entidades que estão envolvidos com a administração do transporte rodoviário.

Esse sistema tem basicamente a função de organizar as informações rodoviárias existentes e permitir o compartilhamento dessas informações entre os órgãos envolvidos mediante a utilização de sistemas de gerenciamento de banco de dados. Ao se valer das tecnologias SIG (MapInfo, Arc View, entros outros), o sistema SIGER terá as seguintes principais vantagens: (i) permitir pesquisar e combinar as informações rodoviárias segundo as necessidades das análises mediante a aplicação de questionários específicos (query's) ao banco de dados e editar relatórios técnicos específicos; (ii) permitir associar

banco de dados e mapas ou textos-resumo (sinópses) da rede rodoviária em meio digital para o usuário.

Assim, esse sistema poderá facilitar: (i) o acesso às informações do banco de dados (dados, fotos, textos) via comando de *double click* a partir de elementos dos mapas eletrônicos; (ii) a visualização e a interpretação dos resultados processados (um mapa poderá indicar, por exemplo, todas as rodovias que apresentarem um volume médio diário de veículos superior a um limite preestabelecido em uma cor previamente determinada).

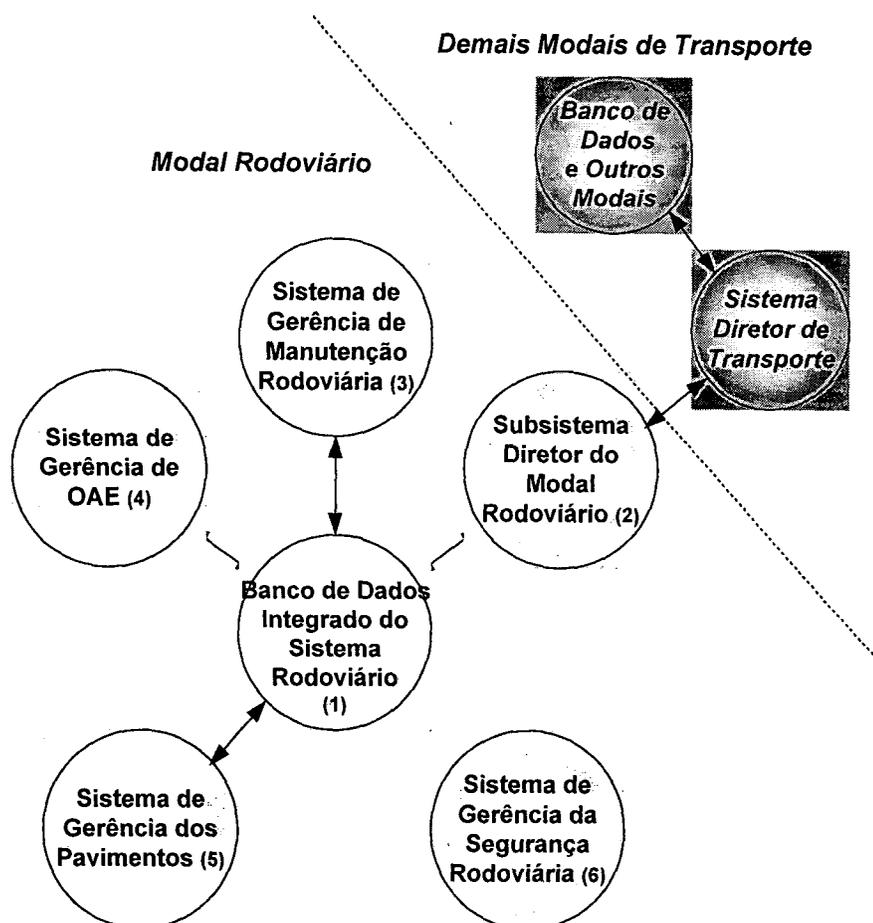
O sistema SIGER deverá estar constituído, apropriadamente, de um banco de dados central que permita uma comunicação entre os diferentes bancos de dados alimentadores das diversas entidades envolvidas sendo por elas atualizados.

O banco de dados que servirá de suporte do sistema integrado deverá conter os dados relevantes requeridos por cada um dos subsistemas interligados. Esses dados, podendo ser coletados por distintos órgãos públicos ou setores de um órgão, necessitam ser interligados para que não se tenha entrada de informações e custos em duplicidade. Para a segurança do sistema, o acesso das entidades e dos seus técnicos às informações do banco de dados central poderá ser limitado por níveis de acessibilidade apropriadamente estabelecidos.

Um sistema de gerenciamento de banco de dados, como por exemplo o ORACLE, poderá armazenar e gerenciar as informações requeridas para o suporte de todos os sistemas.

Convenientemente, um sistema integrado de gerência rodoviária (SIGER) poderá, por exemplo, como mostra a figura a seguir, interligar os subsistemas de: (i) gerência de obras de arte; (ii) gerência de pavimentos; (iii) gerência de manutenção de rodovias não-pavimentadas; (iv) planejamento diretor do transporte rodoviário; (v) gerência de segurança do trânsito rodoviário. Esses subsistemas de gerência poderão requerer a geração de bancos de dados consolidados próprios, visando à obtenção de dados completos e consistentes para um determinado período ou data, sem a dependência exclusiva do acesso aos diversos arquivos do banco de dados central (relacional).

Figura 4.2 - Estrutura Básica de um Sistema Integrado de Gerência Rodoviária



Observações:

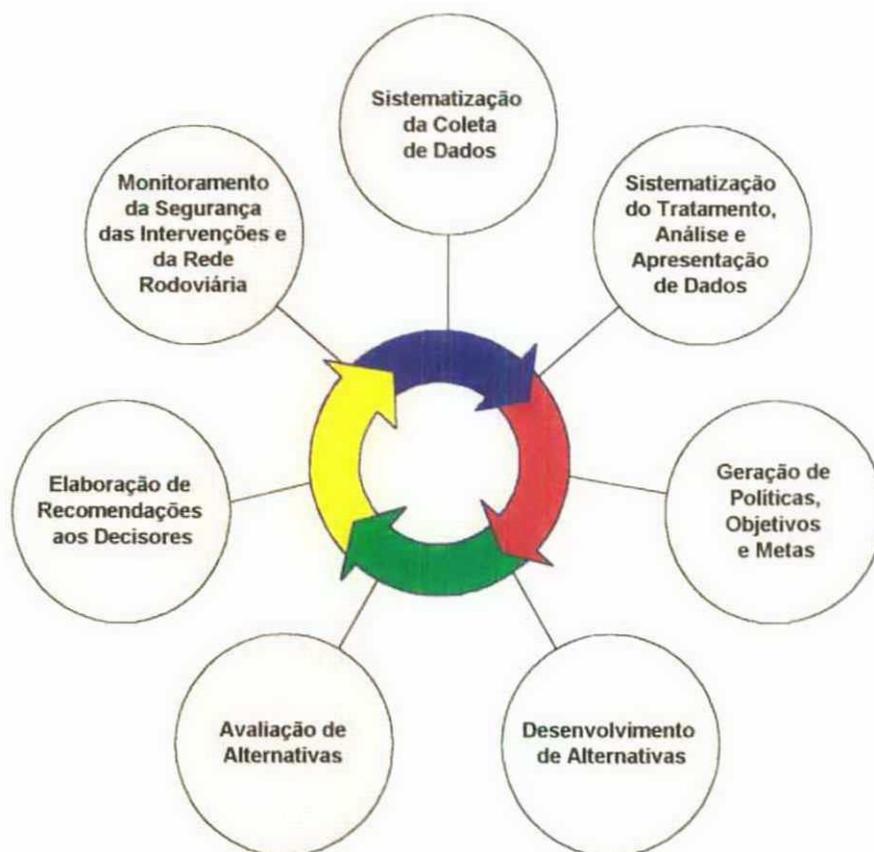
- (1) Banco de dados integrado (não burocratizado) que inclui (i) Informações gerais da rede rodoviária; (ii) tipos e condições dos pavimentos; (iii) dados de tráfego e acidentes; (iv) dados geométricos das rodovias; (v) dados da manutenção de rotina das rodovias pav e não pav; (vi) informes das obras de arte especiais; (vii) dados de custos e orçamentos; (viii) informes administrativos;
- (2) Inclui o planejamento, programação, orçamentação das intervenções de ampliação da rede e o seu monitoramento;
- (3) Inclui o planejamento, a programação, a orçamentação das intervenções de manutenção de rotina nas rodovias pavimentadas e não-pavimentadas e o seu monitoramento;
- (4) Inclui o planejamento, a programação, a orçamentação das intervenções de restauração das pontes, viadutos e túneis e o seu monitoramento;
- (5) Inclui o planejamento, a programação, a orçamentação das intervenções de recapeamento e restauração dos pavimentos e seu monitoramento;
- (6) Inclui o planejamento, a programação, a orçamentação das ações e intervenções que visem aumentar a segurança do trânsito rodoviário (de cada um dos seus componentes básicos) e o seu monitoramento e dos níveis de segurança da rede rodoviária.

Uma estrutura organizacional de um sistema de gerenciamento rodoviário integrado aplicado a uma realidade brasileira foi desenvolvida pelo DER/SC no contexto das ações previstas para a elaboração de um Plano Diretor de Transporte Rodoviário (PDTR) do Estado de Santa Catarina. Prevê-se que a elaboração desse Plano Diretor seja financiada com recursos previstos para o Componente *Fortalecimento Institucional* do Programa BID-IV em negociação com o Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID. A estrutura organizacional do sistema prevê, com a aplicação das tecnologias GIS e softwares de gerenciamento de banco de dados, a integração de vários sistemas aplicativos existentes ou a desenvolver, entre os quais destacam-se: o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), o Sistema de Administração da Manutenção (SAM), o Sistema de Controle de Volume de Tráfego (CVT), o Sistema de Estatísticas de Acidentes Rodoviários (ACT), o Sistema de Controle de Autorização Especial de Trânsito (AET) e o Sistema de Gerência da Performance de Contratos [40].

#### 4.4 FUNÇÕES DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE SEGURANÇA PARA O TRÂNSITO RODOVIÁRIO

Um sistema de gerência de segurança para o trânsito rodoviário (SGS) tem basicamente por funções: (i) sistematizar a coleta, o tratamento, a análise e a apresentação (inclusive para a consulta dos usuários) dos dados relevantes para a segurança do trânsito rodoviário; (ii) contribuir para a geração de políticas, objetivos e metas para aumentar a segurança rodoviária; (iii) desenvolver ações e alternativas de intervenção para reduzir as conseqüências dos acidentes e incidentes rodoviários; (iv) avaliar as ações e alternativas de intervenção visando otimizar a aplicação dos recursos disponíveis; (v) fazer recomendações consistentes e claras aos tomadores de decisão; (vi) monitorar a implementação e a eficiência das ações e dos planos de intervenção, assim como o nível de segurança da rede rodoviária para, através de processos de *feedback*, aperfeiçoar o SGS e, por último, compartilhar experiências com outras agências rodoviárias.

Figura 4.3 - Funções Básicas de um Sistema de Gerência de Segurança do Trânsito Rodoviário



A curto prazo, os principais objetivos de um SGS são permitir:

- aperfeiçoar a qualidade dos dados de segurança do trânsito rodoviário tornando-os mais consistentes e completos para o planejamento estratégico e específico da segurança do trânsito rodoviário;
- sistematizar e padronizar a coleta, o tratamento, a análise e a apresentação de dados relevantes da segurança do trânsito rodoviário;
- explicitar a gravidade real da insegurança do trânsito rodoviário aos tomadores de decisão e aos segmentos interessados da sociedade;
- identificar as áreas críticas e os fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes que se referem à infra-estrutura, aos condutores e pedestres, aos veículos e à fiscalização e regulamentação visando à definição de políticas, objetivos e metas específicas;
- elaborar planos, ações e/ou projetos para reduzir a severidade e a frequência dos acidentes e incidentes das áreas críticas eliminando ou reduzindo os

efeitos dos fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes;

- otimizar a utilização dos recursos disponíveis para a implementação de contramedidas;
- monitorar a implementação e a performance das ações e planos de intervenção;
- monitorar continuamente os níveis de segurança da rede rodoviária;
- contribuir para a redução do número de mortes e feridos em acidentes nas rodovias.

A médio prazo, um SGS objetiva:

- disponibilizar aos decisores, gerentes e usuários os recursos informáticos para tornar o uso dos dados de segurança do trânsito rodoviário mais efetivo identificando a gravidade da insegurança do trânsito rodoviário e as pertinentes ações mitigadoras;
- prover procedimentos sistematizados e elementos para elaborar programas, projetos e ações de intervenção para a segurança do trânsito no sistema rodoviário definindo os recursos financeiros necessários;
- otimizar programas, projetos e ações de intervenção no sistema rodoviário em função das restrições orçamentárias existentes estabelecendo prioridades e prazos de sua implementação;
- contribuir para a redução da severidade e da frequência de acidentes na rede rodoviária.

Os objetivos, a longo prazo, de um SGS são:

- estabelecer os instrumentos pelos quais a coleta, o gerenciamento e o uso de informações de segurança do trânsito nas rodovias possam ser coordenados entre os diversos níveis decisórios das entidades intervenientes de forma contínua e em tempo real;
- gerar uma base sólida para o gerenciamento e a pesquisa da segurança do trânsito rodoviário;
- contribuir para a geração de políticas, objetivos e metas para segurança do transporte rodoviário;
- permitir ofertar e sustentar um produto “segurança para o trânsito rodoviário” com a qualidade requerida pela sociedade;

- prover os elementos necessários para o estabelecimento e/ou alteração de diretrizes e normas visando aumentar a segurança do trânsito nas rodovias;
- contribuir através de redução dos custos de transporte no desenvolvimento econômico regional;
- compilar experiências visando sua divulgação a nível regional, nacional ou internacional.

#### 4.5 ARQUITETURA DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE SEGURANÇA PARA O TRÂNSITO RODOVIÁRIO – SGS/TR

##### 4.5.1 Estrutura do Sistema SGS/TR Proposto

Conceitualmente, um sistema de gerência deverá ser constituído por um sistema de informações gerencias (SIG) e um sistema de apoio à decisão (SAD). Enquanto que o sistema de informações gerenciais permite coletar, organizar e gerenciar os dados e informações, o sistema de apoio à decisão contempla módulos de aplicação para processar e apresentar a informação sobre a qual a decisão pode ser tomada e ao final implementada [50, 105].

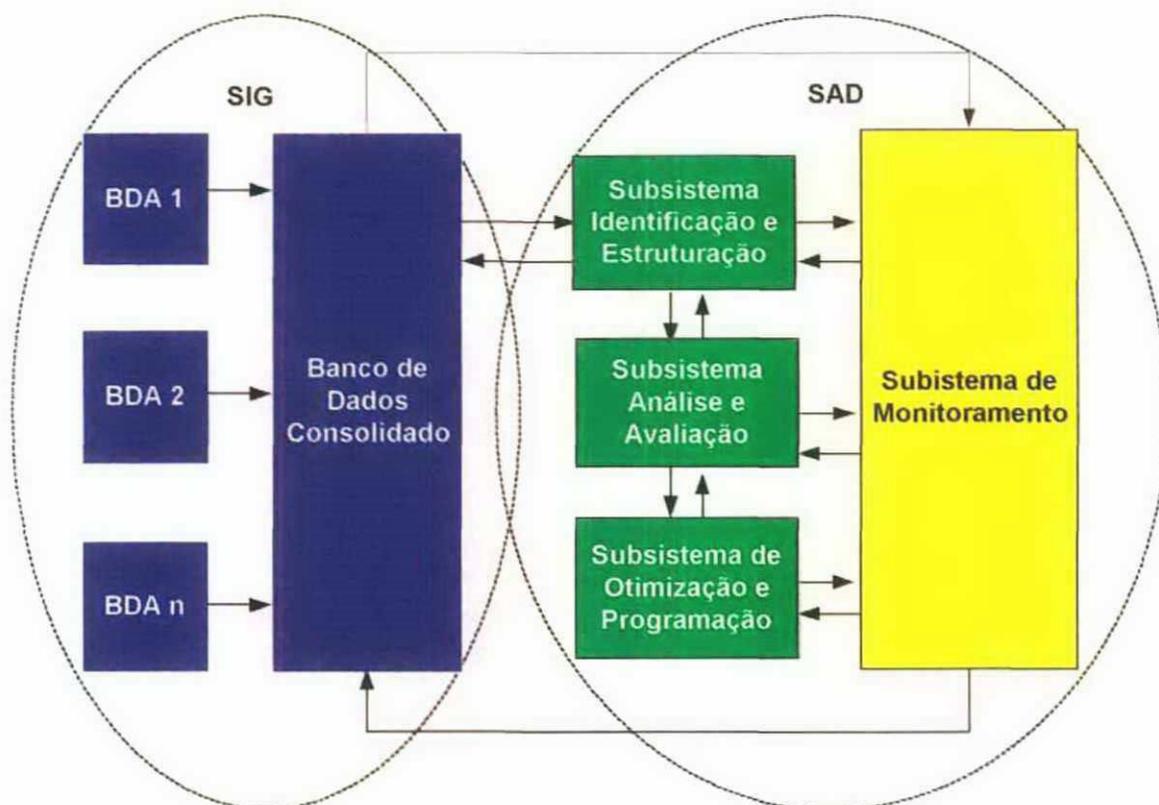
O Sistema de Gerência de Segurança do Transporte Rodoviário (SGS/TR), nos termos propostos, deverá ser constituído, além de um *Subsistema de Informação*, de mais quatro subsistemas para o apoio à decisão e ao monitoramento.

Esses subsistemas para o apoio à decisão deverão permitir processar os dados coletados e gerar as informações para a tomada de decisão e a subsequente implementação e monitoramento das ações definidas, quais sejam:

- *Subsistema Identificação e Estruturação;*
- *Subsistema Análise e Avaliação;*
- *Subsistema Otimização e Programação;*
- *Subsistema de Monitoramento.*

A figura 4.4 apresenta um esquema geral da estrutura do Sistema SGS/TR proposto, indicando também a interligação entre os diversos subsistemas. Os principais aspectos e procedimentos que poderão ser adotados para o desenvolvimento de cada um dos subsistemas e módulos do SGS/TR proposto são descritos nos capítulos 5 a 9.

Fig 4.4 - Esquema Geral do Sistema de Gerência de Segurança para o Trânsito Rodoviário Proposto (SGS/TR)



Observações:

BDA 1,2...n - Banco de Dados Alimentadores;  
 BDC - Banco de Dados Consolidado;  
 SIG - Sistema de Informações Gerenciais; e,  
 SAD - Sistema de Apoio à Decisão.

O item a seguir descreve sumariamente os principais objetivos esperados de cada um dos subsistemas do SGS/TR proposto.

#### 4.5.2 Descrição Sumária dos Subsistemas do SGS/TR

O *Subsistema de Informação* de um SGS/TR, na forma proposta nesse trabalho, tem, principalmente, por objetivos: (i) sistematizar a coleta, a organização e o gerenciamento dos dados e das informações gerenciais relevantes para a segurança do trânsito rodoviário; (ii) integrar e consolidar os dados e as informações relevantes para a segurança do trânsito rodoviário das distintas entidades responsáveis por essa questão em um único banco de dados (consolidado); (iii) divulgar os conhecimentos adquiridos pelos órgãos e entidades envolvidos com a questão da segurança rodoviária entre si e

em todos os seus níveis hierárquicos; (iv) fornecer, prontamente aos usuários das rodovias informações relevantes sobre os reais riscos e condições de trânsito; (v) prover para as equipes de atendimento e de intervenção emergenciais (equipes de atendimento médico, dos órgãos rodoviários e de trânsito) as informações para minimizar as conseqüências de acidentes e incidentes; (vi) auxiliar na provisão de dados e informações relevantes requeridos pelos demais subsistemas do SGS/TR e sistemas integrantes do SIGER.

Tendo como principal fundamento os conhecimentos e as informações fornecidas pelo Subsistema de Informação, o *Subsistema Identificação e Estruturação* objetiva principalmente:

- a) identificar a atual severidade da questão da segurança do trânsito na rede, região, eixo ou ponto da rede rodoviária em estudo (*Status Quo*);
- b) ao manter-se as atuais condições, explicitar a tendência da evolução desse quadro;
- c) com os dados relevantes compilados e as informações complementares obtidas de processos de auditoria, inspeções *in loco* e pesquisas paralelas, definir mediante procedimentos sistematizados as políticas, os objetivos e as metas para a segurança do trânsito rodoviário da região em estudo;
- d) selecionar os pontos, os eixos e as regiões críticas da rede rodoviária que deverão ser estudados com detalhes;
- e) visando identificar os principais aspectos vulneráveis das diversas disciplinas da segurança de trânsito, obter para as áreas críticas selecionadas: sumários dos principais indicadores da segurança do trânsito, listas de acidentes com as principais características, listagens dos principais fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes (infra-estrutura, usuários (condutores e passageiros e pedestres), veículos e normalização e fiscalização), gráficos e mapas temáticos.

Uma vez identificado o *status quo* do problema, estabelecidos os objetivos e selecionadas as áreas críticas que deverão ser analisadas com detalhes, cabe aos técnicos de uma equipe multidisciplinar, a elaboração de soluções alternativas para os problemas existentes tendo sempre em mente ações que contribuam efetivamente para que os objetivos e as metas definidas anteriormente possam ser alcançados e/ou revistos apropriadamente.

Além de permitir a definição da elaboração de projetos e de planos alternativos de intervenção (de contramedidas) para amenizar a gravidade do problema da segurança do trânsito rodoviário, o *Subsistema Análise e Avaliação* objetiva determinar, através de modelos de simulação e de avaliação dos impactos das alternativas sobre a segurança do trânsito, os custos e os benefícios dessas alternativas sobre a economia regional ao longo da sua vida útil e, por fim, apresentar parâmetros sócio-econômicos para a escolha das melhores alternativas.

O *Subsistema Otimização e Programação* tem por meta apresentar aos tomadores de decisão, para uma determinada disponibilidade de recursos financeiros, a melhor composição das alternativas de intervenção estudadas para que se possa alcançar o melhor nível de segurança para o trânsito rodoviário. A melhor composição deverá resultar na definição dos planos anuais e plurianuais de segurança rodoviária, consistentes com a realidade financeira atual do país ou região.

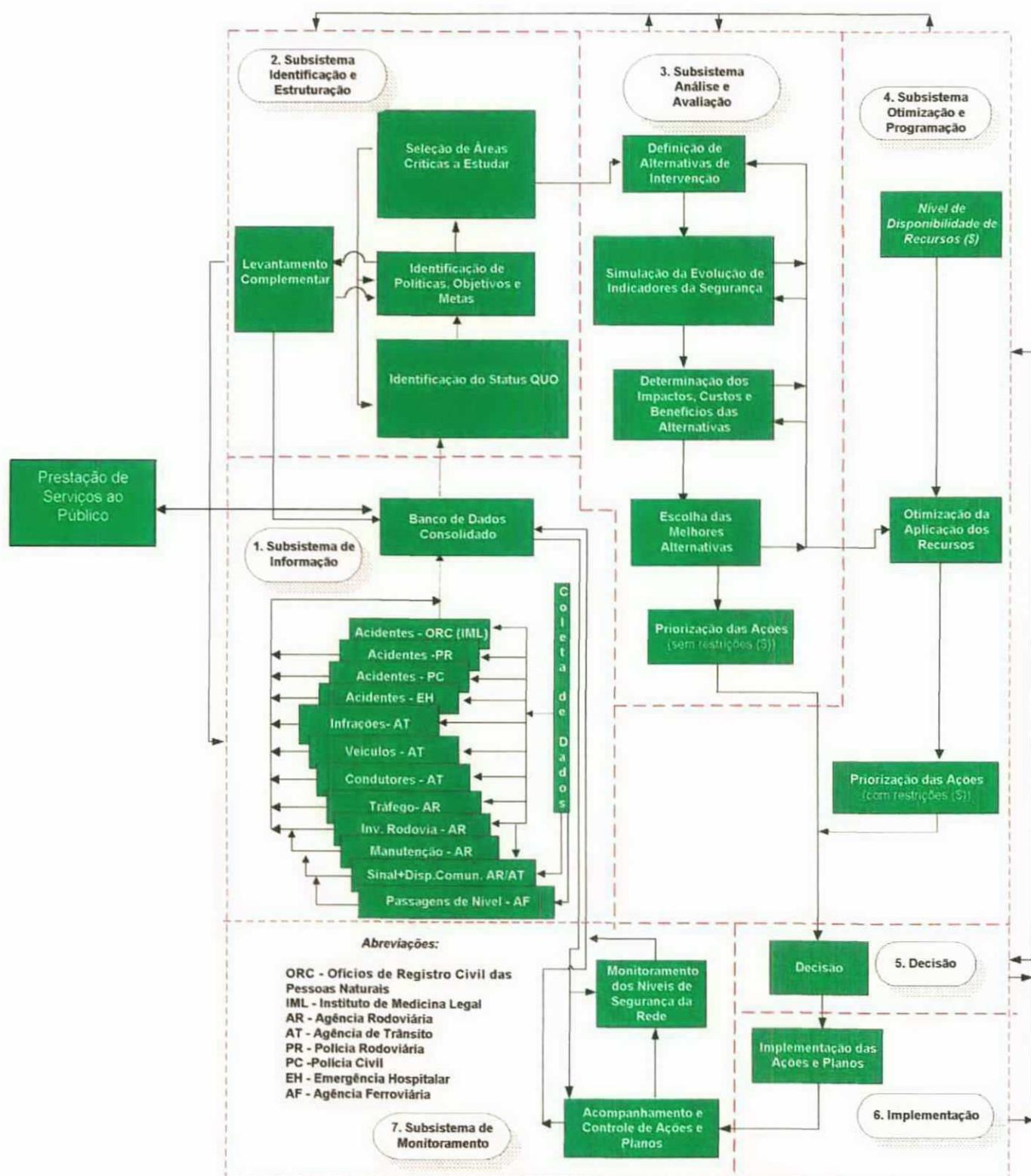
Após a tomada de decisão, importa aos técnicos da área fiscalizar, acompanhar e controlar a implementação das ações programadas, assim como monitorar continuamente os níveis de segurança da rede rodoviária. É através do *Subsistema de Monitoramento* que os responsáveis deverão ter condições de: (i) monitorar a performance das ações e dos planos em implementação ou implementados; (ii) monitorar os níveis de segurança da rede rodoviária; (iii) aperfeiçoar o subsistema e o sistema SGS/TR como um todo.

#### **4.5.3 Funcionamento do Sistema SGS/TR**

Os subsistemas e os módulos desse sistema não podem ser entendidos como blocos estanques, mas sim como procedimentos sistematizados que a qualquer momento de sua execução poderão exigir a revisão de alguma atividade já realizada anteriormente (feedback).

A figura 4.5 a seguir, apresenta o *Fluxograma de Funcionamento do Sistema SGS/TR* proposto indicando de forma auto-explicativa os inter-relacionamentos existentes entre os distintos subsistemas e módulos que compõem o sistema de gerência como um todo.

Figura 4.5 - Fluxograma de Funcionamento do SGS/TR Proposto



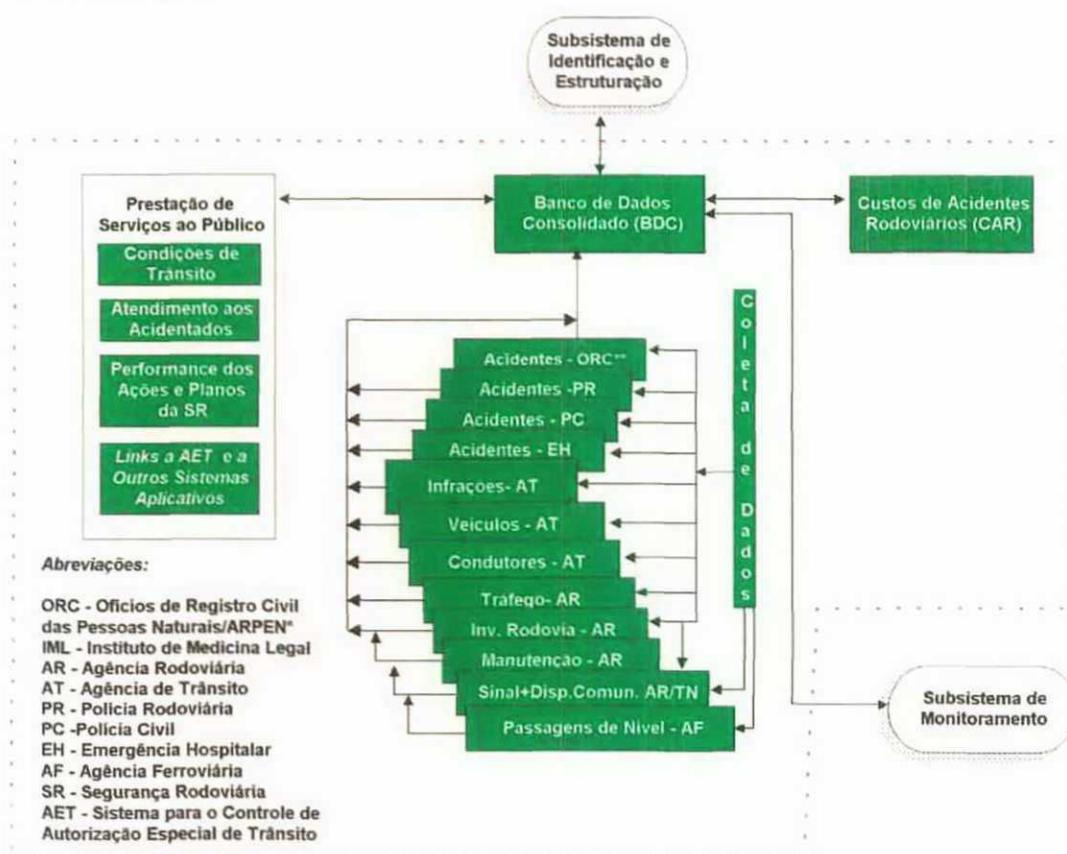
**SUSBSISTEMA DE INFORMAÇÃO DO  
SGS/TR PROPOSTO**

## 5 SUBSISTEMA DE INFORMAÇÃO DO SGS/TR PROPOSTO

O Subsistema de Informação, nos termos propostos, é constituído de: (i) um banco de dados central que consolida as informações relevantes para a segurança do trânsito rodoviário mediante a integração de diversos bancos de dados alimentadores; (ii) um módulo de custos de acidentes rodoviários (CAR) para o cálculo dos parâmetros de custos requeridos pelos demais subsistemas do SGS/TR; (iii) um módulo de prestação de serviços ao público que integra sistemas auxiliares para a informação, orientação e atendimento ao público.

A figura 5.1 a seguir apresenta um fluxograma de funcionamento do Subsistema de Informação indicando os inter-relacionamentos entre os módulos que constituem esse subsistema, assim como com os demais subsistemas do SGS/TR proposto.

Figura 5.1 - Fluxograma de Funcionamento do Subsistema de Informação do SGS/TR Proposto



\* ARPEN – Associação dos Registradores de Pessoas Naturais (Federal ou Estaduais).

\*\* Com eventual complementação dos registros do IML.

## 5.1 ASPECTOS GERAIS

Como sistema que visa à sistematização da coleta, armazenamento, tratamento, extração e apresentação dos dados e das informações requeridas para o planejamento e gerenciamento da segurança do trânsito nas rodovias, o *Subsistema de Informação* do SGS/TR proposto é constituído fundamentalmente de: (i) um banco de dados central que integra as principais informações relevantes de distintos bancos de dados alimentadores das agências rodoviárias e de trânsito e das demais entidades envolvidas com a segurança do trânsito rodoviário; (ii) de um aplicativo de gerenciamento que permita, de forma adequada, a comunicação entre os bancos de dados e especificamente o acesso, o manuseio, a visualização e a impressão desses dados.

Muitas agências intervenientes possuem sistemas informais de informação para a área da segurança rodoviária, mas são justamente os sistemas formais, principalmente aqueles baseados no processamento eletrônico de dados, que crescem em importância, tamanho e complexidade à medida que a base de dados aumenta.

Para a tomada de decisões que dizem respeito ao planejamento, à programação, à orçamentação, à operação e ao monitoramento das ações e planos para a segurança do trânsito rodoviário, é comum o uso de dados e informações de distintos agrupamentos de informações, como por exemplo, dos arquivos de registros dos boletins de ocorrência de acidentes (das polícias), dos inventários da infra-estrutura rodoviária, dos arquivos da manutenção rodoviária e da contagem de tráfego (das agências rodoviárias), dos registros de condutores de veículos (das agências de trânsito) e dos registros das emergências hospitalares.

Tradicionalmente, muito dos dados coletados e necessários para o gerenciamento da segurança rodoviária eram armazenados em arquivos de papel. Atualmente, esses dados são armazenados em computadores, mas frequentemente tratados como arquivos independentes nos diversos setores das agências rodoviárias e de trânsito e de outras entidades públicas e privadas. Essa independência no gerenciamento dos grupos de dados tem contribuído para: (i) a duplicidade de coleta e armazenamento de dados sem se ter certeza de que os dados se tornaram mais confiáveis; (ii) um desperdício de recursos; (iii) a desorganização dos dados. Ao se manter a situação atual da falta de padronização e sistematização, dever-se-á esperar uma dificuldade e lentidão na extração dos dados relevantes para a tomada de decisão ainda maior.

O avanço da tecnologia de informação para organizar e analisar uma grande quantidade de dados e preparar relatórios atrativos e gráficos de fácil entendimento e interpretação revolucionou também o manuseio dos dados que dizem respeito à segurança do trânsito rodoviário. Atualmente, a tecnologia de informática é praticamente indispensável para qualquer entidade rodoviária interessada em melhorar a prestação de serviços aos seus usuários e isso vale, principalmente, para a segurança do trânsito rodoviário.

Os dados requeridos pelo setor da segurança rodoviária devem ser entendidos e avaliados como um todo para que se possa compreender como a informação pode ser gerenciada e usada com o máximo de benefícios e assim evitar ou minimizar repetições ou a não utilização de dados (lixo) e conseqüente aumento de custos. Parte dos dados relevantes para o gerenciamento de outras áreas técnicas do setor rodoviário, como por exemplo, para a gerência de pavimentos, de manutenção de rodovias não-pavimentadas, de obras de arte especiais e de expansão da rede rodoviária também são fundamentais para o gerenciamento da segurança rodoviária.

Cabe, portanto, ao se definir a estrutura de um banco de dados para a área de segurança rodoviária, verificar quais os dados relevantes que já estão sendo coletados e armazenados em bancos de dados de outras unidades administrativas da agência rodoviária, de trânsito ou outras entidades que devam ser integrados. Os dados armazenados deverão ser relevantes, completos e consistentes para que o planejamento e o gerenciamento requerido possa ser realizado adequadamente.

Nos moldes apresentados na figura 5.2, o banco de dados de um *Subsistema de Informação* do SGS/TR proposto poderá conter, pelo menos, dados dos seguintes arquivos:

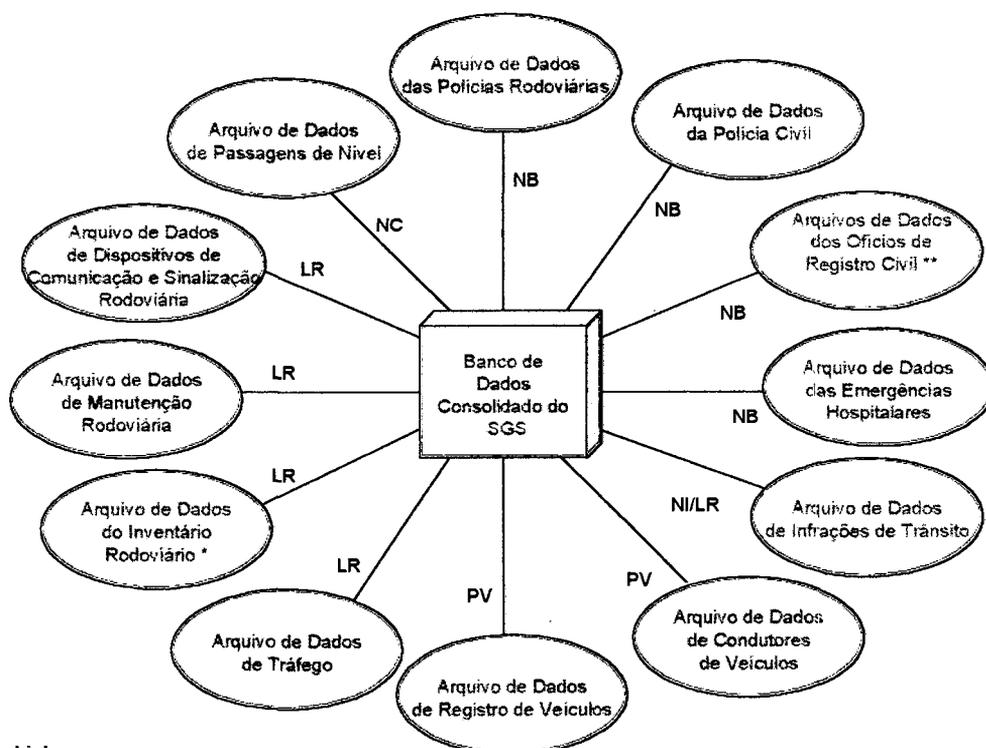
- Inventário Rodoviário;
- Registros de Acidentes de Trânsito das Polícias (Boletins de Ocorrência);
- Registros de Acidentes de Trânsito das Emergências Hospitalares (até 30 dias após a ocorrência do acidente);
- Registros de Óbitos decorrentes de Acidentes de Trânsito dos ORC's (Ofícios de Registro Civil das Pessoas Naturais) com eventuais complementações de registros do IML (Instituto de Medicina Legal). Os Ofícios de Registro Civil estão sendo interligados nacionalmente via um sistema intranet visando enviar sistematicamente informações atualizadas dos óbitos para o MPAS [13]. Dever-se-á estudar a integração do SGS/TR

com esse sistema dos ORC's para facilitar a obtenção de dados mais consistentes sobre os acidentes fatais e as fatalidades no trânsito rodoviário;

- Infrações de Trânsito;
- Registros de Veículos;
- Registros de Habilitação de Condutores;
- Manutenção Rodoviária;
- Dispositivos de Sinalização e Comunicação;
- Passagens de Nível.

Para o efeito de caracterização física da rede, é importante que os dados relevantes (atributos) possam ser localizados e atribuídos a uma determinada área crítica da malha rodoviária. O referenciamento da rede rodoviária dever-se-á dar, preferencialmente, em relação a um sistema georeferenciado e a um sistema de referenciamento previamente estabelecido pela entidade responsável pela condução dos estudos com a implantação de marcos quilométricos ao longo das rodovias.

*Figura 5.2 - Componentes Típicos do Subsistema de Informação do SGS/TR Proposto (Elaborado pelo autor a partir do esquema proposto por BRIGGS e CHATFIELD, apresentado na figura 1.1 de [105].)*



Links:

NI - Número da infração

LR - Locação referencial

PV - Número da placa do veículo

NC - Número do cruzamento

NB - Número do boletim de ocorrência

OBS:

(\*) Inclui elementos das obras de arte especiais.

(\*\*) Com eventuais complementações dos registros do IME.

Em um banco de dados integrado do SGS/TR, um determinado arquivo de dados central poderá ser ligado a outros bancos de dados alimentadores através de elos de ligação (*link*), como por exemplo, a locação referencial, o número de identificação do boletim de registro de ocorrência de acidentes ou número de passagem de nível, de registro de veículos (nº do RENAVAM ou da placa) ou de registro de condutores (nº da CNH).

Enquanto aplicações específicas podem utilizar somente um dos arquivos de dados ou grupos de dados de um *Sistema Integrado de Informação*, muitos arquivos de dados poderão ser requeridos por mais de um aplicativo, inclusive de outros sistemas de gerência interligados.

Tal banco de dados integrado deverá ser constituído por etapas de acordo com as necessidades e a capacidade de utilização das informações. Ao concebê-lo, dever-se-á prever que o mesmo possa ser integrado a outros arquivos de outros sistemas de gerência, compondo um verdadeiro sistema integrado de informações rodoviárias. Um esquema de um banco de dados integrado para todo o sistema de informação do setor rodoviário, elaborado por BRIGGS e CHATFIELD, foi apresentado por PATERSON e SCULLION em [105] e retrata sinteticamente a experiência norte americana. Esse esquema é constituído por distintos grupos de informação (arquivos), interligados por parâmetros chaves (links) que formam uma única ligação comum entre pares de arquivos. Esses grupos de informações podem servir a vários módulos de aplicação e cada um deles pode conter dados relevantes para a decisão a ser tomada.

No contexto do setor transporte, um sistema integrado de informação rodoviária poderá servir também para os sistemas de gerenciamento de informações de outros modais de transporte, como o ferroviário, aéreo e dutoviário.

## 5.2 GERENCIAMENTO DO BANCO DE DADOS

Os diversos arquivos de dados das entidades envolvidas com a segurança do trânsito rodoviário (banco de dados alimentadores - BDA) podem ser integrados convenientemente em um único arquivo de dados rodoviários para sua consolidação (banco de dados consolidado - BDC) por um gerenciador apropriado de banco de dados com uso das tecnologias "internet" e "intranet". A consolidação dos dados relevantes em um único banco de dados poderá ser processada mediante a utilização de um processo de integração componentizada "on line" - a integração dos diversos componentes (arquivos alimentadores) é efetuada operando em tempo real ou através de um processo de consolidação com a periodicidade de atualização desejada (periodicidade depende da disponibilidade e da necessidade dos dados) via comandos específicos para atualizar dados de um ou mais bancos de dados.

A conveniência de se consolidar os dados relevantes dos diversos arquivos em um único banco de dados para o sistema de gerência de segurança rodoviária com a periodicidade desejada (ativada pelo operador do sistema ou automaticamente pelo sistema em períodos preestabelecidos) pode residir, principalmente, na maior facilidade de manuseio e operação, independentemente de problemas de gerenciamento e/ou

operação em um desses arquivos alimentadores. É claro que a adoção de tal procedimento poderá prejudicar a provisão de informações em tempo real para os usuários das rodovias se tal módulo for inserido no subsistema de informação do SGS/TR proposto.

O software de gerenciamento do banco de dados do SGS/TR deverá permitir, entre outras funções, inserir, atualizar, extrair, manusear, visualizar ou imprimir os dados de cada banco de dados alimentador, assim como do banco de dados consolidado em relatórios apropriados.

O *banco de dados consolidado* poderá ser gerenciado por um grupo independente de técnicos ou por um setor específico da agência rodoviária ou ainda através de uma entidade de pesquisa e análise especialmente criada para tal fim, como ocorre, por exemplo, no Japão através de um instituto de pesquisa e análise de dados de acidentes rodoviários [15].

Dado o atual estágio de desenvolvimento dos softwares de gerenciamento, o *banco de dados consolidado (BDC)* poderá ser desenvolvido apropriadamente, por exemplo, com os softwares gerenciadores de banco de dados ORACLE ou SQL-Server e tendo como interfaces janelas desenvolvidas com os softwares VISUAL BASIC ou DELPHI. Uma boa visão georeferenciada dos dados do BDC poderá ser obtida acoplando-se ao banco de dados os sistemas GIS (Geographic Information Systems), tais como os softwares da família MGE, Map-Info e Arc View entre outros. As janelas de interface deverão ser desenvolvidas de forma que atendam às necessidades reais dos usuários e sejam de fácil compreensão e manuseio para eles.

Tais ferramentas de apoio à decisão facilitarão os trabalhos dos técnicos nas demais atividades de planejamento e gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário, como por exemplo, para identificar as áreas críticas da rede rodoviária que necessitam melhorias de segurança e os fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes (referentes aos elementos da infra-estrutura, à habilitação e treinamento de condutores e demais usuários das rodovias, aos veículos e à normalização e fiscalização do trânsito). Esse ferramental também poderá contribuir para definir, avaliar e priorizar ações e planos de melhorias da segurança do trânsito rodoviário, assim como para obter elementos para avaliar níveis de segurança de uma rodovia ou rede, rever normas e padrões de segurança, conscientizar tomadores de decisão para alocar recursos e implementar ações de melhorias da segurança e monitorar a implementação de ações e planos de segurança.

### 5.3 PROPRIEDADES DOS DADOS A COLETAR

Ao se iniciar o planejamento da coleta de dados para o sistema SGS/TR proposto, principalmente se integrado a um SIGER/TR, dever-se-á responder às seguintes questões que resumem as considerações apresentadas no Relatório INU 77 do Banco Mundial [105]:

- a) *qual é a informação necessária, quais são os dados que deverão ser coletados?* As informações requeridas são aquelas informações relevantes que dizem respeito aos objetivos e aos principais fatores que influenciam os resultados da decisão;
- b) *em que detalhes as informações e os dados deverão ser apresentados?* Vários tipos de dados são usados por grupos de usuários distintos para diferentes funções. Alguns desses dados são comuns com outros usos e funções, mas os níveis de detalhes, precisão e escala requerida diferem de aplicação para aplicação. A informação necessária para uma decisão ou avaliação não depende somente do tema a ser estudado, mas também do nível de gerenciamento no qual a decisão é tomada;
- c) *qual é o nível de qualidade de dados requeridos para cada caso?* Os níveis de precisão e de confiabilidade dos dados requeridos podem variar consideravelmente. Diferentes aplicações podem, portanto, levar a exigências conflitantes para a definição da amostra e precisão dos dados a serem coletados para um particular item;
- d) *os dados podem ser coletados por etapas?* Alguns tipos de dados são muitas vezes coletados várias vezes em diferentes níveis ao longo de um processo de planejamento por etapas; a intensidade e os detalhes medidos podem diferir de fase para fase nas quais são agregados progressivamente maiores detalhes às informações básicas adquiridas originalmente;
- e) *qual deve ser a quantidade de dados a coletar e a sua periodicidade?* O volume e a frequência das atualizações dos dados são os principais fatores do custo de operação de sistemas de informação. Esses fatores devem ser tratados adequadamente em função das necessidades e das disponibilidades financeiras da agência rodoviária. Há uma tendência de se coletar uma

quantidade excessiva de dados quando a coleta for realizada automaticamente. O inventário das faixas laterais e adjacentes de uma rodovia, por exemplo, deverá ser bem dimensionado. A frequência de atualização desses dados armazenados está intrinsecamente relacionada com o tema a que esses dados se referem. Dados sem referência de data são irrelevantes, principalmente se seus valores variam rapidamente. Deve ser avaliada a conveniência em se usar dados precisos e confiáveis coletados ocasionalmente contra dados menos precisos e menos confiáveis atualizados com maior frequência. No último caso, tendências explicativas podem ser determinadas para melhorar a interpretação dos dados;

- f) *qual é a disponibilidade de recursos humanos e facilidades para a coleta de dados?* Para pequenas agências rodoviárias nacionais, estaduais ou municipais com recursos humanos escassos ou não-treinados, os tipos básicos de dados, a qualidade e os métodos básicos de coleta poderão ser suficientes para a tomada da maioria das decisões e ações. Para outras agências rodoviárias com uma equipe técnica treinada e recursos adequados, um largo espectro de dados e a coleta automática deles poderá ser sustentada sem dificuldades. Outras agências poderão ter poucos recursos, mas têm a responsabilidade de dar o suporte para uma extensa rede rodoviária com elevado volume de tráfego;
- g) *qual é a previsão de alteração dos itens de dados a coletar e dos procedimentos de coleta disponíveis para a instituição?* Mais tarde ou mais cedo poderá haver a necessidade de se atualizar os itens de dados a coletar e os métodos de coleta a utilizar em função: (i) dos avanços da agência rodoviária na implementação do monitoramento da rede e nos procedimentos de processamento de dados; (ii) das alterações dos modelos aplicados para o gerenciamento rodoviário; (iii) das melhorias e expansão de seus recursos humanos e financeiros; (iv) do desenvolvimento das tecnologias de coleta e de processamento de dados. Nesse caso, poderá se tornar necessário criar “links” racionais entre as formas antigas e novas dos dados para preservar uma importante ligação com os dados históricos, assim como estar em condições de quantificar as tendências dos dados.

PATERSON e SCULLION [105] identificaram quatro critérios para orientar os técnicos na seleção dos itens que deverão constituir o banco de dados e o nível de qualidade e de confiabilidade de tais dados, quais sejam:

a) *Relevância*

Todos os itens de dados coletados e armazenados deverão ser relevantes para as decisões ou avaliações realizadas regularmente a partir do banco de dados. Um item de dado é considerado relevante se produz uma contribuição claramente identificável nos resultados (produtos de saída) das aplicações para as quais o item é normalmente usado. A dimensão e as unidades dos itens de dados deverão corresponder às características dos modelos adotados pela agência rodoviária e, sempre que existam e for possível, aos padrões nacionais ou internacionais estabelecidos.

b) *Confiabilidade*

A confiabilidade dos dados é fundamental para assegurar a consistência da base de dados ao longo do tempo e entre situações diversas. Um item de dado específico deverá ser tão confiável quanto confiável se deseja que sejam os “outputs” para a tomada de decisão ou avaliação e apropriado para o modelo analítico utilizado para o processamento de dados.

A alta precisão, a amostragem intensiva e a total cobertura de dados alcançável através dos equipamentos automáticos de coleta poderão representar um investimento excessivo se a análise para o suporte das decisões for apenas aproximada ou generalizada. Há, portanto, a necessidade do equilíbrio saudável entre a confiabilidade dos dados e a dos produtos de saída gerados.

A confiabilidade dos dados poderá ser determinada em função de:

- *acuracidade dos dados.* É uma combinação da precisão (erro associado às medições repetidas realizadas em tempos e períodos distintos por operadores ou instrumentos distintos) e da tendência (o grau com o qual a medida média se aproxima a valores padronizados ou referenciais). Todos os itens de dados deverão ser medidos de acordo com os procedimentos padrões nacionais ou internacionais quando estiverem disponíveis ou de acordo com diretrizes das próprias agências rodoviárias. Isso assegura consistência entre medidas realizadas em tempos e lugares distintos;
- *cobertura espacial dos dados.* A influência da cobertura espacial na confiabilidade dos dados depende da escala da análise procedida. Para o macroplanejamento de rede, por exemplo, uma pequena amostragem pode

ser adequada para se obter uma confiabilidade aceitável. A elaboração de projetos de engenharia alternativos para reduzir acidentes poderá exigir uma completa cobertura espacial;

- *que a relação dos itens de dados coletados esteja completa.* Itens de dados que faltam poderão reduzir a confiabilidade dos resultados. Um determinado item de dados considerado relevante não deverá ser esquecido nem substituído (sempre que possível) por uma estimativa;
- *que os dados coletados estejam atualizados.* Os dados que se alteram rapidamente de mês para mês ou que influenciam muito os parâmetros em uma aplicação decisória deverão ser atualizados periodicamente. A periodicidade das atualizações deverá ser definida no contexto do processo de seleção dos itens requeridos.

c) *Viabilidade*

É importante que o tamanho e a qualidade da lista total de dados e o processo associado de aquisição seja viável tendo em vista os recursos financeiros e humanos requeridos para manter os dados atualizados.

d) *Propriedade dos Dados*

O sistema de informação deverá ser apropriado para suprir necessidades correntes e imediatamente previsíveis da agência rodoviária. Os itens de dados deverão descrever adequadamente todos os produtos de saída que são de interesse. A tecnologia e os recursos envolvidos na aquisição, processamento e gerenciamento de dados deverão ser compatíveis com a capacidade da agência para manter o equipamento, conduzir pesquisas de campo e sustentar o processamento de dados.

#### 5.4 PADRONIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE COLETA E DADOS A COLETAR

A padronização dos dados relevantes para a área da segurança rodoviária é fundamental para que: (i) os dados coletados em diferentes regiões e estados possam ser consolidados nacionalmente; (ii) os resultados do tratamento realizado possam ser comparados com outras regiões ou países.

No Brasil, a exemplo de muitos outros países, as informações dos boletins de ocorrência são a base para a maioria dos estudos que visam à identificação de ações e

medidas para a redução de acidentes em áreas críticas dos sistemas do transporte rodoviário.

Cada agência rodoviária ou de trânsito dos estados, e às vezes do mesmo estado, no entanto, usa modelo de formulário de registro de acidentes próprio coletando informações cujos conceitos nem sempre são padronizados nacional ou internacionalmente, dificultando a sua consolidação nesses níveis. Por isso, muitos dos estudos comparativos da área da segurança rodoviária que envolvem as estatísticas brasileiras com as de outros países estão prejudicados.

No início dos anos 80, o DENATRAN buscou a uniformização nacional do boletim de acidente com a criação do Boletim de Acidentes de Trânsito (BAT), no entanto, sem sucesso. Visando contribuir para a solução desse problema, o GEIPOT concluiu, em 1999, um estudo analítico dos Boletins de Ocorrência de Acidentes adotados nos estados brasileiros e em outros países [63]. Esse estudo resultou em uma proposta de uma lista de informações básicas indispensáveis para uma adequada análise de acidentes que até a presente data não foi discutida com as agências rodoviárias e de trânsito do país.

Dentre os conceitos da área da segurança rodoviária freqüentemente utilizados pelos órgãos rodoviários e de trânsito no Brasil que necessitam de uma análise especial para os fins de padronização destacam-se os conceitos sobre:

- a) a *vítima fatal* (a morte em acidente de trânsito rodoviário) - esse conceito diverge substancialmente daquele adotado pela maioria dos países desenvolvidos. Nesses países, um acidente fatal de trânsito inclui todos os registros de mortes decorrentes de ferimentos de acidentes até trinta dias após a data de sua ocorrência (definição da OMS). No Brasil, o acidente fatal refere-se, na maioria das vezes, apenas ao registro da morte do acidentado no local do acidente sem contar os casos em que, por qualquer razão, as vítimas fatais são levadas aos hospitais como feridos de trânsito, como tais inseridos nas estatísticas dos hospitais e freqüentemente desconsideradas nas estatísticas oficiais do trânsito rodoviário;
- b) os *tipos de acidentes* - é comum observar a adoção de tipos de acidentes diferentes entre os órgãos públicos brasileiros que intervêm na segurança rodoviária. Segundo MEEVES [87], os tipos de acidentes devem descrever apenas a situação-conflito (constelação da engenharia de trânsito) que precedeu a ocorrência do acidente. Ao se identificar claramente a situação-

conflito se identificará mais rapidamente as contramedidas requeridas. Segundo esse autor, não é decisivo para a definição do tipo de acidente: (i) se e como chegou a uma colisão (forma como ocorreu o acidente); (ii) erro de comportamento do usuário envolvido ou de quem é a culpa. Cada tipo de acidente deverá ser caracterizado por apenas uma clara situação-conflito do qual se originou o acidente, mas um único tipo de acidente poderá resultar em várias formas de acidente. Por exemplo, em um acidente do tipo “travessia de pedestre”, um pedestre, ao cruzar uma via poderá ter originado: (i) um atropelamento; (ii) ao desviar do pedestre, uma saída da pista; (iii) ao frear bruscamente, uma colisão traseira entre dois ou mais veículos. Cada uma dessas formas poderá ter uma ou mais causas, mas a esses precedeu a mesma situação-conflito, o *conflito entre o veículo e pedestre ao cruzar a via*. Uma mesma situação-conflito que define um tipo principal de acidentes poderá ser redefinida, estabelecendo-se tipos de acidentes de segunda e terceira ordem para uma identificação mais rápida de ações de intervenção de um ou mais componentes básicos da segurança do trânsito. O grupo técnico da FGSV elaborou um catálogo das situações de conflito [89] que integra cada um dos tipos principais de acidentes adotados na Alemanha. Essa catalogação possibilita: (i) subdividir os tipos de acidentes em segunda e terceira ordem; (ii) orientar os técnicos responsáveis pelo registro dos dados na classificação apropriada dos tipos dos acidentes detectados; (iii) identificar mais claramente as intervenções requeridas no sistema rodoviário;

- c) *as categorias de acidentes* – devem descrever a severidade dos acidentes indicando a consequência mais severa do acidente. Uma categorização internacionalmente aceita distingue: acidentes fatais (pelo menos com uma fatalidade), acidentes com feridos graves (pelo menos um ferido necessitou ser internado), acidentes com feridos leves (pelo menos um acidentado ferido, mas nenhum necessitou ser internado), acidentes com danos materiais graves e acidentes com outros danos materiais. Em seu artigo 9º, a Resolução nº 25 de 21/05/98 do CONTRAN determina a especificação das seguintes categorias de acidentes com danos materiais no Boletim de Acidente de Trânsito (BOAT): (i) dano de pequena monta, quando a estrutura ou os sistemas de segurança do veículo sinistrado não for afetado;

(ii) dano de média monta, quando o veículo sinistrado for afetado nos seus componentes mecânicos e estruturais envolvendo a substituição ou reconstituição de equipamentos de segurança; (iii) dano de grande monta, quando o veículo sinistrado com laudo de perda total sem no entanto referir-se aos conceitos de acidentes com vítimas fatais, feridos graves e leves.

É, portanto, fundamental para o gerenciamento apropriado da segurança do trânsito rodoviário que se adotem conceitos e procedimentos padrões internacionalmente aceitos para a coleta, armazenamento e tratamento dos dados requeridos, inclusive esses que se referem às categorias (gravidade) e aos tipos de acidentes.

## 5.5 TIPOS DE DADOS REQUERIDOS

Os dados requeridos para o gerenciamento da segurança rodoviária são principalmente coletados pelas entidades policiais (rodoviárias e civil), unidades de emergência hospitalar, agências rodoviárias e de trânsito. Outros dados importantes podem ser obtidos dos escritórios de registro civil de pessoas naturais (ORCPN) e/ou dos institutos de medicina legal (IML), assim como através de inspeções “in loco”, auditorias de segurança, levantamentos específicos de campo e investigações de acidentes.

A definição, periodicidade e procedimentos, formatos de coleta de dados relevantes deverão ser estabelecidos em comum acordo entre as entidades envolvidas (no Brasil, sob a liderança do DENATRAN de acordo com o CTB [29]) para assegurar que os aspectos relevantes para a provisão e a pesquisa da segurança rodoviária sejam adequadamente cobertos, completos e consistentes.

A tabela 5.1 apresenta uma relação indicativa dos dados requeridos para três níveis de gerenciamento da questão da segurança rodoviária.

A coleta *mínima requerida* de dados envolvendo os dados de maior relevância para a segurança do trânsito rodoviário refere-se principalmente: (i) aos dados de acidentes registrados pelas agências policiais, emergências hospitalares e escritórios de registro civil; (ii) aos dados de tráfego; (iii) alguns dados do inventário rodoviário, referenciados a um sistema de marcos quilométricos.

Um nível de gerenciamento mais *satisfatório* envolve também os registros da performance dos veículos e condutores, do inventário rodoviário, da manutenção da infra-estrutura tendo os dados referenciados a um sistema de referenciamento de precisão métrica.

*Desejável*, no entanto, é o gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário com dados georeferenciados tendo em conta, ainda, dados de investigações “in loco”, de auditorias de segurança, levantamentos específicos (medições de textura e resistência ao atrito da superfície de rolamento, levantamento de distâncias de visibilidade, de conflitos de normas e padrões e de custos) que permitam, entre outras atividades, realizar pesquisas que visem melhorar a elaboração de alternativas de intervenção e planos de ações para a prevenção de acidentes em rodovias.

*Tabela 5.1: Relação Indicativa de Dados Requeridos por Níveis de Gerenciamento da Segurança Rodoviária*

| Variáveis Incidentes a Coletar  | Coleta de Dados |                            |                    | Exemplos de Aplicabilidade   |
|---|-----------------|----------------------------|--------------------|--|
|   | Desejável       | Satisfatória               | Mínima Requerida   |  |
| <b>1. Polícias Rodoviárias e Civil-Registro de acidentes</b>  |                 |                            |                    | - identificação de áreas críticas;   |
| Dados de identificação (estado da feder., setor policial, distrito rodov., nº do boletim)   | x               | x                          | x                  |  |
| Localização do Acidente (rodovia, código, ponto)  | Georeferenciada | Referenciada precisão- 10m | Referenciamento km |  |
| Tipo da localidade (urbano, rural, suburbano)   | x               | x                          | x                  |  |
| Dados meteorológicos  | x               | x                          | x                  |  |
| Data da ocorrência  | x               | x                          | x                  | - estudos para a otimização do atendimento médico-emergencial;   |
| Hora da ocorrência  | x               | x                          |                    |  |
| Hora do atend. méd. emergencial   | x               |                            |                    |  |
| Dados da disponib. de equip. e materiais de atend. emerg.   | x               | x                          |                    |  |
| Categoria do acidente (gravidade dos ferimentos)  | x               | x                          | x                  |  |
| Nº de envolvidos  | x               | x                          | x                  |  |
| Dados pessoais (condutores e demais envolvidos – nome, idade, sexo, residência, nível de treinamento, experiência, conhecimento da rodovia, etc.) | x               | x                          | x                  | - identificação de fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes que dizem a respeito à fiscalização de trânsito, aos condutores e aos veículos. |
| Infrações cometidas   | x               | x                          |                    |  |
| Tipo de acidente  | x               | x                          | x                  |  |
| Nº das placas veiculares  | x               | x                          | x                  |  |
| Tipo de veículos envolvidos   | x               | x                          |                    |  |
| Nº de veículos envolvidos   | x               | x                          | x                  |  |

Continua

| Variáveis Incidentes a Coletar   | Coleta de Dados |              |                  | Exemplos de Aplicabilidade  |
|--|-----------------|--------------|------------------|---|
|  | Desejável       | Satisfatória | Mínima Requerida |   |
| Velocidades de percepção do perigo   | x               |              |                  | - estudos de definição de políticas, objetivos e metas;             |
| Defeitos no veículo (faróis, lanternas, freios e pneus)                          | x               | x            |                  |   |
| Nº de pessoas que usaram cintos de segurança                                     | x               | x            |                  |   |
| Nº de veículos com air-bags  | x               | x            |                  |   |
| Nº de veículos que usaram luzes diurnas  | x               | x            |                  |   |
| Nº de fatalidades  | x               | x            | x                |   |
| Nº de feridos  | x               | x            | x                |   |
| Nome dos hospitalizados  | x               | x            |                  |   |
| Dados para a estimativa dos danos materiais (veículos e cargas)                  | x               |              |                  |   |
| Croqui do acidente   | x               | x            |                  |   |
| Teor de álcool no sangue do condutor   | x               | x            | Alcoolizado ?    |   |
| Uso de drogas  | Tipos e %'s     | Drogado?     |                  |   |
| Outros fatores intervenientes (mal súbito, queda de carga, incêndio de veículos) | x               |              |                  |   |
| <b>2.EH - Emergências Hospitalares:</b>  |                 |              |                  | - estudo de custos de acidentes;                                    |
| Nº do Boletim de Ocorrência  | x               | x            | x                |   |
| Nome do hospitalizado  | x               | x            | x                |   |
| Data de entrada na Emergência Hospitalar   | x               | x            | x                |   |
| Hora de entrada na Emergência Hospitalar   | x               | x            |                  |   |
| Parte do corpo mais afetado  | x               |              |                  |   |
| Data da alta hospitalar  | x               | x            | x                |   |
| Tipo de fatalidade   | x               |              |                  |   |
| Data da fatalidade   | x               | x            | x                |   |
| Dados da disponib de equip e materiais para atend. emerg.                        | x               | x            |                  |   |
| Custos hospitalares  | x               | x            |                  | - identificação dos índices de fatalidades e de feridos mais reais; |
| Custos de Tratamento Médico Pós-hospitalar                                       | x               | x            |                  |   |
| <b>3. Ofícios de Registro Civil e ou Instituto de Medicina Legal (no Brasil)</b> |                 |              |                  |   |
| Nº do Boletim de Ocorrência  | x               | x            | x                |   |
| Nome do falecido   | x               | x            | x                |   |
| Data de entrada  | x               | x            | x                |   |
| Causa mortis identificada  | x               | x            |                  |   |
| <b>4. AT - Infrações de Trânsito:</b>  |                 |              |                  |   |
| Nº da Infração   | x               | x            | x                |   |
| Nº da placa veicular   | x               | x            | x                |   |

## Continuação

| Variáveis Incidentes a Coletar   | Coleta de Dados |                       |                    | Exemplos de Aplicabilidade  |
|--|-----------------|-----------------------|--------------------|---|
|  | Desejável       | Satisfatória          | Mínima Requerida   |   |
| Tipo de infração   | x               | x                     | x                  |   |
| Idade do infrator  | x               | x                     |                    |   |
| Experiência do infrator  | x               |                       |                    |   |
| <b>5. AT – Habilitação de Condutores:</b>  |                 |                       |                    | - identificação de fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes que se referem à habilitação, ao treinamento e às ações de marketing social; |
| Nº da placa veicular   | x               | x                     |                    |   |
| Nº da CNH  | x               | x                     |                    |   |
| Data de nascimento   | x               | x                     |                    |   |
| Data de exp. da CNH  | x               | x                     |                    |   |
| Data da última renovação da CNH  | x               |                       |                    |   |
| <b>6. AT – Registro de Veículos:</b>   |                 |                       |                    | - identificação de fatores de segurança veicular;<br><br>- estudos da evolução da motorização;  |
| Nº da placa  | x               | x                     | x                  |   |
| Marca  | x               | x                     |                    |   |
| Tipo   | x               | x                     | x                  |   |
| Data de fabricação   | x               | x                     |                    |   |
| Equipamentos de proteção pessoal (air-bags, pára-choques e estruturas especiais) | x               | x                     |                    |   |
| Condições operacionais dos veículos  | x               | x                     |                    |   |
| <b>7. AR – Tráfego:</b>  |                 |                       |                    | - identificação de conflitos devido ao uso misto de vias;<br><br>- estudos de limitação de peso e de tráfego de cargas perigosas.                                   |
| Localização referencial  | Georeferen.     | Referenciada – em 10m | Referenciamento km |   |
| Volume de tráfego  | x               | x                     | x                  |   |
| Classificação de veículos  | x               | x                     | x                  |   |
| Taxas de crescimento   | x               | x                     | x                  |   |
| Carga por eixo   | x               | x                     |                    |   |
| Tipos de carga transportada  | x               |                       |                    |   |
| Identificação e quant./conflitos   | x               |                       |                    |   |
| <b>8. AR - Inventário Rodov.:</b>  |                 |                       |                    | - identificação de fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes da infraestrutura.   |
| Localização referencial  | Georeferen.     | Referenciada – em 10m | Referenciamento km |   |
| Elementos da secção transversal  | x               | x                     | x                  |   |
| Elementos da alinh geométrico  | x               | x                     |                    |   |
| Elementos das áreas adjacentes   | x               | x                     | x                  |   |
| Capacidade da via  | x               | x                     |                    |   |
| Tipo das interseções   | x               | x                     |                    |   |
| Custos Unitários de obras e serviços   | x               | x                     | x                  |   |
| <b>9. AR - Manutenção Rodov.:</b>  |                 |                       |                    |   |

Continua

## Continuação

| Variáveis Incidentes a Coletar                              | Coleta de Dados |                       |                      | Exemplos de Aplicabilidade   |
|---|-----------------|-----------------------|----------------------|--|
|   | Desejável       | Satisfatória          | Mínima Requerida     |  |
| Localização referencial                                     | Georeferen.     | Referenciada em 10m   | Referenciamento (km) | -definição de alternativas de intervenção na infraestrutura.               |
| Condições da pista de rolamento                             | x               | x                     | x                    |  |
| Condições dos acostamentos                                  | x               | x                     |                      |  |
| Condições das áreas adjacentes                              | x               | x                     |                      |  |
| Condições de operação das interseções                       | x               | x                     |                      |  |
| Iluminação das intersecções                                 | x               | x                     |                      |  |
| Custos unitários  | x               | x                     | x                    |  |
| <b>10. AR + AT -Dispositivos de Sinaliz. e Comunicação:</b> |                 |                       |                      | - desenho ou redesenho de sistemas de controle, sinalização e comunicação; |
| Localização referencial                                     | Georeferen.     | Referenciada – em 10m | Referenciamento km   |  |
| Qualid da Sinaliz Horizontal (Pintura adequada)             | x               | x                     | x                    |  |
| Dispon. tachinhas apropriadas                               | x               | x                     |                      |  |
| Dispon. tachões adequados                                   | x               | x                     |                      |  |
| Sinaliz vertical apropriada                                 | x               | x                     | x                    |  |
| Defensas adequadas  | x               | x                     | x                    |  |
| Custos unitários  | x               | x                     | x                    |  |
| <b>11. AR – Passagens de Nível:</b>                         |                 |                       |                      |  |
| Localização referencial                                     | Georeferen.     | Referenciada em 10m   | Referenciamento (km) |  |
| Nº do cruzamento  | x               | x                     | x                    |  |
| Sinalização horizontal                                      | x               | x                     |                      |  |
| Sinalização vertical  | x               | x                     | x                    |  |
| Funcionamento das barreiras                                 | x               | x                     | x                    |  |
| Sinalização sonora  | x               | x                     | x                    |  |
| Custos unitários  | x               | x                     | x                    |  |
| <b>12. AR - Elementos Estruturais OAE:</b>                  |                 |                       |                      | - identificação de áreas críticas;<br>- definição de objetivos e metas;    |
| Localização referencial                                     | Georeferen.     | Referenciada em 10m   | Referenciamento (km) |  |
| Limites de capacidade (ton)                                 | x               | x                     | x                    |  |
| Estado de manutenção  | x               | x                     | x                    |  |
| Custos unitários  | x               | x                     | x                    |  |

Observações: AR – agência rodoviária; AT – agência de trânsito; EH – setores da emergência hospitalar; OAE – obras de arte especiais; CNH – carteira nacional de habilitação.

A coleta de parte desses grupos de informação é realizada manualmente com ou sem o uso de computadores, tal como ocorre frequentemente com os registros de acidentes das polícias, das emergências hospitalares e dos registros de veículos,

condutores e parte das infrações de trânsito. Informações de outros grupos de dados poderão ser coletados automaticamente como é o caso, por exemplo, do levantamento das condições de manutenção dos pavimentos, inventário rodoviário, dados de tráfego e de acidentes ou incidentes de trânsito. A prestação de informações de trânsito em tempo real aos usuários requer a coleta de vários desses dados mediante a utilização de subsistemas de ITS, tais como os contadores automáticos de veículos com teletransmissão de dados, videocâmeras, sistemas de comunicação da radiotelefonia, computadores (portáteis ou não) interligados pelas tecnologias internet e intranet a centrais de gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário.

## 5.6 VALORES REFERENCIAIS DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS DE ANÁLISE

Sabe-se que a segurança de um sistema de transporte rodoviário é influenciada por um grande número de variáveis. Essas variáveis dizem respeito fundamentalmente: (i) à propriedade do projeto, construção, manutenção, operação e gerenciamento de suas instalações físicas (elementos geométricos, dispositivos de sinalização e das áreas adjacentes, operações de manutenção e de gerência das rodovias) para as diversas condições climáticas; (ii) à adequação e às condições operacionais dos veículos (dispositivos de segurança – air-bags frontais e laterais, barras de absorção de impactos, cintos de segurança de três ou mais pontas, estruturas veiculares com zonas de absorção de impactos, estofamento das portas laterais, estrutura de proteção do condutor e passageiros -, performance dos pneus, freios, motor, limpadores de pára-brisas, luzes de alarme na traseira, etc.); (iii) ao comportamento dos condutores e demais usuários do sistema de transporte diante das diversas situações de trânsito (uso diurno de luzes dianteiras de veículos em rodovias rurais, tensões nervosas, ingestão de álcool e drogas, nível de treinamento em técnicas de direção defensiva, nível de experiência e de conhecimento da rodovia, distração, agressividade, aspectos culturais, etc.); (iv) à adequação e prontidão do atendimento médico-hospitalar emergencial ao acidentado; (v) à adequação da legislação de trânsito e de sua fiscalização (menores velocidades máximas admissíveis - por exemplo: 30 ou 50 km/h em travessias urbanas ou áreas localizadas de intensas atividades -, a frequência dos controles policiais, montantes das multas de infrações, a impunidade, uso de cintos de segurança dianteiros e traseiros obrigatórios de três pontas, vazios na legislação). Mesmo sabendo-se que muitos desses

fatores poderão ser isoladamente a causa da ocorrência de um acidente, normalmente várias dessas variáveis influenciam de forma sobreposta a segurança de um sistema rodoviário.

A identificação dos fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes dos principais componentes da segurança do trânsito rodoviário (infra-estrutura, veículo, usuários - condutores, passageiros e pedestres - e normalização e fiscalização do trânsito rodoviário) em uma determinada área crítica poderá ser realizada mediante a comparação de elementos ou parâmetros existentes nessa área crítica (pontos, eixos ou regiões) com os correspondentes *elementos ou parâmetros referenciais* que comprovadamente contribuem mais para a segurança do trânsito.

Os elementos e parâmetros referenciais podem ser os prescritos por normas ou diretrizes ou resultados de experiências com as melhores práticas realizadas na região em estudo, no país ou nos países que registram os menores índices de acidentes em um item em particular.

O software a ser adotado, adaptado ou elaborado, deverá permitir relacionar para cada área crítica, os fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência dos acidentes por componente da segurança rodoviária facilitando assim a elaboração das contramedidas requeridas (vide o item 6.2).

A identificação dos principais elementos e parâmetros de referência necessários para a identificação dos fatores potencialmente contribuintes em uma determinada área crítica poderá ser objeto de outra pesquisa.

## 5.7 MÓDULO - CUSTOS DE ACIDENTES RODOVIÁRIOS (CAR)

Esse Módulo do Subsistema de Informação deverá permitir calcular os custos unitários e totais de acidentes requeridos para: (i) a determinação de critérios para a identificação de áreas críticas que agregam os efeitos da severidade e da frequência de acidentes, tais como o valor do potencial de segurança descrito no item 6.4.2 e 9.3; (ii) a avaliação de alternativas de intervenção que visem aumentar a segurança do trânsito rodoviário das áreas críticas identificadas; (iii) o monitoramento dos níveis de segurança dos segmentos rodoviários e da rede rodoviária como um todo.

Os acidentes resultam em perdas de recursos sócio-econômicos e também em reduções da capacidade produtiva do sistema econômico regional. O valor de uma vida

humana tem sido o centro de muitas discussões técnicas da engenharia de segurança em diversos países. Um procedimento com resultado apenas aproximado calcula o valor de uma pessoa em função: (i) da relação do PIB com o número de habitantes; (ii) da idade média das pessoas mortas em acidentes rodoviários; (iii) da expectativa da idade produtiva do cidadão. Nos USA, o valor médio de uma fatalidade no trânsito é estimado em US\$ 1 milhão de dólares [21]. A apropriação criteriosa desses custos, no entanto, é fundamental para que se possa avaliar monetariamente com consistência as intervenções em estudo.

A literatura técnica apresenta vários métodos para a determinação dos custos de acidentes [87, 89, 136], dentre os quais destacam-se principalmente três tipos de procedimentos, quais sejam: (i) os métodos *willingness to pay or willingness to accept* baseados nas metodologias da preferência declarada; (ii) os métodos baseados na determinação dos custos das intervenções mitigadoras necessárias para evitar os acidentes; (iii) os métodos de apropriação de custos dos danos sócio-econômicos realizados ou esperados de acidentes a partir de registros e parâmetros reais de custos de acidentes.

O modelo *willingness to pay* (ou *willingness to accept*), realizado com o auxílio de métodos da preferência declarada, procura determinar os custos que o acidentado ou a sociedade estejam dispostos a pagar para evitar acidentes ou quais os valores dos danos de acidentes que estejam dispostos a manter (aceitar). Esse modelo é pouco adotado porque conceitualmente: (i) tende supervalorizar os custos; (ii) depende diretamente das técnicas de levantamento (formulários) utilizadas, das diferenças na valorização individual dos riscos, da instabilidade das avaliações individuais (varia em função da situação momentânea dos entrevistados) e das divergências que se apresentam entre os custos e a disposição de pagar (ou aceitar).

Os modelos de *custos das ações mitigadoras requeridas* determinam os custos de intervenções que os envolvidos ou a sociedade aceitam para evitar (ou eliminar) os danos causados pelo trânsito ou para reduzir os danos até um valor limite tolerável. Esses modelos são aplicados, principalmente, para a avaliação dos danos causados para o meio ambiente, mas também poderão ser adotados para a mensuração dos custos de acidentes. A aplicação desses procedimentos poderá ser apropriada na ausência de registros suficientes e completos sobre os danos causados por acidentes de trânsito.

Os danos decorrentes de acidentes são bem conhecidos ou mensuráveis em muitos países através da quantificação das perdas da produção e dos prejuízos

resultantes dos custos de reposição, principalmente os que decorrem de ferimentos e da substituição dos acidentados. O modelo que se vale dessa quantificação, conhecido como o método dos *Custos dos Danos Realizados ou Esperados* ou como o *Método do Capital Humano*, foi identificado por um projeto de pesquisa da DFID [139] como sendo o método mais apropriado para a determinação dos custos de acidentes em países em desenvolvimento.

Esse modelo baseia-se na análise dos registros de um universo estatisticamente adequado atendendo da melhor forma a representatividade e precisão requerida dos custos. De acordo com esse procedimento adotado pela BAST [19, 20], os principais componentes dos custos sócio-econômicos de acidentes incluem:

- *os custos de reposição*: são os custos médico-hospitalares, policiais, jurídicos, administrativos e outros custos requeridos para que se possa alcançar para os acidentados uma situação equivalente àquela que tinham antes da ocorrência dos acidentes. Os custos de reposição podem ser diretos ou indiretos. Os custos diretos de reposição são: custos de tratamentos hospitalares e ambulatoriais, de reabilitação, de tratamento domiciliar, de transporte, de remédios e dispositivos auxiliares para o tratamento e custos de financiamentos. Os custos indiretos de reposição são os custos que se referem às atividades da polícia, da justiça, das companhias de seguro, custos de substituição das funções produtivas anteriormente ocupadas pelo acidentado e os custos de funeral.
- *custos das perdas de recursos da produção econômica*: são os custos que decorrem da redução da produção econômica resultante da perda da capacidade laborativa do acidentado (totais e/ou parciais). As perdas de recursos da produção social são determinadas em função do valor da atividade laborativa e dos períodos que apresentam redução total ou parcial dessas atividades. Especificamente devem ser considerados: o período da incapacidade laborativa, do tratamento médico hospitalar e reabilitação e do período de tratamento médico-auxiliar nos domicílios, assim como os períodos com menor capacidade produtiva do acidentado. Outras perdas de recursos são, ainda, decorrentes da não-utilização ou das perdas de utilização dos veículos danificados nos acidentes (perdas de capital) e das cargas transportadas.

- *outros custos*: a perda da capacidade laborativa do acidentado também poderá ter conseqüências nas atividades do lar e/ou paralelas da economia informal. Os custos humanitários deverão ser identificados e somados ao custo total se efetivamente resultarem em perdas de recursos. As emoções decorrentes de acidentes são monetariamente não-quantificáveis e, por isso, não consideradas nos procedimentos usuais da avaliação sócio-econômica.

Em determinadas situações, o *modelo do capital humano* poderá requerer que se realize: (i) pesquisa domiciliar em áreas urbanas e rurais para identificar e quantificar os custos decorrentes de acidentes para os familiares do acidentado; (ii) uma pesquisa suplementar para a identificação dos custos institucionais (do setor médico, polícia, setores administrativos e das companhias de seguros); (iii) um levantamento dos danos materiais junto às empresas de transporte, fábricas de veículos e oficinas.

Os custos sócio-econômicos totais de acidentes variam muito em função da severidade das conseqüências dos acidentes. Esses custos resultam basicamente do somatório dos produtos do número de acidentes pelos respectivos custos unitários decorrentes: (i) dos ferimentos dos acidentados (moeda/pessoa) determinados por tipo da severidade da conseqüência, se fatal, gravemente ferido e levemente ferido; (ii) dos danos materiais de acidentes com vítimas (moeda/acidente) determinados distintamente para os acidentes com fatalidades, com gravemente feridos e com levemente feridos; (iii) dos danos materiais de acidentes sem vítimas (moeda/acidente) desagregados em valores que se referem aos acidentes com danos materiais de grande, média e pequena monta (conforme Resolução N° 25/98 do CONTRAN) ou outra classificação julgada apropriada. É claro que esses custos unitários também deverão incluir outros custos decorrentes dos acidentes como os custos dos danos às cargas transportadas e custos subseqüentes para os familiares dos acidentados. Poderá ser conveniente, ainda, levantar os custos separadamente para os diferentes causas de acidentes, tal como os custos dos acidentes causados por excesso de alcoolemia.

A análise da evolução dos custos sócio-econômicos totais de uma região, à base de levantamentos anuais dos custos unitários de acidentes, poderá contribuir para a avaliação das políticas estabelecidas para a segurança do trânsito rodoviário da região, assim como para redimensionar ações e medidas ou para priorizar os investimentos públicos para essa importante área canalizando recursos suficientes para os projetos orçamentários pertinentes.

Os custos decorrentes dos ferimentos dos acidentados representam, freqüentemente, a maior parcela dos custos totais dos acidentes de uma determinada região [43, 71, 72].

### *Custos Unitários Médios*

A avaliação monetária do impacto de uma intervenção sobre a segurança do trânsito rodoviário, especificamente sobre a severidade e a freqüência dos acidentes, é comumente realizada com o auxílio dos custos unitários médios de acidentes a preços de um ano de referência. Esses custos unitários médios resultam do somatório das parcelas de custos dos danos pessoais causados às vítimas e dos custos materiais resultantes.

Dentre os custos unitários de acidentes requeridos pelo sistema SGS/TR proposto destacam-se, principalmente, os valores médios totais de acidentes, os valores médios por categoria de acidentes e os valores médios por tipo de acidentes.

Os custos unitários totais médios de acidentes rodoviários (moeda/acidente) variam em função da categoria da rodovia e das características da região na qual a rodovia está inserida. A apropriação desses custos deverá ser realizada de tal forma que se possa levantar, inicialmente, de forma separada, os custos de acidentes para:

#### *Rodovias Urbanas:*

- via urbana principal (inclui travessias urbanas);
- via urbana secundária (de ligação).

#### *Rodovias Rurais:*

- rodovia rural de pista simples, preferencialmente de uma forma separada para rodovias pavimentadas por tipo de seção transversal e para rodovias não-pavimentadas. O tipo de seção transversal, muitas vezes, poderá ser substituído pela jurisdição rodoviária a que está vinculada, isto é, federal, estadual, municipal;
- rodovia de pista dupla ou com mais faixas de rolamento.

Os valores dos custos totais médios de acidentes de uma mesma categoria de acidentes, mas de categorias de rodovias diferentes, também divergem muito. As diferenças devem-se principalmente à composição dos acidentados em função da severidade dos ferimentos (isso é, o número de fatalidades, de feridos graves e de feridos leves em cada 100 acidentes com vítimas). A composição dos acidentados das rodovias rurais apresenta percentuais significativamente maiores para as categorias com

maior severidade dos ferimentos do que a das rodovias urbanas na maioria dos países [89, 152]. Essa composição altera, principalmente, a parcela dos custos unitários que se referem aos custos decorrentes dos ferimentos dos acidentados. A composição percentual média de pessoas mortas, gravemente feridas e levemente feridas por acidente também varia de região para região em função da estrutura sócio-econômica regional.

Dessa forma, os custos unitários totais médios de acidentes deverão ser determinados por região, separadamente para áreas urbanas e rurais, em função das categorias das rodovias e das categorias de acidentes e eventualmente ajustados para a região em estudo.

A avaliação sócio-econômica de uma intervenção específica em uma área crítica poderá requerer um nível mais detalhado de custos unitários, tais como os custos unitários por tipo de acidentes. Sabe-se que os custos médios de acidentes também variam em função do tipo de acidente. As diferenças de custos devem-se ao fato de que cada tipo de acidente resulta em números médios de mortes e de feridos e em danos materiais diferentes. A utilização dos custos médios de acidentes por tipo de acidentes poderá permitir identificar os benefícios de ações específicas de intervenção com mais precisão, tal como poderá estar sendo requerido em estudos caracterizados por intersecções críticas ou por um ponto crítico ao longo de uma via.

As mudanças da estrutura sócio-econômica também poderão alterar os custos unitários médios de acidentes. Dentre essas alterações destacam-se o desenvolvimento da capacidade de transporte do sistema rodoviário, das medidas de segurança, da ocupação do solo, assim como os avanços da medicina e dos serviços de pronto socorro, a evolução dos principais indicadores da economia e as melhorias da prestação dos serviços da administração pública. Essas mudanças exigem que se determinem os custos unitários totais médios periodicamente.

#### *Custos Unitários Médios Ajustados*

Normalmente os valores dos custos unitários médios de acidentes, determinados por categoria de rodovia e por categoria e tipos de acidentes de um país, são suficientemente precisos para avaliar as alternativas de intervenção. Em todos os casos, dever-se-á verificar se os custos médios representam efetivamente os custos dos acidentes nas áreas em estudo.

Sempre que a composição dos acidentados (número de acidentados por categoria de severidade para cada 100 acidentes com vítimas) de uma determinada região ou rodovia em estudo diferenciar significativamente daquela observada em um país, deverá-se verificar a necessidade de se aplicar naqueles estudos, ao invés dos custos unitários médios de acidentes com vítimas do país, outros valores devidamente ajustados.

A correção dos custos unitários médios de acidentes com vítimas (total e por categoria de severidade) requer o conhecimento dos seguintes dados da área em estudo: (i) o número de acidentes com vítimas (total ou por categoria de severidade); (ii) a composição dos acidentados em função da severidade dos ferimentos (número de mortes, feridos graves e feridos leves em 100 acidentes com vítimas); (iii) um universo de dados suficientemente dimensionado para comparações (e previsões) consistentes.

O ajuste dos valores médios, no entanto, só faz sentido se o universo de dados do qual se originou a nova composição dos acidentados for adequado [157]. Como a severidade média varia muito em função das categorias de rodovias (a maior severidade é observada nas estradas rurais pavimentadas de duas faixas e uma pista de rolamento e a menor, nas rodovias urbanas), essa condição para o ajuste dos valores médios poderá ser expressa, convenientemente, em função de um número mínimo de acidentes com vítimas por categoria de rodovias (vide [56, 71]).

A correção dos valores médios limita-se, freqüentemente aos ajustes das parcelas que dizem respeito aos danos causados aos acidentados. Os procedimentos para determinar o ajuste dos custos totais médios de acidentes também em função dos danos materiais requerem uma coleta muito extensiva de dados e são, por isso, muito dispendiosos. Como esses ajustes pouco influenciam o resultado final da avaliação, são usualmente desconsiderados na avaliação sócio-econômica.

Os custos totais médios de acidentes (com mortes, feridos graves e feridos leves) de um país poderão ser ajustados, apropriadamente, quando utilizados em estudos para uma região com uma estrutura sócio-econômica homogênea ou em estudos específicos por rodovia através de equações como apresentadas em [71, 81].

Ao se utilizar parâmetros de segurança diferenciados por tipo de acidentes para um determinado estudo (tal como em estudos de intersecções críticas ou pontos críticos ao longo de segmentos entre intersecções), o universo de dados considerado poderá não contemplar tipos de acidentes representativos resultando em valores corrigidos que também não serão representativos. Nesses casos deverão ser adotados os valores médios dos custos por tipo de acidentes do país.

A título de referência, o Apêndice 5 apresenta os índices de acidentes por milhões veículos-km e/ou os custos de acidentes praticados na África do Sul, Canadá, Hungria, França, Alemanha e Brasil.

## 5.8 MÓDULO – PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS AO PÚBLICO

O Módulo do Subsistema de Informação do SGS/TR proposto inclui a conexão de sistemas auxiliares para: (i) a informação dos riscos e das condições de trânsito para os usuários das rodovias; (ii) o atendimento médico-emergencial às vítimas de acidentes; (iii) o gerenciamento das ações de intervenção emergencial das equipes dos órgãos rodoviários e de trânsito para controlar o local dos acidentes ou incidentes; (iv) a informação sobre a performance das ações e planos da segurança do trânsito rodoviário (previsto, em andamento ou realizados); (v) *links* a outros aplicativos de interesse dos usuários.

Acidentes freqüentemente desencadeiam acidentes secundários com conseqüências ainda mais graves, reduzem a capacidade de transporte de sistemas rodoviários e resultam em congestionamentos. Estudos realizados em Montreal/Canadá indicam que um acidente bloqueando uma de três faixas de rolamento de uma rodovia poderá reduzir sua capacidade em 50%. Se o bloqueio atingir duas faixas, a capacidade poderá ficar reduzida em até 80% [123].

As conseqüências dos acidentes de trânsito poderão ser amenizadas se os responsáveis pela segurança de trânsito e os usuários tiverem acesso às informações suficientemente precisas sobre as condições desses locais o quanto mais cedo possível.

A provisão de informações relevantes em tempo real sobre a ocorrência de acidentes permitirá às equipes emergenciais dos órgãos rodoviários e de trânsito: (i) atualizar as informações sobre as condições de trânsito; (ii) indicar opções de rotas alternativas para os usuários; (iii) gerenciar as questões decorrentes de acidentes e incidentes com o menor tempo de resposta. A identificação de um incidente ou acidente em um menor tempo possível poderá contribuir para definir intervenções imediatas, reduzir o tempo requerido para o restabelecimento do fluxo, prevenir a ocorrência de acidentes secundários, reduzir congestionamentos, tempos de espera em filas e custos de viagens.

Quanto mais rápido as equipes de atendimento emergencial às vítimas tiverem acesso às informações suficientemente precisas sobre os acidentes, tanto maior será a possibilidade de se obter um diagnóstico e atendimento médico adequado, evitar ferimentos ainda mais graves e salvar vidas. Para tal, deverão ser acionados prontamente os sistemas apropriados e as equipes devidamente equipadas requeridas para o atendimento médico-emergencial e da operação rodoviária “in loco”.

Tais sistemas auxiliares do Subsistema de Informação deverão contar com: (i) dispositivos de coleta e de transmissão de dados de campo em tempo real; (ii) veículos de pronto-socorro equipados com sistemas de localização automática para fácil condução ao local do acidente; (iii) acesso direto para todas as entidades envolvidas com a segurança do trânsito visando a definição de visitas ao local e intervenções imediatas; (iii) equipes especializadas e com equipamentos adequados para otimizar a condução do tráfego tendo em conta a situação presente do trânsito e desobstruir o local de ocorrência de acidentes e incidentes.

Especificamente ao Subsistema de Informação do SGS/TR proposto, operado em uma central de gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário à base de um sistema GIS, poder-se-á acoplar um sistema de comunicação e um sistema de comunicação bidimensional a bordo dos veículos que estejam interligados com as agências rodoviárias, policiais, entidades de atendimento emergencial cujas informações possam ser acessadas também pelos demais usuários via intranet, internet, telefone ou rádio. Uma vantagem adicional do SGS/TR resultante destes módulos diz respeito à atualização contínua dos registros de acidentes rodoviários para os fins de planejamento e gerenciamento das intervenções em áreas críticas.

A utilização de um sistema de mapeamento digital comum pelas diversas entidades envolvidas com a segurança do trânsito permite uma melhor coordenação e troca de informações facilitando a atuação dos técnicos no gerenciamento de incidentes e acidentes.

O sistema auxiliar “*Informações sobre as Condições de Trânsito*” tem como principal objetivo detectar a ocorrência de acidentes e incidentes permitindo aos usuários e responsáveis das equipes emergenciais envolvidas com a segurança obter, se possível, em tempo real, entre outras, as seguintes informações sobre:

- *Condições do Fluxo de Trânsito:*
  - tipo de fluxo existente (livre, instável ou congestionado);
  - congestionamento:

- localização (km, pontos marcantes próximos e coordenadas geográficas);
  - extensão da fila (km);
  - tempo de espera previsto (horas);
  - previsão para a normalização (horário).
- *Ocorrências de Acidentes e Incidentes:*
    - local da ocorrência (km, pontos marcantes próximos e coordenadas geográficas);
    - número de faixas interrompidas;
    - previsão para a normalização (horário).
  - *Rotas Alternativas:*
    - rodovias;
    - principais pontos de passagem;
    - acréscimo de extensão da rota (km).
  - *Situação da Pista de Rolamento da Rodovia:*
    - boa, regular ou má;
    - em obras.
  - *Situação Climática:*
    - normal, chuvoso, neblina e escorregadia (com indicação dos principais pontos característicos próximos e das extensões dos segmentos rodoviários críticos).
  - *Facilidades para o Atendimento Emergencial:*
    - hospitais;
    - farmácias;
    - polícias (rodoviárias, militares e civis);
    - agências rodoviárias e de trânsito;
    - bombeiros;
    - Defesa Civil.

Outro sistema auxiliar desse Módulo, o *Sistema de Atendimento aos Acidentados*, poderá reduzir o tempo de resposta das equipes médico-emergenciais aos acidentados e usuários de trânsito com mal-súbito. A utilização de um sistema diagnóstico para o atendimento às vítimas dos usuários rodoviários em trânsito poderá

acelerar a prontidão e melhorar a qualidade dos serviços de atendimento médico-emergencial aos acidentados.

Esse sistema, ao dispor de unidades-intensivas ambulantes e equipamentos de comunicação e transmissão de última geração, poderá transmitir imagens do acidente a um computador central monitorado 24 horas por médicos especializados. A pronta avaliação desses *acidentes virtuais* poderá permitir acelerar o atendimento médico aos acidentados e amenizar as conseqüências. Um bom exemplo para esse tipo de sistema de atendimento aos acidentados está sendo operado pela ECOVIA na BR277 (Curitiba-Paranaguá), descrito com detalhes no capítulo 3 dessa pesquisa.

O Módulo poderá contar, ainda, com *links* especiais para que os usuários das rodovias possam acessar rapidamente outros sistemas aplicativos ligados ao gerenciamento do trânsito rodoviário, tais como ao sistema de acompanhamento da performance das ações e planos da segurança rodoviária e ao controle de autorização especial de trânsito (AET).

Outros exemplos de projetos e atividades relacionados ao sistema de gerenciamento de acidentes são, entre outros: os sistemas de alarme de presença de neblina em rodovias [86] e o Sistema FIRST (apresentado no capítulo 3), o Programa Maryland (CHART), Programa Minnessotta Highway Helper e Houston Transportation and Management Center (THMC), esses últimos referidos em [106].

## 5.9 VISUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

A composição, apresentação e visualização gráfica dos dados e das informações georeferenciadas, coletadas, armazenadas ou compiladas através dos Subistema de Informação do SGS/TR proposto poderá ser obtida apropriadamente mediante a utilização de ferramentas GIS.

Os sistemas de informações geográficas - GIS (Geographical Information Systems), tais como o MapInfo Profissional, Arc View entre muitos outros, facilita a extração de diferentes conjuntos de informações requeridas para a análise e as modelagens necessárias para o gerenciamento do trânsito rodoviário. A base digital de dados com opções de sua apresentação em camadas (*layers*) representativas para os dados característicos (como por exemplo, limites de áreas de jurisdição, faixas de domínio e obstáculos laterais) permite grande flexibilidade e uma nova maneira de

planejamento e entrega de serviços mediante a composição das mais diversas versões de mapas temáticos eletrônicos requeridos.

O sistema GIS permite acessar outros dados e informações a partir de um determinado dado capturado via *point and click operation*, facultando ao usuário manusear e atualizar as informações com facilidade, pouco dispêndio e com a eficiência requerida diretamente a partir dos mapas compostos.

Convenientemente, o sistema GIS poderá ser integrado totalmente ao SGS/TR, isto é, ambos utilizarão o mesmo banco de dados. Outra maneira de integração desses sistemas refere-se ao GIS importar dados do banco de dados de um SGS ou um SGS importar mapas de um GIS. A melhor opção deverá ser escolhida tendo por base as limitações da agência e as características do SGS adotado [59].

**SUBSISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO E  
ESTRUTURAÇÃO DO SGS/TR PROPOSTO**

## 6 SUBSISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO SGS/TR PROPOSTO

### 6.1 ASPECTOS GERAIS

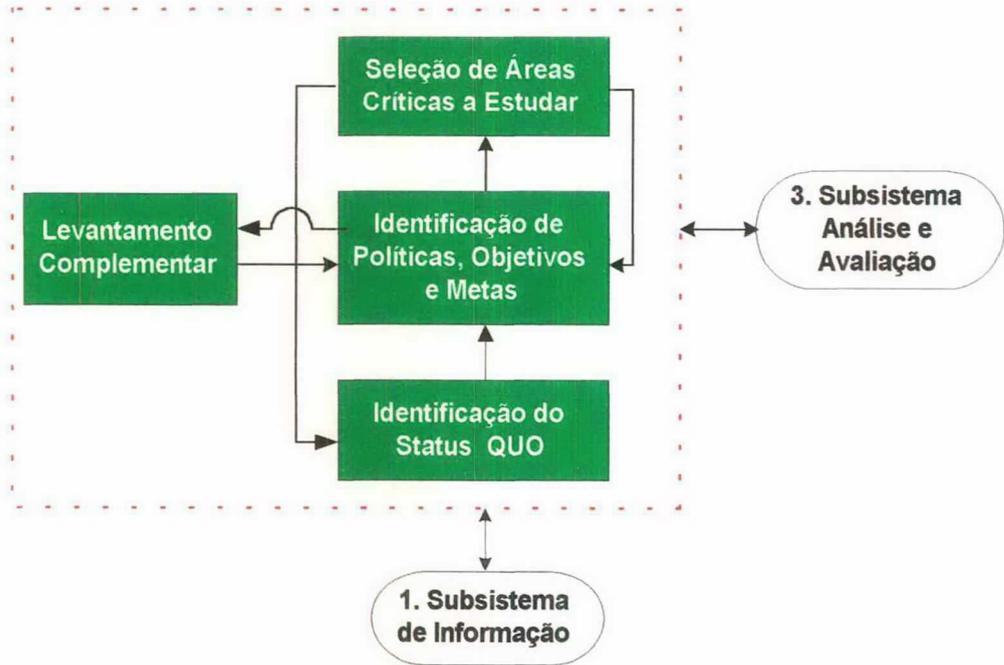
O *Subsistema Identificação e Estruturação* tem como base os dados e as informações fornecidas pelo Subsistema de Informação. Esse sistema visa permitir mediante o tratamento desses dados, principalmente:

- a) identificar o atual nível de severidade da questão da segurança do trânsito da malha rodoviária em estudo;
- b) ao manter-se as atuais condições da (in)segurança, explicitar a tendência da evolução desse quadro;
- c) tendo em conta os conhecimentos particulares dos decisores, contribuir para a definição das políticas, objetivos e metas para a segurança do trânsito rodoviário da região de abrangência do estudo;
- d) selecionar os pontos, os eixos e as regiões críticas do sistema rodoviário que necessitam de estudos detalhados visando, em uma fase posterior, elaborar alternativas de intervenção, isoladas ou conjuntas, para reduzir a severidade e a frequência de acidentes;
- e) apresentar para as áreas críticas selecionadas os principais dados pertinentes à segurança do trânsito em mapas temáticos, diagramas, croquis, gráficos e tabelas;
- f) relacionar por área crítica identificada os principais fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes distinguindo-os entre os que se referem à infra-estrutura, aos usuários (condutores e passageiros de veículos e pedestres), aos veículos e à normalização e fiscalização.

Para atender a esses objetivos, a estrutura proposta para o *Subsistema Identificação e Estruturação* prevê a integração dos seguintes módulos: (i) *Identificação do Status Quo*; (ii) *Definição das Políticas, Objetivos e Metas*; (iii) *Seleção de Áreas Críticas a Estudar*. A execução dessas atividades poderá requerer, ainda, o levantamento complementar de dados relevantes para a segurança rodoviária através de pesquisas de campo, auditorias de segurança, inspeções locais e inspeções de acidentes.

A figura 6.1 a seguir apresenta o fluxograma de funcionamento desse Subsistema.

*Figura 6.1 - Fluxograma de Funcionamento do Subsistema Identificação e Estruturação do SGS/TR Proposto*



## 6.2 MÓDULO - IDENTIFICAÇÃO DO STATUS QUO

Nos moldes propostos nesse trabalho, o Módulo - *Identificação do Status Quo* deverá permitir que se apresente, com uma visão georeferenciada, um diagnóstico do problema em estudo que seja de fácil compreensão e manuseio tanto para os técnicos dos órgãos e entidades intervenientes como para os decisores responsáveis. Os conhecimentos adquiridos deverão contribuir de uma forma efetiva: (i) para a definição das políticas, objetivos e metas da segurança do trânsito rodoviário; (ii) para a seleção das áreas críticas (e identificação dos correspondentes fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes rodoviários) que devam ser estudados com detalhes visando formular ações e projetos alternativos apropriados de intervenção (contramedidas).

Especificamente através desse módulo pode-se: (i) identificar a gravidade atual da questão da segurança rodoviária na região de influência do estudo mediante a utilização de mapas temáticos digitais georeferenciados, sumários dos principais indicadores da segurança do trânsito, lista de acidentes e tabelas padrões e específicas de registros de acidentes; (ii) ao manter-se as atuais condições da insegurança, explicitar, através de gráficos e tabelas, a tendência da evolução desse quadro.

Os softwares adquiridos, adaptados ou desenvolvidos para tal fim deverão permitir realizar pesquisas ao banco de dados através das quais os elementos armazenados possam ser associados ou desassociados por áreas de jurisdição e outros critérios a serem definidos opcionalmente pelos usuários .

A consulta ao banco de dados deverá permitir extrair as informações referentes aos acidentes registrados, visualizar os dados desejados e relacionados a cada acidente, assim como obter índices de acidentes a partir de um ou mais parâmetros de restrição (tais como por unidades administrativas, período, tipo de veículo, tipo de acidente, perfil do trecho, por gravidade de acidente, condição e tipo da pista, condições do tempo, luminosidade, dia da semana, faixa etária, sexo e estado civil dos envolvidos nos acidentes e/ou pelas condições de operação do veículo).

Para a consecução dessas funções, esse módulo do subsistema poderá valer-se, convenientemente, da utilização de interfaces desenvolvidas apropriadamente para esse fim, de softwares aplicados ao banco de dados consolidado do SGS/TR, tais como de sistemas GIS (Geographic Information System) e sistemas de pesquisa estatística que se valem de sistemas BI (Business Intelligent Systems), tais como a mineração de dados (*data mining*) - vide software *BusinessObjects* [26, 27].

As interfaces a desenvolver permitirão ao usuário do sistema realizar *regionalmente* (país, estado, microrregião, distrito rodoviário ou município), especificamente, entre outras funções, a edição, composição, visualização, atualização e impressão dos seguintes produtos:

- a) *mapas rodoviários digitais georeferenciados de registro de acidentes*, indicando por meio de simbologia apropriada as principais informações dos acidentes, tais como o tipo e a categoria de cada um dos acidentes detectados em um determinado período de análise. Dentre os mapas eletrônicos requeridos destacam-se, principalmente: (i) os mapas anuais de registro de todos os acidentes; (ii) os mapas trienais de registro de todos os acidentes com vítimas; (iii) os mapas trienais de registro apenas de acidentes

com mortes e feridos graves; (iv) outros mapas eletrônicos temáticos especiais. Maiores detalhes sobre a elaboração de mapas digitais georeferenciados de registro de acidentes são apresentados no Apêndice 1;

- b) *mapas eletrônicos georeferenciados dos níveis atuais de segurança no trânsito por segmentos rodoviários*, definidos, por exemplo, em função da segurança potencial observada. Essa segurança potencial poderá ser dada para cada tipo de categoria do segmento rodoviário pela diferença entre a densidade de custo de acidentes (por km e ano) atual e o valor médio da densidade de custo se a rodovia fosse construída, equipada e operada em conformidade com as modernas técnicas rodoviárias disponíveis. Os níveis de segurança caracterizados nos mapas eletrônicos, por exemplo, em cores diferentes poderão indicar segmentos rodoviários com níveis de segurança: (i) *desejável*, referindo-se a segmentos que apresentam valores de potencial de segurança menores que o valor médio referencial; (ii) *tolerável*, indicando os segmentos rodoviários com índices de acidentes ainda aceitáveis para a sociedade; (iii) *de alerta*, representando segmentos rodoviários com índices de acidentes que preocupam a sociedade e, portanto, poderão necessitar de análise ou algum tipo de intervenção; (iv) *crítico*, referindo-se a segmentos rodoviários com índices de acidentes acima de um limite preestabelecido (vide maiores detalhes no capítulo 9);
- c) *gráficos da evolução atual dos principais índices de acidentes*, como por exemplo, a frequência mensal, anual total ou por categoria e tipo de acidentes;
- d) *sumários dos principais parâmetros da segurança do trânsito da região em estudo*. Esse sumário deverá apresentar, pelo menos, os dados dos últimos três anos e o valor médio para:
- *dados gerais, como*: valores do potencial de segurança, custos dos acidentes, número de acidentes com vítimas e danos materiais de grande monta, número de acidentados por tipo de ferimentos;
  - *principais tipos e causas indicadas de acidentes em % de custos referentes*: (i) às principais características da *rodovia* no local do acidente (por exemplo: reta excessiva, tipo da intersecção, combinação inadequada de elementos da geometria); (ii) aos *condutores usuários* como: as estatísticas pertinentes à condução sob influência de drogas

(inclusive álcool), à direção ofensiva (como o excesso de velocidade e comportamentos agressivos), à idade (jovens, idosos) e experiência dos condutores envolvidos em acidentes, ao uso de dispositivos de proteção individual (como os cintos de segurança e capacetes), a erros de manobras (como preferencial não observada, ultrapassagem proibida, conversão equivocada); (iii) *aos veículos*, tais como os tipos de veículos, a disponibilidade e o funcionamento de equipamentos de proteção individual (entre outros, os cintos de segurança, air-bags, capacetes, etc.), aos defeitos operacionais (entre outros, dos freios, pneus, direção, lanternas e refletivos traseiros); (iv) à *fiscalização do trânsito* (entre outros, a frequência diária de rondas, o número e a intensidade média das operações policiais do tipo blitz por rodovia ou região e a relação entre o número de infrações cometidas e o número de infrações efetivamente penalizadas); (v) ao *atendimento emergencial*, tais como tempo de resposta, qualidade de atendimento e disponibilidade de equipamentos;

- *outros fatores marcantes*: luminosidade, clima, obstáculos laterais, acidentes com choque em obstáculos. O subsistema deverá permitir compilar esse sumário por rodovia ou segmento rodoviário (vide [73]);
- e) *lista de acidentes* a ser elaborada opcionalmente para a região de abrangência do estudo, rodovias, segmentos rodoviários ou área crítica identificada, deverá apresentar em ordem crescente do local da ocorrência os principais parâmetros para cada um dos acidentes registrados, indicando, entre outras informações [42, 89]: (i) dados gerais de identificação – como o número da rodovia, seção, jurisdição, local da ocorrência; (ii) dados específicos – sentido, rural ou urbana, comunidade, data, horário; (iii) número de envolvidos, de mortes, de grave e levemente feridos; (iv) tipo, categoria e causa dos acidentes; (v) principais características do local da ocorrência, como intersecção, acesso à indústria, acesso à propriedades, particularidades; (vi) condições da rodovia: do pavimento, acostamento, de visibilidade, obstáculo do choque; (vii) idade, sexo do condutor responsável pelo acidente; (viii) custos dos danos pessoais e materiais e totais;
- f) *tabelas (padrão ou especiais) de distribuição das ocorrências de acidentes*, como por exemplo:

- por categoria de acidente x tipo de acidente x tipo de rodovia (classe de jurisdição, quantidade de faixas de rolamento, largura do acostamento, etc.);
  - por categoria x tipo de acidente x número de vítimas por tipo de ferimento;
  - por categoria de acidente x hora do dia x dia da semana;
  - por categoria x tipo de acidente x condição de luminosidade, condição climática, da pista de rolamento e/ou outras características do local do acidente;
  - por categoria x por tipo de acidente x tipo de intersecção, elementos de geometria, etc.;
  - por categoria x tipo de acidente x mês, dia normal ou feriado;
  - por categoria de acidente x tipo de veículo (ou pedestres, ciclistas, motociclistas, tratores e outros) e número de veículos envolvidos;
  - por faixa etária dos acidentados (por exemplo, até 6 anos, de 6 a 15 anos, de 15 a 25 anos e grupos sucessivos de 10 anos ou outras subdivisões julgadas apropriadas);
  - por categoria e tipo de acidente x origem dos veículos, classe de danos materiais, sexo e nacionalidade dos envolvidos;
  - por categoria e tipo de acidente x causas indicadas pelos agentes policiais;
  - diferenças entre o custo atual e o custo médio esperado de acidentes por local de ocorrência ou km de segmentos rodoviários.
- g) lista geral de áreas com acidentes (ou por níveis de segurança) apresentados em ordem decrescente com opção de escolha de critérios de ordenamento (como por exemplo, categoria de acidentes e em cada categoria pelo número de ocorrências por ano);
- h) índices gerais atuais e futuros (se nada mudar) da estrutura sócio-econômica da região de estudo (índices relativos de acidentes).

Os aplicativos deverão permitir elaborar, visualizar e imprimir essas mesmas informações por área crítica, adicionando aquelas mencionadas no item 6.5.

As informações e os dados pertinentes a cada área crítica poderão ser acessados mediante as operações de *double click* a partir dos mapas eletrônicos de registro de acidentes.

### 6.3 MÓDULO - IDENTIFICAÇÃO DE POLÍTICAS, OBJETIVOS E METAS.

A identificação das políticas e dos objetivos para a segurança do trânsito rodoviário da região em estudo é fundamental para que se possa:

- a) escolher, com propriedade, o método para a seleção de áreas críticas a estudar com detalhes;
- b) elaborar as alternativas de intervenção e os planos alternativos de intervenção que sejam técnica e economicamente viáveis;
- c) avaliar as alternativas, assim como proceder a otimização e a programação das intervenções e dos planos.

A definição das políticas e dos objetivos dos decisores das entidades responsáveis pelo gerenciamento da segurança rodoviária é particularmente importante para a escolha do método de identificação de áreas críticas, já que métodos não apropriados poderão induzir a erros sistemáticos na identificação de áreas críticas e as metas previstas poderão não ser alcançadas.

As políticas, os objetivos e as metas para a segurança do trânsito de uma malha rodoviária em estudo poderão ser identificados tendo como base as pertinentes informações de âmbito regional ou nacional (obtidas através da aplicação de um ou mais procedimentos apresentados no módulo anterior) e os conhecimentos e os valores dos decisores das entidades intervenientes (que poderão ser explicitados, com propriedade, através dos procedimentos do MCDA – Multicritérios de Apoio à Decisão).

Como a implementação de ações conjugadas prioritárias dos componentes básicos da segurança rodoviária (isso é, aquelas pertinentes à infra-estrutura rodoviária, aos usuários, aos veículos e à fiscalização e à normalização do trânsito) permite obter o maior efeito “sinergia” para o aumento da segurança do trânsito rodoviário, é importante que os objetivos e metas para a segurança do trânsito rodoviário sejam determinados com a participação direta dos decisores (ou respectivos representantes) das principais agências intervenientes.

Os procedimentos da metodologia de MCDA são apresentados sumariamente no Apêndice 3 desse trabalho.

## 6.4 MÓDULO - SELEÇÃO DE ÁREAS CRÍTICAS A ESTUDAR COM DETALHES

### 6.4.1 Aspectos Gerais

A seleção das áreas críticas da rede rodoviária e a subsequente identificação dos fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes nessas áreas são etapas fundamentais para que se possa contribuir efetivamente para a estruturação do problema da segurança do trânsito rodoviário de uma região de estudo e elaborar as soluções alternativas técnica e economicamente viáveis.

Áreas críticas são as áreas da infra-estrutura da rede rodoviária com elevados índices de acidentes de trânsito (principalmente elevados custos sócio-econômicos decorrentes dos acidentes de trânsito). As áreas críticas podem ser subdivididas em áreas críticas pontuais (ou pontos críticos), eixos críticos e regiões críticas.

Um *ponto crítico* é uma área pontual ao longo de uma rodovia (inclui, freqüentemente, uma extensão de cerca de 300m para o caso de uma rodovia rural e 200m no caso de uma rodovia urbana) que apresenta elevados índices (absolutos ou relativos) de acidentes de trânsito em um dado período de análise. Um *eixo crítico* é um segmento rodoviário que apresenta elevados índices de acidentes de trânsito em um dado período de análise, distribuídos de forma homogênea em quase toda a sua extensão. Um eixo crítico refere-se a um conjunto de pontos críticos sucessivos de uma rodovia; poderá ser, ainda, subdividido em segmentos críticos que freqüentemente apresentam um km de extensão. Uma *região crítica* refere-se a uma parte da rede rodoviária composta por vários eixos críticos interligados.

As áreas críticas de uma rede rodoviária são, freqüentemente, definidas na literatura técnica como sendo aquelas: (i) de maior gravidade de acidentes; (ii) de maior freqüência de acidentes; (iii) de maior periculosidade; (iv) de maior crescimento da freqüência de acidentes; (v) de maior custo de acidentes; (vi) de acidentes locais indicados pelas comunidades afetadas.

As áreas de maior gravidade de acidentes são os locais com os maiores índices de acidentes com vítimas (número de fatalidades ou de mortes e feridos) em um dado período de análise. Nas rodovias urbanas, essas áreas críticas são freqüentemente os locais de acidentes com atropelamentos; as vítimas de atropelamentos são as que sofrem

ferimentos mais graves que os ocupantes de veículos acidentados (em 1997, cerca de 50% das vítimas fatais de trânsito nas áreas urbanas do Brasil eram pedestres [8]). Nas rodovias rurais a maior parcela das fatalidades corresponde aos condutores (no ano 2000, cerca de 45% das fatalidades no trânsito das rodovias federais brasileiras foram os condutores de veículos, 33% passageiros e 23 %, pedestres [94]).

As áreas críticas com maior frequência de acidentes são aquelas que apresentam os maiores índices de acidentes para um determinado período de análise, independentemente da categoria dos acidentes (com ou sem vítimas). Nas áreas de alta frequência de acidentes é provável que um determinado tipo de acidente predomina entre os demais e uma determinada intervenção possa reduzir de forma significativa esses acidentes (cerca de 28% dos acidentes registrados no ano 2000 nas rodovias federais brasileiras foram colisões, 22%, abalroamentos e 15%, choques entre veículos [94]). Essas áreas, no entanto, nem sempre são as mais perigosas.

As áreas de maior periculosidade podem ser identificadas pela maior probabilidade de cada veículo ou outro usuário que aí transitar sofrer um acidente. O índice de periculosidade é medido frequentemente em acidentes/10<sup>6</sup> veículos. Assim, um elevado índice de periculosidade pode ser obtido para um local (segmento, rodovia ou rede) onde houver alta frequência de acidentes e alto volume de tráfego (veículos e pedestres), ou baixa frequência de acidentes e baixo volume de tráfego. Nas áreas com alta periculosidade, baixa frequência de acidentes e pequenos volumes de tráfego dificilmente se conseguirá reduzir muitos acidentes

Outras áreas que poderão necessitar de uma atenção especial por parte da equipe de técnicos responsáveis pelos estudos da área de segurança rodoviária são os locais onde se observa um aumento significativo do número de acidentes ao longo de um determinado período (por exemplo, registros mensais ao longo de um ano). O crescimento da frequência de acidentes poderá ser muito elevado para um determinado período de observação, por exemplo, mesmo se a frequência de acidentes for baixa.

As solicitações das *comunidades lindeiras* e as denúncias dos diversos segmentos da sociedade, mesmo se a indicação dos locais não for a mais precisa, deverão ser verificados quanto a sua procedência.

A escolha das áreas críticas de uma rede rodoviária, que deverão ser analisadas e estudadas com detalhes, deverá ser procedida em estreita conexão com as políticas e os objetivos traçados para a segurança do trânsito pelos órgãos e entidades intervenientes na segurança do trânsito rodoviário.

#### 6.4.2 Métodos Para a Seleção de Áreas Críticas a Estudar

Os métodos utilizados para a identificação de áreas críticas descritos na literatura técnica nacional e internacional se fundamentam explicita ou implicitamente em: (i) índices que representam valores absolutos da ocorrência de acidentes; ou (ii) índices que descrevem valores relativos da ocorrência de acidentes; ou (iii) uma combinação desses.

Os índices absolutos da ocorrência de acidentes são, freqüentemente:

- *o número de acidentes* (por categoria (de severidade) ou tipo de acidentes e total entre outras classes);
- *o número dos acidentados* (subdivido, por exemplo, em função das características dos envolvidos - idade, uso de cintos de segurança - por tipo de veículo ou pedestres, por categoria ou tipo de acidente);
- *o número de conseqüências específicas* (número de mortes, feridos graves e leves, por exemplo);
- *os custos de acidentes* (moeda).

Os índices absolutos poderão ser determinados para questões específicas em função de outras variáveis, como por exemplo, o local do acidente e a categoria da rodovia.

Os índices relativos de acidentes são indicadores absolutos relacionados a variáveis de exposição, dentre os quais destacam-se:

- *a densidade de acidentes* (em acidentes/km-ano);
- *a densidade de custos de acidentes* (em moeda/km-ano);
- *a relação de acidentes por habitantes ou número de veículos* (em mortes por mil pessoas e ano ou por 10 000 veículos registrados);
- *a taxa de acidentes* (em acidentes/veíc-km . $10^6$ ,  $10^8$  ou  $10^9$ );
- *a taxa de custos de acidentes* (em moeda/veíc-km. $10^3$ );
- *a taxa temporal de acidentes* (em acidentes/ pessoas-hora. $10^6$ );
- *a taxa temporal de custos de acidentes* (em moeda/pessoas-hora. $10^6$ ).

Existem vários métodos para a seleção de áreas críticas, tais como os modelos da taxa de acidentes (expressa em unidades-padrão de severidade ou não), os modelos probabilísticos, os modelos baseados na freqüência de acidentes e os modelos baseados

no potencial de segurança. A seguir, são descritos alguns desses métodos utilizados no Brasil e no exterior.

a) *Metodologia de Seleção dos Pontos Críticos do DENATRAN:*

O DENATRAN sugere em seu Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros [31] que se utilize, para a seleção de pontos críticos, a taxa de acidentes definida em função do número equivalente de acidentes em *unidades-padrão de severidade* (UPS) e do volume médio diário do local. O número equivalente em UPS é dado pelo somatório dos produtos dos números de acidentes das categorias de acidentes (acidentes somente com danos materiais, com feridos e com mortos) pelos seus respectivos pesos.

Os pesos adotados pelo DENATRAN (acidentes sem vítimas  $Asv = 1$ , com feridos  $(Acf) = 5$  e com mortes  $(Acm) = 13$ ) foram definidos tomando-se por base um estudo para a determinação de custos de acidentes realizado pelo DNER em 1980. A CET de São Paulo para áreas urbanas utiliza outros fatores de ponderação.

A taxa de acidentes de um *ponto crítico*  $j$  pode ser determinada pela seguinte equação:

$$T_j = \frac{UPS_j}{(P) \cdot (VDM)} \times 10^6 \quad (1)$$

Onde:

$T_j$  = Taxa de acidentes no ponto crítico  $j$ ;

$UPS_j$  = Número equivalente de acidentes no ponto crítico  $j$ ;

$P$  = Período de estudo (em dias);

$VDM$  = Volume médio diário de veículos em todos os sentidos (soma das  $n$  aproximações, no caso das intersecções);

$UPS = [(1 \times n^\circ \text{ de acidentes sem vítimas}) + (5 \times n^\circ \text{ de acidentes com feridos}) + (13 \times n^\circ \text{ acidentes com mortes})]$ .

No caso de um *segmento crítico*  $j$ , a taxa de acidentes pode ser determinada pela equação apresentada a seguir;

$$T_j = \frac{UPS_j}{P \cdot (VMD) \cdot E} \cdot 10^6$$

Onde, além das definições da equação anterior se tem:

VMD = Volume Médio Diário do segmento  $j$ ; E = Extensão do trecho em km.

Para a seleção e priorização das áreas (pontos e eixos) críticas a estudar com detalhes, o DENATRAN sugere que: (i) se exclua da lista geral de áreas com acidentes da região de estudo aquelas áreas que apresentarem menos de três acidentes por ano no período considerado, desde que nessas áreas não tenham ocorrido acidentes fatais; (ii) se classifique a área separadamente por intersecções e por trechos entre intersecções em função das taxas de acidentes calculadas; (iv) se selecione as áreas com taxa superior ou igual à média de cada grupo (intersecções e trechos); (iii) essas áreas deverão ser considerados como críticos para estudo detalhado e projeto posterior.

Na ausência de dados de volumes de tráfego necessários para a determinação da taxa de acidentes, o DENATRAN sugere que os pontos críticos deverão ser priorizados em função do número equivalente de acidentes em UPS. Nesses casos deverão ser selecionados os pontos com um número em UPS superior ou igual ao valor médio. Os trechos entre intersecções (eixos) deverão ser divididos em extensões uniformes, geralmente expressos em segmentos unitários de 1 km.

Tendo-se em conta que os elementos geométricos e os dispositivos de operação da rodovia poderão exercer influência significativa sobre o tipo e a categoria de acidente, estudos mais criteriosos poderão exigir que se priorize as áreas críticas separadamente por grupos com características homogêneas do tipo do local, como: (i) nas intersecções por tipo do desenho (rótulas vazadas, rotatórias cheias, intersecção com faixa central de conversão à esquerda) e por tipo de dispositivo de controle de trânsito (com ou sem semáforos, apenas sinalização horizontal e vertical com os dizeres PARE ou DÊ PREFERÊNCIA); (ii) em segmentos por tipo de classe da rodovia (rural ou urbana e, ainda, por número de faixas de rolamento, acostamentos).

A adoção do critério *número equivalente de acidentes expresso em UPS*, na forma sugerida pelo DENATRAN, poderá induzir a distorções, já que os pesos adotados tomaram por base os estudos do DNER realizados há duas décadas (1980) e poderão não representar o valor do custo social dos acidentes atribuído pela sociedade da região de estudo. A metodologia de cálculo dos custos também deverá ser revisada,

eventualmente complementada, contornando-se as dificuldades de se apurar um valor mais preciso dos custos sociais e, conseqüentemente, estimar com maior segurança os valores dos pesos atribuídos. Os pesos deverão ser atualizados e, se possível, determinados por região. Variam, ainda, dependendo do local em estudo (urbano ou não urbano).

Outra limitação da aplicação do critério de seleção do DENATRAN é que muitos locais com baixa probabilidade de ocorrência de acidentes, mas com alta freqüência de acidentes e alto volume de tráfego como ocorre em muitas intersecções urbanas, não seriam selecionados para os estudos e projetos seguintes: Uma intervenção em uma intersecção com essas características localizada em uma travessia urbana, por exemplo, poderá apresentar bons indicadores econômicos e reduzir significativamente o número de acidentes. Assim, ao se adotar esse critério dever-se-á adotar simultaneamente outros critérios de seleção ou avaliar cuidadosamente outras informações.

b) *Metodologia do DNER:*

O DNER desenvolveu, através de seus engenheiros C. Tolomei e E.P. de Mello, um modelo probabilístico para identificação dos segmentos críticos de uma rede de rodovias [41, 46].

O modelo adotado pela Diretoria de Trânsito do DNER (DEST) para a identificação de áreas críticas da rede rodoviária federal determina um segmento crítico pelo método do índice de controle de qualidade na seleção de locais perigosos mediante a aplicação de um teste estatístico para a determinação de um índice crítico baseado na teoria que, na ausência de áreas críticas, a ocorrência de acidentes ocorre de acordo com uma distribuição de Poisson.

Esse modelo prevê que se determine separadamente para cada classe de segmentos com características homogêneas da rede rodoviária (em termos físicos, geométricos e operacionais) o *índice anual de acidentes* e o *índice crítico anual de acidentes* de cada segmento  $j$ . Os segmentos para os quais o índice anual de acidentes for maior que o índice crítico anual são considerados críticos, devendo ser estudados detalhadamente para efeito de elaboração de alternativas de intervenção.

O *índice anual de acidentes de um segmento homogêneo  $j$*  é determinado pela seguinte equação:

$$I_j = \frac{10^6 N_j}{365 (VMD)_j \cdot E_j}$$

Onde:

$I_j$  = Índice anual de acidentes do segmento homogêneo  $j$ , expresso em acidentes/veic.km (os segmentos deverão ter a extensão básica de 1 km, à exceção dos finais dos trechos cujas extensões poderão variar de 1,1 a 1,9 quilômetros, já que os trechos rodoviários não possuem obrigatoriamente uma quilometragem inteira);

$N_j$  = Número anual de acidentes ocorridos no trecho referente ao segmento  $j$ ;

$VMD_j$  = Volume médio diário observado no segmento  $j$ ;

$E_j$  = Extensão associada ao segmento  $j$ .

O índice crítico anual de acidentes de um segmento homogêneo  $j$  é determinado pela seguinte equação:

$$(IC)_j = 10^6 \lambda + \kappa \sqrt{\frac{10^6 \lambda}{10^{-6} m_j}} - \frac{0,5}{10^{-6} m_j}$$

Onde:

$IC_j$  = Índice crítico anual de acidentes de segmento  $j$ ;

$$\lambda = \frac{\sum_j N_j}{365 \sum_j (VMD)_j \cdot E_j} ;$$

$$m_j = 365 (VMD)_j \cdot E_j ;$$

Esse índice crítico de acidentes de um segmento homogêneo também poderá ser determinado pela seguinte equação [38]:

$$IC = IM + \frac{K \cdot (IM - 0,5)}{m}$$

Onde:

$IC$  = Índice crítico do segmento homogêneo

IM = Índice médio de acidentes do trecho que inclui 1 ou mais segmentos homogêneos;

$$IM = \frac{N.10^6}{VMD.E.365}$$

$$m = VMD.E.365.10^6$$

O valor da constante K determina o grau de confiança para que um determinado índice de acidentes calculado, sendo superior ao índice de acidentes crítico, seja significativo e não resulta do acaso, sendo igual a 2,576 para um nível de confiança de 99,5%, igual a 1,645 para um nível de confiança de 95% e igual a 1,282 para um nível de confiança de 90%. Quanto maior o valor adotado para a constante K, mais rigorosa é a seleção e maior a probabilidade de que alguns segmentos homogêneos não sejam identificados como críticos.

O modelo na forma concebida se limita a aplicações que visam identificar segmentos críticos da rede rodoviária. Para as aplicações em intersecções torna-se necessário que se proceda as alterações pertinentes.

Essa metodologia, considerando apenas os acidentes com vítimas fatais e feridos ao invés de todos os acidentes, foi aplicada na elaboração dos projetos de melhoramento e restauração de rodovias para o DER/SC [38].

c) *Método da BAST para a Identificação de Áreas Críticas:*

Esse método foi desenvolvido pela BAST (Bundesanstalt für Strassenwesen) visando, principalmente, à elaboração de aplicativos informatizados para a identificação automática de áreas críticas tendo como base a adoção de uma combinação de índices (absolutos e relativos) de acidentes (total ou de uma determinada característica) em um período de análise preestabelecido [23].

O desenvolvimento desse método levou em consideração, principalmente, que uma área é crítica se apresentar:

- um índice de periculosidade (medido pela média dos riscos de acidentes = taxa de acidentes) acima do valor médio observado na região em estudo (indicador: taxa de acidentes); ou,
- um número de acidentes muito elevado, mesmo apresentando baixo risco de acidentes (indicador: n° de acidentes); ou

- um número de acidentes graves que, mesmo apresentando baixos índices de periculosidade (taxa de acidentes) e de frequência de acidentes, apresentar graves conseqüências para a sociedade (indicador: % de acidentes com feridos graves).

O método identifica uma área crítica em uma rodovia rural se: (i) o número de acidentes observados exceder um limite preestabelecido; (ii) as conseqüências dos acidentes forem especialmente graves; (iii) o número de ocorrências de acidentes se desviarem significativamente do valor esperado (valor médio de ocorrências). Dessa forma, uma área crítica é caracterizada pelo menos através de um dos indicadores: densidade de acidentes, severidade dos acidentes ou risco de acidentes (taxa de acidentes).

Considerando a extensão da área (ponto) analisada igual a 300m e os índices de acidentes observados em um ano, o modelo identifica como área crítica:

- as áreas com quinze ou mais acidentes no total ou dez de um mesmo tipo de acidente;
- além dessas, as áreas com três ou mais acidentes com vítimas graves;
- além dessas, as áreas com três ou mais acidentes cujo número de acidentes exceder o valor esperado para um nível de significância  $\alpha = 0,01$ .

A identificação de áreas críticas urbanas é realizada por um método similar, porém de forma mais simplificada. Uma área é considerada crítica se: (i) o número de acidentes exceder um número de acidentes limite preestabelecido; ou (ii) os acidentes resultarem em graves conseqüências para a sociedade.

As áreas em rodovias urbanas de duas faixas de rolamento (para um período de análise de um ano e extensão analisada por área de 200m) são consideradas críticas se:

- apresentarem doze ou mais acidentes no total (ou seis de um mesmo tipo de acidentes);
- e/ou, o % de acidentes com vítimas graves exceder um % limite previamente estabelecido (que diminui com o número de acidentes).

Dada a limitação da disponibilidade de recursos das agências responsáveis (humanos, financeiros, softwares e equipamentos), é importante que se possa relacionar apenas aquelas áreas críticas que efetivamente poderão ser analisadas com detalhes e desenvolvidas intervenções alternativas e procedidas avaliações pertinentes.

O modelo adotado para a identificação de áreas críticas em rodovias rurais poderá limitar o número dessas áreas a partir da escolha do nível de significância  $\alpha$ . No

caso do modelo simplificado, adotado para a identificação de áreas críticas urbanas, a limitação do número de pontos críticos poderá ser realizada através da escolha do valor limite para a frequência de acidentes (acidentes/ano).

As áreas críticas assim selecionadas deverão ser analisadas com detalhes visando à elaboração e à avaliação de contramedidas alternativas e, se for o caso, à otimização e programação de planos alternativos.

d) *Método VSP (Verkehrs-Sicherheits-Prüfung) [47, 89]:*

As pesquisas realizadas por MEEVES e BUTTERWEGGE ([47] pág 16) concluíram que: (i) a insegurança do trânsito, expressa pelo número de acidentes e pela gravidade dos acidentes, não é distribuída uniformemente ao longo da rede rodoviária; (ii) a distribuição da insegurança do trânsito não poderá ser explicada pela distribuição do volume do tráfego na rede; e, conseqüentemente, (iii) elevados potenciais de segurança (em pequenas partes da rede rodoviária) poderão ser identificados se o nível de segurança observado em uma rodovia for comparado com o nível médio de segurança obtível a partir de um desenho, construção e operação com normas e dispositivos modernos; nesses segmentos ocorre uma grande parcela dos acidentes graves.

Paralelamente à análise da qualidade da segurança dos segmentos e das intersecções em função de suas categorias funcionais, os autores sugerem que se proceda também uma revisão formal da segurança do trânsito para toda a rede através de modelos apropriados.

O método VSP, sugerido pelos autores, prevê a realização das seguintes etapas:

- determinar os segmentos que contemplam acidentes graves distribuídos de forma uniforme ao longo de sua extensão a partir da análise dos mapas de registro de acidentes graves (registros de acidentes graves - com mortes e feridos graves - acumulados dos últimos três anos);
- agrupar os segmentos rurais e as travessias urbanas (de pequenas extensões) que estão interligados em um único eixo rodoviário;
- determinar os custos anuais dos acidentes (CAa) para cada um dos eixos a partir do número de ocorrências por categoria de acidentes e seus respectivos custos;
- determinar em outras etapas:

- a densidade dos custos de acidentes – DCAa (custo anual dos acidentes por km);
  - o grau da insegurança do trânsito dado em função do volume do tráfego, representado pela taxa dos custos de acidentes ( $TCAa = 1000.CA/365.TMD.L.t$  onde: CA = custo dos acidentes no período t; TMD = tráfego médio diário; L = extensão total do trecho rodoviário; t = período de análise considerado em anos);
  - a composição das ocorrências de acidentes (o conhecimento da distribuição dos perigos do trânsito em função dos tipos e das circunstâncias dos acidentes é importante para a caracterização de peculiaridades e para a escolha das contramedidas corretas para a melhoria dos eixos rodoviários);
- estimar a evitabilidade de acidentes (potenciais de segurança) representada pela densidade de custos de acidentes que poderá ser evitada (DCAe). Esse potencial de segurança poderá ser determinado pela diferença entre a densidade de custos de acidentes na situação atual (DCAa) e a densidade de custos de acidentes básica referencial (DCAb) podendo a última ser obtida a partir da taxa básica dos custos de acidentes (TCAb). Essa taxa, expressa em custos de acidentes/veículo-km, representa a segurança que é alcançada em média em rodovias traçadas, equipadas e operadas em conformidade com as normas e os dispositivos modernos atualmente disponíveis. Para a análise da segurança rodoviária, especificamente para a determinação dos potenciais de segurança, a ISK/GDV [87] adota valores da taxa básica dos custos de acidentes: (i) para segmentos rurais de duas faixas de rolamento que variam com o volume de tráfego (TMD); (ii). para as vias urbanas diferentemente que nas rodovias rurais de duas faixas de rolamento, valores de taxas que independem do tráfego, já que o uso do solo das áreas adjacentes, as travessias de pedestres e de ciclistas têm uma influência significativamente maior sobre o valor da taxa de custos de acidentes do que o volume de tráfego [87]. Valores referenciais para as taxas básicas de custos de acidentes são apresentados na RAS-Q 96 [57] e na EWS 97 [56];
- a ordenação dos eixos críticos em função do valor do potencial de segurança poderá estabelecer as prioridades para os estudos detalhados subseqüentes.

A aplicabilidade da densidade evitável dos custos de acidentes (DCAe) para a análise da segurança rodoviária deve-se, principalmente, por se tratar de um indicador expresso em função da extensão e, por consequência, permitir sua comparação direta com os custos dos investimentos requeridos.

Os autores recomendam, ainda, que a revisão da segurança do trânsito da rede rodoviária seja realizada de duas maneiras:

- através da densidade evitável de custos de acidentes, nos moldes descritos anteriormente;
- através da densidade evitável de custos de acidentes determinada em função do número de ocorrências semelhantes e para qual a proporcionalidade em função do VMD não seria apropriada (assim, por exemplo, áreas com acidentes com pedestres e ciclistas em rodovias rurais – independentemente do valor do VMD – poderão ser identificadas e esses acidentes evitados praticamente na sua totalidade, por exemplo, através da construção de uma faixa de multiuso exclusiva para esses dois tipos de usuários).

A adoção desse método no Estado de Mecklenburg-Vorpommern/RFA demonstrou a sua aplicabilidade para a reavaliação da segurança das rodovias rurais com um custo aceitável e que os indicadores econômicos finais resultantes foram satisfatórios apresentando para mais de 100 km de rodovias federais e estaduais uma relação  $B/C > 3$ , quando tomados como benefícios apenas os valores dos potenciais de segurança e como custos, os investimentos requeridos para a construção de uma rodovia nova. Essas constatações contribuíram para que fosse discutida a aplicação sistemática dos procedimentos de reavaliação da segurança das rodovias para toda a malha rodoviária alemã.

e) *Metodologia da GDV/ISK:*

Essa metodologia [89] seleciona áreas críticas com o auxílio de mapas eletrônicos de registro de acidentes, separadamente, para: (i) *pontos críticos*; (ii) *eixos críticos*; (iii) *regiões críticas*.

Os *pontos críticos* referem-se às áreas pontuais de rodovias com elevados índices de acidentes. Esses pontos são identificados tanto nos mapas anuais ou como nos trienais de registro de acidentes. A definição dos pontos críticos passa pelo estabelecimento de índices limites de acidentes, tal como para a frequência de acidentes.

Pontos com frequência superior aos índices limites fixados são considerados pontos críticos e carecem de estudos mais aprofundados para a elaboração de contramedidas.

A tabela a seguir apresenta índices de acidentes referenciais para a definição de pontos críticos.

*Tabela 6.1: Valores Referenciais Limites para a Definição de Pontos Críticos*

| Mapas de Registros de Acidentes Típicos                  | Período de Análise | Número de Acidentes |
|--|--------------------|---------------------|
| de 1 ano (todos os acidentes)                            | 12 meses           | 5 <sup>(1)(2)</sup> |
| de 3 anos (apenas acidentes com vítimas)                 | 36 meses           | 5 <sup>(3)</sup>    |
| de 3 anos (apenas acidentes com mortes e feridos graves) | 36 meses           | 3 <sup>(4)</sup>    |

Fonte: DEGENER, S. e MEEVES, V. [30]

OBS: (1) Inclui um acidente que poderia ser convertido em delito de advertência.

(2) Refere-se às ocorrências de mesmo tipo e/ou de circunstâncias idênticas (por exemplo, que envolvem ciclistas).

(3) Inclui os acidentes com todos os tipos de ferimentos.

(4) Inclui apenas acidentes com mortes e feridos graves.

Os pontos críticos que apresentarem regularmente muitos acidentes decorrentes de um elevado volume de tráfego no local são distinguidos dos pontos críticos “normais”. Dessa forma, são definidas categorias de pontos críticos que podem ser representadas apropriadamente nos mapas anuais e trienais de registro de acidentes. A tabela a seguir apresenta a classificação dos pontos críticos em categorias sugerida por MEEVES [30].

*Tabela 6.2: Índices Referenciais para a Definição de Categorias de Pontos Críticos*

| Categoria de Pontos Críticos | Comentários  |
|------------------------------|--|
| <b>1. Leve</b>               | A identificação de pontos críticos resulta exclusivamente dos registros dos mapas anuais (registros de todos os acidentes; não dos mapas trienais). Trata-se, principalmente, de pontos com acidentes que têm leves conseqüências: |
| 1.1. $\leq 15$ A/a*          | - ponto crítico “normal” da categoria “leve”.  |
| 1.2. $> 15$ A/a*             | ponto crítico da categoria “leve” com alta frequência de acidentes.  |

Continua

| Categoria de Pontos Críticos                            | Comentários  |
|---|--|
| <b>2. Grave</b>   | A identificação de pontos críticos resulta exclusivamente de 1 ou 2 mapas trienais (registros dos acidentes com todos os feridos ou apenas com feridos graves) sem que o valor limite de 5 acidentes típicos idênticos dos mapas anuais tenha sido atingido. |
| <b>3. Mista</b><br><br>3.1. ≤ 15 A/a*<br>3.2. > 15 A/a* | A identificação do ponto crítico decorre de um mapa anual e pelo menos de um mapa trienal de registro de acidentes.<br><br>- ponto crítico “normal” da categoria “mista”;<br>- ponto crítico da categoria “mista” com alta frequência de acidentes.          |

Fonte: DEGENER, S. e MEEVES, V.[30]

OBS: \* A/a - acidentes por ano.

A subdivisão da categoria de pontos críticos tem por finalidade facilitar aos técnicos a análise dos locais cujos acidentes são decorrentes ou não do alto volume de tráfego existente no local. A diferenciação entre categorias de pontos críticos entre leves, graves e mistos poderá ser importante para identificar as contramedidas apropriadas. Os pontos críticos com acidentes com leves conseqüências, geralmente, necessitam de intervenções imediatas e urgentes. Os pontos críticos com acidentes graves requerem, freqüentemente, além das intervenções imediatas, medidas corretivas subseqüentes.

É freqüente a identificação de um número maior de pontos críticos que se possa estudar simultaneamente. Pode haver pontos críticos que necessitam de intervenção prioritária. A GDV/ISK [89] recomenda que a priorização para um estudo detalhado seja realizada separadamente por categoria de pontos críticos. Os pontos críticos “leves” são ordenados, por exemplo, em função do número de acidentes semelhantes (de um mesmo tipo de acidente). Os pontos críticos “graves” e da categoria 3.1 são priorizados pelo número de acidentes com vítimas. Os pontos críticos da categoria 3.2 “mista” são priorizados para os fins de análise mais criteriosa, inicialmente em função da severidade dos acidentes e, como segundo critério, em função da semelhança dos tipos acidentes tendo-se ainda em conta o número de casos em cada um desses critérios.

Na elaboração de projetos de investimentos de médio e longo prazo, os pontos críticos somente deverão ser estudados isoladamente se estiverem localizados fora de eixos e regiões críticas. Se fizerem parte de um eixo ou uma região crítica, as medidas

corretivas para aumentar a segurança desses pontos críticos deverão ser inseridas no projeto definitivo de melhoria desse eixo ou de reformulação do trânsito nessa região.

Os *eixos críticos* são segmentos rodoviários de maior extensão que apresentam elevados índices de acidentes (por exemplo, travessias urbanas e rodovias com elementos geométricos e sinalização inadequada). Com o objetivo de se excluir da análise a influência do volume de tráfego na ocorrência de acidentes, essa metodologia propõe analisar com mais detalhes os eixos críticos dos mapas anuais (registros de todos os acidentes) que também forem identificados nos mapas trienais (dos últimos três anos) de registro de acidentes com feridos graves.

A identificação dos eixos críticos poderá ser efetivada visual ou eletronicamente mediante a adoção de algoritmo matemático apropriado. De acordo com essa metodologia, um eixo rodoviário é considerado crítico se apresentar pelo menos, ao todo três acidentes com feridos graves em três anos de observação, distribuídos de forma homogênea ao longo do trecho. Se tomada a ocorrência de pelo menos um acidente por km, a extensão mínima de um eixo crítico seria de 3 km. No entanto, dadas as freqüentes alterações dos condicionantes construtivos, os eixos críticos de travessias urbanas poderão ter extensões menores que 3 km e, conseqüentemente, densidades de acidentes com feridos graves (acidentes por km) maior que 1.

A tabela a seguir apresenta indicadores referenciais para a identificação de eixos críticos recomendados pela GDV/ISK.

*Tabela 6.3: Valores Referenciais Limites para a Definição de Eixos Críticos*

| <b>Crítérios</b>   | <b>Valor Limite</b>            |
|--|--------------------------------|
| *A/3 anos  | 3 acidentes com feridos graves |
| *A/ km em 3 anos (densidade)                               | 1 acidente com ferido grave    |
| Distribuição dos acidentes com feridos graves (dos 3 anos) | Homogênea ao longo do segmento |

Fonte: DEGENER, S. e MEEVES, V. [30] .

OBS: \* A – acidente com feridos graves (inclusive mortes).

Para a ordenação dos eixos críticos identificados e que deverão ser analisados prioritariamente, recomenda-se adoção da densidade de acidentes com feridos graves (inclusive mortes).

As *regiões críticas* referem-se às partes da rede viária cujos trechos rodoviários apresentam elevados índices de acidentes em um período de análise. Nas áreas urbanas, essas regiões poderão identificar, por exemplo, áreas residenciais com segurança de trânsito deficitária. A identificação dessas regiões poderá ser obtida de forma mais satisfatória através da análise de mapas de registro de acidentes com vítimas dos últimos três anos se os acidentes graves e leves forem apresentados separadamente. Uma região é considerada crítica, isso é, deverá ser estudada com mais detalhe, se a densidade de acidentes com vítimas (acidentes com vítimas/km) for superior a um limite preestabelecido (por exemplo, 1 acidente c/ vítimas por km em 3 anos) para a grande parte dos segmentos que a integram. A densidade de acidentes com vítimas ( $DA_v$ ) é calculada pela equação:

$$DA_v = A_v / L.t$$

Onde:

- $A_v$  - n° de acidentes com vítimas (mortes, feridos graves e leves) no período de análise t;
- L - extensão total do trecho rodoviário;
- t - período de análise (em anos, recomendado 3 anos).

O critério “densidade de acidentes com vítimas” também é adotado para a priorização das regiões que deverão ser estudadas com detalhes. Estudos subseqüentes detalhados nas áreas críticas deverão ser realizados sempre que os valores limites estabelecidos forem ultrapassados. Esses estudos requerem visitas às áreas críticas e resultarão na elaboração de várias alternativas de intervenção potencialmente comprovadas para a redução de acidentes.

#### **6.4.3 Considerações Finais sobre a Escolha do Método para a Seleção de Áreas Críticas a Estudar**

As políticas e os objetivos traçados de acordo com os procedimentos descritos no item 6.3, assim como a disponibilidade e a acessibilidade de dados das variáveis que integram os modelos, deverão balizar a escolha do método apropriado para a

identificação das áreas críticas de uma rede rodoviária podendo este ser constituído de um ou mais critérios.

Em função dos objetivos traçados poderá ser fundamental que, ao se selecionar as áreas críticas (os pontos, eixos e regiões críticos) de um sistema rodoviário, se dê prioridade para:

- a) a redução do número de fatalidades;
- b) a redução do número de acidentes com vítimas;
- c) a redução do número total de acidentes;
- d) a redução de segmentos rodoviários com elevada segurança potencial;
- e) a eliminação dos pontos de alta periculosidade, independentemente da frequência de acidentes;
- f) inversão de tendência nos locais de maior aumento de acidentes; ou
- g) a atenção às reclamações do público.

Dentre os métodos para a seleção de áreas críticas a estudar com detalhes, destacam-se os modelos da taxa de acidentes (podendo ser expressa em unidades-padrão de severidade ou não), os modelos probabilísticos, os modelos baseados na severidade e na frequência de acidentes e os modelos baseados nos custos dos acidentes ou no potencial de segurança.

Na escolha do método para a identificação de áreas críticas, recomenda-se avaliar que:

- a) o método escolhido seja de fácil manuseio, transparente (inteligível), tenha por base dados consistentes e completos e resulte em um ônus final aceitável para as entidades responsáveis pelo gerenciamento da segurança do trânsito;
- b) o uso de métodos que se baseiam exclusivamente na taxa de acidentes e em índices de severidade poderá resultar em distorções na identificação de áreas críticas e, conseqüentemente, os objetivos previamente estabelecidos não serem alcançados. GÓES [66] recomenda que os métodos numéricos não devem ser utilizados isoladamente;
- c) as áreas críticas a serem analisadas e estudadas com detalhes deverão ser identificadas separadamente em função de sua abrangência: pontos, eixos e regiões críticas; o tratamento isolado de um ponto crítico pertencente a um eixo ou uma região crítica poderá resultar em acidentes com conseqüências ainda maiores em pontos próximos não tratados;

- d) as áreas críticas identificadas para a análise e o estudo de alternativas deverão reduzir, prioritariamente, os acidentes graves (com mortes ou feridos graves);
- e) os locais que apresentam crescimento abrupto da frequência de acidentes (registro mensais) também deverão ser priorizados para os efeitos de estudo e projeto pois normalmente apresentam algum fator responsável pela mudança que, mediante uma intervenção imediata dos órgãos rodoviários ou de trânsito, poderão ser corrigidos facilmente;
- f) os locais indicados pela sociedade sempre devem ser estudados, principalmente porque é ela que identifica com muita propriedade os pontos potencialmente críticos da rede apresentando informações relevantes para a elaboração de soluções alternativas. Os aplicativos a serem utilizados deverão inserir novas áreas críticas a estudar, tais como as indicadas pela sociedade mesmo que não tenham sido identificadas pelo sistema;
- g) um modelo para a identificação de áreas críticas a ser avaliado com especial atenção é o método desenvolvido pelo ISK/GDV (vide maiores detalhes no item 6.4.2 anterior).

De qualquer forma, o aplicativo de informática a ser utilizado para esse módulo deverá ter flexibilidade para a escolha do critério ou a combinação de critérios desejados para assegurar que as metas de segurança do trânsito rodoviário, estabelecidas pelos decisores dos órgãos intervenientes possam ser alcançadas. A escolha de um método não apropriadamente ajustado aos objetivos dos decisores das entidades responsáveis para a segurança do trânsito poderá induzir a erros sistemáticos (*bias of selection*) e as metas programadas não serem alcançadas.

## 6.5 RELATÓRIOS DOS DADOS DE SAÍDA (OUTPUTS)

O Subsistema de Identificação e Estruturação deverá facultar a pronta elaboração dos relatórios dos resultados do tratamento de dados processado de tal forma que os técnicos responsáveis pela segurança do trânsito possam elaborar soluções alternativas apropriadas. Basicamente, o Subsistema deverá permitir elaborar de forma sistemática os relatórios de dados de saída (outputs) pertinentes à região em estudo e às áreas críticas selecionadas.

Além do acesso às informações e aos dados gerais para a área de estudo, referidos no item 6.2, os aplicativos adotados facultarão realizar, para cada uma das áreas críticas selecionadas, entre outras funções, a edição, visualização, alteração, atualização e impressão, adicionalmente:

- a) gráficos da evolução da frequência de acidentes;
- b) diagramas de acidentes e croquis da ocorrência dos acidentes;
- c) gráficos lineares para o registro de índices de acidentes por segmentos rodoviários;
- d) tabelas de distribuição de acidentes por categoria, tipo e localização do acidentes e outras variáveis (padrões ou a definir);
- e) a relação de fatores potencialmente contribuintes de acidentes relativos à infra-estrutura (tais como: tipo de intersecção, seqüência ou combinação de elementos do alinhamento geométrico da rodovia, qualidade da superfície dos pavimentos, qualidade da sinalização horizontal e vertical, posicionamento dos obstáculos físicos nas faixas laterais da rodovia, multiuso de faixas de rolamento);
- f) sumário dos principais parâmetros da segurança por área crítica selecionada (vide item 6.2 (d));
- g) sumário histórico dos casos similares identificados que foram bem sucedidos (indicando, entre outros, as principais características das intervenções realizadas, os dados da evolução de acidentes de trânsito antes e depois das intervenções, os indicadores das eficácias previstas e obtidas).

A visualização e a apresentação das áreas críticas selecionadas para a análise detalhada poderá ser realizada, convenientemente, através de mapas eletrônicos de registro de acidentes. Os mapas poderão ser elaborados mediante a utilização de um aplicativo informático GIS (*Geografic Information System*) acoplados ao banco de dados consolidado.

Os dados e as informações relevantes para a análise e a elaboração das alternativas de intervenção para cada uma das áreas críticas identificadas poderão ser acessados diretamente a partir dos mapas rodoviários eletrônicos de registro de acidentes (com registros acumulados de 1, 3 ou mais anos, assim como de registro contínuo), mediante o uso de comando de *double click* sobre a área crítica desejada.

**SUBSISTEMA DE ANÁLISE E AVALIAÇÃO  
DO SGS/TR PROPOSTO**

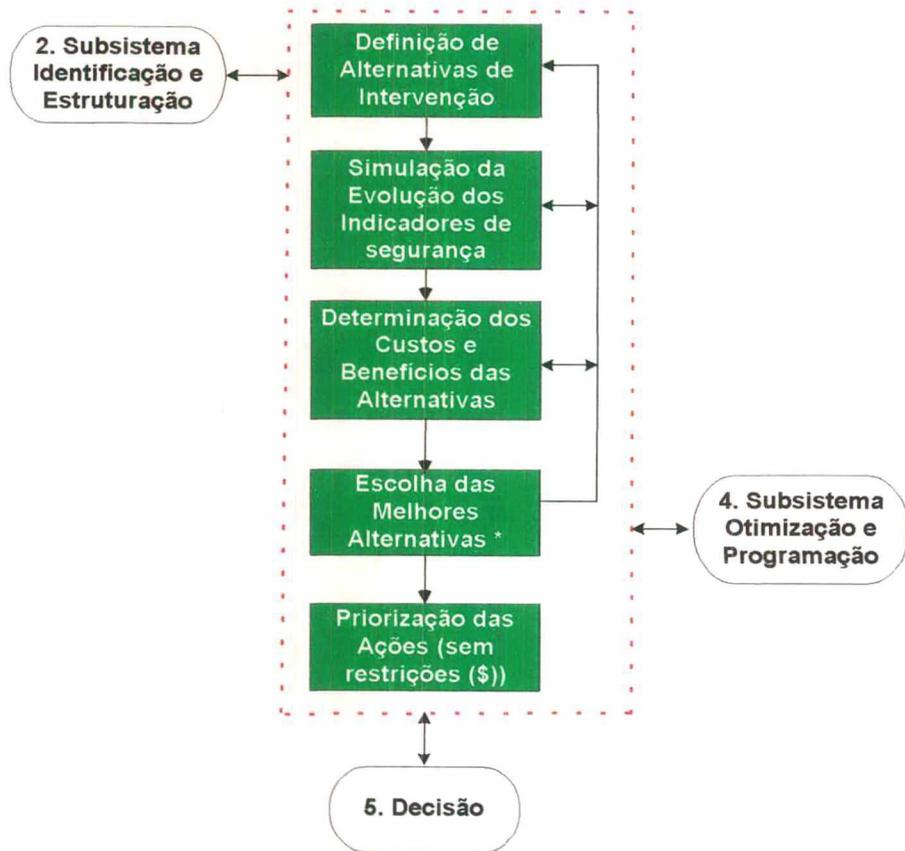
## 7 SUBSISTEMA DE ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO SGS/TR PROPOSTO

### 7.1 ASPECTOS GERAIS

O *Subsistema Análise e Avaliação* inclui, fundamentalmente, os seguintes módulos: (i) *Definição de Ações e Planos Alternativos* – objetiva o desenvolvimento de alternativas de intervenção e planos que visem, principalmente, aumentar a segurança do trânsito mediante a redução da severidade e da frequência de acidentes tendo por base os dados do Subsistema de Informação e os resultados do manuseio de dados, apurados através do Subsistema Identificação e Estruturação; (ii) *Simulação da Evolução dos Parâmetros de Segurança* – visa obter, para as condições com e sem as intervenções, indicadores de segurança futuros por área crítica, rodovia, região e para o sistema rodoviário como um todo, visando permitir estimar a eficácia das alternativas de intervenção em estudo e seus efeitos sobre os indicadores de segurança para toda a rede; (iii) *Avaliação das Intervenções* – objetiva avaliar as ações e planos de segurança com o auxílio de um dos métodos disponíveis para, por último, identificar quais são as intervenções mais vantajosas para a sociedade priorizando-as segundo critérios previamente estabelecidos.

A figura 7.1, a seguir, apresenta um fluxograma de funcionamento desse subsistema.

Figura 7.1 - Fluxograma de Funcionamento do Subsistema Análise e Avaliação do SGS/TR Proposto



## 7.2 MÓDULO - DEFINIÇÃO DE INTERVENÇÕES ALTERNATIVAS

Uma vez identificado o *status quo* do problema, estabelecidos os objetivos, selecionadas as áreas críticas a analisar com detalhes e obtidos os dados e as informações relevantes pertinentes de cada um dos componentes básicos da segurança de trânsito, cabe aos técnicos responsáveis a elaboração de soluções alternativas para os problemas existentes tendo em mente ações conjuntas de todas as áreas técnicas envolvidas que efetivamente contribuem para que os objetivos formulados anteriormente possam ser alcançados. Essa equipe interdisciplinar da área de segurança do trânsito rodoviário poderá estar constituída, convenientemente, de técnicos especializados da engenharia rodoviária e de trânsito, da medicina e da psicologia do trânsito devendo envolver, entre outras, as entidades rodoviárias, de trânsito e das emergências hospitalares.

As ações e as intervenções que visam à melhoria da segurança rodoviária, usualmente descritas através de indicadores que envolvem a quantidade e a severidade de acidentes de trânsito nas rodovias, poderão ser empreendidas fundamentalmente em três áreas distintas (vide figura 1.1, [17] e Apêndice 2):

- a) *Conscientização (Educação)*, abrange ações pertinentes:
  - aos *usuários* e demais segmentos da *sociedade* (deverão ser conscientizados da gravidade do problema da (in)segurança rodoviária e do correto uso do sistema rodoviário através de: programas e campanhas de educação de trânsito, acesso a informações atuais e confiáveis sobre as condições de trânsito e sobre a performance das políticas e ações empreendidas);
  - aos *responsáveis* pelo gerenciamento da segurança rodoviária (deverão ter a sua disposição um ferramental de planejamento e gerenciamento estratégico e específico da segurança do trânsito rodoviário que a partir de uma base de dados consistente e completa possa explicitar de forma contínua a (in) segurança rodoviária de pontos, eixos e rede rodoviária e identificar intervenções ótimas para aumentar a segurança dos usuários das rodovias; a segurança do trânsito rodoviário deverá ser uma questão da “chefia”);
- b) *Engenharia*, inclui ações e intervenções que dizem respeito:
  - aos *veículos* (inovações tecnológicas);
  - à *infra-estrutura rodoviária* (inclui análise das alternativas de intervenção durante as fases de planejamento, projeto, construção e operação da rodovia e das instalações do meio ambiente adjacente sob o ponto de vista da segurança do trânsito rodoviário);
- c) *Controle*, abrange ações que envolvem:
  - a *fiscalização do trânsito* (ex: das velocidades *in loco*);
  - a *legislação do trânsito* (direito do trânsito rodoviário, punição dos infratores).

As agências rodoviárias, de trânsito e policiais podem influenciar diretamente a segurança rodoviária através da implementação de contramedidas que dizem respeito aos usuários, aos responsáveis pelo gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário, à rodovia e à fiscalização do trânsito. De uma forma mais indireta, através da realização de ações que envolvem inovações tecnológicas dos veículos e a revisão ou complementação da legislação de trânsito.

Os programas de educação e de fiscalização de trânsito são importantes, mas seus resultados são obtidos a médio e longo prazo. Os investimentos que visam melhorar a *performance* e segurança dos veículos e do sistema viário podem trazer resultados mais imediatos e sustentáveis e menos dependentes das ações junto aos condutores e pedestres.

As contribuições dessas agências poderão ser tanto mais efetivas quanto mais: (i) consistente e completo for o banco de dados da segurança rodoviária; (ii) explícita e apropriada for apresentada a gravidade atual da insegurança rodoviária e a viabilidade técnica e econômica das alternativas de intervenção, aos decisores e aos responsáveis pelo gerenciamento da segurança rodoviária.

A formulação de alternativas passa necessariamente por uma análise criteriosa dos dados e das informações que refletem a situação e a tendência atual da área crítica selecionada. Deverá ser complementada, sempre que requerida, por informações adicionais decorrentes de inspeções “in loco”, auditorias de acidentes e pesquisas paralelas, assim como de estudos de simulação das situações futuras com ou sem a intervenção.

As alternativas de intervenção podem ser constituídas de ações de implementação imediata ou urgente e de ações e planos de implementação a médio e longo prazo. Podem ser distinguidas, entre aquelas pertinentes aos pontos, eixos e regiões críticas.

As boas práticas da segurança do trânsito rodoviário, isso é, as contramedidas bem sucedidas realizadas pelas entidades intervenientes da região de estudo, de outras regiões ou países poderão se constituir em um ferramental importante na elaboração de intervenções alternativas para áreas críticas similares (vide [87, 136, 143]).

Com o auxílio de um método da pesquisa da inteligência artificial que utiliza o raciocínio baseado em casos reais (case-based reasoning), a exemplo do protótipo descrito no item 3.2.3 desse trabalho, poderão ser extraídas de um banco de dados de boas práticas possíveis contramedidas, ordenadas em função do grau de semelhança entre as principais características da área crítica em análise e do caso já realizado.

Sabe-se que desse método não resulta uma solução padrão definitiva, mas um elenco de contramedidas bem sucedidas que no passado foram adotadas em situações-problema semelhantes.

Apesar do aplicativo poder indicar um elenco de soluções alternativas para reduzir a gravidade e a frequência de acidentes em uma determinada área crítica, a

formulação final das alternativas de intervenção técnica e economicamente viáveis para solucionar o problema em questão deverá ser resultado das discussões e dos trabalhos da equipe técnica interdisciplinar responsável.

As áreas críticas selecionadas deverão ser analisadas com detalhes, à luz dos pertinentes dados e informações obtidas, procurando-se caracterizar os problemas específicos dessas áreas e identificar fatores comuns ou típicos entre os acidentes ou incidentes para cada um dos componentes básicos da segurança (infra-estrutura, usuários, veículos e fiscalização e normalização) com o objetivo primordial de elaborar alternativas de intervenção. Essas intervenções poderão ser constituídas de uma ou mais contramedidas (ações) pertencentes a um ou mais grupos básicos da segurança do trânsito rodoviário.

Dentre os principais dados a serem providos pelos aplicativos do *Subsistema Identificação e Estruturação* para uma determinada área crítica selecionada destacam-se:

- os mapas eletrônicos de registro de acidentes apresentando o contexto da situação-problema na qual a área selecionada está inserida;
- sumários dos principais parâmetros da segurança do trânsito rodoviário na região de abrangência do estudo;
- os mapas temáticos obtidos pela superposição de distintos elementos e informações que permitam identificar, entre outros, os principais fatores potencialmente contribuintes para a geração de acidentes;
- os gráficos da evolução da frequência de acidentes da área crítica em análise;
- a lista de acidentes;
- os diagramas e croquis de acidentes;
- as tabelas de distribuição das ocorrências de acidentes (tabelas-padrão ou a definir pelo usuário do sistema);
- o sumário histórico da área crítica em estudo (identificando os principais dados e informações das ações realizadas anteriormente); e,
- os sumários históricos de casos similares identificados e bem sucedidos.

### **7.2.1 Considerações Especiais da Análise dos Dados para a Definição de Alternativas de Intervenção**

#### *Mapas de Registro de Acidentes*

Os mapas eletrônicos de registro de acidentes rodoviários visam apresentar para um determinado período, preferencialmente em um sistema georeferenciado, as ocorrências de acidentes distinguindo-as entre tipos de acidentes (por exemplo, através de símbolos em cores), entre categorias (de gravidade) de acidentes (por exemplo, através do tamanho desses símbolos) e entre circunstâncias típicas, tais como acidentes com o envolvimento de pedestres, choques em árvores ou postes (por exemplo, através de marcadores com formas e cores distintas).

Fundamentalmente, há dois tipos de mapas eletrônicos de registro de acidentes, quais são: (i) os mapas de registros de acidentes acumulados de um ou mais anos fiscais; (ii) os mapas de registro contínuo cujos registros são inseridos à medida que as ocorrências forem registradas. Os dois tipos de mapas são importantes. Enquanto o primeiro e o segundo poderão prover informações importantes para a elaboração de alternativas de intervenção e de programas de segurança, o segundo é fundamental para o monitoramento contínuo da segurança de trânsito tanto para as áreas contempladas com melhorias como para a malha rodoviária como um todo.

Além do tradicional mapa anual de todas as ocorrências de acidentes, também é requerida a elaboração e a análise dos mapas de registros acumulados de acidentes com feridos graves ao longo de vários anos. MEEVES [30] recomenda a adoção de mapas que contêm os registros de acidentes com feridos graves (inclusive mortes) ao longo de três anos. Os mapas trienais de acidentes são necessários porque (i) as ocorrências de acidentes com feridos graves (inclusive mortes) apresentam uma regra de evolução bem distinta que a dos acidentes com feridos leves ou apenas com danos materiais; (ii) a evolução da ocorrência de acidentes graves (inclusive fatais) não poderá ser identificada somente a partir dos mapas de registro de acidentes de apenas um ano de cobertura (anuais), dado ao baixo número dessa categoria de ocorrência em um período de apenas um ano [30, 47].

Os primeiros resultados obtidos com a combinação de mapas anuais e trienais facilitaram a busca orientada por alternativas para a redução da gravidade e da frequência dos acidentes. As ocorrências de acidentes com consequências graves não são aleatórias, mas seguem leis próprias que devem ser identificadas; enquanto os

acidentes graves urbanos envolvem principalmente pedestres, as colisões com graves conseqüências nas regiões rurais ocorrem em obstáculos laterais das rodovias ou com veículos em sentidos opostos em manobras de ultrapassagem. A distribuição das ocorrências de acidentes graves em rodovias rurais não tem a mesma distribuição na rede que o volume de tráfego [47].

Os mapas anuais apresentam as ocorrências de todos os acidentes registrados em doze meses. A ênfase na análise desses mapas deverá ser dada ao número de acidentes registrados, à homogeneidade dos tipos de acidentes (cores iguais de registros) e às circunstâncias em que ocorrem os acidentes (marcadores iguais).

De outro lado, os mapas dos registros de três anos apresentam as ocorrências de acidentes com mortes e feridos graves registrados ao longo de um período de 36 meses (mapas trienais). Esses mapas de registro visam: (i) identificar as áreas onde regularmente ocorrem acidentes com mortes e feridos graves; (ii) avaliar de uma forma preliminar a gravidade dos acidentes nas áreas críticas identificadas nos mapas de registro anual de todos os acidentes. A ênfase na análise desses mapas deverá ser dada à homogeneidade das categorias (de gravidade) dos acidentes. Para a aplicação desses mapas em vias urbanas poder-se-á incluir, convenientemente, as ocorrências de acidentes com feridos leves.

Os mapas de registro contínuo deverão ser analisados com menor periodicidade. As informações obtidas nesses mapas poderão exigir aos responsáveis pela segurança do trânsito realizar intervenções (imediatas, provisórias ou não) sempre que forem: (i) observadas novas ocorrências ou ainda (ii) alcançadas os valores limites estabelecidos para a definição de áreas críticas.

Os mapas de registro de acidentes - ao permitirem distinguir manual ou eletronicamente *pontos críticos, eixos críticos e regiões críticas* - facilitam a identificação e/ou elaboração das melhores práticas.

A diferenciação entre categorias de *pontos críticos* entre leves, graves e mistos tem por finalidade facilitar aos técnicos analisar separadamente os pontos cujos acidentes decorrem e não decorrem do alto volume de tráfego e, por conseqüência, melhor identificar as contramedidas apropriadas. Os pontos críticos de acidentes com leves conseqüências que forem identificados apenas nos mapas anuais de registro de todos os acidentes necessitam, geralmente, de intervenções imediatas e urgentes. Os pontos críticos com acidentes graves identificados apenas nos mapas trienais ou em ambos os mapas (anual de todos os registros e trienal de apenas os acidentes graves)

requerem, freqüentemente, além das intervenções imediatas, medidas corretivas subseqüentes.

Os pontos críticos que apresentarem regularmente muitos acidentes decorrentes de um elevado volume de tráfego no local deverão ser distinguidos, ainda, dos demais pontos críticos. Para a análise desses pontos poderá ser fundamental a identificação da tendência das ocorrências através de gráficos da evolução do número de acidentes. As áreas críticas que apresentam um aumento ou uma estagnação do número ou da gravidade das ocorrências deverão ser estudadas com maior cuidado.

Na elaboração de alternativas de investimentos de médio e longo prazo, os pontos críticos somente deverão ser analisados isoladamente se estiverem localizados fora de eixos e de regiões críticas. Se fizerem parte de um eixo ou uma região crítica, as medidas corretivas para aumentar a segurança desses pontos críticos deverão ser inseridas no projeto definitivo de melhoria desse eixo ou de reformulação do trânsito nessa região.

Com o objetivo de se excluir da análise a influência do volume de tráfego na ocorrência de acidentes, dever-se-á analisar com mais detalhes, prioritariamente, aqueles *eixos críticos* dos mapas anuais (registros de todos os acidentes) que também forem identificados nos mapas trienais de registro de acidentes (apenas com mortes e feridos graves).

Dentre os eixos críticos já identificados, visual ou eletronicamente, mediante a adoção de algoritmo matemático apropriado, dever-se-á analisar criteriosamente aqueles eixos críticos que apresentarem as maiores densidades de acidentes com mortes e feridos graves [89].

Nas áreas urbanas, as *regiões críticas* poderão identificar, por exemplo, áreas residenciais com segurança de trânsito deficitária. A identificação dessas regiões poderá ser obtida de forma mais satisfatória através da análise de mapas trienais se os registros de acidentes com vítimas graves e leves forem apresentados separadamente. A densidade de acidentes com vítimas (mortes, feridos graves e leves) - DAv poderá ser adotada também para a priorização de estudos detalhados das regiões críticas. As regiões que apresentarem os maiores valores para a densidade de acidentes deverão ser estudadas prioritariamente.

A conveniência da definição de contramedidas de implementação imediata sempre deverá ser considerada quando os índices limites dos pontos, eixos e regiões críticas forem ultrapassados. Para muitos casos, essas ações poderão ser suficientes para

solucionar os principais problemas dos pontos críticos com leves conseqüências e, freqüentemente referem-se a intervenções que dizem respeito principalmente aos órgãos rodoviários e de trânsito.

As demais categorias de pontos críticos podem requerer soluções executáveis a médio e longo prazo. Nesses casos, é fundamental que não se busque soluções (intervenções) isoladas para os pontos críticos com exceção quando se localizam fora de um eixo ou de uma região crítica.

### *Sumários dos Principais Parâmetros da Segurança do Trânsito da Região de Abrangência*

A análise dos principais parâmetros da segurança do trânsito da região de abrangência na qual estão inseridas as áreas críticas em estudo poderá trazer subsídios importantes para: (i) a consolidação ou redefinição de políticas, objetivos e metas para a segurança do trânsito; (ii) a identificação das causas dos acidentes nessas áreas; (iii) por último, identificar as melhores práticas para o problema, pertinentes a cada um dos principais componentes da segurança rodoviária.

### *Mapas Temáticos*

Ao invés de se procurar identificar causas isoladas para a ocorrência de acidentes em uma determinada área crítica selecionada, deve-se identificar a relação dos principais fatores potencialmente contribuintes, pertencentes às diversas disciplinas técnicas para a ocorrência de acidentes (relativas à infra-estrutura, aos usuários, aos veículos e à fiscalização e normalização) para que se possa estabelecer intervenções mitigadoras apropriadas a serem implementadas conjunta e coordenadamente pelos órgãos e entidades responsáveis pelo gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário. Para tais questionamentos específicos, poderão ser compostos, adicionalmente, mapas temáticos especiais, como:

- mapa de registro de acidentes com veículos de carga perigosa;
- mapa de registro de acidentes com condução sob influência (de álcool ou outras drogas);
- mapa de registro de acidentes com pedestres, por faixa etária e total;
- mapa de registro de acidentes com ciclistas;
- mapa de registro de acidentes com motociclistas distinguindo-se entre os acidentes com e sem o uso de capacetes;

- mapa de registro de acidentes com obstáculos físicos das faixas laterais, como por exemplo, árvores, postos de eletricidade ou edificações;
- mapa de registro de acidentes que envolvem a condução com ou sem habilitação;
- mapa de registro de acidentes que envolvem a condução com ou sem uso de cinto de segurança.

Os mapas temáticos especiais poderão requerer que se apresente o registro das ocorrências de acidentes de um período maior, tal como sugerido por DEGENER e MEEVES [30], de cinco anos. Esses mapas poderão ser especialmente úteis para que: (i) se possa estabelecer contramedidas conjuntas das diversas disciplinas técnicas intervenientes (separadamente para as que se referem à infra-estrutura, aos veículos, aos condutores e à fiscalização e regulamentação do trânsito); (ii) definir políticas, normas, objetivos e metas para a segurança do trânsito; (iii) contribuir para a elaboração de planos de segurança do trânsito rodoviário.

A análise cuidadosa de mapas de fatores potencialmente contribuintes para a ocorrência de acidentes sobrepostos, realizada por uma equipe técnica interdisciplinar, poderá facilitar a identificação das principais causas para a ocorrência de acidentes, assim como a proposição de contramedidas que dizem respeito a cada uma das áreas técnicas da segurança de trânsito para maximizar a segurança nessas áreas via “sinergia”.

#### *Gráficos da Evolução de Acidentes*

Para os estudos das áreas críticas que apresentem regularmente muitos acidentes decorrentes de um elevado volume de tráfego no local poderá ser fundamental a identificação da tendência da evolução do número de acidentes.

As áreas críticas que apresentem um aumento abrupto ou uma estagnação em um nível elevado desse indicador deverão ser estudadas com maior cuidado. A análise da *evolução da frequência de acidentes* em uma área crítica visando identificar as tendências e mudanças repentinas poderá ser realizada apropriadamente mediante a elaboração de um gráfico de evolução, no mínimo ao longo de um ano, com registros mensais acumulados. A tabela a seguir apresenta algumas indicações de causas prováveis por tipo de gráficos de evolução da frequência de acidentes.

O quadro a seguir apresenta algumas causas prováveis de evoluções típicas da frequência de acidentes de uma área crítica:

*Tabela 7.1: Evoluções Típicas da Freqüência de Acidentes*

| <b>Tipo do Gráfico</b>   | <b>Causas Prováveis/Exemplos</b>   |
|--|--|
| Crescimento constante da freqüência  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- simples aumento de volume de veículos (inclusive pedestres);</li> <li>- degradação gradual de algum fator como a sinalização horizontal ou sinalização vertical.</li> </ul>   |
| Mudança súbita e crescente (são freqüentemente seguidas por uma tendência de estabilização). | <ul style="list-style-type: none"> <li>- resultado negativo da implantação de alguma intervenção;</li> <li>- aumento de volume de veículos, inclusive pedestres, como resultado de uma intervenção na rede rodoviária, mudança do trânsito ou instalação de um novo pólo gerador de trânsito;</li> <li>- degradação repentina de um dispositivo de sinalização;</li> <li>- se a tendência após o aumento repentino for crescente, outras causas deverão ser examinadas.</li> </ul> |
| Freqüência alta e constante  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- geralmente decorrente das características constantes da área e/ou de elevados volumes de veículos e pedestres.</li> </ul>   |

Fonte: Elaborado pelo Autor a partir de [68].

### *Lista de Acidentes*

A lista de acidentes deverá facilitar a procura por características estruturais semelhantes que possam ter originado as ocorrências registradas nas áreas com elevados índices de acidentes. A lista deverá conter as principais características de um acidente, assim como prover as informações requeridas para a identificação da estrutura local. Essas características poderão dar indicações importantes para os tipos de contramedidas a adotar.

Dessa forma pode-se: (i) realizar adequadamente a análise estrutural da área crítica; (ii) elaborar o diagrama de acidentes sem nova consulta aos boletins de ocorrências (se não elaborado eletronicamente).

Parte dos principais dados apresentados na lista de acidentes também são apresentados graficamente nos pertinentes diagramas de acidentes. Uma lista mais detalhada, apresentada no item 6.2, inclui os dados gerais de identificação do acidente, data, dia da semana e hora do acidente, fase do dia, veículos envolvidos, tipo e categoria de acidente, causas, restrições à visibilidade, obstáculos laterais, clima, condições da superfície de rolamento e circunstâncias especiais, como por exemplo, a influência de drogas.

### *Diagrama de Acidentes*

Muitas das características semelhantes das ocorrências de acidentes em uma área crítica não são ou não poderão ser identificadas a partir de mapas eletrônicos de acidentes. A identificação das características de um elevado número de ocorrências de um determinado tipo de acidente poderá ser realizada de uma forma mais satisfatória com auxílio de diagramas e a pertinente lista de acidentes.

O *diagrama de acidentes* de uma área crítica permite visualizar, além do tipo e da gravidade dos acidentes, os principais sentidos dos fluxos de veículos e de pedestres que respondem pela maior incidência de um determinado tipo de acidentes, a constelação dos conflitos e as circunstâncias do local na hora em que esses acidentes ocorreram.

Esses diagramas, elaborados basicamente a partir de um croqui adimensional de um ponto crítico, deverão indicar, pelo menos, os seguintes elementos gráficos de cada um dos acidentes (ordenados por tipo de acidentes):

- tipo do acidente;
- categoria do acidente;
- sentido dos principais fluxos de tráfego;
- posição dos pontos de conflito (aproximada);
- condições da pista (clima, defeitos);
- condições de luminosidade;
- tipo dos usuários envolvidos;
- manobras especiais;
- elementos geométricos;
- elementos de dispositivos de sinalização e comunicação.

Além dos elementos gráficos, o diagrama apresenta um resumo dos principais dados, como:

- o período de observação;
- número total de acidentes;
- número total de acidentes com mortes, feridos graves e leves;
- número de acidentes para os principais tipos de acidentes.

Os dados apresentados no diagrama de acidentes são complementados pelas informações contempladas na pertinente lista de acidentes (vide item anterior *Lista de Acidentes*).

Os diagramas de acidentes de uma área crítica permitem mostrar, por exemplo, se há uma participação desproporcional de determinados veículos na ocorrência de acidentes, assim como se as condições particulares do local contribuíram para a elevada frequência de ocorrências de um determinado tipo de acidente. Os diagramas poderão ser elaborados para conter registros de um ou mais anos. Os diagramas de 36 meses consecutivos de registro de acidentes graves (inclusive mortes) poderão contribuir significativamente para a identificação de fatores contribuintes para tais ocorrências.

O diagrama é fundamental na análise de áreas críticas que apresentam um elevado número de acidentes (principalmente com conseqüências leves), todavia, sem uma evolução acentuada desse quadro ao longo do período de análise. Os diagramas de acidentes somente não são requeridos quando contramedidas adequadas poderão ser identificadas diretamente dos mapas de registro de acidentes e da pertinente lista de acidentes (como por exemplo: acidentes decorrentes de pistas escorregadias e deformações longitudinais cujas alternativas de solução passam pela execução de reparos dos defeitos da pista de rolamento ou acidentes em travessias de pedestres que poderão ser evitados pela construção de ilhas, instalação de semáforos ou redesenho da via).

#### *Tabelas de Dados de Acidentes*

Outro ferramental importante para a análise de uma área crítica selecionada é constituído de tabelas padrões ou específicas de distribuição de acidentes. A distribuição dos acidentes registrados ao longo de um determinado período por hora, dia de semana e meses do ano, por exemplo, permite mostrar claramente se os acidentes se concentram em determinados períodos. As áreas de maior incidência de acidentes em um determinado horário, dia ou período indicam freqüentemente a existência de problemas gerais que provocam esses acidentes (proximidades de focos geradores de maior movimentação, comportamentos típicos dos usuários, por exemplo, devido à maior

ingestão de bebidas alcoólicas em períodos festivos e à maior presença de condutores-turistas que desconhecem as particularidades da região).

Esses diagramas e tabelas poderão, ainda, ser elaboradas por tipo e/ou categoria de acidentes.

### *Levantamentos Complementares*

Muitas vezes, os dados coletados e armazenados de forma sistemática em um banco de dados não são suficientes para que se possa descobrir as causas dos acidentes e esboçar medidas e ações apropriadas para minimizar a frequência dos acidentes em uma determinada área crítica local. É claro que quanto mais apropriado for o conjunto de dados disponíveis, mais apropriados poderão ser a análise, o diagnóstico e as contramedidas propostas.

Os dados de *levantamentos complementares*, necessários para a estruturação do problema, podem ser obtidos através de: (i) inspeções dos locais; (ii) auditorias de segurança; (iii) pesquisas específicas. Essas pesquisas poderão ser realizadas com o auxílio de técnicas da engenharia de conflitos e da videoanálise, identificando os tipos e as quantidades de conflitos (situações de quase-acidentes) que mais ocorrem na área crítica em estudo. Outros dados importantes poderão ser obtidos das inspeções de acidentes (vide o item 2.2.6). Esses dados, uma vez levantados, também deverão ser armazenados e/ou servir para atualizar o banco de dados do SGS/TR proposto.

A *inspeção local* objetiva confirmar ou complementar a identificação das relações entre as ocorrências de acidentes e os fatores potencialmente contribuintes do local. Esses fatores poderão estar relacionados: (i) ao comportamento dos usuários da rodovia (condutores, pedestres e outros); (ii) à engenharia de trânsito; (iii) aos pontos de conflito resultantes (veículo-veículo, veículo-demais usuários, veículo-obstáculo lateral, por exemplo). Muitas vezes, a ocorrência de acidentes poderá ser explicada por deficiências particulares do local, como por exemplo, a presença de obstáculos à visibilidade para determinados fluxos, traçados inadequados para os pedestres ou ciclistas, aderência insuficiente da superfície dos pavimentos, a presença, sucessão ou combinação inadequada de elementos geométricos da rodovia.

A inspeção do local poderá ser realizada convenientemente por etapas (tais como análise das particularidades da rodovia no local, coleta de impressões do local ao se aproximar ou sair do local, estudo e avaliação dos fluxos de veículos e pedestres e suas reações diante de novas intervenções na área crítica) e por tipo de acidente que

respondem pela maior incidência de vítimas amparada por um guia de inspeção previamente elaborado (check-list). As informações da comunidade lindeira, de testemunhas e envolvidos também podem ser muito importantes no processo para se identificar as causas que levaram à ocorrência do acidente e a chegar em alternativas efetivas para solucionar o problema em estudo. Um maior detalhamento dos procedimentos recomendados para a inspeção local ou visita aos locais de maior incidência de acidentes é apresentado no item 2.2.5 desse trabalho.

As alternativas elaboradas a partir das informações obtidas dos mapas, sumários, gráficos, diagramas, lista de acidentes, tabelas e levantamentos complementares deverão ser *analisadas e discutidas* por uma comissão interdisciplinar da segurança rodoviária visando a sua avaliação.

### 7.3 MÓDULO - SIMULAÇÃO DA EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA SEGURANÇA

Mediante os procedimentos estabelecidos nesse *Módulo*, o SGS/TR proposto deverá permitir ao usuário analista obter, a curto e longo prazo, índices de segurança por área crítica, rodovia e para a rede rodoviária como um todo nas condições com e sem a(s) intervenção(ões). Esses parâmetros futuros para a segurança do trânsito são elementos indispensáveis para que se possa avaliar as alternativas das contramedidas em estudo e, conseqüentemente, identificar quais são as contramedidas e os planos de segurança mais apropriados para o trânsito rodoviário.

A eficácia de intervenções já realizadas poderá ser um indicativo para a eficácia de futuras intervenções, desde que estejam asseguradas as condições de similaridade das principais características dessas áreas.

#### 7.3.1 Aspectos Gerais

A estimativa de parâmetros futuros da segurança rodoviária poderá ser realizada apropriadamente mediante a utilização de modelos macroanalíticos de previsão de acidentes, complementados com os parâmetros obtidos da aplicação de modelos microanalíticos de previsão de acidentes. Esses modelos são descritos sumariamente a

seguir tendo como principal referência o exposto no relatório nº 153/97 da OCDE/GD [103]:

#### *Modelos Macroanalíticos de Previsão*

Os modelos macroanalíticos de previsão de acidentes são modelos estatísticos que têm por base dados agregados para a estimativa de acidentes. Há muitas variáveis independentes que influenciam a ocorrência de acidentes. Dentre os principais grupos de variáveis destacam-se:

- a) variáveis externas, como o clima;
- b) variáveis sócio-econômicas resultantes de intervenções políticas, como por exemplo, o desemprego, o preço dos combustíveis e o uso do solo;
- c) variáveis do sistema de transporte, como aquelas relativas à infra-estrutura, aos veículos, aos integrantes usuários e à fiscalização e normalização do trânsito;
- d) variáveis da coleta de dados, como a acuracidade de registros de acidentes;
- e) variáveis aleatórias;
- f) contramedidas.

O efeito dos quatro primeiros grupos de variáveis sobre a variável sistemática poderá ser explicado através do uso de procedimentos da estatística com multivariáveis. Os acidentes rodoviários são eventos muitas vezes mais aleatórios do que outros eventos e um resultado não-intencional do comportamento humano. Por isso, é impossível prever onde, quando e por quem um acidente individual está se iniciando. Argumentos fortes podem ser relacionados para a defesa que o número de acidentes segue a distribuição probabilística de *Poisson*. A distribuição *Poisson* tem várias propriedades importantes. Uma das mais importantes é que em uma distribuição *Poisson* o valor esperado e a variância são iguais. Uma vez estimado a primeira variável, a segunda está conhecida. Esse fato pode ser usado para melhorar a eficiência desses modelos [103].

O analista, ao utilizar modelos estatísticos com multivariáveis, deve ter muito claro quais são as perguntas que deverão ser respondidas e qual é o modelo que considera essas informações.

Os modelos mais comuns da estatística com multivariáveis são o modelo de regressão linear e os generalizados pertinentes. A escolha da equação de regressão deverá ser baseada mais em função da teoria utilizada, da pergunta a ser respondida e do conhecimento profissional, do que em função da ambição de uma correlação múltipla e

do ajuste da curva. O último poderá conduzir um belo ajuste de dados com resultados que poderão ter pouco valor para o entendimento da questão e que ainda não poderão ser generalizados além da amostra adotada. Um dos métodos mais utilizados para estimar parâmetros nesses modelos é o método dos mínimos quadrados.

Basicamente, há duas maneiras macroanalíticas de avaliar e estimar a eficácia de intervenções para reduzir a severidade e conseqüente freqüência de acidentes:

- . modelos de previsão com a utilização de:
  - seções cruzadas (*cross-section*);
  - séries temporais (*time-series*);
- . modelos de avaliação da eficácia, genericamente denominados de estudos antes/depois (*before-and-after studies*).

O item 7.3.2 desse trabalho apresenta uma descrição sucinta de cada um desses modelos macroanalíticos.

#### *Modelos Microanalíticos de Previsão*

Enquanto os modelos macroanalíticos permitem analisar fatores de acidentes agregados, os modelos microanalíticos facultam a análise dos fatores de risco individuais, isso é, risco de condutores, de pedestres, de veículos e de rodovias. Esses modelos objetivam, principalmente, entender e permitir estimar o comportamento do usuário da rodovia. Muitos dos problemas de riscos (individuais) parecem resultar da crescente complexidade da questão do trânsito. Quanto maior a complexidade, maior a probabilidade que algum componente do sistema de transporte falhará.

Os modelos microanalíticos para a modelagem de fatores de risco podem ser desenvolvidos dentro das mais diversas disciplinas científicas, tais como a psicologia, sociologia, ergonomia, medicina, biomecânica e física. Muitos dos modelos de riscos nessas disciplinas são denominados de submodelos pois focalizam ou tratam de apenas um dos limitados aspectos da situação global do trânsito rodoviário. Esses modelos podem ter como objetivos: (i) identificar fatores de risco; (ii) quantificar os fatores de risco.

Os modelos de fatores de risco incluem: (i) os modelos de fatores humanos (ou comportamentais); (ii) os modelos técnicos de risco.

Os *modelos de risco comportamentais* visam identificar como o subjetivo risco é estimado e manuseado pelos usuários da rodovia e qual o comportamento resultante.

Esses modelos estudam se o problema do usuário está: (i) na percepção de riscos; (ii) na aceitação de riscos; (iii) no controle de riscos.

Dentre esses modelos destacam-se os *modelos de ações* que se baseiam na análise de tarefas dos usuários rodoviários considerando uma ou mais das seguintes variáveis:

- disposição dos usuários - tais como propriedade, qualificação e capacidade;
- assimilação dos usuários - como atitudes, assimilação de informações e habilidade de direção;
- situação dos usuários - tais como situações de rotina e situações complexas.

Outros *modelos comportamentais* atentam descobrir relações entre a ocorrência de acidentes e variáveis mais dinâmicas, tais como os modelos de análise de tarefas (taxonômicos) e os modelos funcionais (entre eles os cognitivos, motivacionais, adaptativos e mecânicos).

Os *modelos técnicos de risco* estudam o comportamento e o risco em situações físicas específicas desses tipos de agentes situacionais. O veículo (tamanho, freios e estabilidade), a rodovia (geometria, superfície de rolamento e intersecções) e o tráfego (volume, velocidade e espaços entre veículos - *gaps*) também poderão ser considerados como agentes situacionais para o comportamento do condutor. Por exemplo, os modelos veiculares lidam com a ocorrência de acidentes e o comportamento do condutor como uma função das características dos veículos, tais como tamanho, estabilidade e performance dos pneus. Os modelos de risco da infra-estrutura lidam com o comportamento e o risco de acidentes em função das características do desenho da rodovia, tais como elementos geométricos, largura, pista de rolamentos, intersecção, obstáculos. Os modelos de risco de trânsito lidam com o comportamento do condutor e a taxa de acidentes como uma função das características do tráfego, tais quais o volume, a velocidade e a distribuição da velocidade, a homogeneidade, a distribuição de vazios entre veículos (*gaps*). Muitos desses modelos técnicos são modelos macroanalíticos e poucos focalizam o condutor individualmente.

Os *modelos biomecânicos* foram desenvolvidos principalmente através de experiências e simulações de colisões. Esses modelos são importantes porque facilitam a identificação, entendimento, mensuração e a prevenção de sérios danos pessoais. Por exemplo, sem a utilização desses modelos a gravidade dos ferimentos no pescoço resultantes de acidentes não seria identificada por um longo período. Atualmente, o conhecimento da biomecânica está bem avançado. O corpo humano pode ser simulado

para a maioria das colisões mais freqüentes facultando o estudo dos danos causados por computadores.

### 7.3.2 Formulação de Modelos de Simulação dos Parâmetros de Segurança

As duas técnicas mais utilizadas para simular os efeitos de uma ou de um conjunto de contramedidas em estudo são: (i) os modelos estatísticos de previsão baseados em seções cruzadas, séries temporais ou em ambos; (ii) os procedimentos de avaliação de eficácia (estudos antes/depois).

Os modelos de previsão da estatística com multivariáveis procuram relacionar variáveis independentes com os acidentes usando equações matemáticas. Dessa maneira, o usuário poderá examinar como uma mudança em uma variável ou um conjunto de variáveis afetam o número previsto de acidentes. Esses modelos de previsão poderão ser efetivos em situações onde existe um grande número de fatores envolvidos e/ou quando há fatores *confounders* (são fatores que podem mascarar ou alterar os resultados da previsão de acidentes, tais como idade, sexo, teor de alcoolemia e nível de conhecimento do local) que não poderão ser controlados através de projetos experimentais. Como os acidentes são eventos raros, esses modelos de previsão também poderão ser úteis quando o número de acidentes em uma área crítica (ou conjunto de áreas críticas) é insuficiente para mensurar os efeitos de contramedidas para um período satisfatório através de estudos antes/depois.

Os procedimentos da avaliação de eficácia também poderão desempenhar um papel importante na avaliação de contramedidas. Essas técnicas tratam a avaliação como se fosse um experimento, estudando a segurança de um certo conjunto de rodovias nas situações antes/depois de uma intervenção.

O sucesso de uma avaliação de eficácia depende da definição apropriada do projeto experimental que considera, entre outros aspectos, o tamanho necessário da amostragem e atenta para eliminar ou controlar os fatores *confounders* (vide também o item 7.3.1). Se o projeto for estruturado apropriadamente e os métodos adotados forem adequados, muitos pesquisadores são do parecer que essa técnica resulta em um modelo mais transparente e de maior potencialidade que as equações de previsão (Hamer, 1991 apud [103]). Como os estudos antes/depois permitem obter apenas uma estimativa da eficácia nas condições estudadas, eles não permitem estabelecer por si só um modelo

sólido que tenha a capacidade de previsão suficientemente consistente. Assim, tanto os modelos de previsão como os estudos antes/depois são válidos. Uma combinação desses dois tipos poderá resultar em um modelo adequado para a previsão de indicadores de segurança de trânsito de um ponto, um eixo, uma região ou uma malha rodoviária.

Para a seleção da técnica mais adequada, o pesquisador deverá considerar as particularidades das contramedidas, o potencial de outras variáveis que poderão alterar os resultados e a disponibilidade de dados. A estratificação das variáveis explicativas poderá contribuir para melhorar a consistência das projeções dos índices de segurança.

A aplicação de estudos antes/depois para ratificar a representação de modelos de previsão aumenta a confiança do usuário na validade do modelo de previsão sem estar limitado por uma focalização estreita de um estudo antes/depois típico.

#### *Modelos de previsão de acidentes baseados em secções cruzadas*

Na literatura técnica especializada, os modelos de previsão de acidentes que utilizam secções cruzadas baseiam-se em variações espaciais que exploram a variação entre diferentes entidades (variáveis) observadas ao mesmo tempo, ligando a quantificação de ocorrências de acidentes com a variação dos parâmetros dessas entidades. A entidade é definida, nesse contexto, como sendo qualquer tipo de unidade geográfica, de objeto físico ou institucional identificado, tais como uma pessoa, família, empresa, veículo, tipo de veículos ou um grupo de tais elementos que possuem características comuns.

Implicitamente, as análises através de secções cruzadas consideram que as quantidades das observações não divergem muito do que foi obtido a partir das variáveis que integram o modelo. As quantidades das secções cruzadas, todavia, são muitas vezes bem diferentes em caráter e apresentados em meios não facilmente discerníveis pelo analista e, por isso, nem sempre por ele bem controladas.

#### *Modelos de previsão de acidentes baseados em séries temporais*

Os modelos de previsão de acidentes baseados em séries temporais (ou ordinárias) envolvem essencialmente observações repetidas do mesmo objeto físico ou institucional. A unidade de observação é um ponto ou período de tempo, tais como a hora, dia, mês ou ano.

Na modelagem com séries históricas, a heterogeneidade entre as unidades de observação é um problema bem menor que nos modelos com secções cruzadas. O

comportamento histórico poderá ser, portanto, um indicador consistente para a descrição da tendência futura da ocorrência de acidentes [103].

Muitos fatores poderão mascarar o comportamento das séries temporais. Para evitar distorções dos valores futuros, o analista deverá excluir, ao definir os dados históricos para o modelo, as flutuações conjunturais dos dados estatísticos. O analista deverá atentar se a série temporal modela um movimento a longo prazo, flutuações cíclicas, sazonais ou aleatórias e considerar esses efeitos na formação do modelo para o seu sistema.

A análise das séries históricas é freqüentemente realizada através de uma formulação matemática definida mediante a determinação de uma função com auxílio do método dos mínimos quadrados.

Na formulação de modelos de previsão de acidentes, a literatura técnica (vide também [90, 103]) recomenda que se deva, principalmente:

- averiguar a homogeneidade sócio-econômica da região para o qual são definidos os modelos;
- testar os modelos propostos mediante o uso de testes e indicadores estatísticos;
- depurar as séries temporais utilizadas de quaisquer dados que possam induzir a erros de projeção;
- verificar a consistência das projeções futuras tendo em conta as variações em outros setores da economia e as decisões governamentais ou particulares que possam afetar a segurança do trânsito rodoviário;
- procurar um modelo que esteja constituído por um número razoável de variáveis explicativas. Muitas variáveis poderão resultar em erros de projeções;
- atentar para que o modelo matemático esteja constituído somente por variáveis explicativas que não estejam correlacionadas entre si (independentes);
- verificar se uma melhor projeção das ocorrências de acidentes poderá ser obtida se as variáveis explicativas forem estratificadas, como por exemplo, por tipo de acidentes, categorias de acidentes ou idade dos envolvidos em acidentes;
- assegurar que os dados estatísticos das variáveis explicativas realmente estão disponíveis e se são coletados sistematicamente.

### *Modelos de Estudos de Eficácia*

Os procedimentos de avaliação de contramedidas normalmente são aplicados antes da implementação das intervenções com o objetivo de se estimar os efeitos resultantes, os custos e os benefícios. A análise concreta dos efeitos das contramedidas, no entanto, somente é possível mediante a adoção de procedimentos sistematizados que permitem aferir os reais efeitos (eficácia) após a sua implementação.

Os parâmetros da eficácia de intervenções implementadas e bem sucedidas poderão ser tomados, sob determinadas condições, como indicadores consistentes para a estimativa dos efeitos das contramedidas que estão sendo planejados ou projetados para uma determinada área crítica. Há, no entanto, a necessidade de se averiguar se a similaridade das principais características dessas áreas está assegurada.

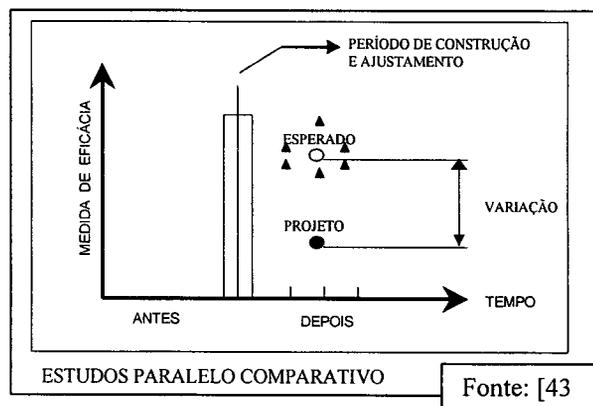
A análise da eficácia de intervenções poderá ser realizada tendo por base: (i) os dados e os indicadores de acidentes; (ii) os indicadores de conflitos (quase-acidentes). Essa análise poderá ser realizada para intervenções em um ponto crítico, um eixo crítico (por exemplo, travessia urbana), uma região crítica ou de uma rede rodoviária.

A análise de eficácia de intervenções baseada em indicadores de conflito (vide também o item 2.2.4) objetiva determinar os efeitos das intervenções sobre a segurança rodoviária a partir de variáveis de conflito entre veículos, entre veículos e pedestres ou entre veículos e obstáculos, como por exemplo, o tempo de reação. Os resultados dessa análise deverão ser tomados com muito cuidado porque os indicadores de conflito apresentam uma correlação mais fraca com as ocorrências de acidentes.

A eficácia de intervenções baseada em dados de acidentes é medida freqüentemente em termos da redução % do número: (i) total de acidentes; (ii) de acidentes com fatalidades; (iii) de acidentes com feridos; (iv) de acidentes com danos materiais; (v) de fatalidades; (vi) de feridos. É claro que a eficácia também poderá ser medida além da freqüência em função de outros indicadores da segurança do trânsito rodoviário.

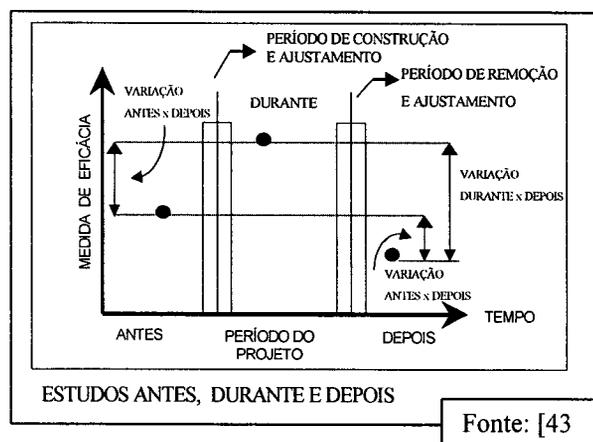
Os principais procedimentos adotados para a análise da eficácia apresentados na literatura técnica especializada [43, 55, 89, 103] são:

- a) *estudo paralelo comparativo*. A análise da eficácia é realizada apenas com os dados coletados para o período após a implementação da intervenção. Esse procedimento considera que o valor esperado sem o

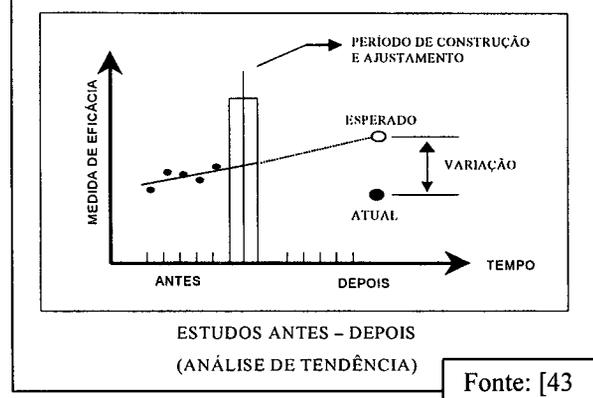
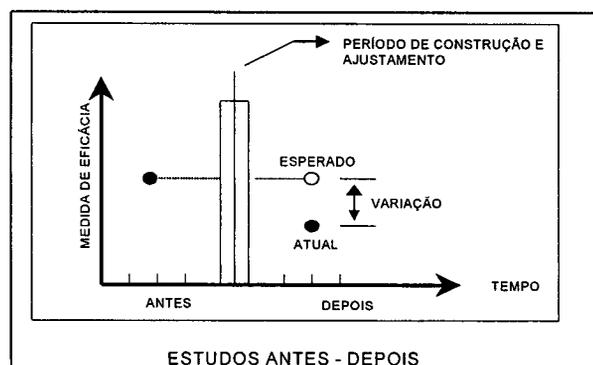


melhoramento para o local em estudo corresponde ao valor médio observado em locais similares sem o melhoramento. Esse procedimento é adotado quando os dados *antes* da intervenção não estão disponíveis ou não podem ser estimados de uma forma satisfatória;

- b) *estudos antes-durante-depois*. Trata-se de um procedimento similar que o estudo antes-depois incluindo medições em um terceiro período, isso é, durante a implementação da contramedida. A sua aplicação poderá ser válida em intervenções temporárias;

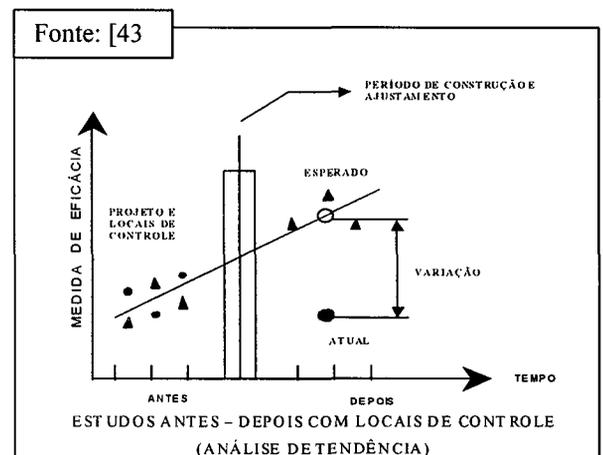
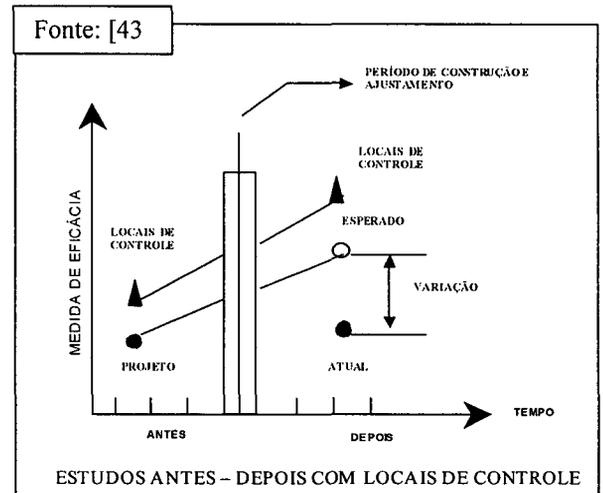


- c) *estudos antes-depois* (simples eficácia), aplicados quando não se dispõe de locais de controle (locais similares sem a intervenção). Esse procedimento compara os dados coletados para dois períodos de tempos iguais, sendo um antes e outro após a implementação da intervenção. O resultado da análise poderá ser questionado quando o intervalo sem medições entre os dois períodos medidos for elevado



ou quando outros fatores exógenos tenham sido identificados;

- d) *estudos antes-depois com locais de controle.* Comparam a variação percentual da eficácia da intervenção estudada com a variação da eficácia observada em locais similares sem o melhoramento para o mesmo período antes e depois. Os estudos antes/depois com locais de controle poderão ainda ser realizados com a inserção dos procedimentos da análise de tendência adotando-se, para estimar o valor esperado para o período “depois sem a intervenção”, as metodologias da regressão linear.



O número de pontos antes da intervenção deverá ser, se possível, igual ou maior que cinco. Também poderá ser utilizado um número menor de pontos. O mais importante, no entanto, é que se possa assegurar as condições de similaridade do local estudado para todos os pontos considerados e obter a consistência necessária dos resultados.

Um cuidado especial deverá ser adotado para a definição da duração dos períodos de análise para que se possa: (i) assegurar a inexistência de alterações geométricas, do tráfego e do controle do trânsito no local durante o período anterior e posterior à implementação da contramedida; (ii) realizar a análise da eficácia o mais cedo possível.

### 7.3.3 Modelos de Simulação Existentes

A elaboração de um modelo de simulação para a evolução da gravidade e da frequência de acidentes para as condições brasileiras também deverá ter em conta as experiências obtidas com os primeiros modelos usados em outros países ou as tecnologias já desenvolvidas para os modelos em fase avançada de elaboração. Dentre os modelos atualmente conhecidos destacam-se:

*Modelo de Simulação DRAG-1 (Demand for Road Use, Accidents and their Gravity)*

Esse modelo utiliza uma modelagem flexível da análise de regressão, é calibrado com dados históricos mensais definidos para toda uma região ou país e estabelece um conjunto referencial de resultados para o planejamento estratégico da segurança rodoviária [103].

Especificamente, o modelo para a previsão do número de vítimas de acidentes rodoviários ou de seus componentes (fatalidades e feridos) relaciona os indicadores diretamente com o uso da rodovia e a um conjunto de outros fatores tendo fundamentalmente a seguinte estrutura:

|   |
|---|
| <b>Risco N° de Vítimas = f [demanda do uso de rodovias, outros fatores]</b> |
|---|

A modelagem do número de vítimas utilizada pelo modelo DRAG não é direta; o número de vítimas resulta de uma composição de três elementos de risco, quais são: o da exposição, da frequência e da severidade. Como o número de vítimas é igual ao produto entre a variável de exposição (km viajados), a frequência de acidentes (vítimas por acidente) e a severidade de acidentes (vítimas por acidentes), a quantificação do número de vítimas é efetivamente obtida a partir da quantificação individual de cada uma dessas três parcelas, tal como representada na tabela a seguir:

*Tabela 7.2: Estrutura Matemática do Modelo de Simulação DRAG-1*

|  |   |                            |
|--|---|----------------------------|
| <b>N° de Vítimas =<br/>f[X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> e X<sub>3</sub>]</b> | <b>Demanda do uso da rodovia (DR) = f[- , outros fatores] (X<sub>1</sub>)</b> | <i>Risco da exposição</i>  |
|  | <b>Frequência de acidentes (A) = f[DR, outros fatores] (X<sub>2</sub>)</b>    | <i>Risco da frequência</i> |
|  | <b>Severidade dos acidentes (G) = f[DR, outros fatores] (X<sub>3</sub>)</b>   | <i>Risco da severidade</i> |

Fonte: OECD [103]

Essa estruturação matemática possibilita pesquisar por evidências de substituição de riscos entre as três dimensões de risco: de exposição, de frequência e de severidade. O impacto líquido sobre o número de vítimas resulta das contribuições relativas desses efeitos potenciais. Por um período, por exemplo, um fator incluído nos três grupos de variáveis explicativas  $X_1$ ,  $X_2$  e  $X_3$  poderá induzir a uma mobilidade menor (diminuição do valor do **DR**) e no nível reduzido da exposição, indicar mais acidentes (aumento do valor de **A**) com menor número de acidentes graves (diminuição do valor de **G**).

Cada dimensão de risco é definida em função de uma série de outras variáveis, tais como: tipo do uso da rodovia (gasolina ou diesel), categoria de acidentes (fatais, feridos, etc.) e a dimensão da severidade (mortalidade, morbidez). As categorias das variáveis explicativas incluem, ainda, todas as variáveis normalmente identificadas nos modelos: preços, disponibilidade e características dos veículos, características da rede rodoviária (inclusive legislação, composição do tráfego, clima, etc.), características dos usuários e níveis de atividades e objetivos das viagens (a trabalho, a compras, a lazer, etc.).

O modelo referencial contém um grande número de resultados já que as equações possuem cerca de trinta variáveis.

#### *Modelo de Previsão de Acidentes do HDM-4*

A análise da segurança rodoviária no HDM-4 é realizada com o auxílio dos modelos de previsão de acidentes constantes do módulo RUE (Road User Effects) [109, 110].

O modelo requer definir uma série de tabelas de consulta de taxas de acidentes. Essas taxas são, basicamente, macrodescrições das taxas de acidentes esperadas que poderão ser definidas de diversas formas de acordo com um particular conjunto de atributos da rodovia e do tráfego (por exemplo: tipo de rodovia, classes de fluxos de tráfego, presença de veículos não-motorizados e classes geométricas).

Como a análise é procedida em função das categorias de acidentes (acidentes fatais, feridos e danos materiais somente), cabe ao usuário inserir no modelo as taxas para cada categoria de acidentes em termos do número de acidentes por 100 milhões veículos-km (ou por 100 milhões veículos) para cada rodovia (ou intersecção tipo). Para a análise a um nível mais agregado de dados, o usuário também tem a opção de inserir

uma única taxa para todos os acidentes. Esse valor é igual à soma dos valores das taxas das três categorias de acidentes.

Quando uma rodovia é melhorada (por exemplo: através da construção de uma faixa exclusiva para veículos não-motorizados, da alteração do desenho de uma intersecção ou do alargamento dos acostamentos), decorre uma mudança do tipo de rodovia ou intersecção; novas taxas de acidentes deverão ser definidas para esse novo tipo de rodovia ou intersecção. A versão 1.0 do HDM-4 ainda não inclui a modelagem pertinente às intersecções.

A taxa de acidentes é definida como sendo o número médio dos acidentes registrados por ano, medido ao longo de um período maior (por exemplo cinco anos), dividido por uma variável de exposição:

$$\text{ACCRATE} = \text{ACCYR} / \text{EXPOSURE}$$

onde:

ACCRATE = taxa de acidente;

ACCYR = número de acidentes por ano;

EXPOSURE = exposição anual de acidentes.

A exposição anual de acidentes é calculada :

- para *seções rodoviárias*, expressa em 100 milhões veíc-km pela expressão:

$$\text{EXPOSSEC} = 365 * \text{AADT} * L / 10^8$$

- para *intersecções rodoviárias*, expressa em 100 milhões veículos pela seguinte expressão:

$$\text{EXPOSINT} = 365 * \text{AADT}_{in} / 10^8$$

onde,

EXPOSSEC = exposição anual de acidentes na seção rodoviária (100 milhões veíc-km);

AADT = volume de tráfego médio anual (veíc/dia);

L = comprimento da seção rodoviária (km) ;

EXPOSSINT = exposição anual de acidentes na intersecção (100 milhões veículos);

AADT<sub>in</sub> = tráfego médio anual dos fluxos que se aproximam à intersecção (veíc/dia).

A modelagem dos efeitos dos acidentes no HDM-4 é realizada a partir dos seguintes dados de entrada: (i) os volumes e as taxas de crescimento do tráfego e a extensão da seção rodoviária (e o volume de tráfego de fluxos de aproximação da intersecção, no caso dos tipos de intersecções); (ii) as diferentes taxas de acidentes aplicadas (depende do tipo dos serviços rodoviários previstos ao longo do período de análise); (iii) os custos unitários de acidentes (poderão ser definidos por categoria de acidentes ou para todos os acidentes, sendo este expresso pelo valor da média ponderada dos custos unitários das categorias de acidentes em função do número de acidentes por categoria de acidentes).

O número de acidentes para cada opção de investimento resulta de:

$$ACCYR_{ji} = EXPOSURE_j * ACCRATE_i$$

onde:

$ACCYR_{ji}$  = número anual de acidentes da categoria de acidentes  $i$  e opção de investimento  $j$ ;

$EXPOSURE_i$  = exposição anual para a opção de investimento  $j$ ;

$ACCRATE_i$  = a taxa anual de acidentes da categoria de acidentes  $i$ .

#### *Outros Modelos em Desenvolvimento*

O Centro de Pesquisa da Finlândia (VTT) desenvolveu um ferramental para a estimativa dos efeitos de melhoramentos rodoviários sobre a segurança do trânsito denominado TARVA. Esse método utiliza informações de rodovias, tráfego e acidentes para a estimativa da segurança rodoviária em termos da redução de acidentes e fatalidades evitadas [136].

O Relatório OCDE/GD (97)153 [103] relaciona, ainda, os seguintes modelos em desenvolvimento: DRAG-2 (trata-se de uma versão melhorada do modelo DRAG-1, encomendado pela Companhia de Seguros de Automóveis de Quebec em 1989), SNUS-1 (Alemanha, por Gaudry e Blum desde 1983); TRULS-1 (Noruega, por Fridstrom desde 1997) e TAG-1 (França).

Há um número muito grande de pesquisas realizadas que tratam da modelagem e previsão de acidentes e da importância da segurança na avaliação da performance operacional de rodovias que poderão contribuir para o desenvolvimento de um modelo de previsão de acidentes em uma rede rodoviária. SPRING [120] apresentou uma

descrição sucinta sobre o desenvolvimento dos modelos de previsão para a segurança do trânsito rodoviário nos USA. O modelo IHSDM (Interactive Highway Safety Design Model) da FHWA é um programa compatível com o CADD constituído de módulos para a análise da segurança que poderá ser utilizado pelos projetistas para avaliar os efeitos de alternativas de desenho sobre a segurança do trânsito rodoviário [65]. BAUER et al [18] desenvolveram, em 1997, um estudo financiado pela FHWA que resultou em um modelo estatístico para a definição das relações entre os acidentes de trânsito, elementos geométricos dos projetos rodoviários e volumes de tráfego para segmentos com faixas de mudança de fluxos de tráfego e de mudança de velocidades (faixas de aceleração e desaceleração). BRILLON [24] desenvolveu uma pesquisa que culminou na apresentação de uma série de relações da taxa de acidentes (acidentes/veic-km) em função do volume de tráfego médio horário para auto-estradas e rodovias rurais.

ELSNER et al [48] apresentaram uma função não-linear  $\{NM(TMD) = a \times TMD^b \times 10^6\}$  para a estimativa do número de mortes (NM) por bilhão de km viajados em auto-estradas para diversos países onde o parâmetro  $b$  é constante para todos os países ( $= -1,42$ ) e a constante  $a$  varia de país para país. A maior incidência de mortes nas auto-estradas ocorre naquelas que apresentam os menores valores de TMD (tráfego médio diário).

Utilizando indicadores agregados, VIEIRA apresentou em [142] modelos de tendências que descrevem o número de mortes e feridos para o conjunto de rodovias federais brasileiras, da região Sul e Sudeste do Brasil e das rodovias do Estado de Santa Catarina. Esse autor apresentou, para uma rodovia específica (BR 101) um modelo em forma mais desagregada utilizando taxas de acidentes específicas para cada um dos principais tipos de acidentes e para cada seção homogênea da rodovia. O modelo visa auxiliar nas decisões para a escolha das contramedidas e na avaliação da eficácia das mesmas.

A descrição das vantagens e desvantagens comparativas, assim como a aplicabilidade desses modelos para as condições da região de abrangência do sistema SGS/TR proposto deverá ser objeto de uma pesquisa adicional.

#### 7.3.4 Considerações Finais

Em função de sua aplicação, o Módulo *Simulação dos Indicadores de Segurança* do SGS/TR proposto poderá requerer a utilização de modelos de previsão de acidentes com níveis diferentes de detalhamento de dados de entrada.

Para estudos econômicos de projetos e de planos alternativos estratégicos e específicos de segurança rodoviária, os modelos com dados de entrada de maior nível de agregação (por exemplo, a base de taxas de acidentes por categorias de rodovias e por total e categoria de acidentes), tal como adotado no modelo tabular do HDM-4, são adequados. Esse modelo para a previsão de acidentes do HDM é um procedimento recomendado em um estudo técnico não-publicado da ISOHDM coordenado pela Secretaria Técnica da Universidade de Birmingham [110]. A utilização apropriada desse modelo para a avaliação de alternativas específicas requer, no entanto, a definição das taxas de acidentes de um grande espectro de rodovias e de intersecções típicas da região de abrangência do estudo que deverão ser determinadas em função de um conjunto predefinido de atributos dessas rodovias e do tráfego incidente (tais como as pertinentes à seção transversal, ao tipo da região, ao uso do solo adjacente e a classes de tráfego). Nesse nível de análise, é freqüente a utilização da taxa média de todos os acidentes e das médias por categoria (de gravidade) de acidentes.

Como a ocorrência de acidentes com feridos graves (inclui os acidentes com mortes e feridos graves): (i) obedece a uma regra de evolução bem distinta que a dos acidentes com feridos leves ou apenas com danos materiais; (ii) não é aleatória; (iii) segue lei própria [30, 47], torna-se necessário identificar equações que representam a evolução das taxas de acidentes por categoria de acidentes (fatais, feridos e somente danos materiais). A ocorrência de acidentes graves em rodovias rurais e, conseqüentemente, a evolução dessa taxa de acidentes poderá não depender preponderantemente da evolução do tráfego, mas de outras variáveis típicas [47].

Estudos mais detalhados de ações de prevenção de acidentes poderão requerer também que se utilize a taxa de acidentes por tipo de acidentes, já que os tipos de acidentes são mais relacionáveis a essas contramedidas. Assim, os efeitos e os benefícios das medidas poderão ser determinados com maior precisão.

Sabe-se que o número de acidentes e, conseqüentemente, as taxas de acidentes variam ao longo do tempo em função da evolução do tráfego e de outras variáveis como os quilômetros viajados. O modelo do HDM-4, por exemplo, considera que a evolução dos acidentes ao longo do tempo é definida pela pertinente taxa de crescimento do tráfego. Sabe-se, no entanto, que o número de acidentes e as taxas de acidentes variam

de forma distinta que o volume de tráfego [43, 48]. As taxas de acidentes e as respectivas funções de evolução ainda variam se essas forem consideradas separadamente por categoria e por tipo de acidentes.

É necessário, portanto, desde que haja a disponibilidade de dados, que se procure identificar funções matemáticas que possam refletir apropriadamente a evolução das taxas de acidentes (por exemplo: em 100 milhões veíc-km para seções rodoviárias e em 100 milhões de veículos para intersecções) ao longo do tempo para as principais categorias de rodovias e tipos de intersecções. As funções de crescimento das taxas de acidentes poderão ser expressas mais apropriadamente, por exemplo, em função do número de quilômetros viajados, do volume de tráfego incidente ou, ainda, em função da variação da relação  $v/c$  (volume de tráfego/capacidade da via). Indicadores expressos em quilômetros viajados, ao descreverem o risco oferecido pelo sistema de transporte de uma forma satisfatória, são os mais utilizados.

Para os estudos de alternativas de uma ação específica ou de um projeto de intervenção específico poderão ser adotados indicadores observados em análises de eficácia de ações ou de intervenções similares e bem sucedidas desde que esteja assegurada a similaridade das principais características desses dois casos.

Estudos de planejamento para a definição de políticas, estratégias, objetivos e metas para a segurança do trânsito rodoviário de uma região ou país poderão requerer, ainda, a definição de um modelo matemático para a estimativa do número de mortes, feridos graves e leves em acidentes rodoviários que considere um elenco bem maior e mais detalhado de variáveis, tal como o modelo DRAG-1.

As experiências obtidas com os modelos de previsão de acidentes indicaram que as séries históricas mensais ou anuais são um bom equilíbrio entre a disponibilidade de dados dos fatores explicativos e a variação dos valores entre os dados; agregações mais elevadas anulam as diferenças; agregações menores anulam a composição estrutural nos modelos agregados.

Um grupo de pesquisadores interessados em construir tais modelos de simulação e de previsão de acidentes de um país está sendo coordenado pelo Prof. Ulrich BLUM, da Universidade Técnica de Dresden (Alemanha). Dessa equipe já participam especialistas da Holanda, Bélgica, Suécia e Inglaterra [103].

## 7.4 MÓDULO – AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO

A avaliação das alternativas elaboradas em conformidade com os objetivos e as metas, definidos no contexto do Subsistema Identificação e Estruturação anteriormente descrito, tem como função determinar a importância do investimento, estabelecer a prioridade e/ou a ordem de prioridade das intervenções alternativas propostas.

### 7.4.1 Métodos de Avaliação

O objetivo final dos investimentos públicos é, sem dúvida, a maximização do bem-estar geral. Nos investimentos da iniciativa privada, esse objetivo maior corresponde à maximização dos lucros ou à minimização dos custos. O alcance desses “objetivos de maximização” depende diretamente, de um lado, da limitação dos recursos disponíveis e, de outro, de sua efetiva aplicação. A relação de conflito entre as duas áreas tem sua origem na diversidade das possibilidades da aplicação de limitados recursos. Em todos os casos, os recursos disponíveis deverão ser investidos de tal forma que o bem-estar geral possa efetivamente ser alcançado.

A avaliação desse “bem-estar” pode ser procedida através de: (i) metodologias orientadas aos valores dos decisores (*value-focused thinking methodologies*), tais como os procedimentos de MCDA (*Multicriteria Methodologies for Decision Aiding*) que enfatiza definir, inicialmente, de forma clara e precisa, os objetivos e valores dos decisores para, a seguir, buscar a solução que gere a maior satisfação aos decisores; (ii) metodologias orientadas à avaliação de alternativas definidas (*alternative-focused thinking methodologies*), tais como os modelos convencionais de avaliação apresentados na literatura especializada que buscam estabelecer, primeiramente, as alternativas sem se preocupar muito com a definição dos objetivos e valores dos verdadeiros decisores (os objetivos são genericamente definidos, aceitos e transferidos de um caso para outro) [80]. Os aspectos principais da metodologia do MCDA são apresentados no Apêndice 3.

Dentre os principais métodos convencionais de avaliação de alternativas, amplamente aceitos no planejamento dos transportes, situam-se: (i) análise da eficácia; (ii) análise valor-eficácia (iii) análise custo-eficácia e (iv), análise custo-benefício, como descritos detalhadamente em [111].

A *análise da (simples) eficácia* apresenta os efeitos determinados qualitativa e/ou quantitativamente para cada uma das alternativas em uma tabela comparativa, sem relacionar os diversos efeitos de cada alternativa em um único fator de eficácia.

A *análise valor-eficácia* é a análise de várias alternativas operacionais e complexas de um projeto que objetiva ordenar as alternativas em função de um sistema de objetivos (e metas) multidimensional para que os tomadores de decisão (todos participantes das diversas áreas de interesse) possam optar com clareza pela melhor opção. Nessa análise, os alcances dos objetivos operacionais de cada alternativa são quantificados (em diversas dimensões) através da adoção de formulários específicos de mensuração e, a seguir, convertidos em um número de pontos de acordo com uma escala preestabelecida. O resultado final dessa análise atribui um número total de pontos para cada uma das alternativas estudadas, obtido a partir das contribuições parciais e da ponderação previamente estabelecida para cada um dos objetivos operacionais definidos anteriormente.

Essa metodologia contempla fundamentalmente:

- a) elaboração de um sistema de objetivos (objetivos primários e secundários, critérios dos objetivos (operacionais) e formulários de mensuração do alcance dos objetivos);
- b) determinação do alcance dos objetivos operacionais (efeitos das alternativas de planejamento nos objetivos operacionais definidos em diversas dimensões);
- c) determinação do grau de alcance dos objetivos através do escalonamento dos alcances determinados;
- d) ponderação (atribuição de pesos) dos objetivos operacionais;
- e) cálculo dos valores da eficácia (integral e parcial) das alternativas (podendo uma alternativa ser o caso “sem projeto”);
- f) aplicação das análises de sensibilidade;
- g) definição da ordem de prioridade para a implementação das alternativas (inclusive com a caracterização de vantagens diferenciais entre as alternativas).

Uma desvantagem da análise do valor-eficácia é que ela não permite determinar diretamente se um dado investimento (projeto) é ou não vantajoso. Tal deficiência, no entanto, poderá ser equacionada mediante a adoção de um valor total mínimo da

eficácia. O valor mínimo poderá ser fixado convenientemente com a aplicação de um caso “sem o projeto”.

A *análise custo-eficácia* mensura monetariamente os custos necessários para a implementação das alternativas para um dado período de análise e os relaciona com os respectivos alcances dos objetivos (efeitos) mensurados em número de pontos. Essa metodologia difere fundamentalmente da análise do valor-eficácia em apenas um ponto: os custos são tratados separadamente e confrontados com os benefícios (eficácia). Para cada alternativa se obtém uma relação custo (em moeda)/nº pontos. A escolha da melhor alternativa poderá ser realizada através da aplicação do princípio *the bigger the better* ou (b) da relação custo/eficácia.

Com o princípio *the bigger the better*, as alternativas são comparadas aos pares sendo eliminadas as piores. A escolha definitiva entre as alternativas remanescentes poder-se-á dar pelo preestabelecimento de uma eficácia mínima com a exigência da minimização de custos ou pela fixação de um montante máximo de recursos orçamentários e exigência da maximização da eficácia.

A *avaliação econômica* (ou *análise custo-benefício*) é um modelo para a avaliação macroeconômica de investimentos através do qual os custos e benefícios de um investimento (uma alternativa ou várias) são mensurados monetariamente e apresentados comparativamente com a situação *sem o projeto*. Seus elementos de custos e benefícios são inicialmente determinados separadamente. A avaliação do projeto ou de suas alternativas é procedida mediante a homogeneização desses elementos de custos e benefícios com a adoção de um ou alguns critérios da rentabilidade da microeconomia. Essa metodologia é aplicada, em larga escala, nos estudos econômicos de intervenções do setor dos transportes na maioria dos países. Devido a sua grande aplicação na avaliação econômica de intervenções que objetivam reduzir a severidade e a frequência de acidentes, essa metodologia é descrita com mais detalhes no item 7.4.3.

#### **7.4.2 Custos e Benefícios de Intervenções para a Segurança do Trânsito Rodoviário**

Os custos e benefícios resultantes de intervenções para a segurança do trânsito rodoviário (contramedidas) podem ser classificados em: (i) custos e benefícios expressos em termos monetários; (ii) custos e benefícios quantificáveis, mas não

expressos em termos monetários; (iii) custos e benefícios diretamente não-quantificáveis .

Dentre os custos e benefícios expressos em termos monetários destacam-se:

- custos de acidentes;
- economia de tempo de viagem de passageiros e cargas;
- economia de custos operacionais dos veículos;
- custos administrativos das entidades envolvidas;
- custos de implementação das intervenções (contramedidas), inclusive custos de planejamento e projeto;
- custos de manutenção das contramedidas.

Dentre os custos e benefícios quantificáveis, mas não expressos diretamente em termos monetários, podem ser citados:

- poluição do ar resultante das emissões de veículos;
- poluição sonora dos veículos;
- impactos ecológicos;
- uso de energias.

Os custos e benefícios diretamente não-quantificáveis podem ser, entre outros:

- o bem estar social dos usuários;
- diversos impactos ecológicos;
- o bem estar emocional dos usuários.

Os custos e os benefícios das três categorias citadas poderão ser inseridos em um único procedimento de avaliação no contexto da análise de multicritérios, tais como as metodologias MCDA (Vide Apêndice 3).

A análise econômica, no entanto, considera diretamente apenas os benefícios e custos expressos em termos monetários. A inserção dos custos e benefícios das demais categorias na análise econômica só poderá ser realizada individualmente estimando-se parâmetros para a conversão monetária dos indicadores identificados. Esse procedimento, no entanto, deverá ser utilizado somente quando os pertinentes parâmetros de conversão adotados serem claramente justificados.

Apesar das limitações, os modelos da análise econômica ainda são os mais utilizados para a avaliação de ações que visam aumentar a segurança do trânsito rodoviário, por isso serão tratados com mais detalhes no item a seguir.

### 7.4.3 Procedimentos de uma Avaliação Econômica

Os procedimentos adotados em uma análise econômica são amplamente divulgados pela literatura técnica nacional e internacional [12, 37, 42, 67, 68, 69, 109]. A análise econômica de uma intervenção poderá ser realizada durante as diversas fases de projeto, isso é, pré-análise, estudos de alternativas e projeto definitivo (ex-ante), assim como durante a implementação (ex-durante) ou após a implementação do projeto (ex-post). O último procedimento visa, principalmente, mensurar e monitorar a sua eficácia e obter parâmetros para a simulação dos efeitos para futuras intervenções similares.

As metodologias consagradas para a avaliação econômica de intervenções para o aumento da segurança rodoviária consideram, freqüentemente, apenas os benefícios que resultam diretamente da redução, da severidade e da freqüência de acidentes. A aplicação dessa simplificação é válida desde que esses benefícios correspondam a uma parcela cujo valor é próximo ao valor total dos benefícios que poderá resultar (ou resultou) do investimento previsto. Essa metodologia, poderá ser resumida, fundamentalmente, nas seguintes etapas:

- a) *determinação dos dados de entrada*, tais quais: (i) a vida útil do projeto de intervenção (ou ação) - refere-se ao período de incidência dos benefícios esperados; (ii) determinação dos custos de implementação do projeto - inclui principalmente os custos de material, de equipamentos e de serviços (inclusive de marketing, se houver), incidentes na implementação da intervenção; (iii) os custos de manutenção da intervenção ao longo de sua vida útil - são os custos da manutenção periódica (reposição de equipamentos e materiais) e da manutenção rotineira de equipamentos, materiais e serviços; a incidência de custos de marketing também deverá ser verificada e considerada apropriadamente, se houver; (iv) o volume médio diário e a taxa de crescimento do tráfego e as pertinentes taxas de acidentes (por exemplo, em acidentes/veíc-km.10<sup>8</sup>) para a situação antes e depois da intervenção com os pertinentes fatores de evolução dessas taxas para o período da vida útil do projeto; (v) de acordo com a sua aplicação, um modelo poderá requerer que sejam inseridos os pertinentes parâmetros de segurança (número total de acidentes, por categoria e por tipo de acidente e os correspondentes custos);

- b) *cálculo do fluxo de caixa dos custos anuais* - refere-se à determinação dos custos anuais resultantes das somatórias dos custos de implementação e de manutenção do projeto de intervenção na situação sem o projeto;
- c) *cálculo do custo total anual dos acidentes antes da implantação da intervenção (situação “sem projeto”)* - realizado pela somatória dos produtos entre os números de acidentes ocorridos nesse ano (total de acidentes, por categoria ou por tipo) e os pertinentes custos unitários médios de acidentes;
- d) *cálculo da redução do custo total dos acidentes do primeiro ano após a implementação da intervenção ou projeto de intervenção* – efetuado a partir das reduções do número de acidentes (total, de cada categoria ou de cada tipo de acidente) para o primeiro ano após a implementação do projeto. A redução do número de acidentes por categoria (ou tipo) é resultado do produto entre as quantidades de acidentes desse ano por categoria (ou tipo) ocorridos no local em estudo sem o projeto e os pertinentes fatores de redução de acidentes previstos para a situação “com projeto”. O valor da redução do custo total do primeiro ano é determinado pela somatória dos produtos entre a redução do número de acidentes (total de acidentes, por categoria ou por tipo) e os pertinentes custos unitários (vide o item 5.7);
- e) *cálculo dos valores da redução dos custos de acidentes para cada ano da vida útil do projeto*. A eficácia da implementação de um projeto pode variar ao longo de sua vida útil e, conseqüentemente, alterar os valores dos custos que decorrem da redução de acidentes. Mesmo se a eficácia do projeto for constante, dever-se-á esperar uma variação da redução dos custos de acidentes em função da evolução da freqüência de acidentes decorrente do aumento do fluxo de veículos no local. Na indisponibilidade de estudos conclusivos sobre a relação entre a taxa de crescimento do fluxo de tráfego (ou outros variáveis explicativas) e a taxa de crescimento de acidentes (para o total, por categoria ou tipo) é comum adotar-se taxas iguais para o crescimento do trânsito e da freqüência dos acidentes [68, 110];
- f) *cálculo dos valores presentes dos custos e benefícios* - os fluxos de custos e benefícios anuais para a vida útil do projeto são, inicialmente, calculados a preços de um ano de referência (ano base). A comparação desses valores, no entanto, somente é possível se forem transformados em valores presentes

para uma taxa de desconto previamente estabelecida (normalmente igual a 12%, como adotado pelas agências internacionais de financiamento, tais como o BIRD e BID). A soma dos valores presentes dos custos anuais resulta no valor presente total dos custos (C) e o somatório dos valores presentes dos benefícios anuais no valor presente total dos benefícios (B);

- g) *cálculo dos indicadores econômicos do projeto*. Esses parâmetros são descritos e analisados no item 7.5 *Módulo - Escolha das Melhores Alternativas*.

Alguns dos principais parâmetros que podem alterar de forma significativa o resultado da avaliação econômica de uma intervenção, implantada ou não, são os custos unitários médios de acidentes. A apropriação desses custos, portanto, deverá ser realizada com critérios bem definidos. Por isso, são tratados com destaque no item 5.7 *Módulo – Custos de Acidentes Rodoviários (CAR)*.

Além das economias de custos que derivam diretamente dos acidentes, muitas das intervenções de segurança selecionadas geram outros custos e benefícios, tais como os relacionados à variação dos custos operacionais dos veículos, do tempo de viagens, da frequência e do período de congestionamentos e dos impactos ambientais. Um modelo apropriado para determinar esses custos e benefícios foi desenvolvido pelo Banco Mundial e recentemente aperfeiçoado e ampliado sob a coordenação da Secretaria Técnica da The University of Birmingham/GB. Trata-se do Highway Development & Management – HDM – 4 ([107, 109], descrito sumariamente no Apêndice 4.

## 7.5 MÓDULO - ESCOLHA DAS MELHORES ALTERNATIVAS

Os principais indicadores econômicos que expressam o resultado da avaliação econômica do projeto são o VPL (valor presente líquido), a relação B/C (relação dos benefícios/custos), a TIR (taxa interna de retorno) e o VPL/Investimento.

O *valor presente líquido (VPL)* é a diferença entre os valores presentes totais dos custos e dos benefícios. De acordo com esse critério, um projeto é economicamente viável se o valor do VPL for maior que zero ( $VPL > 0$ ), isso é, se o valor presente dos benefícios gerados pelo projeto for maior que o valor presente dos custos requeridos pela implementação e manutenção do projeto. A utilização isolada desse indicador

somente é apropriada se os projetos comparados exigirem investimentos de uma grandeza similar. Dois projetos avaliados poderão ter valores de VPL iguais apresentando, porém, rendimentos (benefícios/investimentos) distintos.

A *relação B/C* resulta da divisão do valor presente total dos benefícios pelo valor presente total dos custos de implementação da alternativa ou projeto. Uma relação  $B/C > 1$  indica uma rentabilidade positiva do projeto, a relação  $B/C < 1$  indica que o projeto apresenta uma rentabilidade econômica negativa, isso é, para cada unidade de moeda investida, o projeto obteve um rendimento inferior a essa unidade de moeda em benefícios para a sociedade. Se o critério adotado para priorizar ações de intervenção for a redução de mortos e feridos, os tomadores de decisão poderão optar pela realização do projeto mesmo que apresente uma relação  $B/C$  inferior a 1.

A *taxa interna de retorno (TIR)* de um projeto reflete a taxa de desconto que resulta num VPL igual a zero,  $B/C=1$  ou, ainda, que torna os valores presentes totais dos benefícios e custos iguais. Os projetos que apresentarem valores de  $TIR < 12\%$ , usualmente, não são aceitos em programa de investimentos de agências internacionais de financiamento, como o BIRD e o BID. Um cuidado especial, no entanto, deverá ser tomado com a interpretação dos resultados obtidos para a TIR pois poderão ocorrer fluxos de caixa com mais valores de TIR (raízes diversas da função do VPL de um único fluxo de caixa), no entanto, sem sentido econômico.

A relação  $VPL/Investimento$  (custo) reflete o quanto o benefício líquido de um projeto aumenta por unidade de investimento. Essa razão, também denominada de razão incremental, se aplicado para a priorização de alternativas de intervenção, satisfaz bem o objetivo de maximização dos benefícios econômicos para cada unidade adicional de investimento (ou seja, maximiza os benefícios líquidos para cada unidade adicional de moeda disponível investido).

Outro indicador utilizado para a avaliação econômica de uma intervenção é o período de retorno (*payback*). Esse indicador reflete o período necessário para que os benefícios obtidos pelo projeto cubram os seus custos. O “payback” é determinado pelo número de anos necessários para que o somatório dos valores presentes líquidos anuais do fluxo de caixa seja igual ou maior que zero.

## 7.6 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A consistência dos resultados da avaliação econômica de um projeto de intervenção poderá ser verificada através de reavaliações sucessivas alterando-se um ou mais de seus principais parâmetros, tais como os pertinentes valores de custos (de implantação, manutenção), os valores de benefícios (através da alteração de custos de acidentes, frequência esperada de acidentes), o período da vida útil, a taxa de desconto, entre outros. Essa análise é requerida, principalmente, quando o valor de TIR for próximo ao mínimo aceitável ou a relação B/C próxima de 1.

Além de permitir identificar a rentabilidade dos projetos, os indicadores de uma avaliação econômica são utilizados cada vez mais para otimizar a aplicação dos recursos disponíveis permitindo selecionar aquelas alternativas de intervenção que resultarem nos maiores impactos benéficos para a sociedade tendo em consideração uma dada restrição orçamentária.

**SUBSISTEMA DE OTIMIZAÇÃO E PROGRAMAÇÃO  
DO SGS/TR PROPOSTO**

## 8 SUBSISTEMA DE OTIMIZAÇÃO E PROGRAMAÇÃO DO SGS/TR PROPOSTO

### 8.1 ASPECTOS GERAIS

A sociedade, à medida que for reconhecendo o real grau da “insegurança” de um sistema rodoviário, aumenta suas exigências diante dos órgãos responsáveis para a implementação de contramedidas a fim de torná-lo mais seguro para os usuários.

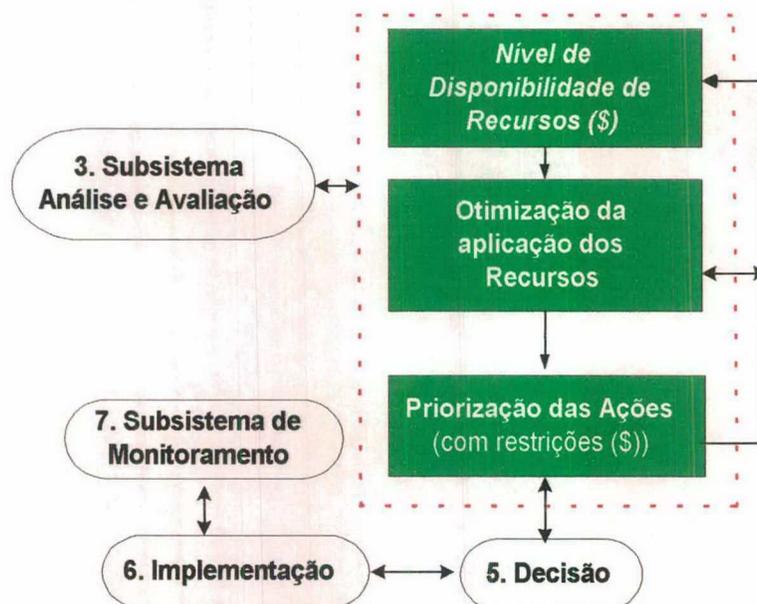
A disponibilidade de recursos financeiros das entidades responsáveis pela segurança do trânsito rodoviário, no entanto, é freqüentemente menor que as necessidades para a realização das intervenções requeridas (incluem ações de todos os componentes da segurança do trânsito rodoviário) para eliminar os pontos, os eixos e as regiões críticos identificados e estudados.

Aos órgãos resta, portanto, otimizar a aplicação dos limitados recursos financeiros para a segurança do trânsito mediante métodos matemáticos apropriados.

O Subsistema *Otimização e Programação* objetiva, principalmente, selecionar um ou mais elencos de intervenções prioritárias que resultem em maior segurança para o trânsito rodoviário tendo em conta as restrições financeiras locais a partir de uma longa lista de possibilidades de intervenções e, que ao final, culminem em programas anuais ou plurianuais de segurança rodoviária otimizados.

O fluxograma a seguir apresenta os módulos que constituem esse subsistema.

Figura 8.1 - Fluxograma de Funcionamento do Subsistema Otimização e Programação do SGS/TR Proposto



## 8.2 MÓDULO - OTIMIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DOS RECURSOS

### 8.2.1 Métodos para a Otimização Orçamentária

Vários métodos para a otimização orçamentária poderão ser adotados para a análise estratégica e para a programação de intervenções da segurança rodoviária de um sistema rodoviário. Os dois métodos mais frequentemente empregados são: (i) a enumeração total; (ii) a priorização do valor incremental benefício/custo.

#### *Método da Enumeração Total*

O método da enumeração total, adotado pelo modelo EBM-HS do HDM-III [11, 134], faculta aos técnicos determinar uma solução ótima incondicional para um conjunto de intervenções estudadas tendo como base: (i) o período de análise (em anos); (ii) os períodos orçamentários (alguns anos ou alguns subperíodos de anos); (iii) uma função objetiva que define qual é o parâmetro que deverá ser maximizado ao longo do período de análise, tal como o valor presente líquido; (iv) as restrições orçamentárias (disponibilidade) para cada período orçamentário.

Esse programa analisa os valores presentes líquidos totais de todas as alternativas estudadas e escolhe aquela de maior valor. O aplicativo informático deverá ser rodado para todas as intervenções estudadas que apresentarem uma taxa interna de retorno positiva para todas as opções de investimentos e para todas as restrições orçamentárias. Os valores orçamentários requeridos pelos projetos de intervenção selecionados serão deduzidos do valor orçamentário disponível; o equilíbrio entre os valores disponíveis e requeridos é utilizado para a otimização.

O problema de otimização é, então, definido como um problema de programação integral que visa à maximização da função objetiva para todo o sistema rodoviário (documento EBM [110], adaptado por esse autor). O valor máximo da função objetiva  $TOBJ [X_{sm}]$  é calculado através da seguinte equação:

$$\text{Maximizar } TOBJ [X_{sm}] = \sum_{s=1}^S \sum_{m=1}^{Ms} OBJ_{sm} X_{sm}$$

Onde:

$s$  - uma área crítica;

$M_s$  - o número de alternativas da área crítica;

$m$  - montante do investimento de uma alternativa de uma área crítica;

$OBJ_{sm}$  - a função objetiva a ser maximizada, tal como o valor presente líquido descontado dos benefícios econômicos;

$sm$  - denota a alternativa  $m$  para a área crítica  $s$ ;

$X_{sm}$  - variável de decisão **zero-um**, com:

$X_{sm} = 1$ , se a alternativa  $m$  da unidade de investimento  $s$  for escolhida;  $X_{sm}$

$= 0$ , se a alternativa  $m$  da unidade de investimento  $s$  for rejeitado;

$m = 1, \dots, M_s$ .

Duas condições deverão ser atendidas. A primeira diz respeito à seguinte restrição de recursos (1ª condição):

$$\sum_{s=1}^S \sum_{m=1}^{M_s} R_{smqt} X_{sm} \leq TR_{qt}, \quad q = 1, \dots, Q; \quad t = 1, \dots, T$$

Onde:

$R_{smqt}$  - montante não-descontado de recursos do tipo  $q$  da agência setorial no período orçamentário  $t$ ;

$TR_{qt}$  - montante máximo de recursos do tipo  $q$  disponível para o período orçamentário  $t$ ;

$Q$  - o número total de tipos de recursos;

$T$  - o número total de períodos orçamentários (a duração de  $t$  pode representar um ou mais anos e não necessariamente ser igual para períodos orçamentários distintos).

A segunda condição diz respeito à restrição da exclusividade mutual (2ª condição):

$$\sum_{m=1}^{Ms} X_{sm} \leq 1, \quad s = 1, \dots, S, \quad \text{isso é, para cada área crítica } s, \text{ não mais que uma}$$

alternativa pode ser implementada.

Se  $M$  for o número médio de alternativas de intervenção para as áreas críticas estudadas, o problema então tem  $MS (= S \times M)$  **zero-um** variáveis,  $QT (= Q \times T)$  restrições de recursos e  $S$  restrições de interdependência. Os parâmetros que definem a amplitude do problema são  $S$ ,  $M$  e  $QT$ . Dependendo do método de solução adotado, os diferentes parâmetros da amplitude do problema determinam se o método é adequado para o problema em termos do tempo computacional. No caso do modelo EBM-HS/HDM III, o método da enumeração total é adequado se o número de projetos de áreas críticas estudadas for menor que 100, o número de alternativas mutuamente exclusivas por projeto de área crítica for menor que 16 e cada projeto de alternativa apresentar fluxo de caixa com menos de 25 valores anuais [11].

Com as devidas adaptações, esse método poderá considerar ao invés do VPL a maximização de outras funções objetivas, tais como a redução do número de fatalidades, de feridos e do total de acidentes ou, ainda, determinados tipos de acidentes.

*Método de Priorização pelo Valor Incremental Benefício/Custo*

Esse método se aplica principalmente quando o número de intervenções a estudar for muito elevado. Ele procura pesquisar as opções de investimento comparando a razão incremental VPL/custo de uma alternativa contra uma outra.

A razão incremental VPL/custo é definido como sendo:

$$E_{ji} = (VPL_j - VPL_i) / (C_j - C_i)$$

Onde:

$E_{ji}$  - a razão incremental VPL/custo de uma alternativa  $j$  em relação a alternativa  $i$ ;

$VPL_j$  - valor presente líquido da alternativa mais onerosa;

$VPL_i$  - valor presente líquido da alternativa menos onerosa;

$C_j$  - custo econômico da alternativa mais onerosa;

$C_i$  - custo econômico da alternativa menos onerosa.

A razão incremental **VPL/custo** também poderá ser substituída, se assim for de interesse, pela razão entre a variação da redução do número de acidentes (fatais, feridos, ou todos) e a variação dos custos obtidos através da comparação das alternativas.

O método incremental objetiva selecionar as intervenções sucessivamente a começar pelo maior valor de  $E_{ji}$ , desde que maximize o **VPL** para uma dada restrição orçamentária. Se houver mais de uma opção de investimento (intervenção) em uma área crítica, a alternativa com o menor valor descontado de custos (investimentos) é escolhido como a alternativa base. Esse método considera todas as possibilidades de opções e compara, incrementalmente, iniciando a comparação contra o caso base através da utilização do algoritmo incremental para selecionar a combinação que maximize a função objetiva selecionada.

Uma técnica de pesquisa incremental seleciona as opções que tenham sucessivamente menores razões incrementais **VPL/custo** e assegura que em nenhuma situação se tenha mais de uma opção de intervenção por área crítica. O processo continua até que o valor orçamentário, limite estabelecido para cada período orçamentário, estiver exaurido. O processo é finalizado quando o orçamento estiver exaurido ou não houver mais opções de intervenções a estudar. A lista resultante das alternativas selecionadas para as diversas áreas críticas estudadas constitui um programa de trabalho otimizado.

Em essência, esse método procura identificar aquelas opções que estão inseridas nos limites da fronteira de eficiência. As etapas desse algoritmo estão relacionadas no Manual do HDM 4 – Volume 4 [110].

### 8.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos métodos mais apropriados para a otimização da aplicação dos recursos durante a elaboração de programas anuais e plurianuais de investimentos da segurança rodoviária, tendo em consideração as restrições orçamentárias predefinidas, é o método que utiliza o valor da razão incremental NPV/investimento para priorizar as intervenções. Esse indicador de rentabilidade satisfaz melhor o objetivo de maximizar os benefícios econômicos para cada unidade adicional de investimento, isso é maximiza os benefícios líquidos para cada aplicação de uma unidade de moeda.

Um outro procedimento realiza a otimização dos recursos ordenando em uma primeira instância as opções de investimentos em função do TIR e, a seguir, em segunda ordem pelo VPL, até que a soma dos investimentos requeridos pelos projetos atingir a disponibilidade orçamentária estabelecida para o setor. Outros métodos são apresentados na literatura técnica [43].

O módulo do SGS/TR proposto deverá permitir a escolha do método de otimização desejado com as opções com e sem restrições orçamentárias preestabelecidas.

#### 8.3.1 Processo de Decisão

É função dos detentores da tomada de decisão, com auxílio dos resultados da avaliação, tomar decisões definitivas respondendo às seguintes questões:

- a) qual das alternativas (ações ou planos) analisadas apresenta os maiores benefícios para a sociedade?
- b) qual a importância que deverá ser atribuída à execução da intervenção ou plano proposto?
- c) qual a ordem de propriedade na qual as diversas ações propostas deverão ser implementadas?

Nesse contexto, deve ser observado que o resultado da avaliação não poderá, de forma alguma, substituir a decisão final dos decisores sobre a implementação de qualquer uma das propostas. A avaliação propriamente dita deverá ser apenas um instrumento transparente e de fácil entendimento para a tomada de decisão.

As alternativas propostas, devidamente avaliadas em termos técnicos e econômicos, deverão ser submetidas para a análise e parecer a um grupo técnico interdisciplinar da segurança rodoviária composta de técnicos especializados das diversas entidades e disciplinas intervenientes na segurança do trânsito rodoviário. Dentre os integrantes desse grupo de trabalho destacam-se, principalmente, os representantes das agências rodoviárias, de trânsito e das emergências médico-hospitalares. É claro que representantes de outras entidades e agremiações da segurança do trânsito rodoviário poderão ser integrados.

Esse grupo técnico deverá ser tão pequeno quanto for possível e integrar um ou dois representantes de cada uma das entidades intervenientes. Os representantes deverão ser indicados pelos dirigentes das entidades responsáveis e designados especialmente para tal fim por uma autoridade superior competente.

O nível de decisão atribuída ao grupo técnico será o balizador sobre quais das alternativas de intervenção julgadas apropriadas pelo grupo deverão ser encaminhadas diretamente para a sua execução e quais delas deverão ser enviadas às instâncias superiores, tal como a uma comissão superior da segurança do trânsito rodoviário para a decisão final sobre a sua implementação. Essa comissão superior poderá ser integrada, convenientemente, por representantes decisores das principais entidades intervenientes na segurança do trânsito rodoviário da região .

As experiências de outros países [30] recomendam que o Grupo Técnico Interdisciplinar da Segurança promova reuniões periódicas (por exemplo: anuais) com uma comissão superior de segurança do trânsito para avaliar os efetivos alcances das medidas implementadas e a situação atual da segurança do trânsito rodoviário que está sob a sua jurisdição devendo-se procurar, especificamente:

- a) apresentar um balanço das ações implementadas (reavaliação da eficácia das decisões anteriormente tomadas);
- b) inserir os dirigentes dos órgãos e entidades que intervêm no gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário (tais como as entidades policiais, rodoviárias, de trânsito e de atendimento emergencial) na tomada de decisão

sobre a implementação das contramedidas mais adequadas e no processo de obtenção dos financiamentos requeridos;

- c) as entidades privadas ou não ligadas à segurança deverão ser sensibilizadas para as ações do Grupo Técnico convidando os seus representantes para as reuniões promovidas periodicamente;
- d) por último, a sociedade deverá ser informada sobre os trabalhos que são desenvolvidos pelo Grupo Técnico que servirá para conscientizá-la da gravidade do problema da segurança do trânsito e da necessidade de se priorizar ações para essa importante questão.

**SUBSISTEMA DE MONITORAMENTO DO SGS/TR  
PROPOSTO**

## 9 SUBSISTEMA DE MONITORAMENTO DO SGS/TR PROPOSTO

### 9.1 ASPECTOS GERAIS

Após a tomada de decisão sobre quais são as ações e os planos da segurança rodoviária que deverão ser executados, cabe aos técnicos da área fiscalizar, acompanhar e controlar a sua implementação, assim como monitorar a sua performance com a participação direta do Grupo Técnico Interdisciplinar e da Comissão Superior da Segurança do Trânsito Rodoviário (vide item 8.3.1 e [85]). Além do monitoramento contínuo dos indicadores de segurança de intervenções e planos de segurança, em implementação ou implementados, também deverão ser monitorados, sistematicamente, os níveis de segurança da malha rodoviária como um todo.

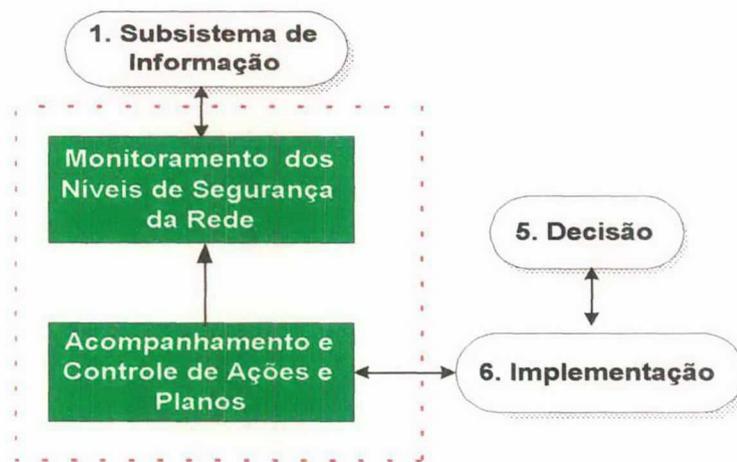
Tais funções de gerência da segurança do trânsito rodoviário poderão ser realizadas apropriadamente através do *Subsistema de Monitoramento* que assim contribuirá para o seu próprio aperfeiçoamento, assim como de todo o sistema SGS/TR proposto. Esse subsistema visa, especificamente:

- a) monitorar as ações e os planos implementados ou em implementação medindo os pertinentes impactos sobre os indicadores de segurança, assim como verificar o alcance dos objetivos e das metas preestabelecidos;
- b) monitorar continuamente a evolução do número e da gravidade de acidentes de toda a rede rodoviária;
- c) monitorar de forma contínua os níveis de segurança de cada um dos segmentos rodoviários;
- d) fornecer dados e informações relevantes para justificar a inversão dos montantes necessários para alcançar o nível de segurança requerido pela sociedade;
- e) obter fatores de calibração para os modelos de previsão de acidentes do sistema SGS/TR proposto (como por exemplo, taxas e custos de acidentes, tendências de evolução de acidentes, motorização e mobilização, custos de intervenções realizadas e indicadores de eficácia);

- f) contribuir para elaborar outras recomendações que visem o aumento da segurança do trânsito rodoviário aos decisores e gerentes responsáveis mediante a emissão de relatórios, sinopses, gráficos e mapas temáticos.

A figura a seguir apresenta o fluxograma básico de funcionamento desse Subsistema de Monitoramento.

*Figura 9.1 - Fluxograma de Funcionamento do Subsistema Monitoramento do SGS/TR Proposto*



## 9.2 MÓDULO - ACOMPANHAMENTO E CONTROLE

As medidas julgadas como as mais apropriadas para a redução de acidentes nas áreas críticas selecionadas para nada servem se não forem efetivamente implementadas. Para a implementação dessas medidas dever-se-á obter: (i) a previsão orçamentária requerida; (ii) a alocação efetiva dos recursos necessários; (iii) controlar apropriadamente as decisões que envolvem a implementação.

O acompanhamento e o controle das atividades de implementação das medidas poderão ser realizados, apropriadamente, através de um quadro resumo do status da execução. O status da execução poderá ser inserido (ou sobreposto através de um layer específico), convenientemente, nos mapas eletrônicos de registro de acidentes devendo-se identificar o mês e o ano: (i) do início da análise preliminar do problema; (ii) do aviso da área crítica aos superiores; (iii) da decisão superior sobre a implementação da contramedida selecionada; (iv) do início das ações imediatas na área crítica; (v) do

início da implementação da contramedida definitiva; ou (v) da transferência do problema para uma área superior.

Ao se iniciar novos mapas eletrônicos de registro de acidentes dever-se-á tomar o cuidado para transferir essas informações de controle também para esses novos mapas de maneira que o monitoramento contínuo possa ser assegurado de forma apropriada.

A eficácia de muitas das medidas adotadas para reduzir a gravidade e a frequência de acidentes nas rodovias são bem conhecidas pelos técnicos especializados da engenharia de segurança do trânsito rodoviário. Outras, no entanto, devem ser submetidos a uma avaliação “ex/post” para que se tenha comprovado o seu efeito redutor de acidentes. Essa avaliação deverá ser aplicada sempre, ainda, quando há indícios de que as condicionantes das áreas tratadas poderão gerar dúvidas sobre os efeitos dessas medidas observadas em outras aplicações similares. Esses indicadores de eficácia resultantes poderão ser vitais para a avaliação de intervenções futuras similares e para a calibração dos modelos de simulação adotados pelo SGS/TR.

A avaliação ex/post de uma ação mitigadora de acidentes deverá considerar fundamentalmente, os seguintes aspectos:

- a) os períodos pesquisados antes e depois da execução da ação deverão ser equivalentes e comparáveis, isso é, os dois períodos deverão contemplar o mesmo número de meses e, preferencialmente, os mesmos meses;
- b) a área de influência da ocorrência de acidentes estabelecida para os levantamentos da situação “antes” da execução da ação deverá ser adotada também para a situação depois de sua execução;
- c) o período da execução da ação não deve ser incluído em nenhum dos dois períodos de pesquisa (antes ou depois) com exceção quando se pretende avaliar intervenções provisórias;
- d) o início do período de pesquisa, após a implementação da ação mitigadora, deverá ser prorrogado de tal forma que se assegure que os usuários do sistema rodoviário tenham se adaptado bem às novas condições da área crítica tratada. De outro lado, deverá ser assegurada a inexistência de alterações geométricas, do tráfego e do controle do trânsito no local durante o período anterior e posterior à implementação da contramedida. Recomenda-se [30] que tal prorrogação dever-se-ia estender de um até três meses (vide maiores detalhes sobre os procedimentos dos estudos ex-post no item 7.3.2).

Caso a análise ex/post indicar que uma determinada intervenção executada não aumentou satisfatoriamente a segurança dos usuários da área tratada, dever-se-á reavaliar as ocorrências dos acidentes dessa área e propor outras alternativas de intervenção.

A eficácia das ações provisórias poderá ser monitorada apropriadamente através de estudos “antes, durante e depois”. Um cuidado especial deverá ser adotado para a definição da duração dos períodos de análise para que se possa realizar a análise da eficácia o mais cedo possível. O item 7.3.2 apresenta uma descrição sucinta das principais técnicas usualmente adotadas na análise de eficácia de contramedidas.

O monitoramento dos planos de segurança para o trânsito rodoviário poderá ser realizado adequadamente nos termos da check-list elaborado pelo Banco Mundial apresentada em [136].

O monitoramento contínuo da evolução do número e da gravidade de acidentes em toda a rede rodoviária poderá ser realizado, apropriadamente, como auxílio de mapas eletrônicos de registro de acidentes anuais (de todos os acidentes), trienais (dos acidentes graves ou com vítimas) e quinquenais para temas específicos correlatos à segurança do trânsito rodoviário (vide Apêndice 1).

O sistema deverá acionar um dispositivo de alerta (ou emissão de sinopses executivos) para que medidas corretivas imediatas sejam autorizadas pelos decisores responsáveis, sempre que valores limites previamente estabelecidos forem ultrapassados.

### 9.3 MÓDULO – MONITORAMENTO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA

O Subsistema deverá permitir, ainda, o monitoramento da segurança do trânsito em toda a rede rodoviária identificando-se em mapas georeferenciados os níveis de segurança atuais por segmento das rodovias.

Tem-se pesquisado vários métodos para definir níveis de segurança de trânsito nas rodovias. Os resultados da tentativa de se definir a insegurança do trânsito através do número e da gravidade dos acidentes e de parâmetros de custos de acidentes expressos em uma escala de pontos, assim como pela distribuição do volume do tráfego na rede não foram satisfatórios.

Dentre os métodos mais adequados para a definição de níveis de segurança de rodovias destaca-se o método do potencial de segurança. Esse método define quanto os custos de acidentes de uma determinada rodovia poderão ser reduzidos para a sociedade (potencial de segurança rodoviária). O potencial de segurança é calculado pela diferença entre as densidades dos custos de acidentes da situação atual e da situação se a rodovia fosse desenhada, construída e operada de acordo com todas as normas e as técnicas modernas atualmente disponíveis para a segurança rodoviária (valor referencial alcançável). Esses valores referenciais, determinados para cada categoria de rodovias, representam o valor médio esperado dos custos de acidentes rodoviários nas condições anteriormente referidas por km (vide maiores detalhes desse método no item 6.4.2).

Esses mapas eletrônicos com a indicação dos níveis atuais de segurança poderão distinguir, por exemplo, segmentos rodoviários com níveis de segurança: (i) *desejável*, referindo-se a segmentos que apresentam valores de potenciais de segurança menores que o valor médio referencial; (ii) *tolerável*, que apresentam índices de acidentes aceitáveis para a sociedade; (iii) *de alerta*, representando segmentos rodoviários com índices de acidentes que preocupam a sociedade e, portanto, poderão necessitar de análise ou algum tipo de intervenção a curto prazo; (iv) *crítico*, referindo-se a segmentos rodoviários com índices de acidentes acima de um limite preestabelecido.

Uma experiência bem sucedida para a definição dos níveis de segurança do trânsito rodoviário estabelece cinco níveis de segurança em função do valor do potencial de segurança do trânsito por segmento rodoviário [52], quais são:

| <i>Nível de Segurança</i> | <i>Potencial de Segurança</i><br><i>(1.000 €/km-ano)</i> |
|---------------------------|--|
| I                         | < 0  |
| II                        | 0 -50  |
| III                       | 50 - 100   |
| IV                        | >100   |
| V                         | Urbano   |

OBS: Os valores originalmente apresentados em [52] foram convertidos pelo autor tendo por base a cotação de conversão: 1 Euro igual a 1,95583 DM.

A indicação dos níveis de segurança por segmento rodoviário deverá permitir aos decisores identificar, visualizar e monitorar a performance atual e o progresso da segurança do trânsito na rede rodoviária como um todo.

**RECOMENDAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO E  
IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO SGS/TR PROPOSTO  
E SUAS LIMITAÇÕES**

## 10 RECOMENDAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO SGS/TR PROPOSTO E SUAS LIMITAÇÕES

### 10.1 RECOMENDAÇÕES GERAIS

O desenvolvimento do sistema SGS/TR deverá ser bem planejado e controlado. Esse planejamento deverá ter como base um plano apropriado de desenvolvimento que considere pelo menos as seguintes etapas [50]:

- a) a *definição clara do problema* do gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário das entidades intervenientes na região em estudo, principalmente das agências rodoviárias, de trânsito, das polícias e emergências hospitalares. Dever-se-á tomar cuidados especiais para que as metas de abrangência e do nível de sofisticação do sistema não excedam a necessidade técnica, a capacidade financeira e de absorção das novas tecnologias dos usuários do sistema. Essa etapa deverá incluir, ainda, a descrição das necessidades de dados e informações, assim como a identificação dos responsáveis. As informações necessárias para equacionar o problema em particular poderão ser determinadas, basicamente, a partir da análise dos relatórios de saída (outputs), a partir da análise das informações disponíveis e necessárias para as funções atuais identificando os interessados nesses dados ou, a partir de um levantamento das necessidades dos usuários do sistema para dar suporte e facilitar o exercício de suas funções;
- b) o *desenho apropriado do projeto* para atender o problema como um todo. Essa etapa deverá incluir a definição dos procedimentos atualmente existentes, a lógica de processamento das informações, as especificações dos dados requeridos (nome, descrição, inter-relacionamento, tamanho, responsável pela atualização, níveis de acesso, entre outros) e as especificações do projeto (inclui, entre outros, a descrição do sistema, subsistemas e módulos propostos para a situação em particular e sua

integração como outros sistemas de gerência, assim como a definição das páginas de entrada e dos relatórios de saída, o diagrama da lógica do sistema, a descrição dos arquivos de dados, a definição das padronizações a serem adotadas, da organização das equipes técnicas e dos responsáveis);

- c) a *programação e testes* de módulos, subsistemas ou sistema. Dentre outras atividades, essa etapa deverá incluir a designação de programadores e a determinação das necessidades eventuais de treinamento, a definição de fluxogramas detalhados, a definição de testes de módulo, subsistema e sistema como um todo e a revisão de estimativa de custos;
- d) a *implementação do sistema*. Essa etapa deverá incluir, entre outras atividades, a conversão dos arquivos de dados existentes para assegurar o histórico e a transferência da utilização, o treinamento do pessoal de operação, a transferência do sistema atual para o novo (a operação simultânea dos dois sistemas por um determinado tempo reduz riscos de perda de informações importantes), a correção e ajustes finais, a aceitação final do sistema e a redação do relatório final;
- e) a *operação e ajustes* resultantes de sucessivas revisões do projeto. O avanço acelerado das tecnologias poderá requerer mudanças significativas em um ou vários módulos do sistema.

Para o desenvolvimento e a implementação do sistema SGS/TR, nos termos propostos nesse trabalho, recomenda-se, especificamente:

- iniciar o desenvolvimento do sistema somente após ter concluído: (i) a definição clara do problema do gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário na região de abrangência; (ii) o desenho (lógica) apropriado dos procedimentos sistematizados a serem adotados para equacionar a questão; (iii) a relação e a especificação dos dados relevantes requeridos pelo sistema;
- desenhar o sistema SGS/TR incluindo a formulação e a estruturação do sistema como um todo;
- desenvolver e implementar o sistema SGS/TR com a participação direta dos técnicos usuários das entidades responsáveis pelo gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário para assegurar através do *on-the-job training*, entre outros procedimentos, o desenvolvimento do sistema tendo em consideração as particularidades, as reais necessidades, a efetiva

capacidade absorção das novas tecnologias e a operação adequada do sistema por parte das entidades usuárias do sistema;

- implementar o sistema por etapas de acordo com: (i) as prioridades das necessidades técnicas nessa área; (ii) a capacidade técnica para a transferência de tecnologias das instituições (usuários do sistema).
- iniciar o desenvolvimento do sistema SGS/TR a partir dos módulos que dizem respeito ao planejamento estratégico e específico de intervenções em áreas críticas;
- prever, para uma segunda fase, a adição de um módulo para a incorporação de sistemas auxiliares para a prestação de serviços ao público em tempo real visando amenizar os efeitos secundários de acidentes e incidentes;
- desenvolver o sistema envolvendo técnicos analistas, programadores, engenheiros de produção e de trânsito, especialistas da medicina, psicologia entre outras disciplinas da segurança do trânsito rodoviário, assim como representantes dos principais usuários;
- adotar softwares de desenvolvimento que permitam a sua utilização em ambiente amigável tendo como base o sistema operacional *Windows*. O sistema SGS/TR a ser desenvolvido deverá ser de fácil manuseio para que os gestores e os decisores, nem sempre familiarizados com os sistemas de gerência, possam operá-lo adequadamente acessando as informações requeridas para o gerenciamento via on-line;
- desenvolver o sistema em uma estrutura modular integrada facultando aos usuários modificar ou substituir módulos individuais;
- integrar os diversos módulos que compõem o sistema SGS/TR de forma interativa, ou seja, que após a conclusão de uma das tarefas do sistema, os resultados, até então obtidos nas tarefas anteriores, possam ser reexaminados e eventualmente corrigidos;
- possuir uma interface para o intercâmbio e integração do banco de dados com os de outros sistemas de gerência rodoviária;
- dever-se-á ter um cuidado especial com a definição das metas de integração do sistema SGS/TR com outros sistemas de gerência ou outros módulos, assim como com a compra de pacotes de softwares de módulos específicos ofertados pelo mercado. Metas muito ambiciosas poderão pôr em risco o desenvolvimento e a implementação do projeto como um todo;

## 10.2 RECOMENDAÇÕES ESPECÍFICAS

### *No que se refere ao Subsistema de Informação*

- estabelecer os procedimentos sistematizados para a coleta de dados da segurança do trânsito rodoviário adotando-se conceitos padrões aceitos internacionalmente;
- assegurar a relevância e a consistência dos dados coletados, assim como verificar se esses dados estão completos para uma análise realista do problema da segurança do trânsito;
- integrar, inicialmente, os bancos de dados alimentadores das agências rodoviárias, de trânsito e das polícias, escritórios de registro civil de pessoas naturais e emergências hospitalares visando implementar um banco de dados consolidado que apresente informações relevantes, completas e consistentes para o planejamento e gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário sem o desperdício com a duplicidade de registro de informações; em uma etapa posterior incluir também os arquivos de dados de outras entidades intervenientes;
- construir um aplicativo específico para a apropriação de custos de acidentes;
- constituir um banco de conhecimento de boas práticas (dados característicos relevantes de experiências comprovadamente bem sucedidas com intervenções já realizadas para o aumento da segurança do trânsito);
- implementar um sistema de comunicação entre o banco de dados central (consolidado) e os alimentadores que permita a atualização, a recuperação e a transmissão imediata de dados para arquivos distantes, a consulta *on-line* e a realimentação periódica automática ou acionada pelo operador do sistema; a inserção duplicada de dados poderá ser evitada mediante o compartilhamento dos dados dos formulários de entrada (de relatórios de acidentes, incidentes, multas, condução alcoolizada, inspeções de veículos comerciais, entre outros) prevendo-se os correspondentes níveis de acesso. É importante, ainda, pressupor, para a implementação em etapas posteriores a inserção automática de dados coletados com o auxílio de subsistemas ITS para a coleta e transmissão de dados;

*No que se refere ao Módulo Prestação de Serviços ao Público-usuário*

- para um estágio posterior, prever a incorporação de um módulo para a prestação de serviços do Subsistema de Informação a fim de informar aos usuários (aos viajantes e à central de gerenciamento), em tempo real, as condições de trânsito das rodovias, e as condições dos acidentados *in loco* (às equipes médicas de plantão). Tais sistemas que objetivam reduzir o tempo de resposta das unidades de atendimento emergencial, prevenir e orientar os usuários viajantes e, conseqüentemente, reduzir os efeitos negativos secundários decorrentes de acidentes e incidentes, requerem a utilização de sistemas ITS para a coleta (com tecnologias GPS ou GSM [145]), para a transmissão bi-direcional de informações e para a interconexão de órgãos intervenientes da segurança do trânsito, ser operado por uma central de operação do sistema e ser acessível por internet, telefone, intranet ou rádio; esse módulo também deverá permitir *links* a outros sistemas aplicativos do gerenciamento do trânsito rodoviário, tais como ao sistema AET (autorizações especiais de trânsito) e ao sistema de multas de trânsito.

*No que se refere ao Subsistema de Identificação e Estruturação*

- implementar um sistema para identificar e estruturar o problema da segurança do trânsito rodoviário que integra: (i) aplicativos GIS (Geographic Information System) para a elaboração eletrônica de mapas de registro de acidentes e de temas correlatos; (ii) aplicativos BI (Business Intelligent System, como os aplicativos de mineração de dados – *data mining*) para a pesquisa estatística que permita relacionar os índices de acidentes absolutos e relativos com fatores contribuintes potenciais como ferramenta auxiliar para a identificação de causas de acidentes e a definição de políticas, objetivos e metas; (iii) aplicativos para a elaboração de tabelas-padrão (ou específicas a definir pelos usuários do sistema SGS/TR) de dados de acidentes requeridos;
- definir e desenvolver um ferramental informático para a identificação de áreas críticas para as quais deverão ser elaboradas alternativas de

intervenção estabelecendo um algoritmo matemático que permita identificar separadamente pontos, eixos e regiões críticas;

- criar um aplicativo para estabelecer prioridades de estudo para os pontos, os eixos e as regiões críticas selecionadas tendo em conta a limitação da capacidade de análise da equipe técnica responsável. É comum identificar mais áreas críticas que a equipe possa estudar a curto prazo;
- desenvolver e implantar procedimentos informáticos para explicitar a real situação do *status quo* e a tendência de evolução desse quadro se nada for feito, por área crítica, rodovia e para toda a rede, com o auxílio de modelos da estatística com multivariáveis;
- desenvolver um sistema especialista para a identificação de um elenco de alternativas bem sucedidas (boas práticas) de intervenção em áreas críticas semelhantes às selecionadas para o estudo e a análise detalhada. O método de pesquisa da inteligência artificial que se fundamenta em raciocínios baseados em casos reais (case-based reasoning method) tem apresentado resultados promissores para tal fim [144];

*No que se refere ao Subsistema de Análise e Avaliação e ao Subsistema de Otimização e Programação*

- construir um modelo de previsão de acidentes (severidade e frequência) por área crítica identificada e para toda a rede com ou sem intervenções. O aplicativo poderá ser desenvolvido apropriadamente com o auxílio de métodos da estatística com multivariáveis (modelos cross-section e time series) e de modelos de análise da eficácia (estudos antes/depois). Para tal, dever-se-á avaliar as primeiras experiências obtidas internacionalmente com os modelos de previsão de acidentes;
- desenvolver ou acoplar um sistema para a avaliação de alternativas de intervenções ou planos alternativos de intervenção para a redução da gravidade e frequência de acidentes que permita a otimização da aplicação dos recursos financeiros disponíveis para o setor. O Sistema SGS/TR deverá permitir acoplar, entre outros, o aplicativo HDM-4 devendo-se estabelecer para tal as interfaces requeridas para sua integração;

*No que se refere ao Subsistema de Monitoramento*

- elaborar um aplicativo baseado em mapas eletrônicos de acidentes para a avaliação contínua da eficácia das intervenções realizadas ou em implementação alertando os responsáveis técnicos nas situações em que a eficácia esperada não está sendo alcançada; a eficácia das intervenções provisórias poderá ser monitorada com o auxílio de *estudos antes, durante e depois*;
- tendo como base um mapa rodoviário eletrônico georeferenciado, criar um sistema para o monitoramento da malha rodoviária de toda a região de estudo que estabeleça níveis de segurança para cada um dos segmentos rodoviários distinguindo-se, por exemplo, entre os seguintes níveis: *desejável, aceitável, de alerta e crítico*. Um método apropriado para o estabelecimento de níveis de segurança para os diversos links rodoviários é baseado no potencial de segurança do trânsito rodoviário. O valor do potencial de segurança poderá ser definido pela diferença entre as densidades de custos de acidentes na situação atual e daquela que seria observada em média se o segmento fosse construído e operado com o nível de qualidade e atendendo a todos os parâmetros e dispositivos prescritos pelas normas modernas da segurança rodoviária disponíveis;

*No que se refere aos Aspectos Organizacionais*

- revisar os boletins de ocorrência assegurando que os conceitos padrões estejam contemplados e as informações relevantes requeridas, completas;
- implementar um sistema de referência para o sistema rodoviário. Os marcos quilométricos permitirão obter uma localização mais precisa dos locais de ocorrência, mesmo se não utilizados instrumentos de precisão geodésica;
- dentro das possibilidades financeiras da agência rodoviária, equipar as equipes de campo responsáveis pelo registro das ocorrências de acidentes com instrumentos GPS ou GSM para a localização precisa dos locais dos acidentes [145] e, em estágio mais avançado, com computadores portáteis com software e dispositivos adequados (móveis e/ou fixos) para a coleta e a transmissão das informações dos boletins de ocorrência e de outros dados e imagens dos acidentes e incidentes (nas áreas de maior periculosidade) à central de gerenciamento da segurança do trânsito;

- policiar direta ou indiretamente (por exemplo, através de convênios específicos) todas as rodovias que integram o sistema rodoviário sob a jurisdição das entidades rodoviárias ou de trânsito em questão;
- constituir um grupo de trabalho interdisciplinar para a segurança do trânsito rodoviário a ser composto por técnicos representantes dos principais órgãos intervenientes da segurança do trânsito para: (i) analisar periodicamente as alternativas de ações, intervenções e planos para aumentar a segurança de trânsito rodoviário tomando as decisões pertinentes à implementação limitadas pelas suas esferas de decisão; (ii) encaminhar aos decisores superiores as melhores alternativas quando a decisão quanto a sua implementação o requerer; (iii) apresentar periodicamente (por exemplo, semestral ou anualmente) a todos intervenientes e interessados um balanço da situação e da tendência atual da segurança do trânsito rodoviário na região de estudo;
- criar um comitê superior (nacional e/ou regional) da segurança do trânsito para: (i) analisar os balanços das atividades realizadas pelo grupo de trabalho técnico-interdisciplinar da segurança do trânsito rodoviário; (ii) verificar as eficácias alcançadas; (iii) integrar os decisores das diversas entidades intervenientes na segurança do trânsito visando o financiamento das contramedidas da implementação das melhores contramedidas; (iv) sensibilizar as demais entidades sobre as atividades das comissões técnicas de acidentes; (iv) informar a sociedade sobre as medidas tomadas ou a tomar. Os representantes designados pelas entidades para participar dos grupos de trabalho deverão ter o poder de decisão necessário para implementar as decisões decorrentes do processo;
- estudar a viabilidade de se criar um fundo nacional ou regional para a segurança do trânsito rodoviário. A experiência internacional mostrou que a aplicação de recursos em um fundo especial para a implementação em ações e intervenções ótimas que visam aumentar a segurança de trânsito, oriundos de parte da receita do governo e do financiamento parcial da iniciativa privada (por exemplo: companhias seguradoras), poderá trazer bons resultados para a redução da severidade e da freqüência de acidentes.

### 10.3 LIMITAÇÕES DO MODELO SGS/TR PROPOSTO

A proposição apresentada nesse trabalho não pode ser entendida como uma solução padrão para todas as agências ligados ao gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário. Cada agência deverá limitar a definição das funções e da estrutura do sistema SGS/TR e de seus módulos respondendo à seguinte questão: Quais são os resultados desejados ou efetivamente necessários para a agência?

Nos termos das diretrizes de concepção propostas, esse modelo de SGS:

- limita-se, numa primeira fase, às funções de um ferramental para o planejamento estratégico e específico das ações que visam, a partir de um banco de dados sólido, aumentar a segurança do trânsito rodoviário, principalmente mediante a redução do número de mortes e feridos decorrentes de acidentes nas rodovias;
- limita-se a contribuir para a gerência da segurança dos usuários das rodovias e dos veículos, assim como dos dispositivos e instalações no ambiente através do qual a rodovia se desenvolve;
- não contribui para a segurança do transporte de cargas quanto ao roubo, perdas ou mau acondicionamento;
- se não for operado em tempo real, a prestação de serviços aos usuários poderá ser prejudicada e os efeitos secundários subseqüentes de acidentes não poderão ser amenizados apropriadamente; o banco de dados integrado (consolidado) somente poderá ser atualizado quando os dados de cada um dos bancos de dados alimentadores estiverem devidamente atualizados;
- sem a integração com os sistemas ITS apropriados, o sistema SGS/TR não permite, apropriadamente: (i) informar aos usuários, antes ou durante a viagem, as condições do trânsito nas rodovias; (ii) prover o atendimento emergencial adequado aos acidentados e aos demais usuários no local do acidente em tempo hábil; (iii) estabelecer medidas preventivas para reduzir os acidentes subseqüentes gerados pela situação do local decorrente do primeiro acidente; (iv) assegurar a capacidade das vias reduzindo congestionamentos mediante a recondução do trânsito por rotas alternativas mais seguras. Tais funções somente poderão ser asseguradas convenientemente pelo sistema SGS/TR se este for interligado a uma central de gerenciamento do trânsito e contar com a incorporação de um sistema de

comunicação via satélite, um sistema de comunicação bidimensional instalado nos veículos e interligado com agências rodoviárias, de trânsito, de atendimento emergencial e outras entidades, assim como de dispositivos de coleta de dados do trânsito em tempo real; tal sistema requer também a utilização do poder e eficiência de sistemas abertos (*multi-tier open systems*), *intranet* e *internet*.

**CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA  
NOVAS PESQUISAS**

## 11 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

Nesse capítulo são descritas as principais conclusões da pesquisa realizada pelo autor e apresentadas algumas sugestões para novas pesquisas.

### 11.1 CONCLUSÕES

1. O gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário continua um problema não resolvido na maioria dos países (vide o item 1.1).
2. Essa questão, no Brasil, é especialmente grave porque os dados relevantes de acidentes não são suficientemente completos e consistentes para um planejamento sustentável (estratégico e específico) da segurança do trânsito rodoviário, assim como para as pesquisas científicas pertinentes. Muitos dos estudos comparativos internacionais que incluem a segurança do trânsito rodoviário do Brasil estão prejudicados (vide o item 1.2).
3. O gerenciamento sustentável da segurança rodoviária requer (vide os itens 2.4 e 4.1):
  - uma base de dados relevantes, completa e consistente;
  - procedimentos sistematizados e integrados para o planejamento e o gerenciamento contínuo da segurança do trânsito rodoviário;
  - políticas de intervenção claras e priorizadas;
  - um setor de gerenciamento bem organizado (com o apoio logístico e qualificação do quadro de técnicos apropriados);
  - o conhecimento e aplicação das melhores práticas (isoladas ou conjuntas);
  - a participação de técnicos das diversas disciplinas que envolvem a segurança rodoviária;
  - a implementação de ações que dizem respeito a todos os principais componentes básicos da segurança rodoviária, como: à engenharia da infra-estrutura e dos veículos, ao controle via fiscalização e legislação de trânsito e à conscientização (educação) dos usuários, responsáveis

pelo gerenciamento da segurança rodoviária e demais segmentos da sociedade;

- planos de segurança coordenados e integrados (federal, regionais, estaduais e municipais);
- a implementação coordenada e conjunta de ações pelas principais entidades intervenientes para obter, via sinergia, os melhores resultados para a segurança do trânsito;
- recursos orçamentários e financeiros suficientes.

4. A obtenção de uma base de dados completa e consistente para a segurança rodoviária no Brasil sem duplicidade de tarefas e custos exige assegurar, ainda (vide o item 3.1):

- a implementação de conceitos básicos padrões, como os que se referem à morte em acidentes de trânsito, categorias e tipos de acidentes;
- a revisão dos boletins de ocorrência assegurando que as informações relevantes requeridas estejam completas e, se possível, que se defina um boletim padrão nacional;
- a implementação de um sistema de referência do sistema rodoviário para permitir obter uma localização mais precisa dos locais de ocorrência (mesmo se utilizados instrumentos de precisão geodésica a curto prazo);
- dentro das limitações financeiras da agência rodoviária, equipar os agentes de campo responsáveis pelo registro das ocorrências de acidentes com instrumentos GPS ou GSM e, em um estágio mais avançado, de computadores portáteis com softwares e dispositivos ITS's apropriados para a coleta e transmissão de dados em tempo real à central de gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário;
- ampliar a fiscalização e o controle do policiamento do trânsito, direta e indiretamente (por exemplo, através de convênios específicos), de forma que toda a rede rodoviária esteja devidamente atendida;
- a sistematização de procedimentos de coleta, organização e gerenciamento de dados;
- a integração dos dados das principais entidades intervenientes na segurança rodoviária em um banco de dados consolidado;

5. As deficiências administrativas e a ausência de sistemas apropriados para o planejamento (estratégico e detalhado) e gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário nas agências intervenientes são problemas que merecem uma atenção especial.
6. O desenvolvimento e a implementação do sistema SGS/TR, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, poderá contribuir para suprir parte significativa das deficiências administrativas e gerenciais das unidades de gerenciamento das entidades intervenientes na segurança do trânsito rodoviário (vide o capítulo 4).
7. O modelo SGS/TR proposto permite a realização das principais etapas requeridas pelo gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário mediante a integração de cinco subsistemas: o Subsistema de Informação, o Subsistema de Identificação e Estruturação, o Subsistema de Análise e Avaliação, o Subsistema de Otimização e o Subsistema de Monitoramento.
8. O *Subsistema de Informação* permite mediante a padronização e a sistematização de procedimentos de coleta de dados e a integração dos bancos de dados das principais entidades intervenientes na segurança do trânsito rodoviário, assegurar a obtenção de dados relevantes, completos e consistentes sem duplicidade de tarefas, informações e custos. Num estágio mais avançado, o acoplamento de sistemas ITS para a coleta e comunicação de dados e informações poderá tornar a prestação de serviços ao público mais eficaz (vide o capítulo 5).
9. O *Subsistema Identificação e Estruturação* faculta aos responsáveis pelo gerenciamento da segurança rodoviária, com o auxílio de aplicativos GIS e BI e procedimentos de MCDA, identificar o estado da gravidade do problema, definir as políticas, objetivos e metas para a segurança rodoviária, explicitar as áreas críticas a estudar com detalhes e, por último, compilar os dados básicos requeridos para a elaboração de alternativas de contramedidas (vide o capítulo 6).
10. A metodologia de multicritérios de apoio à decisão (MCDA) apresenta uma ferramenta útil para apoiar os decisores na definição de políticas, objetivos e metas para a segurança rodoviária.
11. O *Subsistema de Análise e Avaliação* permite a elaboração e a avaliação de alternativas de ações e planos de intervenção (vide o capítulo 7).

12. Um sistema especialista baseado em um método de pesquisa da inteligência artificial poderá facultar aos técnicos acesso rápido a um elenco de possíveis alternativas de intervenção bem sucedidas em áreas críticas semelhantes (vide item 3.2.3 e 7.2).
13. Os métodos existentes para a avaliação de alternativas de ações e planos de intervenção da segurança do trânsito rodoviário são adequados. Ajustes sempre poderão ser requeridos (vide o item 7.4.1).
14. O *Subsistema de Otimização e Programação* faculta aos usuários do sistema otimizar a aplicação dos recursos financeiros disponíveis e programar a implementação das intervenções. O método da razão incremental NPV/Investimento é um método apropriado para a otimização da aplicação dos recursos financeiros e programação das intervenções (vide o capítulo 8).
15. O *Subsistema de Monitoramento* proposto permite o acompanhamento e o monitoramento da implementação de intervenções e planos para a melhoria da segurança do trânsito rodoviário, assim como dos níveis de segurança da rede rodoviária como um todo mediante o uso de mapas eletrônicos georeferenciados de registro contínuo de acidentes e de informações das atividades de implementação das ações (vide o capítulo 9).
16. Os níveis de segurança dos segmentos da malha rodoviária poderão ser definidos, adequadamente, se relacionados a classes de valores do potencial de segurança (vide o item 9.3).
17. Os sistemas de informações geográficas - GIS (*Geographical Information Systems*) se constituem, atualmente, em um excelente instrumento para a extração, manuseio e apresentação de diferentes conjuntos de informações requeridas para a análise e as modelagens necessárias para o gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário. A mesma base digital de dados com opções de apresentação em *layers* (camadas) representativos dos elementos característicos (como por exemplo, limites de áreas de jurisdição, faixas de domínio e obstáculos laterais) permite grande flexibilidade, uma nova maneira de planejamento e entrega de serviços com alto padrão de qualidade mediante a composição das mais diversas versões de mapas eletrônicos requeridos (vide o item 2.6).

18. O sistema SGS/TR proposto, especificamente o *Subsistema de Informação*, se a ele for integrado adequadamente o *Módulo Prestação de Serviços ao Público* mediante a utilização de sistemas ITS, poderá prover informações importantes sobre as condições de trânsito e das rotas alternativas para os usuários. Poderá, também, fornecer as condições vitais para que as agências intervenientes possam realizar o gerenciamento de acidentes rodoviários em tempo real reduzindo o tempo de resposta das unidades de atendimento emergencial (aos acidentados, de remoção de obstáculos nas rodovias e de engenharia do trânsito) para amenizar as conseqüências e evitar acidentes secundários subseqüentes.
19. Dentre os sistemas ITS atualmente disponíveis e aplicáveis ao *Módulo Prestação de Serviços ao Público* do Subsistema de Informação do SGS/TR, com a opção de ser operado em uma central de gerenciamento à base de um GIS, destacam-se principalmente: instrumentos para a localização geodésica de áreas com acidentes ou incidentes via GPS ou GSM, contadores automáticos de tráfego, videocâmaras para a coleta de dados e imagens, computadores portáteis para a reportagem (inclusive transmissão) de acidentes e incidentes, os sistemas de comunicação *internet* e *intranet*, os telefones celulares e os sistemas de comunicação bidimensional a bordo dos veículos que estejam interligados com as agências rodoviárias, as entidades policiais e de atendimento emergencial (vide os itens 2.7 e 5.8).
20. A aplicação específica do modelo SGS/TR deverá considerar as particularidades pertinentes à região de abrangência e às entidades intervenientes na segurança do trânsito rodoviário.
21. O sistema SGS/TR deverá ser implementado por etapas, mesmo se apenas parte das funções do sistema forem asseguradas em um primeiro estágio. A tendência natural de se querer eliminar todas as deficiências e de incorporar todas as possibilidades de melhorias em uma única etapa de desenvolvimento deverá ser controlada pelos decisores (vide o item 10.1).
22. O desenvolvimento e a implantação do sistema com o auxílio de consultores especializados é muito importante, todavia sempre com a estreita participação de técnicos representantes das entidades intervenientes que estejam ligadas às principais disciplinas técnicas que intervêm na segurança do trânsito; a participação efetiva de técnicos representantes das entidades

intervenientes é fundamental para que se possa assegurar a sua posterior operação.

23. No Brasil, a coordenação geral das atividades de desenvolvimento, de implantação e operação do sistema SGS/TR proposto de abrangência regional poderá ser realizada pelas agências rodoviárias (nacional e estaduais) ou, a exemplo da experiência japonesa, por um instituto de pesquisa e análise de dados de acidentes a ser criado para tal fim. Todavia, essas atividades de coordenação sempre deverão contar com a participação direta das demais entidades intervenientes na segurança do trânsito rodoviário.
24. A coordenação da operação do sistema deverá: (i) ser realizada por técnicos especializados em engenharia da segurança do trânsito rodoviário; (ii) contar com o apoio técnico de um grupo interdisciplinar da segurança do trânsito, representantes das diversas entidades intervenientes; (iii) contar com o apoio logístico adequado.
25. A análise periódica das áreas críticas e das contramedidas alternativas estudadas e avaliadas por parte dos setores responsáveis das agências intervenientes deverá ser procedida por um grupo de trabalho interdisciplinar composto de representantes técnicos das entidades intervenientes devidamente designados para tal fim (vide capítulo 9).
26. A criação de comitês superiores para a gerência da segurança do trânsito rodoviário (nacional e estaduais) com as funções de estabelecer políticas e estratégias para o setor e de supervisionar o planejamento e a implementação dos planos e contramedidas que visem à redução da gravidade e frequência de acidentes nas rodovias parece de suma importância. Um modelo para a criação de um conselho nacional e de conselhos estaduais para a segurança rodoviária é apresentado pelo Banco Mundial em [136].

## 11.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

### 1. *Atualização e Análise da Evolução dos Custos de Acidentes no Brasil*

Os custos de acidentes variam com as mudanças da estrutura sócio-econômica. Dentre essas mudanças destacam-se o desenvolvimento da capacidade de transporte do

sistema rodoviário, as alterações da ocupação do solo, o desenvolvimento das medidas de segurança, assim como os avanços da medicina e dos serviços de assistência médico-emergencial aos acidentados, a evolução dos indicadores da economia e a melhoria dos serviços da administração pública. Recomendam-se estudos que objetivem uma revisão e/ou complementação da metodologia para a apropriação dos custos de acidentes, uma atualização anual desses custos, assim como uma análise da evolução dos custos até a presente data.

## *2. Proposição de Indicadores de Ajuste Regional dos Custos de Acidentes*

Os custos de acidentes variam em função das características da estrutura da região. Em um país como o Brasil, essas características variam muito de região para região. A coleta de dados, no entanto, é muito abrangente e onerosa. Faz-se necessário, portanto, pesquisar procedimentos que permitam ajustar os custos de acidentes do país para regiões que apresentam estruturas sócio-econômicas homogêneas sem, todavia, implicar em custos elevados de coleta de dados. Um dos procedimentos sugeridos refere-se à definição de indicadores que representam a estrutura sócio-econômica regional e que sejam apropriados para a determinação dos custos de acidentes ajustados a partir dos valores médios do país.

## *3. Elaboração de Tabela de Consulta de Taxas de Acidentes por Conjuntos de Atributos de Seções e Interseções Rodoviárias Típicas para o HDM-4*

O sistema HDM-4 é um ferramental de planejamento rodoviário de projetos, programas e estratégias que permite ao usuário incluir na análise econômica, além dos custos operacionais dos veículos, custos dos tempos de viagem, custos da agência rodoviária e outros custos e benefícios exógenos decorrentes das intervenções, também os pertinentes custos de acidentes. A versão 1.0 do HDM-4, lançada em 2001, efetua a análise da segurança rodoviária tendo por base um modelo tabular de indicadores de segurança cujos dados default são inseridos no programa na sua primeira instalação. As tabelas de consulta (look-up series) apresentam taxas de acidentes em termos de acidentes por 100 milhões veículos-quilômetros para os diversos tipos de seções rodoviárias e por 100 milhões de veículos para as interseções (modelagem ainda em desenvolvimento pela ISOHDM). Para calibrar o modelo para as condições rodoviárias brasileiras ou outra região de abrangência do país, é necessário realizar pesquisa estatística para a redefinição dessas taxas para os diversos tipos de seções rodoviárias e

intersecções existentes (a definir em função de um conjunto particular de atributos da rodovia e do tráfego) que permitam incluir a análise da segurança rodoviária nas análises sócio-econômicas de projetos, programas e estratégias rodoviárias locais.

4. *Desenvolvimento de uma Aplicação do SGS/TR para um Órgão Rodoviário Brasileiro*

A pesquisa, tendo como ponto de partida a estrutura funcional proposta nesse trabalho, poderá ser subdividida em várias pesquisas visando atender à construção de aplicativos específicos requeridos pelos sistemas e módulos sugeridos.

5. *Elaboração de um Plano de Segurança para um Estado Brasileiro com Adoção das Metodologias de MCDA tendo como base as políticas, os objetivos e as metas dos decisores responsáveis pelo gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário.*

6. *Desenvolvimento de um Método de Simulação e Previsão de Acidentes do Trânsito Rodoviário visando: (i) à análise crítica detalhada dos modelos existentes verificando a adequação das funções matemáticas identificadas para as condições brasileiras ou regionais; (ii) desenvolver novas funções para a evolução dos acidentes e das taxas de acidentes ao longo do tempo.*

7. *Avaliação da Segurança do Trânsito Rodoviário por Tipo de Seção Transversal das Rodovias Rurais Brasileiras*

As dimensões das seções transversais das rodovias influenciam a frequência e a severidade dos acidentes ou incidentes nas rodovias. O objetivo dessa pesquisa visa determinar e avaliar os níveis de segurança dos usuários nas diversas seções transversais típicas das rodovias brasileiras, explicitando para diferentes classes de volume de tráfego as seções transversais mais indicadas mediante procedimentos de uma análise comparativa. A avaliação poderá ser procedida por segmentos representativos de cada tipo de seção transversal e para a amostra representativa de cada tipo como um todo. Os segmentos representativos deverão ser escolhidos mediante critérios técnicos bem definidos.

8. *Avaliação da Segurança do Trânsito das Intersecções em Nível Único das Rodovias no Brasil*

Sabe-se que a escolha do tipo de desenho das intersecções rodoviárias desenvolvidas em um único plano poderá influenciar decisivamente a frequência e severidade de acidentes ou incidentes nesses locais. A pesquisa proposta objetiva determinar e avaliar os níveis de segurança dos usuários nas diversas intersecções típicas das rodovias brasileiras, explicitando para diferentes classes de volume de tráfego intersecções típicas mais indicadas mediante procedimentos de uma análise comparativa. A avaliação da segurança dos tipos de intersecções poderá ser realizada a partir de uma amostra representativa (criteriosamente definida) separadamente para cada tipo de seção transversal da rodovia.

#### 9. *Proposição de um Procedimento de Auditoria para as Rodovias no Brasil*

Os procedimentos de auditoria da segurança rodoviária (Road Safety Audit) são aplicados desde os anos 80, principalmente na Inglaterra, Austrália, Nova Zelândia e, atualmente, em desenvolvimento e implementação em vários países, como, entre outros, nos USA e na Alemanha. As diferenças entre os diversos procedimentos adotados dizem respeito, principalmente, à organização da auditoria de segurança, à delegação de responsabilidades e ao grau de independência dos auditores (diante dos projetistas e do contratante). Esses procedimentos são aplicados desde o planejamento até a entrega da rodovia ao público-usuário. A pesquisa deverá avaliar a conveniência de se estabelecer um processo adaptado às condições de planejamento e de administração das agências rodoviárias brasileiras. Especificamente, a pesquisa deverá abranger entre outros aspectos: (i) a definição e os objetivos da auditoria de segurança rodoviária; (ii) o déficit da segurança rodoviária no sistema rodoviário brasileiro; (iii) catálogo sobre os equívocos típicos no dimensionamento e projetos rodoviários; (iv) limitação da aplicação da auditoria da segurança rodoviária; (v) etapas do processo de auditoria; (vi) requisitos para os auditores; (vii) parecer dos auditores; (viii) conteúdo e harmonização do relatório de auditoria; (ix) estimativa de custos e benefícios de auditorias de segurança por categorias de rodovias.

### 11.3 MÉRITO

A revisão realizada da bibliografia nacional e internacional, somada às informações obtidas mediante a aplicação do modelo de questionário próprio (Apêndice

6), em contatos pessoais com responsáveis de diversas entidades e às experiências com as atividades relacionadas com o planejamento do transporte rodoviário estadual e internacional, capacitou o autor a elaborar a tese ora apresentada.

O ineditismo da pesquisa e, portanto, o seu mérito poderá ser atribuído à:

- a) elaboração de um “raio-X” da situação atual do problema do gerenciamento da segurança do trânsito rodoviário no Brasil e de alguns dos principais países desenvolvidos;
- b) proposição de um modelo de um sistema de gerência da segurança para o trânsito rodoviário (SGS/TR) integrando os aplicativos informáticos de gerenciamento de banco de dados (BD) e sistemas GIS e BI com sistemas ITS;
- c) descrição sucinta (conceitual) de cada um dos subsistemas e módulos que integram o modelo proposto para a construção de um SGS tendo em conta o atual estágio do conhecimento tecnológico (metodologias, procedimentos e softwares e hardwares) e a disponibilidade atual de aplicativos de informática, equipamentos de ITS;
- d) apresentação de um elenco de recomendações gerais e específicas para o desenvolvimento e implementação do SGS/TR aplicado à realidade do gerenciamento da segurança do trânsito no Brasil.

## FONTES BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AASHTO. AASHTO Strategic Highway Safety Plan – Drivers. [html://www.aashto.org/info/safety/safe2.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe2.html). March, 2000.
- [2] \_\_\_\_\_. AASHTO Strategic Highway Safety Plan – Emergency Medical Services. [html://www.aashto.org/info/safety/safe5.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe5.html). March, 2000.
- [3] \_\_\_\_\_. AASHTO Strategic Highway Safety Plan – Highways. [html://www.aashto.org/info/safety/safe4.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe4.html). March, 2000.
- [4] \_\_\_\_\_. AASHTO Strategic Highway Safety Plan – Introduction. [html://www.aashto.org/info/safety/safe1.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe1.html). March, 2000.
- [5] \_\_\_\_\_. AASHTO Strategic Highway Safety Plan – Special Users. [html://www.aashto.org/info/safety/safe3.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe3.html). March, 2000.
- [6] \_\_\_\_\_. AASHTO Strategic Highway Safety Plan. A Comprehensive Plan to Substantially Reduce Vehicle-related Fatalities and Injuries on the Nations Highway. [html://www.aashto.org/info/safety/safe\\_toc.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe_toc.html). March, 2000.
- [7] \_\_\_\_\_. [html://www.aashto.org/info/safety/safe\\_toc.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe_toc.html)
- [8] ABDETRAN. Estatísticas de Acidentes de Trânsito (Urbanos) 1997. [www.abdetran.org.br/estatisticas/acidentes97/](http://www.abdetran.org.br/estatisticas/acidentes97/) Agosto de 2001.
- [9] ACE. Fórum Catarinense pela Preservação da Vida no Trânsito. <http://www.ace-sc.com.br/12d.htm>. Florianópolis, 01 de setembro de 2000.
- [10] ADOT. [html://azfms.com/Doc Reviews/mar97/art8.htm](http://azfms.com/Doc%20Reviews/mar97/art8.htm)
- [11] ARCHONDO-CALLAO, R. EBM-HS Version 1.1: Expenditure Budgeting Model for the Highways Sector. The World Bank - June, 1995.
- [12] \_\_\_\_\_. HDM-Manager Version 3.0 User-friendly Shell Environment for the Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM). Washington, Word Bank, 1995.
- [13] ARPEN-SP. Notícias Anteriores. [www.arpensp.org.br](http://www.arpensp.org.br), 03 de março de 2002.
- [14] AUSTRROADS. Road Safety Audit. Publication N° AP 30/94. Sydney – 1994
- [15] BARED, Joseph (FHWA); PETTY, Susan B (FHWA); EVANS, Nelson (Texas A & M University; SMALL, Fred F (FHWA); HILL, Ronald W (Nevada DOT); ZOGBY, John J (Safety Consultant). FHWA Study Tour for Highway Safety

- Management Practices in Japan, Australia, and New Zealand. Junho 1995.  
<http://www.bts.gov/NTL/DOCS/sms.html>
- [16] BARK, A. Sicherheitsaudit für Strassen in Deutschland – Planungsstand und Perspektiven. Strassenverkehrstechnik, Heft 10. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Oktober 2001.
- [17] BAST. Referate der Arbeitstagung der Bundesanstalt fuer Strassenwesen am 1. Dezember 1993 in Berlin. Erfahrungsaustausch ueber Laender-Verkehrssicherheitsprogramme. BAST – Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Mensch und Sicherheit. Heft M 28. Wirtschaftsverlag – NW , Mai 1994.
- [18] BAUER, K.M. and HARWOOD, D.W. Statistical Models of Accidents on Interchange Ramps and Speed-Change Lanes. Report N° FHWA-rd-97-106, Federal Highway Administration. Washington D.C, 1997.
- [19] BAUM, H. und HÖHNSCHEID, K – J. Ermittlung der Volkswirtschaftlichen Kosten der Personenschäden im Strassenverkehr in Deutschland. Strassenverkehrstechnik 3/99. Bonn, März 1999.
- [20] \_\_\_\_\_ . Volkswirtschaftliche Kosten der Personenschäden im Strassenverkehr. BAST – Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Mensch und Sicherheit Heft M 102. Wirtschaftsverlag – NW, Januar 1999.
- [21] BRANCO, A. M. Segurança Rodoviária. Editora CL-A, São Paulo, 1999.
- [22] BRANOLTE, U. und Andere. Sicherheitsbewertung von Querschnitten ausserörtlicher Strassen. BAST – Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Verkehrstechnik Heft V5. Wirtschaftsverlag – NW, September, 1993.
- [23] BRENNER und Andere. Identifikation von Unfallstellen. Beseitigung von Unfallstellen. Band 3. Bundesanstalt für Strassenwesen. Köln, 1978.
- [24] BRILLON, W. Unfallgeschehen und Verkehrsablauf. Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 201, 1976. Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn-Bad Godesberg.
- [25] BTS. Highway Safety Management Systems Questionnaire. <http://www.bts.gov/NTL/DOCS/sms.html>. Juny 2000.
- [26] BUSINESS OBJECTS. BusinessMiner. User's Guide - Version 4.1 Windows. Business Objects S.A. California/USA, 1998.

- [27] \_\_\_\_\_. BusinessObjects. User's Guide - Version 4.1 Windows. Business Objects S.A. California/USA, 1998.
- [28] CARDOSO, S.H.; MARCON, A.F.; APS, M. e MARCELLO, J.R. Proposta Para Implantação de Centros de Análise e Controle de Acidentes (CACA) em Órgãos Rodoviários e de Vias Urbanas. Trabalho apresentado na 29ª Reunião Anual de Pavimentação em outubro de 1995 em Cuiabá/MS.
- [29] CTB – Código de Trânsito Brasileiro. Lei Federal nº 9.503 de 23 de setembro de 1997 e Alterações subsequentes.
- [30] DEGENER, S. e MEEVES, V. Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten. Strassenverkehrstechnik 7/98, Seite 345 bis 350. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, 1998.
- [31] DENATRAN/MJ. Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros – 2ª edição. Brasília, 1987.
- [32] \_\_\_\_\_. Manual de Segurança de Trânsito. Tomo 1 – Acidentologia - 1ª Edição. Brasília, 1984.
- [33] DER/SC. Anuário Estatístico de Acidentes de Trânsito de 1998. Gerência de Engenharia de Tráfego. Diretoria de Operações. Abril, 1999.
- [34] \_\_\_\_\_. Anuário Estatístico de Trânsito – Ano 2000. Diretoria de Operações, Setembro, 2000.
- [35] \_\_\_\_\_. Manual de Procedimentos do Sistema de Gerência de Pavimentos. Versão 1. Florianópolis, setembro de 1999.
- [36] \_\_\_\_\_. Programa de Redução de Acidentes nas Rodovias Estaduais de Santa Catarina. Gerência de Engenharia de Tráfego/Diretoria de Operações, agosto de 2000.
- [37] \_\_\_\_\_. Programa Plurianual para as Intervenções na Malha Rodoviária do Estado de Santa Catarina (Período de 1999 – 2003). Florianópolis, 1998.
- [38] \_\_\_\_\_. Projeto de Melhoramento e Restauração da SC 425, trecho BR470 – Otacílio Costa - BR282. Elaborado pela SOTEPA – Sociedade Técnica de Estudos, Projetos e Assessoria Ltda. Florianópolis, julho 2001.
- [39] \_\_\_\_\_. Sistema Rodoviário Estadual, Ano 2000.
- [40] \_\_\_\_\_. Documentos para a solicitação de financiamento do Programa Rodoviário de Santa Catarina – Etapa IV, apresentados ao Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, em Florianópolis. Novembro de 2001.

- [41] DNER/MT. Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias. Rio de Janeiro, 1986.
- [42] \_\_\_\_\_. Manual de Análise, Diagnóstico, Proposição de Melhorias e Avaliações Econômicas dos Segmentos Críticos. Diretoria de Trânsito do DNER. Rio de Janeiro, 1988.
- [43] \_\_\_\_\_. Proposta Técnica para a Prestação de Serviços de Consultoria para Assessorar a Divisão de Engenharia e Segurança de Trânsito – Diretoria de Operações do DNER, no Programa de Segurança Rodoviária, relativa ao BIRD VIII. Proposta Técnica apresentada pela ECENGE Consultoria e Planejamento s/c LTDA, para a licitação tipo carta convite (nº29/92). Rio de Janeiro, agosto de 1992.
- [44] \_\_\_\_\_. Anuário Estatístico de Acidentes de Trânsito –1995. Diretoria de Operações Rodoviárias. Brasília/ D.F., 1996.
- [45] \_\_\_\_\_. Pesquisa de Acompanhamento do Acidentado. Rio de Janeiro, 1985.
- [46] \_\_\_\_\_. Um modelo de programa para aumento da segurança de trânsito nas Rodovias Federais, com ênfase na redução de segmentos críticos, ou pontos negros. DNER/ Diretoria de Trânsito. Rio de Janeiro, 1988.
- [47] EKSTEIN, K. und MEEWES, V. Untersuchungen an Unfalltypensteckkarten. Sicherung des Verkehrs auf Strassen – SVS. Mitteilung des Institutes für Strassenverkehr Köln (ISK) – Mitteilung Nr.38. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Köln, Februar 1998.
- [48] ELSNER, A.; REICHWEIN, S. und SCHEPERS, A. Verkehrssicherheit auf Europäischen Autobahnen. Strassenverkehrstechnik, Heft 1/00. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Januar 2000.
- [49] ENSSLIN, L. S. Gestão do Processo Decisório, a ser publicado. EPS/UFSC. Florianópolis/SC.
- [50] \_\_\_\_\_. Sistema de Informações Gerenciais e Sistemas de Apoio à Decisão. Divulgação do SEST/SENAT. Florianópolis/SC, 1995.
- [51] FABER, B. und FÄRBER, B. Telematik–Systeme und Verkehrssicherheit. BAST – Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Mensch und Sicherheit. Heft M 104. Wirtschaftsverlag – NW , Juni 1999.
- [52] FGSV. FGS BASTa. [http: www.fgsberlin.de/basta](http://www.fgsberlin.de/basta). Janeiro 2002.
- [53] \_\_\_\_\_. Merkblatt für einfache landschaftsgerechte Sicherungsbauweisen. Köln, 1991.

- [54] \_\_\_\_\_. Merkblatt für die Auswertung von Strassenverkehrsunfällen – Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten. Köln, 1998.
- [55] \_\_\_\_\_. Hinweise zur Methodik der Untersuchung von Strassenverkehrsunfällen. Ausgabe 1991/93. Köln, 1993.
- [56] \_\_\_\_\_. Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Strassen EWS 97. Köln 1997.
- [57] \_\_\_\_\_. Richtlinie für die Anlage von Strassen RAS, Teil 1: Querschnitte RAS-Q 96. Köln 1996.
- [58] FHWA. [html://www.ota.fhwa.dot.gov/tech/safety/dp104.html](http://www.ota.fhwa.dot.gov/tech/safety/dp104.html)
- [59] FLECHTER, D. R. And SPRINGER, J.H. Location Referencing and Global Positioning Systems/ Geographic Information Systems for the Information Technology Age. Conference Proceedings: 3<sup>a</sup> International Conference on Managing Paviment – Volume 3.
- [60] FOLLMANN, J. Geografische Information-Systeme zum Aufbau eines Verkehrs informations-Systems. Strassenverkehrstechnik, Heft 2/99. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Februar 1999.
- [61] GÁSPAR, L. and RÓSA, D. Condition, Safety, and Asset Value Monitoring in Hungary. Conference Proceedings: 3<sup>a</sup> International Conference on Managing Pavement – Volume 1. USA, 1994
- [62] GEIPOT. Acidentes de Trânsito Rodoviário- Acidentes Ocorridos nas Rodovias Federais Policiadas entre 1995-1999. [www.geipot.gov.br/novaweb/indexanu.htm](http://www.geipot.gov.br/novaweb/indexanu.htm) Agosto de 2001.
- [63] \_\_\_\_\_. Boletim de Ocorrência – Um Instrumento de Análise dos Acidentes de Trânsito. 2<sup>a</sup> Edição Ampliada. Brasília, 1999.
- [64] \_\_\_\_\_. Frota Nacional de Veículos Automotores/Densidades de Utilização. <http://www.geipot.gov.br/anuário2001/rodoviário/tabelas/573xl>
- [65] GIERING, G.L. and BARED, J.G. Police review module for the Interactive Highway Safety Model. Computing in Civil Engineering. ASCE, New York, NY pp.33-40.
- [66] GÓES, J. de R. R. de. Métodos de Identificação e Seleção de Locais de Alto Risco de Acidentes. Tese de Mestrado, defendida na Universidade Federal da Paraíba, Brasil 1993.
- [67] GOLD, P. A. O Tratamento da Segurança Viária nos Projetos Viários financiados pelo BID. Minuta de fevereiro de 1998.

- [68] \_\_\_\_\_. Segurança de Trânsito: Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes. Publicação do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Washington, 1998.
- [69] HOBAN, C.; ARCHONDO-CALLAO, R. HDM-Q: Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM) - With Congestion Analysis Capabilities. Washington, Word Bank, 1994.
- [70] HOERNSTEIN, E. Möglichkeit/Realisierbarkeit eines Sicherheitsinformationssystems. BAST – Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Mensch und Sicherheit. Heft M 6. Wirtschaftsverlag – NW , April 1993.
- [71] HÖHNSCHEID, K.-J; KÖPPEZ, W; KRUPP, R. und MEEVES, V. Bewertung der Strassenverkehrsunfällen. Entwicklung der Unfallkosten in Deutschland 1995 bis 1998 - Unfallkostenansätze 2000. Strassenverkehrstechnik – Heft 9/2000. Kirschbaum Verlag, Bonn, September 2000.
- [72] \_\_\_\_\_. Kostensätze für die volkswirtschaftliche Bewertung von Strassenverkehrsunfällen – Preisstand 2000. Strassenverkehrstechnik, Heft 1. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Januar 2002.
- [73] HÖPPNER, M. und WENK, S. BASTa – Expertensystem zur digitalen Unfallasuwertung im Land Brandenburg. Strassenverkehrstechnik – Heft 10/2000. Kirschbaum Verlag, Bonn, Oktober 2000.
- [74] HUTABARAT, J. Institutional Impacts of Implementing the Integrates Road Management System. Conference Proceedings: 3<sup>a</sup> International Conference on Managing Pavement – Volume 3.
- [75] IHI. Guidelines for the Safety Audit of Highways. Institution of Highways and Transportation London 1990.
- [76] INST. Banco de Informações de Acidentes de Trânsito (BIAT). [www.inst.org.br/biat.htm](http://www.inst.org.br/biat.htm)
- [77] ITE JOURNAL. Road Safety Audit: a new tool for accident prevention. Institute of Transportation Engineers (ITE). February 1995 p 15-19
- [78] ITS – Internacional. Hannover approaches. Edition March/ April 2001.
- [79] JIACA. Informe Final de Accidente de Aviación. <http://www.prevac.com.ar/dbase/Esp/mj3142.htm> – Outubro/2001

- [80] KEENEY, R.L. Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making, London, Harvard University Press, 1992.
- [81] KÖPPEL, W. und MEEVES, V. Beurteilung der Verkehrssicherheit in den Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen – EWS. Strasse + Autobahn, Heft 9/2000. Köln, September 2000.
- [82] \_\_\_\_\_ . Beurteilung des Ausbaubedarfs Freie Strecken von Bundes - und Landesstrassen im Land Brandenburg unter Einbeziehung der “EWS”. Strassenverkehrstechnik, Heft 7/01. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Juli 2001.
- [83] KORDA, Christian. Neue Kriterien für die Bewertung der Sicherheit im Strassenverkehr mit Hilfe der Videoanalyse. Strassenverkehrstechnik, März 2000. Bonn, 2000.
- [84] LAMM, R., PSARIANOS, B. and MAILAENDER, T. Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook. McGraw-Hill, 1999.
- [85] LIPPHARD, D. Informationen aus und Empfehlungen für Unfallkommissionen. Institut für Strassenverkehr Köln (ISK)/GDV-Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Mitteilung Nr.37. MVR – Druck GmbH. Köln, Februar 1998.
- [86] LIPPOLD, C. Zum Unfallgeschehen bei Nebel und der Zweckmässigkeit von mobilen oder stationären Nebelwarnanlagen. Strassenverkehrstechnik, Heft 5. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, May 2000.
- [87] MEEVES, V. Materialien für Aus - und Fortbildung. Institut für Strassenverkehr Köln (ISK)/GDV-Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Mitteilung Nr.37. Moeken Merkur Druck GmbH. Köln, Januar 2000.
- [88] MEEVES, V. und ECKSTEIN, K. Hohe Sicherheitsgewinne durch Vermeidung von Baum-Unfällen möglich. Strassenverkehrstechnik, Heft 12/2000. Kirschbaum Verlag. Bonn, Dezember 2000.
- [89] MEEVES, V. und Mitglieder von dem Arbeitskreis Örtliche Unfalluntersuchung der FGSV. Führung und Auswerten von Unfalltypensteckkarten. Auswerten von Strassenverkehrsunfällen Teil 1. Sicherung des Verkehrs auf Strassen – SVS. Empfehlungen des Institutes für Strassenverkehr Köln (ISK) - Heft Nr. 12. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Köln, März 1998.
- [90] MELLO, J. C. Planejamento dos Transportes – Editora Mc Graw-Hill do Brasil Ltda Brasil, 1975.

- [91] MELLO, J.C. e GALL, N. Encruzilhada nos Transportes. Braudel Papers. Paper n° 19/1997. [http:// www.braudel.org.br/paper19.htm](http://www.braudel.org.br/paper19.htm)
- [92] MEYER - STENDER, D., HACKELBERG, K. e GNASS, H. Grundlagen für die Arbeit in der Strassenverkehrsbehörde. Sicherung des Verkehrs auf Strassen – SVS. Empfehlungen des Institutes für Strassenverkehr Köln (ISK) - Heft Nr 11. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Köln, Februar 1998.
- [93] MINISTÉRIO DA SAÚDE. Taxa de Mortalidade Específica por Causas Externas. <http://www.datasus.gov.br/cgi/deftohtm>. Agosto, 2001.
- [94] MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Estatísticas de Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais do País 1998/2000. Fonte: Polícia Rodoviária Federal. [www.transportes.gov.br/bit/inrodo.htm](http://www.transportes.gov.br/bit/inrodo.htm) Agosto de 2001.
- [95] MITCHELL, M. F. e MAREE, J.H. Pavement Management as Part of Strategic Road Management. Conference Proceedings: 3<sup>a</sup> International Conference on Managing Pavement – Volume 2.
- [96] MURRAY, Christopher J. L. and LOPES, Alan D. The Global Burden of Disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Harvard University, Boston, MA, USA and World Health Organisation, Geneva, Switzerland. [http://www.worldbank.org/html/jpd/transport/roads/saf\\_docs/gbd.doc](http://www.worldbank.org/html/jpd/transport/roads/saf_docs/gbd.doc)
- [97] NAT/UFSC. [www.ecv.ufsc.br/secdepto/nat0901](http://www.ecv.ufsc.br/secdepto/nat0901).
- [98] NCDOT. North Carolina Governor's Highway Safety Program. <http://www.dot.state.nc.us/services/gh/sp/> . March, 2000
- [99] NEUMANN, E; BECKER, R; GRUNOW, V; STROP, O und SHAMALZ, H. Integriertes Verkehrsmanagement (VSM) Postdam. Strassenverkehrstechnik, Heft 7/01. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Juli 2001.
- [100] NUTT, P. As Melhores Táticas são as Menos Usadas. Revista Exame de 08 de agosto de 2001.
- [101] OECD. Marketing of Traffic Safety. Paris, 1993.
- [102] \_\_\_\_\_. Road Deaths Cost Economies the Equivalent of 2% of GDP. [http://www.oecd.org.news\\_and\\_events/release\\_nw99-80a.htm](http://www.oecd.org.news_and_events/release_nw99-80a.htm). Paris, 30 de julho de 1999.
- [103] \_\_\_\_\_. Road Safety Principles and Models: Review of Descriptive, Predictive, Risk and Accident Consequence Models. Paris, 1997.

- [104] OPPE, S. and KOORNSTRA, M. J. A mathematical theory for related long term developments of road traffic and safety. In: Koshi, M. (Ed.). Transportation and traffic theory: pag 113 – 132. Elsevier, New York, 1990.
- [105] PATERSON, William D.O e SCULLION, Thomas. Information Systems for Road Management: Draft Guidelines on System Design and Data Issues. Report INU 77 do Banco Mundial, setembro 1990.
- [106] PHILIPPI, R.C.N. A Evolução Tecnológica dos Sistemas de Controle Rodoviário. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, junho de 1999.
- [107] PIARC and ISOHDM. HDM-4 Secretariat at PIARC and ISOHDM Technical Secretariat at University of Birmingham/GB. New Tools for Highway Development and Management. HDM-4 Newsletter, September 1999.
- [108] PIARC. ITS Handbook 2000. <http://www.piarc.org/pub/its-e.html>.
- [109] PIARC/ THE WORLD BANK. HDM-4 Manual. The Highway Development and Management Series Volume 1 – Overview of HDM-4 - Version 1.0. Published by the World Road Association (PIARC), Paris and the World Bank, Washington, DC. 1999.
- [110] \_\_\_\_\_. HDM-4 Manual. The Highway Development and Management Series Volume 4 – Analytical Framework and Model Descriptions - Version 1.0. Published by the World Road Association (PIARC), Paris and the World Bank, Washington, DC. 1999.
- [111] PORATH, R. Bewertung von Infrastrukturinvestitionen im Verkehrswesen. Vertiefearbeit angefertigt am Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik. Technische Hochschule Darmstadt. Darmstadt/ Deutschland 1979.
- [112] REINSBERG, H. Mehr Sicherheit im Strassenverkehr – Ein vorrangiges Ziel europäischer Verkehrspolitik. Strassenverkehrstechnik, Heft 10. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Oktober 2001.
- [113] RETZKO, Hans Georg. Umdrucke zur Vorlesung: Grundlagen des Verkehrswesen. Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik. Technische Universität Darmstadt. Alemanha, 1997/98.
- [114] ROLLHAUS, Jr. e PHILIP, E. The Role of Safety Audits. World Highways/ Routes du Monde, September 2001.

- [115] ROOS, Alan. Global Road Safety: need for action. World Highways/Routes Du Monde. Paris - January/February, 1999.
- [116] SCHWEIG, K.H. und HORSTMANN, Th. Digitale Verkehrs-Analyse. Strassenverkehrstechnik, Heft 3/94. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Mai/Juni 1994.
- [117] SHELL do Brasil – Equipe de Planejamento Estratégico. Cenários para o Setor dos Transportes. Ano 1999.
- [118] SOFTPLAN/POLIGRAPH. Apostila de Treinamento do Sistema de Estatística de Acidentes Rodoviários – ACT. Florianópolis/SC 2000.
- [119] SORENSEN, D. Road Safety Audits – Proactive Safety. Washington State Technology Transfer Center – WST2.
- [120] SPRING, G. Integration of Safety and the Highway Capacity Manual. Artigo apresentado no 4th International Symposium on Highway Capacity 2000. Maui/Hawaii/USA, junho/julho de 2000. [www.nationalacademies.org/trb/publications/ec018/ec018toc.pdf](http://www.nationalacademies.org/trb/publications/ec018/ec018toc.pdf). 14 de novembro de 2001.
- [121] STEIN, A.und MATZNER, G. OKSTRA – Der Zukünftige Schlüssel zu Strassen – und Verkehrsdaten, Strassenverkehrstechnik Heft 7/97. Bonn, September 1997.
- [122] STEINAUER, B. KATHMANN, T. und STÖPP, T. Video – die Zukunft in der Verkehrstechnik? Strassenverkehrstechnik, Heft 9/99. Kirschbaum Verlag. Bonn, April 1999.
- [123] SULTANA, S. How to manage Montreal's Traffic. WORLD HIGHWAYS/ROUTES DU MONDE, November/December 1998.
- [124] TFHRC. Highways Safety Information System. [html://www.tfhrc.gov/safety/hsis/hsis2.htm](http://www.tfhrc.gov/safety/hsis/hsis2.htm). April, 2000
- [125] \_\_\_\_\_. HSIS Brochure. [html://www.tfhrc.gov/safety/hsis/hsisbrochure.htm](http://www.tfhrc.gov/safety/hsis/hsisbrochure.htm). April, 2000
- [126] \_\_\_\_\_. [html://www.ota.tfhrc.gov/safety/hsis/sum.html](http://www.ota.tfhrc.gov/safety/hsis/sum.html). April, 2000
- [127] \_\_\_\_\_. [html://www.ota.tfhrc.gov/safety/safety.html](http://www.ota.tfhrc.gov/safety/safety.html). April, 2000
- [128] \_\_\_\_\_. [html://www.tfhrc.gov/safety/national/bckgrd.htm](http://www.tfhrc.gov/safety/national/bckgrd.htm). April, 2000
- [129] \_\_\_\_\_. [html://www.tfhrc.gov/safety/national/pag2.htm](http://www.tfhrc.gov/safety/national/pag2.htm). April, 2000

- [130] \_\_\_\_\_. National Model: Statewide Application of Data Collection and Management Technology to Improve Highway Safety. Publication n° FHWA-RD-99-140. [html://www.tfhr.gov/safety/national/pagel.htm](http://www.tfhr.gov/safety/national/pagel.htm). April, 2000
- [131] \_\_\_\_\_. Safety. [html://www.tfhr.gov/safety/safety.htm](http://www.tfhr.gov/safety/safety.htm). April, 2000
- [132] \_\_\_\_\_. Summary Report Index. HSIS – Highways Safety Information System. [html://www.tfhr.gov/safety/hsis/sum.htm](http://www.tfhr.gov/safety/hsis/sum.htm). April, 2000
- [133] THE WORLD BANK. Apostila do Curso de Avaliação Econômica, Programação e Planejamento de Investimentos em Rodovias através do Modelo HDM-4. Abril de 2000.
- [134] \_\_\_\_\_. HDM-III Highway Desing and Maintenance Standards Model Published by the World Bank, Washington, DC. 1995.
- [135] \_\_\_\_\_. Índices de Segurança do Trânsito Rodoviário de 94 Países. [http://www.worldbank.org/html/fpd/transport/roads/saf\\_docs/graph1.xls](http://www.worldbank.org/html/fpd/transport/roads/saf_docs/graph1.xls) Washington, 07 de maio de 2001.
- [136] \_\_\_\_\_. Road Safety. <http://www.worldbank.org/html/jpd/transport/roads/safety.htm>. Washington, 07 de abril de 2001.
- [137] TRL. MAAP for Windows. <http://www.trlsoftware.co.uk/productMAAP.htm>
- [138] \_\_\_\_\_. SafeNET – An Interactive Desing Tool for Traffic Engineers. [www.trlsoftware.co.uk/productSafenet.htm](http://www.trlsoftware.co.uk/productSafenet.htm)
- [139] TRL/DFID. Case Studies to Assess Methodology for Accident Costing. DFID TRANSPORT. Issue 13 November 2001.
- [140] UN ESCAP. Road Safety Action Plans and Programmes. Thailand, 2000. <http://www.unescap.org>
- [141] USDOT. <http://www.dot.gov>
- [142] VIEIRA, H. Avaliação de Medidas de Contenção de Acidentes: Uma Abordagem Multidisciplinar. Tese de Doutorado defendida na Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.
- [143] WEGMAN, Fred. Road Accidents Worldwide: a problem that can be tackled successfully! PIARC Report 13.01.B. Paris/France, 1996.
- [144] WEINERT, R. Expertensystem zur Verbesserung von Unfallstellen. Strassenverkehrstechnik, Heft 7/01. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Juli 2001.
- [145] WERMUTH, M. Ein GSM-basiertes Verfahren zur Erhebung von Mobilitätsdaten. Strassenverkehrstechnik, Heft 6/01. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Juni 2001.

- [146] WILTSCHKO, T. Einsatz eines Geo-informationssystems zur Analyse des Unfallgeschehens im Ballungsraum. Strassenverkehrstechnik, Heft 6/01. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Juni 2001.
- [147] WORLD HIGHWAYS. A new Australian Road Closure Information System. Edition June 2001.
- [148] \_\_\_\_\_ . Efficiency plus profit / Asset management not only saves money but also makes for efficiency gains. June, 2001.
- [149] \_\_\_\_\_ . First line of defense/ An innovative diagnostic system for crash victims is saving lives in Brazil. July/August, 2001.
- [150] \_\_\_\_\_ . Maps with a difference. GIS is now being used as an effective tool in the transportation industry. January/ February 2001.
- [151] \_\_\_\_\_ . Move to the fast lane. Edition May, June, 1999.
- [152] \_\_\_\_\_ . Reality of Rural Transport Problems. [www.efit.gov.uk](http://www.efit.gov.uk) Edition /June 2001.
- [153] \_\_\_\_\_ . Safety System's ten-year Success. Edition June 2001.
- [154] \_\_\_\_\_ . The Information Cycle gets on the Road. Edition June 2001.
- [155] \_\_\_\_\_ . The soft approach. May/June 1999.
- [156] \_\_\_\_\_ . Vision Zero Report of Christopher Simpson. Edition June 2001.
- [157] ZACKOR, H. Informationsstrategien für Telematikanwendungen im Strassenverkehr. Strassenverkehrstechnik, Heft 4/99. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, April 1999.
- [158] ZACKOR, H. und KELLER, H. Entwurf und Bewertung von Verkehrsinformationssystemen – und – leitsystemen unter Nutzen neuer Technologien. Strassenverkehrstechnik 9/99. Bonn, September 1999.

**APÊNDICES**

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1 - ASPECTOS GERAIS PARA A ELABORAÇÃO DE MAPAS ELETRÔNICOS DE REGISTRO DE ACIDENTES

O registro de acidentes em mapas rodoviários para a identificação preliminar de áreas de maior ocorrência de acidentes por tipo e gravidade é uma prática consagrada em muitos países desenvolvidos há várias décadas [1, 3, 5]. Enquanto no passado o registro era realizado manualmente sobre mapas impressos ou desenhados, mais recentemente, com o advento e desenvolvimento das tecnologias de informática, os mapas de registros de acidentes podem ser elaborados eletronicamente, o que reduz sensivelmente o volume de trabalho dos técnicos na sua elaboração e avaliação, bem como melhora a qualidade dos trabalhos finais.

O mapa eletrônico de registro de acidentes rodoviários visa apresentar para um determinado período, preferencialmente em um sistema georeferenciado, as ocorrências de acidentes distinguindo-as entre tipos de acidentes (por exemplo, através de símbolos em cores) e entre categorias (de gravidade) de acidentes (por exemplo, através das formas e/ou o tamanho de símbolos).

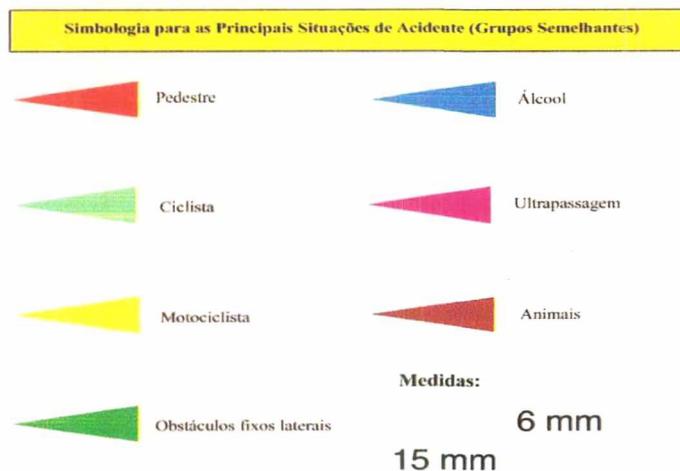
O quadro a seguir apresenta, a título de referência, uma simbologia para a representação de categorias de acidentes em mapas eletrônicos de registro de acidentes.

| Simbologia para a Representação de Categorias de Acidentes (Conseqüência mais Severa) |  |  |
|---|--|--|
|   | Mapa de registro anual   | Mapa de registro plurianual (3 anos)   |
| Acidentes com vítimas fatais  |   = 8 mm/<br>10 mm |   = 8 mm/<br>10 mm |
| Acidente com vítimas gravemente feridas   |   = 8 mm           |   = 8 mm           |
| Acidente com vítimas levemente feridas  |   = 6 mm           |   = 4 mm           |
| Acidente com danos materiais graves:  |  |  |
| Com infrações de trânsito, veículo teve que ser transportado                          |   = 4 mm/<br>6 mm  |  |
| Demais acidentes com excesso de alcoolemia  |   = 4 mm           |  |
| Demais acidentes com danos materiais  |   = 4 mm           |  |

Fonte: MEEVES [4].

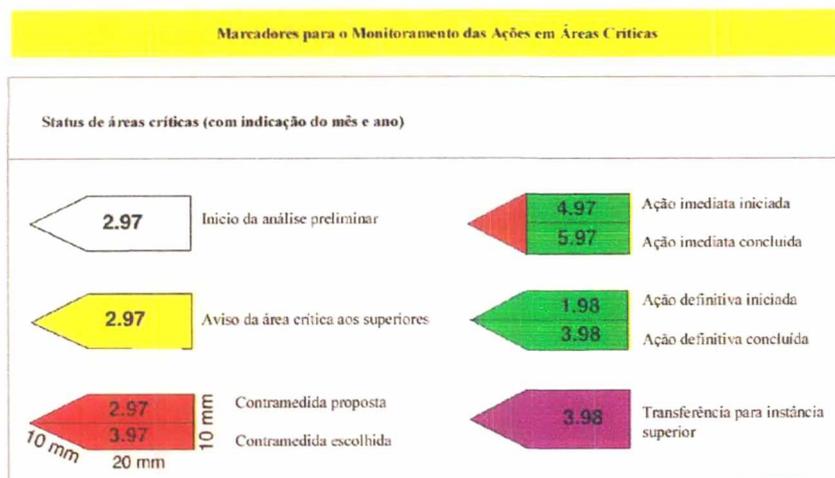
Os mapas eletrônicos de acidentes poderão, ainda, incluir a representação das principais situações que envolveram a ocorrência de acidentes. A representação de

grupos semelhantes de acidentes poderá contribuir para uma identificação mais rápida das contramedidas requeridas. O quadro a seguir apresenta um exemplo de uma simbologia para essas representações.



Fonte: MEEVES [4].

O monitoramento das ações empreedidas em áreas críticas poderá ser facilitado através da apresentação de marcadores que representam os status dessas áreas. Um exemplo para representação gráfica das principais ações é apresentado no quadro a seguir.

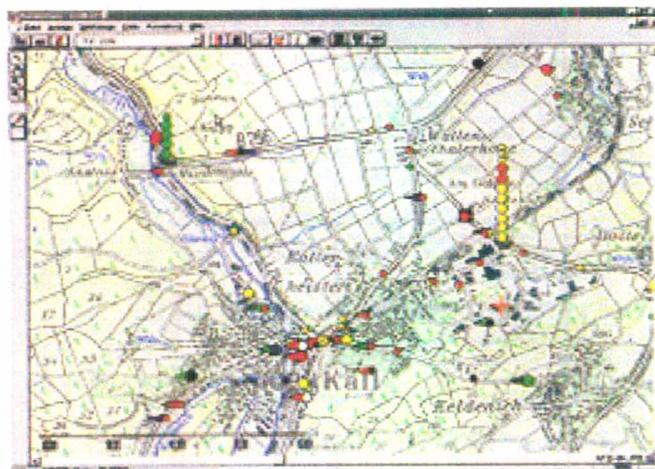


Fonte: MEEVES [4].

Esses mapas eletrônicos são constituídos, basicamente, da composição de mapas rodoviários digitalizados e georeferenciados, de imagens raster da correspondente região em estudo, dos pertinentes dados georeferenciados das ocorrências de acidentes e de elementos correlatos. A composição desses mapas poderá ser obtida apropriadamente com o auxílio dos sistemas de informática GIS (Geographic Information System).

O quadro a seguir apresenta um exemplo de um mapa de registro de acidentes elaborado eletronicamente.

*Figura - Exemplo de um Mapa Eletrônico de Registro de Acidentes*



Fonte: ISK/GDV [5]

Fundamentalmente, os mapas eletrônicos de registro de acidentes podem ser classificados em: (i) mapas de registro por períodos fiscais preestabelecidos, contemplando as ocorrências registradas em períodos preestabelecidos (de um ou mais anos) e (ii) mapas de registro contínuo cujos dados de registro de acidentes são inseridos à medida que as ocorrências forem registradas mantendo-se registros acumulados de um ou mais anos. Os dois tipos de mapas são importantes. Enquanto o primeiro e o segundo podem ser fundamentais para a elaboração de planos e programas de segurança, o segundo é fundamental para o monitoramento contínuo dos índices de segurança de trânsito de áreas contempladas com melhorias e para a rede rodoviária como um todo.

As pesquisas do ISK/GDV [1, 2], realizadas por Meeves/Butterwege em 1995 e Eckstein/Meeves em 1998, indicaram que: (i) as ocorrências de acidentes com feridos graves (inclusive mortes) obedecem a uma regra de evolução bem distinta que a dos acidentes com feridos leves ou apenas com danos materiais; (ii) a evolução da ocorrência de acidentes graves (acidentes com mortes e feridos graves) não poderá ser identificada só a partir das cartas digitais anuais (dado ao baixo número dessa categoria de ocorrência em um período de apenas um ano).

Tal fato exige, além do tradicional mapa anual de todas as ocorrências de acidentes, também a elaboração dos mapas de registro acumulado de acidentes com feridos graves ao longo de vários anos. Meeves [1] recomenda a adoção de mapas que

contêm os registros de acidentes com feridos graves (inclusive mortes) ao longo de três anos. Os primeiros resultados obtidos com a combinação de mapas anuais e trienais facilitaram a busca orientada por alternativas para a redução da frequência e gravidade de acidentes. A impressão (e o arquivamento) semestral e a subsequente análise desses mapas permitem um entendimento mais claro da evolução da segurança do trânsito rodoviário na região.

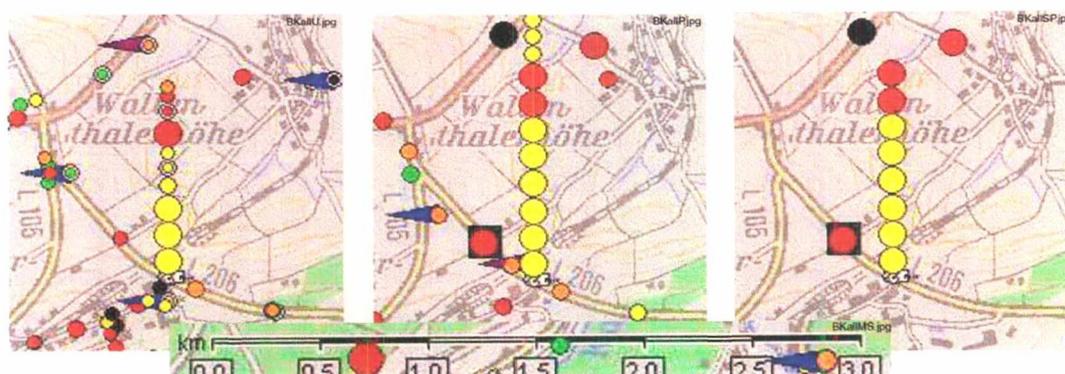
Os mapas anuais deverão apresentar as ocorrências de todos os acidentes registrados em doze meses (de registro contínuo ou de um período predefinido). Na análise desses mapas, a ênfase deverá ser dada ao número de acidentes registrados e à homogeneidade dos tipos de acidentes (cores iguais de registros).

De outro lado, os mapas do registro de acidentes de três anos deverão apresentar todas as ocorrências de acidentes graves registrados ao longo de um período de 36 meses (mapas trienais). Na análise desses mapas, a ênfase deverá ser dada à gravidade dos acidentes. Para os mapas trienais de registro de acidentes de vias urbanas, poderá ser conveniente a inclusão também das ocorrências de acidentes com feridos leves.

Os mapas trienais de registro visam: (i) identificar as áreas onde regularmente ocorrem acidentes com mortes e feridos graves; (ii) avaliar preliminarmente a gravidade dos acidentes nas áreas críticas identificadas nos mapas de registro anual de todos os acidentes.

O quadro a seguir apresenta exemplos de mapas eletrônicos de registro (anual e trienais) de acidentes de um ponto crítico.

*Figura - Exemplos de Mapas Eletrônicos de Registro de Acidentes Típicos de um Ponto Crítico*



Os mapas de registro contínuo deverão ser analisados com menor periodicidade. As informações obtidas desses mapas poderão exigir aos responsáveis pela segurança do trânsito realizarem intervenções (imediatas, provisórias ou não) sempre que forem: (i) observadas novas ocorrências ou ainda (ii) alcançados os valores limites estabelecidos para a definição de áreas críticas.

As escalas das cartas eletrônicas deverão ser tais que as ocorrências dos acidentes possam ser apresentados com boa visibilidade. A experiência alemã demonstrou que os mapas de registro anuais de (todos) acidentes e os trienais de acidentes com (todas) vítimas, elaborados na escala de 1:5 000 para as áreas urbanas e de 1:25.000 para as áreas rurais, são adequados. A análise e a interpretação apropriada dos mapas eletrônicos de registro de somente acidentes graves (com mortes e feridos graves) foi apropriada quando adotadas escalas de 1:10 000 e 1:50 000 para as áreas urbanas e rurais, respectivamente [5].

A composição de mapas temáticos especiais poderá contribuir para responder questionamentos específicos da segurança rodoviária. Dentre esses mapas destacam-se:

- o mapa de registro de acidentes com veículos de carga perigosa;
- o mapa de registro de acidentes com condução sob influência (de álcool ou outras drogas);
- o mapa de registro de acidentes que envolvem a condução com ou sem habilitação;
- o mapa de registro de acidentes que envolvem a condução com ou sem uso de cinto de segurança;
- o mapa de registro de acidentes com pedestres, por faixa etária e total;
- o mapa de registro de acidentes com ciclistas;
- o mapa de registro de acidentes com motociclistas distinguindo-se entre os acidentes com e sem o uso de capacetes;
- o mapa de registro de acidentes com obstáculos físicos das faixas laterais, como por exemplo, árvores, postos de eletricidade ou edificações.

Os mapas temáticos especiais poderão acumular, convenientemente, os registros das ocorrências ao longo de um período maior, tal como sugerido em [1], de cinco anos. Esses poderão ser úteis para que: (i) se possa estabelecer contramedidas conjuntas das diversas disciplinas técnicas intervenientes e que dizem respeito a cada um dos grupos de fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes (a infra-estrutura, o veículo, os

condutores e a fiscalização e regulamentação do trânsito); (ii) definir políticas, normas, objetivos e metas para a segurança do trânsito e, por último, contribuir para a elaboração de plano segurança do trânsito rodoviário.

Os mapas eletrônicos de registro de acidentes deverão permitir aos técnicos responsáveis considerar, separadamente: (i) pontos críticos; (ii) eixos críticos; (iii) regiões críticas.

Os pontos críticos referem-se às áreas pontuais de rodovias com elevados índices de acidentes (por exemplo, em uma extensão de 300 m). Esses pontos poderão ser identificados tanto nos mapas anuais ou como nos trienais de registros de acidentes. A definição dos pontos críticos passa pelo estabelecimento de índices limites de acidentes. Pontos com frequência superior aos índices limites fixados são considerados pontos críticos. Os pontos críticos que apresentarem regularmente muitos acidentes decorrentes de um elevado volume de tráfego no local devem ser distinguidos dos pontos críticos “normais”. Dessa forma podem ser definidas categorias de pontos críticos que podem ser representadas apropriadamente nos mapas anuais e trienais de registro de acidentes. Uma categorização de pontos críticos, sugerida por Meeves [1], é apresentada no item 6.4.2e desse trabalho.

Os eixos críticos são segmentos rodoviários de maior extensão que apresentam elevada frequência de acidentes (por exemplo, segmentos rodoviários de um a três km, travessias urbanas). Com o objetivo de se excluir da análise a influência do volume de tráfego na ocorrência de acidentes, dever-se-á analisar com mais detalhes aqueles eixos críticos dos mapas anuais (registros de todos os acidentes) que também forem identificados nos mapas trienais de registro de acidentes com feridos graves. Esses eixos deverão ser identificados visual ou eletronicamente mediante a adoção de algoritmo matemático apropriado.

As regiões críticas referem-se a partes da rede viária cujos trechos rodoviários apresentam elevada ocorrência de acidentes em um período de análise. Nas áreas urbanas, essas regiões poderão identificar, por exemplo, áreas residenciais com problemas de segurança de trânsito.

Os parâmetros limites requeridos dependem da metodologia adotada (vide o item 6.4.2. desse trabalho). Os estudos subseqüentes detalhados para a elaboração de alternativas de intervenção sempre deverão ser realizados quando os valores limites estabelecidos forem ultrapassados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ESPECÍFICAS

- [1] DEGENER, S. e MEEVES, V. Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten. Strassenverkehrstechnik 7/98, Seite 345 bis 350. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, 1998.
- [2] EKSTEIN, K. und MEEVES, V. Untersuchungen an Unfalltypensteckkarten. Sicherung des Verkehrs auf Strassen – SVS. Mitteilung des Institutes für Strassenverkehr Köln (ISK) – Mitteilung Nr.38. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Köln, Februar 1998.
- [3] FGSV. Merkblatt für die Auswertung von Strassenverkehrsunfällen – Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten. Köln, 1998.
- [4] MEEVES, V. Materialien für Aus - und Fortbildung. Institut für Strassenverkehr Köln (ISK)/GDV-Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Mitteilung Nr.37. Moeken Merkur Druck GmbH. Köln, Januar 2000.
- [5] MEEVES, V. und Mitglieder von dem Arbeitskreis Örtliche Unfalluntersuchung der FGSV. Führung und Auswerten von Unfalltypensteckkarten. Auswerten von Strassenverkehrsunfällen Teil 1. Sicherung des Verkehrs auf Strassen – SVS. Empfehlungen des Institutes für Strassenverkehr Köln (ISK) - Heft Nr. 12. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Köln, März 1998.

## APÊNDICE 2 – ÁREAS, OBJETIVOS E AÇÕES DO PLANO ESTRATÉGICO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA DA AASHTO/USA

Os 22 objetivos estabelecidos para o Plano Estratégico da Segurança Rodoviária da AASHTO [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] foram agrupados em seis áreas técnicas e contemplam 92 ações concretas que amenizam efetivamente cada um dos principais problemas identificados no trânsito rodoviário americano. A relação a seguir apresenta os objetivos definidos e as ações correspondentes para que esses objetivos pudessem ser alcançados:

### a) *Condutores*

#### 1. Instituição de Licenças Graduadas para Condutores Jovens:

- implementar o sistema graduado de habilitação dos condutores;
- desenvolver e implementar procedimentos aperfeiçoados de treinamento e avaliação de condutores novos;
- desenvolver um sistema de avaliação de condutores que passam do estágio provisório para a licença regular (padrão).

#### 2. Certificação de que os Condutores estão Totalmente Licenciados e Competentes:

- incrementar a efetividade da suspensão e revogação de licenças;
- definir e implementar ações para manter os motoristas com licenças suspensas ou revogadas efetivamente fora das rodovias;
- desenvolver e divulgar um sistema de avaliação informal que os condutores, família e pessoal médico possam usar para avaliar uma capacidade individual de dirigir com segurança;
- desenvolver e providenciar auxílio técnico, tais como simuladores e meios eletrônicos para auto-avaliação e melhoramento das habilidades dos condutores.

#### 3. Sustentação da Proficiência dos Condutores Idosos:

- implementar processos de melhorias da infra-estrutura rodoviária para acomodar com segurança os condutores idosos;
- implementar um modelo compreensivo para assistir condutores idosos a dirigir com segurança;

- avaliar a viabilidade de implantar o sistema avançado de informação aos viajantes (ATIS-Advanced Traveler Information Systems) e o sistema avançado de controle de veículos (AVCS-Advanced Vehicle Control Systems) para assegurar a mobilidade pronta e segura dos usuários e melhorar a eficiência dos sistemas.
4. Restrições à Direção Agressiva:
- desenvolver e implementar programas compreensivos para combater a direção agressiva;
  - promover o uso de tecnologias avançadas para dar suporte aos esforços de fiscalização.
5. Redução da Direção Danosa:
- fortalecer a legislação nos USA para reduzir a incidência de “beber e dirigir”;
  - desenvolver e implementar pontos e “blitze” de verificação de sobriedade;
  - reduzir a incidência de “beber e dirigir” entre o grupo de condutores de 21 a 34 anos;
  - criar meios mais efetivos para lidar com os infratores reincidentes;
  - elaborar programas nacionais que fixam metas para a direção danosa (de condutores drogados);
  - desenvolver e implementar campanhas compreensivas de conscientização pública.
6. Manter os Condutores Alerta:
- implementar um programa com metas de redução de probabilidade de fadiga;
  - instalar dispositivos de alerta nos acostamentos das rodovias interestaduais e freeways;
  - reduzir o número de acidentes de veículos comerciais resultantes da falta de atenção e do cansaço dos condutores.
7. Aumento da Conscientização do Nível de Segurança dos Condutores:
- usando programas estabelecidos, informações de pesquisas na área de segurança e técnicas atualmente disponíveis, iniciar, desenvolver e implementar campanhas nacionais coordenadas para as questões: beber

e dirigir, proteção dos ocupantes, direção agressiva, fadiga, falta de atenção, perigos nas faixas laterais, dirigir sem segurança, falta de entendimento de sinais de controle do trânsito, zonas em obras, distância mínima entre veículos e colisões na traseira;

- criar esforços de conscientização para lidar com conceitos de segurança novos e os não bem entendidos.

8. Aumento do Uso do Cinto de Segurança e Melhoramento da Eficiência do Air-bag:

- incrementar adoção de lei padrão relativo a cintos de segurança e eliminar deficiências da legislação que diz respeito a assentos de criança na maioria dos estados;
- implementar iniciativas periódicas, intensivas e coordenadas de fiscalização;
- melhorar a eficiência dos air-bags;
- gerar melhor conscientização da importância do uso de air-bags.

b) *Usuários Especiais*

9. Aumento da Segurança de Caminhar ao Longo de Vias e Cruzar Vias:

- em cooperação com outras organizações profissionais, desenvolver novos dispositivos, manuais e padrões para a acomodação segura de pedestres para tornar os existentes mais eficientes;
- implementar programas compreensivos (de engenharia, fiscalização e educação de trânsito) para impactar pedestres drogados (alcoholizados, drogados e em geral);
- encorajar os estados a atuar na educação e treinamento de pedestres visando a sua segurança;
- desenvolver programas para melhorar a segurança do trânsito de pedestres e de bicicletas nas intersecções e cruzamentos;
- encorajar os estados a regulamentar legislação aperfeiçoada ou nova e adotar políticas para prover a acomodação mais segura de pedestres em rodovias públicas;

- implementar programas de segurança de pedestres, integrados e compreensivos, visando reduzir os principais acidentes com pedestres em áreas urbanas ou rurais de maior incidência.

#### 10. Maior Segurança para os Ciclistas:

- procurar a adoção de mais estados às políticas para acomodar melhor os ciclistas em todas as vias públicas e encorajar os legisladores dos estados a alocar recursos para as facilidades do trânsito de ciclistas;
- desenvolver e implementar programas de educação e de informação para a segurança de ciclistas visando atingir todos os grupos de ciclistas e condutores de veículos;
- providenciar material para os agentes judiciais e da polícia que enfatiza a importância da legislação relativa ao trânsito de bicicletas para maior segurança do ciclista e providenciar manuais de como fiscalizá-lo efetivamente;
- incremento do uso de capacete para ciclistas.

#### c) *Veículos*

#### 11. Incremento do Nível de Segurança e Conscientização dos Motociclistas:

- reduzir o número de fatalidades de motociclistas relacionado com o álcool;
- reduzir o número de fatalidades de motociclistas decorrente de erros de outros condutores;
- aumentar aplicação de programas educacionais compreensivos para motociclistas novos e experientes;
- incrementar práticas de desenho, operação e manutenção de rodovias que considerem as necessidades especiais dos requerimentos e da dinâmica de operação do motociclismo;
- incrementar o uso de capacetes através da aplicação de leis específicas.

#### 12. Aumento da Segurança do Trânsito de Caminhões:

- redirecionar programas e regulamentações relativas aos veículos comerciais visando reduzir a quantidade de acidentes ao invés do número de ações policiais;

- reduzir o número de acidentes comerciais por perda de atenção e cansaço de condutores;
- reduzir o número de acidentes comerciais resultantes de erros de condutores;
- eliminar os problemas de controle de trânsito e problemas específicos de desenho das rodovias para reduzir os acidentes mais importantes dos caminhões nas rodovias interestaduais e troncais;
- melhorar a condição da operação segura de caminhões e ônibus.

13. Aumento das Melhorias de Segurança nos Veículos:

- reduzir o número de acidentes e feridos resultantes do mau entendimento e uso dos sistemas de freio ABS (anti-lock brake systems);
- reduzir a poluição de monóxido de carbono através da educação e tecnologia;
- incluir as necessidades dos motociclistas nas pesquisas e implementação de dispositivos ITS para evitar e alertar acidentes e colisões;
- melhorar a compatibilidade entre os dispositivos instalados nas faixas laterais das rodovias e os desenhos dos veículos.

d) *Rodovias*

14. Redução das Colisões entre Veículos e Trens:

- finalizar o desenvolvimento e acelerar o aperfeiçoamento dos dispositivos passivos (*sinais*) de advertência;
- estabelecer manuais nacionais para cruzamento de nível (de linhas ferroviárias com rodovias);
- melhorar o treinamento e o licenciamento dos condutores, práticas seguras de intersecções rodoferroviárias;
- adotar tecnologias mais avançadas para a fiscalização e prevenção de acidentes em locais apropriados das intersecções rodoferroviárias com a finalidade de minimizar a violação dos respectivos sinais de advertência;
- implementar as conclusões e recomendações do “Grade Crossing Safety Report” da USDOT.

15. Manter os Veículos Sobre as Rodovias:

- implementar um programa compreensivo para aperfeiçoamento da direção dos condutores através de melhor sinalização horizontal e delineamentos;
- implementar um programa de instalação de sonorizadores de advertência nos acostamentos; aperfeiçoar o processo de desenho para explicitamente incorporar os aspectos de segurança e para facilitar mais as decisões de desenho das rodovias;
- desenvolver manuais mais aperfeiçoados para controlar a variação das velocidades mediante a combinação de elementos de geometria, de controle de trânsito e de técnicas fiscalização;
- estabelecer programas para melhorar a manutenção das rodovias para aumentar a segurança rodoviária.

16. Minimização das Conseqüências dos Veículos que Abandonam as Rodovias:

- prover práticas apropriadas para a seleção, instalação e manutenção de dispositivos aperfeiçoados de segurança nas laterais das vias;
- implementar, de uma maneira ambientalmente correta, um esforço nacional para equacionar o problema relativo às árvores localizadas em pontos perigosos ao longo das rodovias;
- implementar uma política nacional para reduzir o perigo de postes, particularmente os instalados em rodovias de duas faixas de rolamento;
- desenvolver e implementar manuais para aperfeiçoar a execução de sarjetas, valetas e rampas visando minimizar as fugas potenciais dos veículos ao longo das rodovias;
- desenvolver e implementar manuais para o desenho seguro das áreas imediatamente adjacentes às vias em áreas urbanas (travessias urbanas).

17. Melhoramento dos Projetos e Operação das Intersecções:

- aperfeiçoar a segurança das intersecções usando métodos automáticos para monitorar e comandar os dispositivos de controle de trânsito;
- aperfeiçoar a segurança de intersecções através da atualização de dispositivos de controle por sinais que visam conduzir o fluxo de tráfego de uma forma mais eficiente;

- utilizar novas tecnologias para melhorar a segurança das intersecções de alta prioridade;
- incluir políticas mais efetivas do gerenciamento dos acessos com a perspectiva de obter mais segurança.

18. Redução das Colisões Frontais e de Abalroamento Transversal:

- desenvolver e testar dispositivos inovativos para as linhas divisórias centrais visando reduzir os acidentes frontais em rodovias com duas faixas de rolamento;
- reduzir colisões transversais nas freeways e rodovias troncais que têm faixas centrais estreitas.

19. Desenho mais Seguro das Áreas em Obras:

- implementar métodos aperfeiçoados para reduzir o número e a duração das atividades das zonas em obras nas rodovias abertas ao público;
- adotar procedimentos aperfeiçoados para assegurar práticas mais efetivas, incluindo dispositivos de controle de trânsito para o gerenciamento das operações nas zonas de trabalho;
- aperfeiçoar e estender o treinamento para o planejamento, a implementação e a manutenção de áreas em obras visando maximizar a segurança;
- aperfeiçoar a condução dos veículos pelas áreas em obras através de ações de treinamento e de fiscalização.

e) *Serviços Médico-Emergenciais*

20. Melhoramento da Capacidade Médico-Emergencial para Aumentar a Sobrevivência:

- desenvolver e implementar um modelo compreensivo que assegura resposta apropriada e tempestiva para as necessidades emergenciais das vítimas de acidentes;
- desenvolver e implementar um plano para aumentar a educação e o envolvimento do pessoal do serviço médico emergencial (SEM) com os princípios da segurança do trânsito;
- desenvolver e implementar um modelo de avaliação da eficiência emergencial em três rodovias interstates com alta incidência de

acidentes (urbana, rural e desabitada) e usar essa demonstração para estudar sua eficiência na redução de fatalidades e de custos médico-hospitalares;

- implementar e/ou melhorar os sistemas de traumatologia em pelo menos 25 estados;
- desenvolver e dar apoio às atividades integradas do serviço médico-emergencial, saúde pública e atividades de informação e programação de segurança pública.

f) *Gerência*

21. Melhoramento dos Sistemas de Informação e de Suporte às Decisões:

- aperfeiçoar a qualidade dos dados de segurança através do estabelecimento de programas de garantia da qualidade, de incentivos e de contabilidade nas agências responsáveis pela coleta e gerenciamento dos dados de segurança;
- prover aos gerentes e usuários de informações de segurança rodoviária com os recursos necessários para obter o mais efetivo uso dos dados;
- estabelecer os meios pelos quais a coleta, o gerenciamento e o uso das informações de segurança rodoviária possam ser coordenados entre organizações em todos os níveis jurisdicionais;
- estabelecer um grupo treinado de profissionais de segurança rodoviária nos métodos analíticos apropriados para a avaliação das informações de segurança rodoviária;
- estabelecer e promover padrões técnicos para as características dos sistemas de informação da segurança rodoviária que são críticos para a efetiva operação de programas dos sistemas de gerência de segurança (SMS).

22. Criação de Processos e Sistemas de Gerência de Segurança mais Eficientes:

- comunicar os benefícios da existência bem sucedida de sistemas de gerência de segurança;
- implementar processos pilotos de auditoria da segurança;
- promover uma forte coordenação, cooperação e comunicação de iniciativas de segurança em cada estado;

- integrar o planejamento de programas de segurança rodoviária e de sistemas de informação da segurança rodoviária;
- estabelecer um sistema de medição da performance (em andamento) para avaliar os investimentos de segurança em termos de custo eficácia de projeto e programa;
- desenvolver e ratificar uma agenda para a segurança nacional.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ESPECÍFICAS

- [1] AASHTO. AASHTO Strategic Highway Safety Plan – Drivers. [html://www.aashto.org/info/safety/safe2.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe2.html). March, 2000.
- [2] \_\_\_\_\_. AASHTO Strategic Highway Safety Plan – Emergency Medical Services. [html://www.aashto.org/info/safety/safe5.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe5.html). March, 2000.
- [3] \_\_\_\_\_. AASHTO Strategic Highway Safety Plan – Highways. [html://www.aashto.org/info/safety/safe4.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe4.html). March, 2000.
- [4] \_\_\_\_\_. AASHTO Strategic Highway Safety Plan – Introduction. [html://www.aashto.org/info/safety/safe1.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe1.html). March, 2000.
- [5] \_\_\_\_\_. AASHTO Strategic Highway Safety Plan – Special Users. [html://www.aashto.org/info/safety/safe3.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe3.html). March, 2000.
- [6] \_\_\_\_\_. AASHTO Strategic Highway Safety Plan. A Comprehensive Plan to Substantially Reduce Vehicle-related Fatalities and Injuries on the Nations Highway. [html://www.aashto.org/info/safety/safe\\_toc.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe_toc.html). March, 2000.
- [7] \_\_\_\_\_. [html://www.aashto.org/info/safety/safe\\_toc.html](http://www.aashto.org/info/safety/safe_toc.html)

## APÊNDICE 3 - METODOLOGIAS MCDA

### 1. INTRODUÇÃO

As decisões requeridas na maioria das atividades humanas são cada vez mais complexas, envolvendo um número crescente de fatores subjetivos que são considerados importantes pelos múltiplos decisores que podem estar envolvidos em um dado processo decisório. Os decisores podem, muitas vezes, apresentar interesses e objetivos conflitantes. Assim, eles encontram cada vez mais dificuldades para, de forma compreensível e convincente, prestar contas de suas decisões aos outros atores direta ou indiretamente envolvidos.

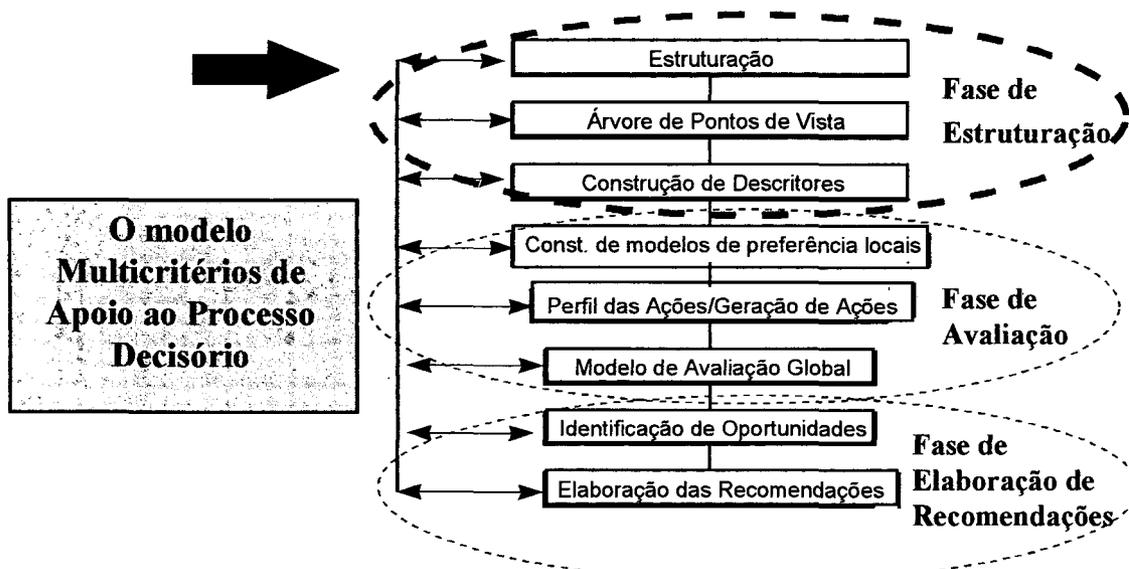
A Metodologia de MCDA (Multicriteria Methodology for Decision Aiding) apresenta uma ferramenta útil para apoiar os decisores durante o desenvolvimento de complexos processos decisórios gerando para eles mais conhecimento sobre a sua situação decisional.

Além de organizar a complexidade do problema a ser estudado, esse ferramental de MCDA permite incluir aspectos subjetivos dos decisores, sintetizar informações e julgamentos, bem como uniformizar conhecimentos. O ferramental citado facilita aos decisores entender melhor qual é a solução ou quais são as soluções mais convenientes para eles tendo em conta os seus próprios juízos de valores.

### 2. METODOLOGIA DE MCDA

A metodologia de Multicritérios de Apoio à Decisão tem como um dos principais objetivos gerar conhecimento para os decisores fornecendo a eles uma abordagem bem estruturada. Provém, passo a passo, o que devem fazer ao longo de processos decisórios complexos tendo em conta os dados quantitativos e qualitativos disponíveis e os seus julgamentos subjetivos.

Esse modelo é constituído fundamentalmente por três fases distintas, quais sejam: a *fase de estruturação*, de *avaliação* e de *elaboração de recomendações*. O fluxograma a seguir apresenta o inter-relacionamento dessas fases, bem como as etapas que integram cada uma delas.



Fonte: LabMCDA - EPS –UFSC

Na *fase de estruturação do problema* obtém-se basicamente: (i) a definição do problema mediante a identificação dos atores envolvidos, a definição do problema e a descrição do problema; (ii) a identificação da árvore de pontos de vista fundamentais dos decisores; (iii) a construção de descritores para a medição da performance das alternativas possíveis.

As etapas da *fase de avaliação* visam fundamentalmente: (i) à construção de modelos de preferências locais; (ii) à identificação dos perfis das ações e geração de ações; (iii) à definição do modelo de avaliação global.

As etapas identificação de oportunidades e elaboração de recomendações aos decisores integram a última etapa deste processo, qual seja a *fase de elaboração de recomendações*.

Assim, “a ajuda ao processo decisório não tem como propósito encontrar a solução ótima de um problema. Seu propósito é o de gerar compreensão e incentivo à criatividade para ajudar os decisores a tomarem melhores decisões” [7].

A elaboração dos serviços relacionados ao problema deverá ser planejada apropriadamente mediante a apresentação de um Programa de Trabalho.

### **3. FASE DE ESTRUTURAÇÃO**

#### **3.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

##### **3.1.1 Descrição do Problema:**

##### **3.1.2 Atores**

Os atores que participam de uma decisão podem ser agidos (os que sofrem as conseqüências do decisor) ou intervenientes (os que intervêm no processo decisório). Os atores intervenientes são: (i) os decisores (que assumem as responsabilidades das conseqüências); (ii) os facilitadores (que ajudam a gerar conhecimento para o processo decisório); (iii) os demandeuers ou clientes (que representam os decisores por delegação de poder). Esses atores podem ainda ser um indivíduo ou grupo de indivíduos, entidades ou comunidades. Podem ter objetivos diferentes ou até valores conflitantes [5].

O cliente (representante) apresenta o problema para o analista e usualmente supervisiona a elaboração dos trabalhos. Ele é normalmente disposto a usar os seus conhecimentos, habilidades e contatos para ajudar o analista a aprender, tanto quanto for possível, sobre o problema, assim como ajudando a não se desviar do verdadeiro problema em questão.

Em nenhuma hipótese, uma aplicação específica de ajuda à decisão poderá ser parâmetro suficientemente compreensivo a ponto de beneficiar a todos. Por essa razão, a ajuda à decisão sempre vai requerer que um particular ator (individual, entidade ou comunidade) seja identificado, denominado o decisor. Precisa-se para tal, conhecer detalhes dos objetivos especiais sobre os quais opera (toma suas decisões). Pode ser que essa pessoa seja o ator que representa terceiros. O decisor, portanto, é um ator que define o “possível”, os objetivos e que expressa as preferências; tem interesse de realizar os mesmos ao longo da evolução do processo. Isso não quer dizer que o processo de apoio à decisão exclui a opinião, estratégia ou preferência dos outros atores [9].

Deverão ser identificados os seguintes atores: (i) decisores; (ii) atores agidos; (iii) facilitador.

### 3.1.3 Rótulo:

O nome ou rótulo que descreve sucintamente o problema que o facilitador irá apoiar é definido junto ao decisor. Inicialmente, procura-se ouvir o que o decisor tem a dizer sobre o seu problema sem interferir na conversa. Assim, o rótulo é definido pelo facilitador com a forma que o decisor julgou mais adequado.

## 3.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE VISTA FUNDAMENTAIS

Os pontos de vista fundamentais do decisor (PVF's) são identificados mediante a utilização dos mecanismos de construção e análise de mapas cognitivos.

### 3.2.1 Construção de Mapas Cognitivos

Um mapa cognitivo permite representar o problema do decisor, bem como lidar com os distintos grupos de decisores tendo cada qual o seu problema. Entende-se nesse contexto, sob o paradigma construtivista, que cada decisor constrói seu problema a partir de suas percepções e interpretações. O problema é definido como uma situação onde o decisor deseja que alguma coisa seja diferente de como ela é e não sabe como obtê-la. O problema pertence ao decisor e é sempre uma construção pessoal que o indivíduo faz sobre os eventos associados ao contexto decisório [5].

Assim, os mapas cognitivos servem para representar o problema do decisor através do qual são apresentados hierarquicamente os conceitos relacionados por ligações meio-fins. A construção de um mapa cognitivo permite, portanto, ao decisor explicitar seu sistema de valores (através de conceitos superiores), bem como fornecerá uma série de ações visando atingir os objetivos estratégicos (através de conceitos subordinados) permitindo determinar a árvore de pontos de vista fundamentais (PVFs) do decisor.

A construção do mapa cognitivo de um dado problema poderá contemplar os seguintes passos:

*Passo 1: Definição dos elementos primários de avaliação. (EPAs)*

Os elementos primários de avaliação são todos os aspectos considerados relevantes pelo decisor para a tomada de sua decisão e constituídos de objetivos, metas, valores dos decisores, ações, opções e alternativas que permitem o início da construção do mapa. Esses elementos podem ser obtidos através de um “brainstorming” com o decisor. Nesse processo: (i) todos os EPAs que vêm à mente são expressos; (ii) deverá ser desejado o maior número possível de EPAs; (iii) deverão ser evitadas críticas às idéias pronunciadas; (iv) deverá ser procurado melhorar e combinar idéias já apresentadas. Os EPAs repetidos deverão ser eliminados.

Nessa fase, poderão ser aplicadas as estratégias de Keeney para estimular a criatividade e, portanto, identificar um maior número de EPAs [7]:

|   |   |
|---|---|
| <i>Aspectos Desejáveis</i>                | Quais são os aspectos que o Sr. gostaria de levar em conta em seu problema?   |
| <i>Ações</i>                              | Quais características distinguem uma ação (potencial ou fictícia) boa de uma ruim?                                      |
| <i>Dificuldades</i>                       | Quais são as maiores dificuldades com relação ao estado atual?  |
| <i>Conseqüências</i>                      | Quais conseqüências das ações são boas / ruins / inaceitáveis?  |
| <i>Metas / Restrições / Linhas Gerais</i> | Quais são as metas / restrições / e linhas gerais adotadas pelo Sr?   |
| <i>Objetivos Estratégicos</i>             | Quais são os objetivos estratégicos nesse contexto?   |
| <i>Perspectivas Diferentes</i>            | Quais são, para o Sr., segundo a perspectiva de um outro decisor, os aspectos desejáveis / ações / dificuldades / etc.? |

### *Passo 2: Construção de conceitos a partir dos EPAs*

Para cada um dos elementos primários de avaliação, identificados na etapa anterior, é construído um conceito. Para tal: (i) o conceito é orientado à ação que é obtido adicionando-se ao conceito um verbo no infinitivo, gerando assim o primeiro pólo do conceito; (ii) o facilitador pergunta pelo pólo oposto psicológico (oposto do primeiro pólo do conceito, segundo o decisor). A importância do pólo oposto se deve ao fato de

que o conceito só tem valor se existe o contraste entre dois pólos (Eden et.al. apud [5]). Os dois rótulos são separados por “...” indicando “ao invés de”. Através do oposto psicológico são estabelecidos os limites de abrangência dos conceitos.

Procura-se ainda limitar o texto em, no máximo, doze palavras e adotar, sempre que possível, as palavras utilizadas pelo próprio decisor.

O decisor apresenta durante esse processo muitos conceitos que são muito próximos um do outro ou que são contidos em outro conceito já apresentado. Nesse caso, são juntados em um único conceito prevalecendo aquele com conteúdo mais abrangente.

Um mapa que apresenta os conceitos obtidos e seus respectivos opostos psicológicos, poderá ajudar no entendimento da questão.

### *Passo 3: Construção da hierarquia de conceitos*

A hierarquia de conceitos poderá ser obtida questionando-se ao decisor, a partir de um dado conceito, quais são os meios para alcançá-lo e os fins a que se destina. A estrutura do mapa, portanto, é constituída por conceitos meios e conceitos fins relacionados por ligações de influências.

Em direção aos fins, os conceitos são questionados quanto a sua importância para o decisor. Em direção aos meios, a partir de um dado conceito, o facilitador questiona o decisor sobre como poderia obter tal conceito. A seguir, é questionado sobre o pólo oposto psicológico do primeiro pólo do conceito.

O mapa é construído seguindo-se a ordem de conceitos meios na frente inferior da folha e os conceitos fins na sua parte superior. É claro que poderão ser representados também de forma que os conceitos meios fossem dispostos na esquerda e os fins na direita ou, ainda, em uma disposição radial, com os fins no centro da folha e os conceitos meios ao seu redor.

As ligações de influência entre os conceitos são definidas através de relações de influência simbolizadas através de flechas (→) que indicam a direção do relacionamento. Se a ligação de influência do primeiro pólo de um conceito C1 foi para o pólo oposto do conceito C2, a flecha poderá ser representada com um sinal negativo (-). O sinal positivo indicará que a ligação de influência do primeiro pólo de um conceito C1 é para o primeiro pólo do conceito C2 (semelhantemente também para os pólos opostos dos conceitos).

Durante as entrevistas, o facilitador deverá deixar o decisor totalmente liberado para expor, explicar ou comunicar o que julgou importante sem interrompê-lo e sem anotar o que estava sendo dito. O decisor deverá ser motivado a falar. A conversa poderá ser gravada e assim contribuir positivamente para o desenvolvimento do processo. O facilitador deverá alertar o decisor sobre conceitos não pronunciados por ele.

As alternativas para a possível solução do problema não são consideradas na construção de mapas cognitivos. O facilitador deverá perceber a hora de parar com a construção do mapa quando o decisor começar a repetir conceitos expressando a mesma idéia com outras palavras. Outro aspecto que o facilitador deverá atentar é a delimitação do contexto decisório. Muitas vezes, o decisor começa a apresentar aspectos que não estão relacionados ao processo decisório em questão (“perdendo o foco”). Nesses casos, o facilitador deverá alertar o decisor para retomar a construção do mapa naqueles aspectos relevantes à decisão (“centrar o foco”). O tempo das entrevistas para a construção do mapa não deverá se exceder em demasia. Normalmente, uma a duas horas é suficiente.

O mapa deverá ser construído inicialmente à mão, em uma folha apropriada. Concluído o mapa, o facilitador passará a limpo podendo usar a tela do software Decision Explorer. O mapa é apresentado aos decisores já passado a limpo e separado em partes (*clusters*) para tornar a sua complexidade mais compreensível. A identificação das áreas de mesma preocupação (*clusters*) é obtida posicionando-se esses conceitos próximos um dos outros, o que facilitará a análise dos mapas cognitivos na fase seguinte.

Após a construção do mapa e a sua organização (“passado a limpo”), é fundamental a validação de suas informações pelo decisor. A validação das informações contida no mapa, bem como o seu eventual prosseguimento, deverá ser realizada em poucos dias (dois a três dias após poderá ser recomendado), o que permitirá ao decisor lembrar seus argumentos prontamente.

As relações de influência entre os conceitos são apresentadas pelo decisor. Os conceitos hierarquizados poderão ser indicados em um mapa especial. Para um dado contexto decisório, poderá ser conveniente identificar e agrupar, na árvore de PVF's, aqueles aspectos relacionados com as áreas de mesmo interesse. Os clusters, assim identificados, poderão ser objeto de um mapa próprio.

### 3.2.2 Análise do Mapa Cognitivo

Enquanto a análise tradicional de mapas cognitivos se preocupa basicamente com a forma visando compreender o mapa cognitivo e simplificar sua complexidade, a análise mais recente requer, no entanto, que além da *forma* também seja analisado o *conteúdo* do mapa cognitivo visando possibilitar a identificação dos eixos de avaliação do problema (formados pelos PVFs) [5].

A análise da forma e conteúdo dos mapas cognitivos para a presente estruturação poderá ser processada através da execução dos seguintes passos:

#### *Passo 1 - Identificação das linhas de argumentação*

As linhas de argumentação são cadeias de conceitos hierarquicamente superiores a um conceito “rabo” e por ele influenciados. Na prática, são identificados diretamente sobre o mapa. Trata-se essencialmente de uma análise de forma.

Quando houver clusters, pode-se considerar uma linha de argumentação que inicia com os conceitos “rabos” daquele dado “cluster” e termina com o conceito “cabeça” do mesmo “cluster”. Essas cadeias de conceitos serão então as linhas de argumentação internas.

A relação das linhas de argumentação identificadas para cada um dos “clusters” poderá ser apresentada em um quadro específico, tal como:

Tabela 1. Linhas de Argumentação do Mapa Cognitivo de um Decisor (Exemplo)

| Cluster   | Linhas de Argumentação | Seqüência de conceitos   |
|-----------|------------------------|--|
| Cluster 1 | A <sub>1</sub>         | C <sub>11</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>   |
| Cluster 2 | A <sub>2</sub>         | C <sub>7</sub> → C <sub>1</sub> → C <sub>8</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>  |
|           | A <sub>3</sub>         | C <sub>21</sub> → C <sub>31</sub> → C <sub>1</sub> → C <sub>8</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>                                       |
|           | A <sub>4</sub>         | C <sub>20</sub> → C <sub>31</sub> → C <sub>1</sub> → C <sub>8</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>                                       |
|           | A <sub>5</sub>         | C <sub>24</sub> → C <sub>1</sub> → C <sub>8</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>   |
|           | A <sub>6</sub>         | C <sub>24</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>  |
|           | A <sub>7</sub>         | C <sub>24</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub>   |
|           | A <sub>8</sub>         | C <sub>21</sub> → C <sub>4</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>                                       |
|           | A <sub>9</sub>         | C <sub>21</sub> → C <sub>4</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub>                    |
|           | A <sub>10</sub>        | C <sub>20</sub> → C <sub>4</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>                                       |
|           | A <sub>11</sub>        | C <sub>20</sub> → C <sub>4</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub>                    |
|           | A <sub>12</sub>        | C <sub>16</sub> → C <sub>4</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>                                       |
|           | A <sub>13</sub>        | C <sub>16</sub> → C <sub>4</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub>                    |
|           | A <sub>14</sub>        | C <sub>15</sub> → C <sub>4</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>                                       |
|           | A <sub>15</sub>        | C <sub>15</sub> → C <sub>4</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub>                    |
|           | A <sub>16</sub>        | C <sub>23</sub> → C <sub>31</sub> → C <sub>1</sub> → C <sub>8</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>                                       |
|           | A <sub>17</sub>        | C <sub>32</sub> → C <sub>4</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub>                    |
|           | A <sub>18</sub>        | C <sub>17</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>  |
|           | A <sub>19</sub>        | C <sub>17</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub>                                     |
|           | A <sub>20</sub>        | C <sub>18</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>  |
|           | A <sub>21</sub>        | C <sub>18</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub>                                     |
|           | A <sub>22</sub>        | C <sub>22</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>  |
|           | A <sub>23</sub>        | C <sub>22</sub> → C <sub>12</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub>                                     |
|           | A <sub>24</sub>        | C <sub>14</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>  |
|           | A <sub>25</sub>        | C <sub>14</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub>   |
|           | A <sub>26</sub>        | C <sub>10</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>9</sub> → C <sub>30</sub>  |
|           | A <sub>27</sub>        | C <sub>10</sub> → C <sub>6</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub>   |
|           |                        | A <sub>28</sub>  |
| Cluster 3 | A <sub>29</sub>        | C <sub>28</sub> → C <sub>25</sub> → C <sub>2</sub> → C <sub>19</sub> → C <sub>26</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub> |
|           | A <sub>30</sub>        | C <sub>27</sub> → C <sub>25</sub> → C <sub>2</sub> → C <sub>19</sub> → C <sub>26</sub> → C <sub>13</sub> → C <sub>29</sub> → C <sub>30</sub> |

Fonte: Porath [8].

Essas linhas de argumentação poderão ser indicadas convenientemente em mapas cognitivos separados.

### Passo 2 - Determinação dos ramos do mapa

Os ramos são constituídos por uma ou mais linhas de argumentação que demonstrem preocupações similares sobre o contexto decisional. Trata-se essencialmente de uma análise de conteúdo. Os ramos poderão ser identificados sobre o mapa pelo facilitador juntamente com o decisor por *cluster*.

O quadro a seguir apresenta as relações dos ramos identificados por *cluster*.

Tabela 2. Ramos do Mapa Cognitivo do Decisor (Exemplo)

| Cluster   | Ramo            | Linhas de Argumentos que compõem o Ramo            |
|-----------|-----------------|--|
| Cluster 1 | B <sub>1</sub>  | A <sub>1</sub>                                     |
| Cluster 2 | B <sub>2</sub>  | A <sub>2</sub>                                     |
|           | B <sub>3</sub>  | A <sub>3</sub> , A <sub>8</sub> e A <sub>9</sub>   |
|           | B <sub>4</sub>  | A <sub>4</sub> , A <sub>10</sub> e A <sub>11</sub> |
|           | B <sub>5</sub>  | A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> e A <sub>7</sub>   |
|           | B <sub>6</sub>  | A <sub>12</sub> e A <sub>13</sub>                  |
|           | B <sub>7</sub>  | A <sub>14</sub> e A <sub>15</sub>                  |
|           | B <sub>8</sub>  | A <sub>16</sub>                                    |
|           | B <sub>9</sub>  | A <sub>18</sub> e A <sub>19</sub>                  |
|           | B <sub>10</sub> | A <sub>20</sub> e A <sub>21</sub>                  |
|           | B <sub>11</sub> | A <sub>22</sub> e A <sub>23</sub>                  |
|           | B <sub>12</sub> | A <sub>24</sub> e A <sub>25</sub>                  |
|           | B <sub>13</sub> | A <sub>26</sub> e A <sub>27</sub>                  |
|           | B <sub>14</sub> | A <sub>17</sub> e A <sub>28</sub>                  |
|           | Cluster 3       | B <sub>15</sub>                                    |

Fonte: Porath [8].

A identificação dos ramos sobre a arborescência dos PVF's poderá ser apresentada em mapa específico.

### Passo 3 - Enquadramento dos ramos

Uma vez definidos, os ramos são levados para o cone de Keeney, ramo a ramo, procurando-se identificar o conceito que pode ser explicado inteiramente pelo conjunto de alternativas.

O cone Kenney é constituído de três planos, um que se refere às ações potenciais (L<sub>3</sub>); o segundo, aos PVF's (L<sub>2</sub>) e o terceiro, aos objetivos estratégicos do decisor. O enquadramento consiste em:

- determinar, em cada ramo cognitivo, as linhas onde estão localizados: (i) os conceitos relacionados aos objetivos estratégicos; (ii) os conceitos relativos às ações potenciais;
- localizar, buscando nos sentidos fins-meios e meios-fins do ramo, aqueles conceitos que expressam idéias relacionadas ao candidato a PVF do decisor naquele contexto decisório.

A identificação do PVF no ramo deverá levar em consideração a necessidade do PVF ser: (i) essencial; (ii) controlável. O PVF é considerado controlável se representa um aspecto que é influenciado apenas pelas ações potenciais em questão. O PVF é considerado essencial se representa um aspecto que apresente conseqüências

fundamentais importantes segundo os objetivos estratégicos do decisor. O conceito que pode ser inteiramente explicado pelo conjunto de alternativas passou a ser um candidato a PVF.

O enquadramento dos ramos, identificados ao longo desta estruturação do problema, poderá ser apresentado em forma de fluxograma (anexos) para facilitar a visualização e o entendimento da questão. O enquadramento dos ramos no cone de Keeney permite identificar os candidatos a PVF's de um dado processo de apoio à decisão.

Uma outra boa ferramenta para a visualização e entendimento é a elaboração de um mapa da arborescência dos candidatos a pontos de vista fundamentais.

### 3.2.3 Arborescência de PVF's

Os candidatos a pontos de vista fundamentais constituem a árvore de candidatos a PVFs. Mas para que um conjunto de candidatos a PVFs seja considerado uma família de PVFs e assim poder se construir um modelo multicritério, é necessário que [5]:

- a) se verifique se os candidatos PVFs possuem as propriedades a seguir apresentadas:
  - **Essencial**, deve levar em conta os aspectos que são de fundamental importância para os decisores, segundo seus sistemas de valores;
  - **Controlável**, deve considerar apenas aqueles aspectos relacionados especificamente ao contexto decisório;
  - **Completo**, deve incluir todos os aspectos considerados como fundamentais pelos decisores;
  - **Mensurável**, deve permitir especificar, de modo preciso, a performance das ações potenciais, segundo os aspectos considerados fundamentais pelos decisores;
  - **Operacional**, deve possibilitar coletar as informações requeridas sobre a performance das ações potenciais dentro do tempo disponível e com esforço viável;
  - **Isolável**, deve permitir a análise de um aspecto fundamental de forma independente com relação aos demais aspectos do conjunto;

- **Não-redundante**, não deve levar em conta o mesmo aspecto mais de uma vez;
  - **Conciso**, o número de aspectos considerados deve ser o mínimo necessário para modelar de forma adequada o problema;
  - **Compreensível**, seu significado deve ser claro aos decisores permitindo a geração e comunicação de idéias;
- b) os candidatos a PVFs e conseqüente árvore de candidatos a PVFs sejam validados pelos decisor.

Os resultados da verificação das propriedades dos PVF's identificados no processo de apoio à decisão poderão ser apresentados em uma tabela resumo.

A arborescência dos pontos de vista fundamentais do decisor para o problema objeto à estruturação poderá ser apresentada, convenientemente, em um mapa específico.

### 3.3 CONSTRUÇÃO DOS DESCRITORES

A construção de um modelo multicritério para a avaliação das ações potenciais, segundo os PVF's definidos (eixos de avaliação), requer que para cada PVF seja construído um critério que permita mensurar a performance de cada alternativa (ou ação) em relação ao respectivo PVF. Por sua vez, a construção de um critério passa pela: (i) construção de um descritor e (ii) definição de uma função de valor associada ao descritor.

O descritor, definido como um conjunto de níveis de impacto, serve como base para descrever as possíveis performances das alternativas (ou ações) potenciais em relação a cada PVF. Cada nível representa o impacto de uma alternativa (ou ação) se fosse realizada. Necessita-se saber apenas, em ordem hierárquica, quais são os principais níveis podendo ser apresentados em escala ordinal. Deve-se ter um cuidado especial para não confundir o descritor com a função de valor (critério para Roy [9]). Mediante a construção da função de valor, transforma-se os valores ordinais dos diversos níveis de impacto definidos no descritor em uma escala cardinal.

A identificação do que medir no objetivo esclarece seu sentido podendo contribuir para que novas alternativas desejáveis (ou mesma a óbvia) sejam definidas. Além dessa finalidade, o descritor permite: (i) obter uma melhor compreensão do

problema; (ii) classificar o PVF; (iii) construir escalas de preferência locais (funções de valor); (iv) melhorar a comunicação entre os decisores e também com o facilitador. Na construção do descritor, deve-se perguntar ao decisor o que significam as palavras dos conceitos que definiu nas etapas anteriores. Os descritores podem ser, além de naturais, construídos e indiretos, também, quantitativos ou qualitativos. Enquanto os descritores quantitativos só utilizam números, os qualitativos utilizam números e descrições [5].

O descritor natural apresenta um conjunto de níveis de impactos naturalmente associado ao PVF. O julgamento de valor envolvido no descritor natural (muitas vezes óbvio) deve ser bem entendido para poder verificar se não induz a uma avaliação dos impactos não desejada pelo decisor, ou seja, se está ou não fora de seu quadro de referência mental. Esses descritores podem ser usados repetidamente em muitos contextos decisoriais.

Na ausência de descritores naturais, o facilitador deverá iniciar a construção de descritores denominados de descritores construídos ou diretos. Esses descritores são específicos para cada situação e descrevem o PVF através de seus elementos explicativos. Os descritores indiretos não descrevem o PVF diretamente, mas servem de indicador para medir a performance das possíveis alternativas em relação a um dado PVF de uma forma indireta, como por exemplo, o tempo de viagem para avaliar o PVF “distância a um local”.

A descrição de cada nível de impacto deve: (i) ser inteligível; (ii) ter igual interpretação para todos os decisores.

Enquanto os descritores naturais e indiretos são obtidos diretamente ao longo do processo, os descritores construídos são obtidos seguindo-se os seguintes passos:

- a) identificar os PVE's (pontos de vista elementares);
- b) identificar os possíveis estados dos PVE's;
- c) identificar as combinações possíveis;
- d) hierarquizar as possíveis combinações (níveis);
- e) descrever os níveis do descritor identificando níveis de igual preferência para cada PVF (o que é o bom e o neutro).

Nesse processo de construção dos descritores, os PVE's são conceitos que explicam os PVF's e não meios para alcançá-los. Os PVE's são os aspectos que o decisor leva em consideração para avaliar um dado PVF.

A construção do descritor exige a manifestação do juízo de valor do decisor para que fosse indicada qual é para ele a ordem de importância dos PVE's.

Os descritores são apresentados, sempre que possível, com escala contínua de valores. A utilização de escala com intervalos, com limites abertos ou ainda descritores descritivos dificultariam a correta medição das performances das alternativas potenciais.

Os descritores diretos ou naturais são os mais indicados para a mensuração dos impactos das alternativas, mas na sua ausência, os descritores construídos permitiram obter uma boa avaliação dos impactos relacionados a um dado PVF. Esses descritores são mais suscetíveis a problemas de inteligibilidade e operacionalidade que os descritores indiretos. Os descritores indiretos aumentam o risco de redundância e erros de significação, mas também são os mais fáceis para serem definidos.

Por último, os descritores foram ainda analisados quanto à mensurabilidade, operacionalidade e inteligibilidade. O resumo da análise processada poderá ser apresentado em tabelas específicas.

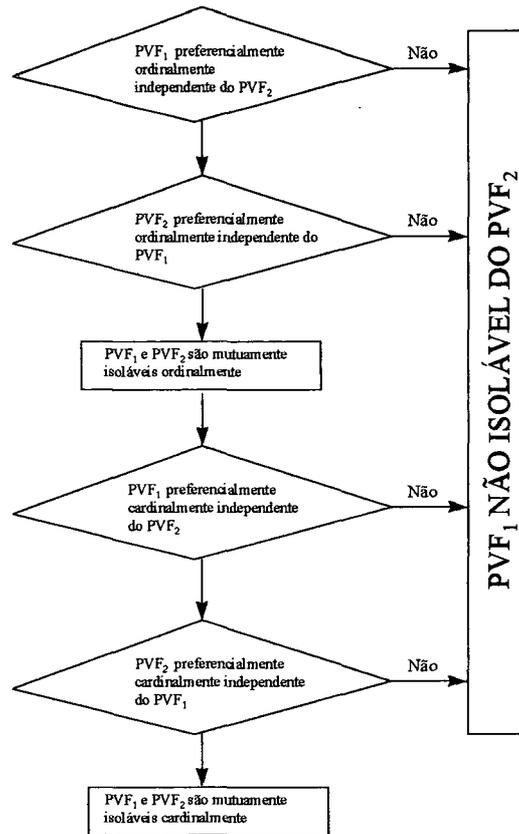
Os descritores relativos a cada um dos PVF's são, normalmente, apresentados com detalhes em documentos anexos.

### 3.4 VERIFICAÇÃO DA INDEPENDÊNCIA PREFERENCIAL

Uma das propriedades que devem ser obedecidas por uma família de PVF's é a isolabilidade, ou seja, que as ações possam ser avaliadas em cada PVF isoladamente dos demais [5].

Para a verificação da independência preferencial dos PVF's, verifica-se através de comparações par a par, se os PVF's apresentam a independência preferencial ordinal e a cardinal. O gráfico a seguir apresenta o fluxograma dos testes de independência preferencial.

#### *Fluxograma dos Testes de Independência Preferencial*



Fonte: ENSSLIN [5]

Através do teste da independência preferencial ordinal, verifica-se se a ordem da preferência entre duas ações em um PVF permanece constante independentemente dos impactos dessas ações nas demais PVF's.

Ao se confirmar essa independência para todos os pares de PVF's, pode-se: (i) medir a performance de uma ação em um determinado PVF, independentemente da sua performance nos outros PVF's; (ii) determinar a performance global de uma ação através de modelos aditivos. Se os PVF's forem preferencialmente independentes, pode-se estabelecer para cada um dos critérios uma taxa de substituição que permitirá transformar as performances locais da ação (em cada PVF) em uma performance global [5].

#### 4. FASE DE AVALIAÇÃO

Na *fase de avaliação são*, fundamentalmente: (i) construídos os modelos de preferências locais; (ii) identificados os perfis das ações; (iii) geradas ações, visando o

aperfeiçoamento ou a elaboração de novas alternativas; (iii) definido o modelo de avaliação global.

#### 4.1 DETERMINAÇÃO DAS FUNÇÕES DE VALOR

As funções de valor, como representações matemáticas de julgamentos humanos, oferecem uma descrição analítica dos sistemas de valor dos indivíduos envolvidos no processo decisório. Elas objetivam representar numericamente os componentes de julgamento dos atores envolvidos na avaliação das ações. Nos termos da visão construtivista empregada não existe uma função de valor única ou a “melhor” função de valor associada a um dado descritor [9].

As metodologias multicritérios em apoio à decisão utilizam, na sua maioria, os três tipos de escalas, a ordinal, a de intervalos e a de razões. A adoção da escala de intervalos também pode ser justificada pelo fato de não existir um zero fixo e, sim, arbitrário (correspondendo ao nível abaixo do qual o decisor julga que o desempenho naquela dimensão passa a comprometer) na escala que representa a função de valor do decisor [9].

Com esse procedimento, a função de valor deve ser construída com o objetivo de representar o juízo de valor do decisor com relação a diferença de atratividade entre os diversos níveis de um descritor.

Com o uso de escala de intervalos, jamais poder-se-á afirmar que uma determinada ação é  $n$  vezes melhor (ou pior) do que outra e, sim, que a diferença de atratividade entre a ação “a” e a “b” é  $n$  vezes maior (ou menor) que a diferença de atratividade entre a ação “a” e a “c”.

Mesmo tendo conhecimento de que outros métodos para a construção de funções de valor, como o “Direct Rating” e o da “Bisseção”, são muito utilizados, dado a sua simplicidade de uso, o uso de método MACBETH (Measuring Attractiveness by Categorical Based Evaluation Technique) poderá ser apropriada.

Nesse método, as funções de valor são encontradas através de comparações par a par da diferença de atratividade entre ações potenciais reais (níveis dos descritores). Como as informações obtidas do decisor são qualitativas, modelos de programação linear determinam o conjunto de funções de valor que melhor representam as preferências por ele reveladas.

A função de valor pelo Método MACBETH pode ser obtido seguindo-se o seguinte procedimento:

- a) determinação da matriz semântica;
- b) determinação de uma escala numérica pelo software MACBETH;
- c) validação da escala de MACBETH pelo decisor.

A matriz semântica é determinada a partir de questionamentos ao decisor para que expresse verbalmente a diferença de atratividade entre dois estímulos, **a** e **b** (com **a** mais atrativo que **b**), escolhendo uma das categorias semânticas:

**C<sub>0</sub> - nenhuma diferença de atratividade (indiferença);**

**C<sub>1</sub> - diferença de atratividade muito fraca;**

**C<sub>2</sub> - diferença de atratividade fraca;**

**C<sub>3</sub> - diferença de atratividade moderada;**

**C<sub>4</sub> - diferença de atratividade forte;**

**C<sub>5</sub> - diferença de atratividade muito forte;**

**C<sub>6</sub> - diferença de atratividade extrema.**

Fundamentalmente, pergunta-se ao decisor: “dado os impactos  $i_j$  (**a**) e  $i_j$  (**b**) dessas ações segundo um ponto de vista fundamental PVF<sub>j</sub> sendo (**a**) julgada mais atrativa (localmente) que (**b**) qual é a diferença de atratividade entre duas ações potenciais **a** e **b**”? As informações obtidas permitirão construir a matriz semântica para cada PVF.

Com base nas informações da matriz semântica, o método MACBETH propõe uma escala numérica que satisfaz (se possível) as seguintes regras de mensuração [3]:

Regra 1:

Para todo  $x, y \in S$ :  $v(x) > v(y)$

se e somente se **x** for mais atrativo que **y**;

Regra 2:

Para todo  $k, k' \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  com  $k \neq k'$ , para todo  $x, y \in C_k$  e para todo  $w, z \in C_{k'}$ :

$v(x) - v(y) > v(w) - v(z)$  se e somente se  $k > k'$ .

onde:

$x, y, w$  e  $z$ : ações potenciais;

$S$ : conjunto das ações potenciais viáveis;

$v(x)$ : atratividade da ação  $x$ ;

$k, k'$ : números associados às categorias semânticas do método MACBETH;

$C_k, C_{k'}$ : categorias semânticas do método MACBETH.

A consistência de todos os juízos de valor do decisor é assegurada quando na matriz de julgamentos semânticos, um valor cresce na linha da esquerda para direita ou decresce na coluna de cima para baixo. A escala numérica de função de valor encontrada pelo software MACBETH e, a seguir, submetida ao decisor para validação.

Uma vez validada, a função de valor definida e associada ao descritor pertinente resulta na construção do critério de avaliação para um dado PVF. Assim, o critério é definido como sendo uma variável real que permite expressar matematicamente um ponto de vista fundamental [9].

#### *Transformação da escala (Bom e Neutro)*

Com as escalas das funções de valor validadas, fixa-se o valor da escala referente ao nível NEUTRO de cada critério no valor 0 e a do nível BOM em 100. Tal procedimento é necessário pois as taxas de substituição (ou pesos dos critérios) são calculadas levando em consideração o intervalo de variação entre a opção (ação) mais preferida e a menos preferida em cada critério. É claro que essa transformação linear não altera a significância da escala. Embora os números das duas escalas sejam diferentes, elas representam da mesma forma o juízo de valor do decisor e, conseqüentemente, a sua função de valor para o critério em questão. É claro que esta transformação só é possível se forem usadas escalas de intervalos, onde os intervalos, ou seja, as diferenças entre os pontos da escala têm significado.

Para se efetuar essa conversão, é usada a transformação linear do tipo  $\alpha.r+\beta$ , onde  $r$  é a escala de intervalos original. A operação pode ser processada através do software MACBETH.

As matrizes semânticas dos PVF's, bem como as respectivas funções de valor poderão ser apresentadas separadamente.

## 4.2 DETERMINAÇÃO DAS TAXAS DE SUBSTITUIÇÃO (PESOS)

A taxa de substituição de um critério de avaliação define a importância relativa desse critério no modelo de avaliação como um todo. No modelo de agregação aditiva frequentemente utilizado, um pressuposto básico é que as taxas de substituição sejam constantes. Essas taxas são fatores de escala que modulam a contribuição de cada função de valor (de cada critério) no valor global do perfil de uma ação.

Mesmo tendo-se conhecimento de outros métodos para a determinação de taxas de substituição, tais como o TRADE-OFF e o SWING WEIGHTS, é frequente a utilização do método de MACBETH. O método é semelhante ao utilizado para determinar as funções de valor.

As taxas de substituição são obtidas com a utilização do software MACBETH com o seguinte procedimento:

### *Passo 1: Obtenção da Matriz de Ordenação dos Critérios*

Refere-se a uma prévia ordenação dos critérios em função da preferência expressa pelo decisor determinando-se inicialmente qual é o critério mais preferível, depois o segundo e assim por diante. Para tal, o decisor pode ser questionado da seguinte forma: Dado uma ação A que tenha um impacto no nível bom no critério 1 e no nível neutro no critério 2 e uma ação B com um impacto no nível neutro no critério 1 e no nível bom no critério 2, qual delas é preferível, a ação A ou a B?

As respostas do decisor de cada uma das comparações realizadas entre os critérios são inseridas em uma matriz de ordenação. Se a resposta for positiva, o número 1 é inserido na célula do cruzamento da linha do critério 1 com a coluna do critério 2, e o número 0 é inserido na célula do cruzamento da linha do critério 2 com a coluna do critério 1. O mesmo procedimento é efetuado para todas as demais comparações. No caso de “indiferença” do decisor entre dois critérios, verifica-se o confronto direto anterior; mantendo-se o empate, insere-se o número 0,5 para as duas células.

A seguir, os algarismos das linhas (por critérios) são somados. A ordenação dos critérios se dá em função do número obtido para cada critério. O maior número indica que o critério é o mais preferível. A ordenação dos critérios é efetuada do mais preferível para o menos preferível. O quadro a seguir apresenta um exemplo de uma matriz de ordenação dos PVF's:

*Exemplo de uma Hierarquização dos PVF's (Método de Roberts)*

| PVF | 1   | 2 | 3   | 4   | 5   | 6 | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | Soma        | Ordenação  |
|-----|-----|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|------------|
| 1   |     | 1 | 1   | 1/2 | 0   | 1 | 0   | 0   | 1   | 1   | 1/2 | 1/2 | 1   | 1/2 | 0   | <b>8,0</b>  | <b>6°</b>  |
| 2   | 0   |   | 1   | 1   | 1   | 1 | 0   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | <b>11,0</b> | <b>3°</b>  |
| 3   | 0   | 0 |     | 1/2 | 0   | 1 | 0   | 1/2 | 1   | 1/2 | 1/2 | 0   | 1   | 0   | 0   | <b>5,0</b>  | <b>11°</b> |
| 4   | 1/2 | 0 | 1/2 |     | 0   | 1 | 1/2 | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1/2 | 1/2 | 1/2 | <b>9,0</b>  | <b>5°</b>  |
| 5   | 1   | 0 | 1   | 1   |     | 1 | 1/2 | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1/2 | 1/2 | <b>11,5</b> | <b>2°</b>  |
| 6   | 0   | 0 | 0   | 0   | 0   |   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | <b>1,0</b>  | <b>15°</b> |
| 7   | 1   | 1 | 1   | 1/2 | 1/2 | 1 |     | 1   | 1   | 1   | 1/2 | 1/2 | 1   | 1/2 | 0   | <b>10,5</b> | <b>4°</b>  |
| 8   | 1   | 0 | 1/2 | 0   | 0   | 1 | 0   |     | 1   | 1   | 1/2 | 1/2 | 1   | 1/2 | 0   | <b>7,0</b>  | <b>10°</b> |
| 9   | 0   | 0 | 0   | 0   | 0   | 1 | 0   | 0   |     | 1/2 | 0   | 0   | 1/2 | 1   | 0   | <b>3,0</b>  | <b>12°</b> |
| 10  | 0   | 0 | 1/2 | 0   | 0   | 1 | 0   | 0   | 1/2 |     | 0   | 0   | 1/2 | 0   | 0   | <b>2,5</b>  | <b>13°</b> |
| 11  | 1/2 | 0 | 1/2 | 0   | 0   | 1 | 1/2 | 1/2 | 1   | 1   |     | 1/2 | 1   | 1/2 | 0   | <b>7,0</b>  | <b>9°</b>  |
| 12  | 1/2 | 0 | 1   | 0   | 0   | 1 | 1/2 | 1/2 | 1   | 1   | 1/2 |     | 1   | 1/2 | 0   | <b>7,5</b>  | <b>8°</b>  |
| 13  | 0   | 0 | 0   | 1/2 | 0   | 0 | 0   | 0   | 1/2 | 1/2 | 0   | 0   |     | 0   | 0   | <b>1,5</b>  | <b>14°</b> |
| 14  | 1/2 | 0 | 1   | 1/2 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1/2 | 0   | 1   | 1/2 | 1/2 | 1   |     | 0   | <b>7,5</b>  | <b>7°</b>  |
| 15  | 1   | 1 | 1   | 1/2 | 1/2 | 1 | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |     | <b>13,0</b> | <b>1°</b>  |

Fonte: PORATH [8].

**Passo 2: Determinação da Matriz Semântica das Ações**

Nessa etapa, é solicitado ao decisor fazer um julgamento semântico entre as ações. Ao decisor é questionado: “Dada uma ação A que tenha um impacto no nível bom no critério<sub>1</sub> e no nível neutro no critério<sub>2</sub> e uma ação B com um impacto no nível neutro no critério<sub>1</sub> e no nível bom no critério<sub>2</sub> e sabendo que a ação A é melhor que a B, qual é a diferença de atratividade quando se troca a ação A pela B”:

**C0 - nenhuma**

**C1 - muito fraca**

**C2 - fraca**

**C3 - moderada**

**C4 - forte**

**C5 - muito forte**

**C6 - extrema**

As respostas do decisor são inseridas nos respectivas células com os caracteres alfanuméricos 0 a 6 conforme as categorias semânticas indicadas.

A única diferença dessa matriz para aquela construída para determinar as funções de valor é a introdução de uma ação de referência A<sub>0</sub> que possui todos os impactos no nível neutro. A ação A<sub>0</sub> permitiu identificar a importância relativa do critério menos

preferível, caso contrário a sua importância relativa seria nula. O quadro a seguir apresenta um exemplo de uma a matriz semântica das ações/critérios:

*Exemplo de uma Matriz Semântica das Ações:*

| PVF | 15 | 5 | 2 | 7 | 3 | 1 | 14 | 11 | 8 | 4 | 9 | 10 | 13 | 6 | Ao | Escala Macbeth | Hierarquia |
|-----|----|---|---|---|---|---|----|----|---|---|---|----|----|---|----|----------------|------------|
| 15  |    | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 4  | 4 | 4 | 5 | 5  | 5  | 5 | 6  | 100            | 01°        |
| 5   |    |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3 | 3 | 3 | 4  | 4  | 4 | 4  | 59             | 02°        |
| 2   |    |   |   | 2 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3 | 3 | 3 | 3  | 4  | 4 | 4  | 50             | 03°        |
| 7   |    |   |   |   | 3 | 3 | 3  | 3  | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3 | 4  | 47             | 04°        |
| 3   |    |   |   |   |   | 2 | 2  | 3  | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3 | 3  | 38             | 05°        |
| 1   |    |   |   |   |   |   | 2  | 3  | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3 | 3  | 36             | 06°        |
| 14  |    |   |   |   |   |   |    | 3  | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3 | 3  | 34             | 07°        |
| 11  |    |   |   |   |   |   |    |    | 2 | 2 | 2 | 2  | 3  | 3 | 3  | 25             | 08°        |
| 8   |    |   |   |   |   |   |    |    |   | 2 | 2 | 2  | 3  | 3 | 3  | 23             | 09°        |
| 4   |    |   |   |   |   |   |    |    |   |   | 2 | 2  | 3  | 3 | 3  | 22             | 10°        |
| 9   |    |   |   |   |   |   |    |    |   |   |   | 2  | 3  | 3 | 3  | 20             | 11°        |
| 10  |    |   |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    | 2  | 2 | 3  | 16             | 12°        |
| 13  |    |   |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |    | 2 | 3  | 9              | 13°        |
| 6   |    |   |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |    |   | 2  | 8              | 14°        |
| Ao  |    |   |   |   |   |   |    |    |   |   |   |    |    |   |    | -              | 15°        |

Fonte: PORATH [8].

De posse dessa matriz, calcula-se, por exemplo com o software MACBETH, as taxas de substituição (pesos) dos critérios. As taxas SÃO adotadas apenas após a sua validação pelo decisor.

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO GERAL DE VALOR DO MODELO DE AVALIAÇÃO.

A fórmula freqüentemente adotada para a determinação da equação geral é a da agregação aditiva. Este procedimento visa transformar as unidades de atratividade locais (medida nos critérios) em unidades de atratividade global e, ao final, obter uma pontuação única para cada uma das alternativas de solução.

A partir da equação genérica da agregação aditiva,

$$V(a_j) = \sum_i^n w_i \cdot v_i(a_j)$$

Onde:

$V(a_j)$  - Valor Global da ação  $a_j$ ;

$w_i$  - peso (ou taxa de substituição) dos critérios  $i$ ;

$v_i(a_j)$  - Valor parcial da ação  $a_j$  no critério  $i$ ;

$n$  = número de critérios,

E da adoção das escalas das funções de valor e as taxas de substituição validadas pelo decisor para cada critério poderá ser obtida a fórmula geral do modelo de avaliação das ações ( $a_j$ ) do objeto do estudo. Veja um exemplo extraído de um estudo realizado pelo autor [8]:

$$\begin{aligned}
 V(a_j) = & 0,07x \begin{bmatrix} 116 \\ 100 \\ 84 \\ 64 \\ 39 \\ 0 \\ -39 \\ -84 \end{bmatrix} + 0,10x \begin{bmatrix} 165 \\ 100 \\ 0 \\ -9 \end{bmatrix} + 0,07x \begin{bmatrix} 150 \\ 100 \\ 50 \\ 0 \\ -125 \end{bmatrix} + 0,11x \begin{bmatrix} 128 \\ 100 \\ 43 \\ 0 \\ -100 \\ -157 \end{bmatrix} + 0,04x \begin{bmatrix} 110 \\ 100 \\ 90 \\ 70 \\ 20 \\ 0 \\ -30 \\ -80 \end{bmatrix} \\
 & + 0,02x \begin{bmatrix} 200 \\ 100 \\ 0 \\ -250 \end{bmatrix} + 0,09x \begin{bmatrix} 200 \\ 100 \\ 0 \\ -300 \end{bmatrix} + 0,04x \begin{bmatrix} 200 \\ 100 \\ 0 \\ -250 \end{bmatrix} + 0,04x \begin{bmatrix} 167 \\ 100 \\ 0 \\ -133 \end{bmatrix} + 0,03x \begin{bmatrix} 133 \\ 100 \\ 50 \\ 0 \\ -33 \end{bmatrix} + \\
 & + 0,05x \begin{bmatrix} 110 \\ 100 \\ 90 \\ 60 \\ 30 \\ 0 \\ -10 \\ -40 \end{bmatrix} + 0,07x \begin{bmatrix} 250 \\ 100 \\ 0 \\ -150 \end{bmatrix} + 0,02x \begin{bmatrix} 171 \\ 100 \\ 29 \\ 0 \\ -57 \\ 114 \end{bmatrix} + 0,07x \begin{bmatrix} 200 \\ 100 \\ 0 \\ -100 \end{bmatrix} + 0,19x \begin{bmatrix} 167 \\ 100 \\ 0 \\ -133 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

#### 4.4 DETERMINAÇÃO DA MATRIZ DE IMPACTOS DAS ALTERNATIVAS.

O exemplo da matriz abaixo apresenta os impactos das alternativas analisadas em um estudo realizado pelo autor [8] para solucionar a problemática em questão. Os impactos são extraídos conjuntamente com o decisor dos projetos das alternativas dos empreendimentos imobiliários em estudo.

*Exemplo de uma Matriz dos Impactos de Alternativas Estudadas*

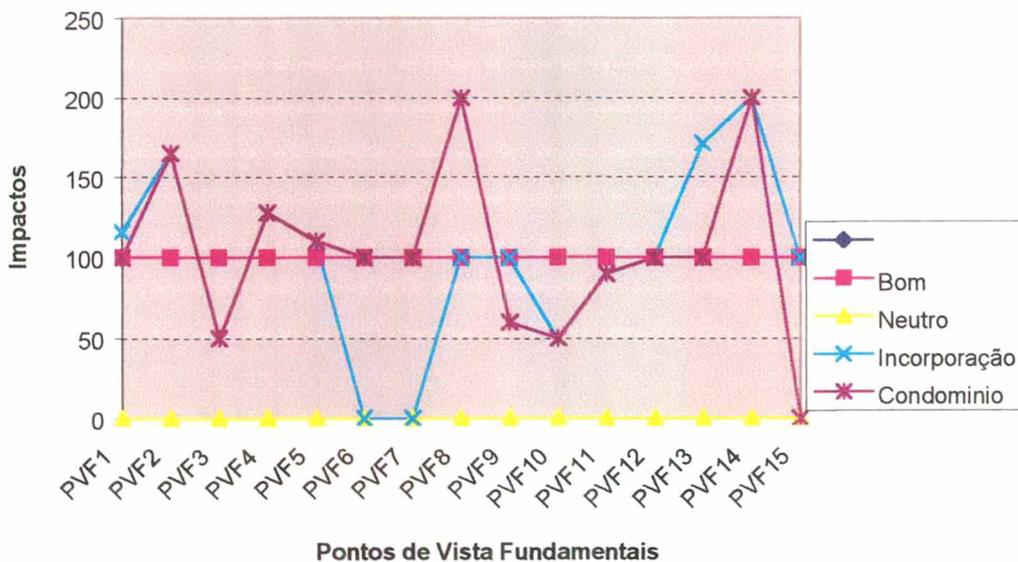
| PVF | Pontos de Vista | Níveis de Impacto   |        |              |            | Pesos |
|-----|-----------------|---------------------|--------|--------------|------------|-------|
|     |                 | Bom                 | Neutro | Incorporação | Condomínio |       |
| 1   | <i>PVF1</i>     | 100                 | 0      | 116          | 100        | 0,07  |
| 2   | <i>PVF2</i>     | 100                 | 0      | 165          | 165        | 0,10  |
| 3   | <i>PVF3</i>     | 100                 | 0      | 50           | 50         | 0,07  |
| 4   | <i>PVF4</i>     | 100                 | 0      | 128          | 128        | 0,11  |
| 5   | <i>PVF5</i>     | 100                 | 0      | 110          | 110        | 0,04  |
| 6   | <i>PVF6</i>     | 100                 | 0      | 0            | 100        | 0,02  |
| 7   | <i>PVF7</i>     | 100                 | 0      | 0            | 100        | 0,09  |
| 8   | <i>PVF8</i>     | 100                 | 0      | 100          | 200        | 0,04  |
| 9   | <i>PVF9</i>     | 100                 | 0      | 100          | 60         | 0,04  |
| 10  | <i>PVF10</i>    | 100                 | 0      | 50           | 50         | 0,03  |
| 11  | <i>PVF11</i>    | 100                 | 0      | 90           | 90         | 0,05  |
| 12  | <i>PVF12</i>    | 100                 | 0      | 100          | 100        | 0,07  |
| 13  | <i>PVF13</i>    | 100                 | 0      | 171          | 100        | 0,02  |
| 14  | <i>PVF14</i>    | 100                 | 0      | 200          | 200        | 0,06  |
| 15  | <i>PVF15</i>    | 100                 | 0      | 100          | 0          | 0,19  |
|     |                 | <i>Valor Global</i> |        | <i>102</i>   | <i>94</i>  |       |

Fonte: PORATH [8].

#### 4.5 DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE IMPACTO DAS ALTERNATIVAS.

A performance das alternativas estudadas pelo autor em [8] pode ser melhor visualizada através de um gráfico, como esse apresentado a seguir, que indica de forma clara o perfil dos impactos de cada uma dessas ações potenciais.

### Perfil dos Impactos das Alternativas



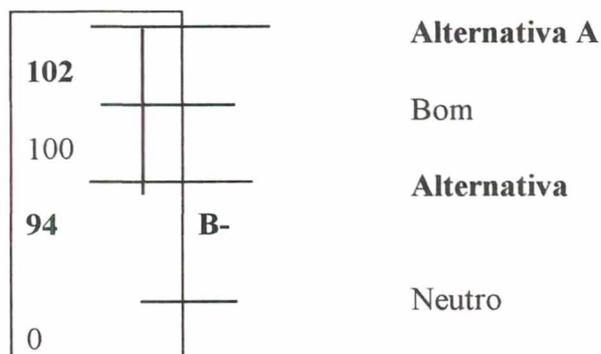
Fonte: PORATH [8].

O perfil de impacto das alternativas indicando os valores máximo e mínimo de cada critério permite identificar quais os critérios que mais contribuem para o desempenho global de cada alternativa, assim como em quais critérios cada uma das alternativas obteve a pior performance.

#### 4.6 AVALIAÇÃO GLOBAL DAS AÇÕES.

A atratividade global das alternativas estudadas poderá ser indicada em um quadro e gráfico conforme modelo apresentado a seguir:

| Alternativa | Valor Global |
|-------------|--------------|
| A -         | 102          |
| B -         | 94           |



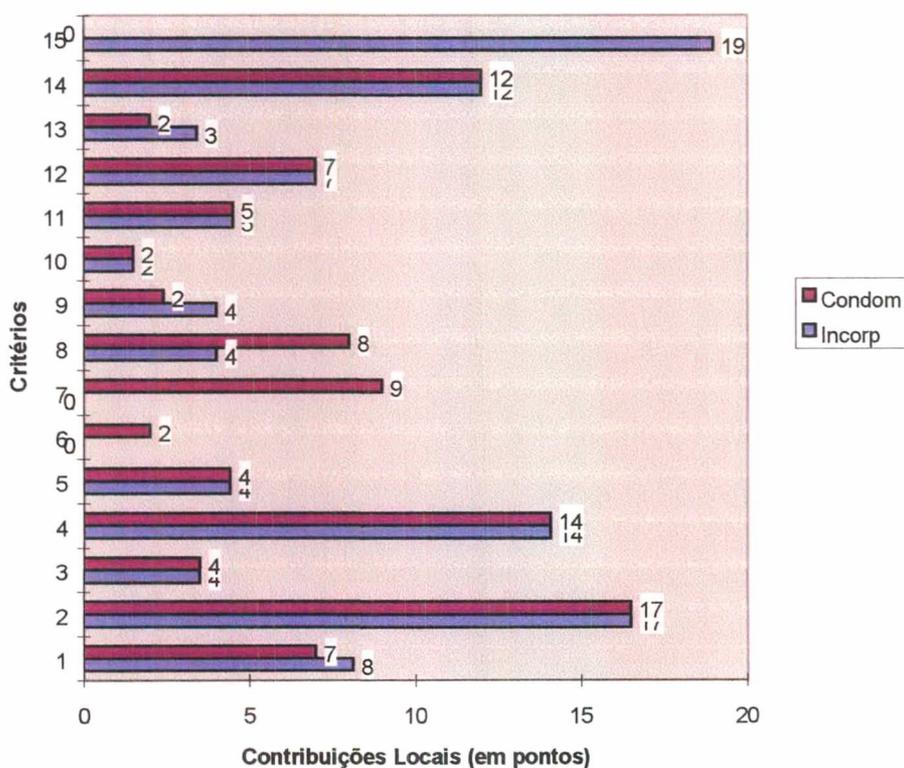
Fonte: PORATH [8]

O quadro a seguir apresenta os resultados por área de interesse do decisor, bem como o valor global das alternativas estudadas.

| The Root Node       |            |            |           |          |            |              |
|---------------------|------------|------------|-----------|----------|------------|--------------|
| Add                 |            |            |           |          |            |              |
| ROOT Data Breakdown |            |            |           |          |            |              |
| BRANCH              | Wt         | Condom     |           | Bom      |            | CumW         |
|                     |            | Incorp     | Neutro    | Incorp   | Neutro     |              |
| Des Profis          | 7          | 116        | 100       | 0        | 100        | 7.0          |
| E+Qual Proj         | 74         | 101        | 117       | 0        | 100        | 74.0         |
| Economia            | 19         | 100        | 0         | 0        | 100        | 19.0         |
| <b>TOTAL</b>        | <b>100</b> | <b>102</b> | <b>94</b> | <b>0</b> | <b>100</b> | <b>100.0</b> |

Fonte: PORATH [8].

**Gráfico das Contribuições Locais dos Critérios**



Fonte: PORATH [8].

As contribuições locais para o valor global das alternativas estudadas poderão ser apresentadas apropriadamente em gráficos, como por exemplo, esse da figura anterior.

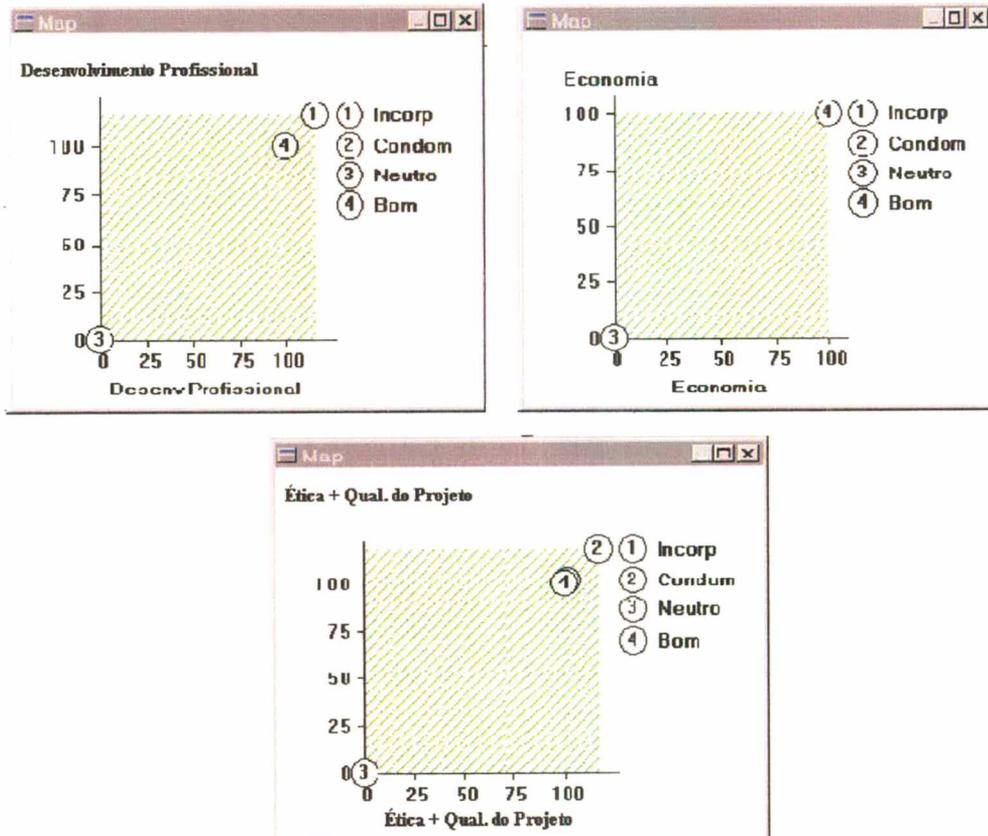
Por outro lado, a maior diferença entre as contribuições locais das alternativas estudadas pode ser observada em quadros conforme modelo apresentado a seguir.

| Incorp vs Condom |              |       |      |       |        |            |
|------------------|--------------|-------|------|-------|--------|------------|
| MDL              | ORDEI        | CUMW  | DIFF | WTE   | SUM    |            |
| Economia         | Total L Aufe | 19.0  | 100  | 19.00 | 19.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Sis Esqoto   | 11.0  | 0    | 0.00  | 30.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Planej Inteq | 10.0  | 0    | 0.00  | 40.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Orient Solar | 9.0   | -100 | -9.00 | 49.00  | ██████████ |
| Des Profis       | Know-how     | 7.0   | 16   | 1.12  | 56.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Qual Acaba   | 7.0   | 0    | 0.00  | 63.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Coleta Lixo  | 7.0   | 0    | 0.00  | 70.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Confort UR   | 6.0   | 0    | 0.00  | 76.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Aces Viária  | 5.0   | 0    | 0.00  | 81.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Dens Dem L   | 4.0   | -100 | -4.00 | 85.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Qual Vista E | 4.0   | 40   | 1.60  | 89.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Inteq M A L  | 4.0   | 0    | 0.00  | 93.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Área Lazer   | 3.0   | 0    | 0.00  | 96.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Prot Vento   | 2.0   | -100 | -2.00 | 98.00  | ██████████ |
| E+Qual Proj      | Dis Comuni   | 2.0   | 71   | 1.42  | 100.00 | ██████████ |
|                  |              | 100.0 |      | 8.14  |        |            |

Fonte: PORATH [8].

#### 4.7 A ANÁLISE DE DOMINÂNCIA

A dominância de uma alternativa em relação a outra poderá ser identificada com o auxílio dos seguintes gráficos.



Fonte: PORATH [8].

#### 4.8 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.

O modelo de avaliação obtido contém simplificações, omissões e distorções que introduzem uma série de imprecisões em cada uma das distintas etapas de sua elaboração. Sabe-se, também, que as representações numéricas usadas nesse modelo de apoio à decisão são, em sua maioria, apenas valores aproximados e não quantidades exatas. O modelo elaborado, portanto, não será uma descrição exata do problema estudado.

Assim com o objetivo de se criar uma base sólida para a tomada de decisão, dever-se-á proceder uma análise de sensibilidade do modelo visando verificar qual é a variação global das alternativas se alguns dos fatores que o constituem forem alterados. Um dos parâmetros do modelo que pode exercer maior influência sobre o resultado final da avaliação é o peso dos critérios.

Uma análise de sensibilidade poderá ser realizada para dado estudo verificando-se a estabilidade do resultado final com a variação do valor dos pesos (taxas de substituição). A análise poderá ser realizada com o auxílio do software HIVIEW [4].

### 5. FASE DE ELABORAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES

#### 5.1 AÇÕES DE APERFEIÇOAMENTO E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento dos estudos deverá permitir ao facilitador e ao decisor agregar conhecimentos para: (i) aperfeiçoar a alternativa que obteve o maior valor global de desempenho; (ii) sugerir aos decisores elaborar novas alternativas para solucionar o problema em estudo.

#### 5.2 OBSERVAÇÕES FINAIS

Esse ferramental metodológico contribui de forma significativa não apenas para uma melhor compreensão do problema estudado, mas também para aperfeiçoar as

alternativas a serem estudadas pelo decisor e para gerar novas ações visando alcançar os seus objetivos e valores.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ESPECÍFICAS**

- [1] COSTA, C. A. B. e FERNANDES, P. A. Concepção de Uma “Boa” Alternativa de Ligação Ferroviária ao Porto de Lisboa: Uma Aplicação da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão e a Negociação, Lisboa, 1994: vol 14, p 115-131.
- [2] COSTA, C. A. B. e FERNANDES, P. A. The Case of the Second Bridge Across the River Tagus: Wich points of view were favoured with the decision taken?, Lisboa, 1994.
- [3] COSTA, C. A. B. e VANSNICK, J.-C. General Overview of the MACBETH Approach.
- [4] ENSSLIN, L. e NORONHA, S. M.D. Uma Visão Geral do Software HIVIEW, Florianópolis, 1999.
- [5] ENSSLIN, L. et al. Apostila Metodologias Multicritérios em Apoio à Decisão. Florianópolis, Lab. MCDA, 1999.
- [6] ENSSLIN, L. et al. Structuring a Real-World MCDA Application, Florianópolis, Lab MCDA/UFSC.
- [7] KEENEY, R.L.. Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making, London, Harvard University Press, 1992.
- [8] PORATH, R. Identificação de um Empreendimento Imobiliário a ser construído em Área Particular no Campeche: Uma Aplicação da metodologia MCDA. Trabalho Final da Disciplina Introdução a Multicritérios de Apoio à Decisão do PPGED. Florianópolis, 1999.
- [9] ROY, B. Multicriteria Methodology for Decision Aiding. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1996: Chapter 1 e 2.

## APÊNDICE 4 - METODOLOGIAS HDM

### 1. ANTECEDENTES

O HDM-4 (Highway Development & Management) é um software desenvolvido sob a coordenação da Secretaria Técnica da ISOHDM (International Development and Management Tools) na Universidade de Birmingham/Inglaterra, sendo financiado pelo BIRD, BDA, DFID/UK, SNRA e outros. Os produtos HDM-4 são publicados pelo PIARC/Paris e BIRD/Washington DC [4, 5].

Esse ferramental de planejamento visa, principalmente, realizar avaliações técnico-econômicas de projetos rodoviários, preparar programas de investimentos rodoviários e analisar estratégias de intervenção em uma rede de rodovias.

O primeiro modelo de avaliação de projetos do Banco Mundial foi desenvolvido, em 1968, baseado nos termos de referência elaborados pelo BIRD, TRRL e LCPC. O segundo modelo, denominado HCM (Highway Cost Model), foi produzido pelo MIT em 1972, tendo por base os conhecimentos até então adquiridos e os resultados das novas pesquisas de campo. Novo financiamento para o desenvolvimento do Banco Mundial resultou na primeira versão do HDM (Highway Design and Maintenance Standards) Model em 1976. Os resultados das pesquisas realizados nos anos 80, no Caribe, Índia e Brasil (GEIPOT) permitiram o desenvolvimento de uma versão mais abrangente do sistema denominado HDM-III, operado, no entanto, apenas em computadores *mainframe*. Em 1989, o Banco Mundial desenvolveu a versão HDM-PC para micro-computadores na qual foram incorporados, em 1995, os efeitos dos congestionamentos de tráfego (HDM-Q) e as interfaces mais amigáveis para os usuários culminando com a versão HDM – Manager [3].

Essas versões permitiram ao usuário analisar os custos totais de transporte de distintas intervenções rodoviárias (de melhoramento) e padrões de manutenção. Através de metodologias de avaliação econômica para o período da vida útil da rodovia, otimizar a aplicação dos investimentos a realizar. Utilizando relações empíricas para prever a evolução da deterioração do pavimento e dos efeitos da manutenção, o modelo calcula os custos anuais rodoviários de construção, manutenção, custos operacionais e tempos de viagem. Os custos dos acidentes e outros impactos puderam ser inseridos à avaliação econômica de forma exógena [1]. O modelo foi usado amplamente nos países

em desenvolvimento nas avaliações de intervenções em rodovias específicas, nas análises de investimentos em redes rodoviárias nacionais ou regionais (análise estratégica de rede) e na definição e avaliação de políticas de manutenção.

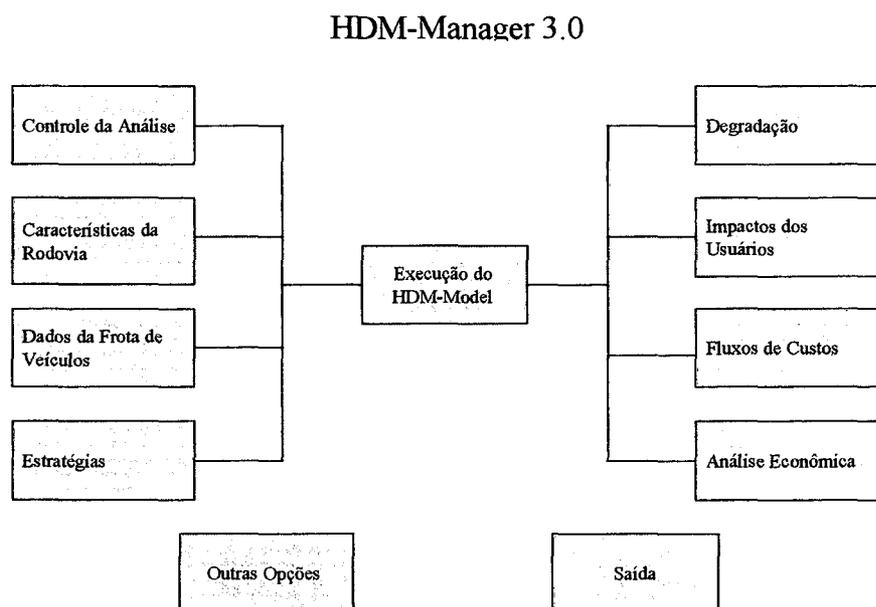
## **2. HDM III, Q E MANAGER [3, 1]**

A terceira versão do HDM foi utilizada por mais de duas décadas para combinar a análise técnica e econômica de projetos rodoviários para preparar programas de investimentos rodoviários e para analisar as estratégias rodoviárias de rede. O HDM-Manager 3.0, suprimindo várias deficiências das versões anteriores do modelo: (i) considera adicionalmente o congestionamento do trânsito e seus efeitos na velocidade do tráfego, no tempo de viagem e nos custos operacionais dos veículos, (ii) amplia o limite de dados de entrada; (iii) apresenta novos quadros de saída dos impactos; (iv) novas opções de análise de sensibilidade, entre outras melhorias operacionais.

Os principais conceitos utilizados nessa versão do HDM-Manager que se referem ao congestionamento dizem respeito: (i) ao fluxo horário do tráfego (se é que o congestionamento varia ao longo do dia e do ano); (ii) às relações entre a velocidade do fluxo e a capacidade da via incluindo os efeitos de alterações da composição do tráfego; (iii) à “fricção” lateral das rodovias decorrente de pedestres, bicicletas e outras atividades.

O menu principal do HDM-Manager, apresentado a seguir, mostra a estrutura básica do programa e as onze opções de comando que se referem desde a entrada dos dados de controle da análise até o comando de encerramento do programa.

Figura 1 - Estrutura Básica do HDM-Manager Versão 3.0



Fonte: ARCHONDO – CALLAO, R. [1]

A avaliação econômica básica para um dado ciclo de vida de uma rodovia e estratégias de intervenção para rodovias pavimentadas e não-pavimentadas pode ser realizada seguindo-se os seguintes passos:

- 1º passo: Definição dos controles de análise. Nessa etapa são inseridos ao sistema: a taxa de desconto, o período de análise, o ano calendário do primeiro ano e a moeda a ser utilizada.
- 2º passo: Definição das características da rodovia. Com esse passo são inseridos os dados geométricos estruturais e ambientais da rodovia, as condições da rodovia, os dados de tráfego e os parâmetros de congestionamento se houver.
- 3º passo: Definição dos dados da frota de veículos. Permite inserir as características da frota de veículos e os custos unitários básicos necessários para o cálculo dos custos operacionais dos veículos.
- 4º passo: Definição das estratégias. Nessa etapa são: (i) informados os custos unitários de construção e das operações de manutenção das rodovias; (ii) definidos o banco de dados de possíveis políticas de construção e manutenção da agência executora; (iii) determinadas as estratégias a serem avaliadas. Na definição das políticas de manutenção de

rodovias pavimentadas, o percentual de danificação (degradação) do pavimento refere-se ao somatório dos percentuais das áreas de trincas totais, buracos e desgaste.

- 5º passo: Execução do modelo HDM. Roda o modelo HDM a partir do ambiente Shell. Após concluída a rodada, o HDM-Manager coleta os resultados e faculta a sua visualização e operação nos passos seguintes.
- 6º passo: Visualização da impressão da evolução da degradação. Permite examinar a evolução dos índices de degradação da pista de rolamento da rodovia (tais como da rugosidade (IRI), trincas totais, defeitos, etc) para cada uma das estratégias de intervenção avaliadas.
- 7º passo: Visualização da evolução dos impactos dos usuários. Faculta o exame dos impactos dos usuários (custos unitários de operação, velocidades operadas pelos usuários, etc.) para cada uma das estratégias avaliadas.
- 8º passo: Visualização dos fluxos de custos. Permite analisar os fluxos dos custos financeiros e econômicos (do investidor, dos usuários, custos totais e benefícios exógenos e dos totais da sociedade) de cada uma das estratégias.
- 9º passo: Visualização da análise econômica. Faculta a análise econômica comparativa das estratégias do decisor que foram avaliadas. A comparação é fundamentada no valor presente líquido (VPL) e na taxa interna de retorno (TIR) de cada uma das estratégias em relação à estratégia base.
- 10º passo: Exploração de outras opções. Esse comando permite, por exemplo: (i) executar a análise de sensibilidade; (ii) produzir sumários do estudo; (iii) exportar os resultados para planilhas de cálculo; (iv) ver ou imprimir os arquivos de saída originais HDM; (v) editar o conjunto de tabelas que se referem ao congestionamento; (vi) gerenciar os arquivos de dados.

O HDM-Manager divide os custos totais da sociedade nos seguintes componentes:

$$\begin{aligned} \text{Custos totais da sociedade} &= \text{Custos da agência rodoviária} \\ &+ \text{Custos dos usuários de rodovia} \end{aligned}$$

+ Custos e benefícios exógenos

onde;

Custos da agência rodoviária = Custos de capital

+ Custos periódicos

Custos dos usuários da rodovia = Custos operacionais dos veículos

+ Custos do tempo de viagem

Os custos da agência rodoviária são os custos relacionados com a nova construção, reconstrução, recapeamento, aplicação de lama asfáltica, de sela-trincas e recomposição do revestimento primário. Os custos periódicos (recorrentes) da agência rodoviária são custos relativos à manutenção de rotina, à operação tapa buraco, reperfilagens e reposição do revestimento primário. Os custos operacionais dos veículos são relativos ao consumo de combustíveis, de lubrificantes, pneus, peças de reposição para a manutenção, custo da mão de obra, depreciação, juros e tempo da tripulação. Os custos do tempo de viagem são aqueles que se referem ao tempo dos passageiros e ao tempo de retenção da carga. Os custos e benefícios exógenos são específicos para cada caso.

### 3. HDM-4 [4, 5]

Apesar das principais aplicações das diversas versões do HDM-III desenvolvidas com a participação decisiva do Banco Mundial terem sido realizadas em países em desenvolvimento, recentemente vários países industrializados começaram adotar esse modelo no gerenciamento de suas redes rodoviárias.

Para suprir as necessidades atuais específicas desses países, bem como para incorporar ao modelo os novos conhecimentos técnicos obtidos, foi concluída a quarta versão do HDM (HDM-4). O sistema visou, basicamente: (i) atualizar as relações utilizadas nos modelos anteriores; (ii) incorporar ao modelo os efeitos de congestionamentos de tráfego, de climas frios, de um maior espectro de tipos e estruturas de pavimentos e da segurança rodoviária e os efeitos do meio ambiente, como consumo de energia, poluição sonora e emissão de gases dos veículos, visando facilitar o uso desse ferramental também para os países industrializados. Essa versão está sendo continuamente aperfeiçoada por uma equipe do Projeto Internacional de Pesquisa e

Desenvolvimento (ISOHDM) sob a coordenação da Universidade de Birmingham (UK), com o apoio financeiro da ODA, ADB, SNRA e o Banco Mundial.

Especificamente, o novo ferramental apresenta melhoramentos em diversas áreas do modelo e adota novas relações de operação, tais como aqueles que se referem a [6]:

- a) inserção ao modelo dos diversos efeitos da velocidade do fluxo de tráfego;
- b) novas funções para o VOC (para a determinação dos custos operacionais dos veículos);
- c) novos modelos para a previsão dos impactos ambientais (níveis de emissão de gases e de ruídos dos veículos);
- d) novas funções para a previsão de taxas de acidentes (em desenvolvimento);
- e) performance dos pavimentos para um espectro mais amplo de ambientes, particularmente para a modelagem dos impactos resultantes de congelamento de camadas estruturais e de drenagem;
- f) novas funções para a determinação e manutenção de pavimentos flexíveis e rígidos;
- g) inclusão de relações para a estimativa de atrasos de viagens decorrentes da execução de obras nas rodovias.

O HDM-4 além de permitir a sua utilização em ambiente mais amigável, como o sistema operacional Microsoft Windows, apresenta uma estrutura modular integrada facultando aos usuários modificar ou substituir modelos individuais e contém uma interface para o intercâmbio com outros sistemas de gerência rodoviária [6].

O novo ferramental poderá ser utilizado para: (i) a análise de projetos, particularmente para a avaliação da viabilidade física, funcional e econômica de alternativas específicas de projetos pela comparação com a alternativa “sem-projeto”; (ii) aplicações de programação e orçamentação através da preparação de programas de manutenção e reabilitação de rodovias e de programas de expansão de redes rodoviárias; (iii) aplicações de análise estratégica visando desenvolver políticas e padrões de intervenção em redes rodoviárias e para prever necessidades e performances de redes rodoviárias.

### 3.1 ESTRUTURA DO HDM-4 [4]

Esse modelo apresenta, basicamente, três ferramentas de análise: a análise de projetos, de programas e de estratégias.

O planejamento estratégico de investimentos na rede rodoviária a médio e a longo prazo requer que a agência rodoviária efetue avaliações tendo em conta a rede rodoviária como um todo. Para favorecer essas necessidades de uma rede rodoviária (ou sub-rede rodoviária, por exemplo, apenas a rede rodoviária estadual), o HDM-4 aplica o conceito da matriz contendo categorias da rede rodoviária definida de acordo com atributos chaves que mais influenciam a performance dos pavimentos e os custos rodoviários.

A análise de *estratégias* poderá ser adotada para analisar uma determinada rede rodoviária como um todo, para preparar estimativas de necessidades de investimento a médio e longo prazo para o desenvolvimento e a conservação rodoviária sob diferentes cenários orçamentários.

Aplicações típicas da análise de estratégias de uma agência rodoviária são, entre outras:

- a previsão das necessidades de recursos financeiros de médio a longo prazo para determinadas metas de padrões de manutenção;
- a otimização da aplicação de recursos de acordo com restrições orçamentárias;
- a otimização da alocação de recursos por sub-redes (por exemplo, principal, rural e urbana) e por região administrativa;
- o estudo de políticas, tais como os impactos de mudanças do peso limite dos eixos dos veículos, padrões de manutenção e avaliação de padrões de desenho dos pavimentos.

Na análise *de estratégias* pelo HDM-4, o sistema rodoviário perde, essencialmente, as características de seus *links* individuais (ou trechos) ao agrupar todos os segmentos rodoviários com características similares em categorias de uma matriz da rede rodoviária.

A análise *de programas* lida primeiramente com a priorização de uma longa lista definida de projetos rodoviários em um programa de trabalho de um ou mais anos tendo em conta as restrições orçamentárias predefinidas. Nessa análise, objetiva-se selecionar segmentos individuais a serem contemplados de uma longa lista de segmentos da rede rodoviária.

A ferramenta de análise estratégica poderá ser usada para preparar um programa plurianual sujeito a restrições orçamentárias; o HDM-4 adota o valor da razão incremental NPV/custo para a priorização das intervenções. A razão incremental NPV/custo satisfaz o objetivo de maximizar os benefícios econômicos para cada unidade adicional de investimento, isso é, maximiza os benefícios líquidos para cada unidade de moeda adicional do orçamento disponível investido.

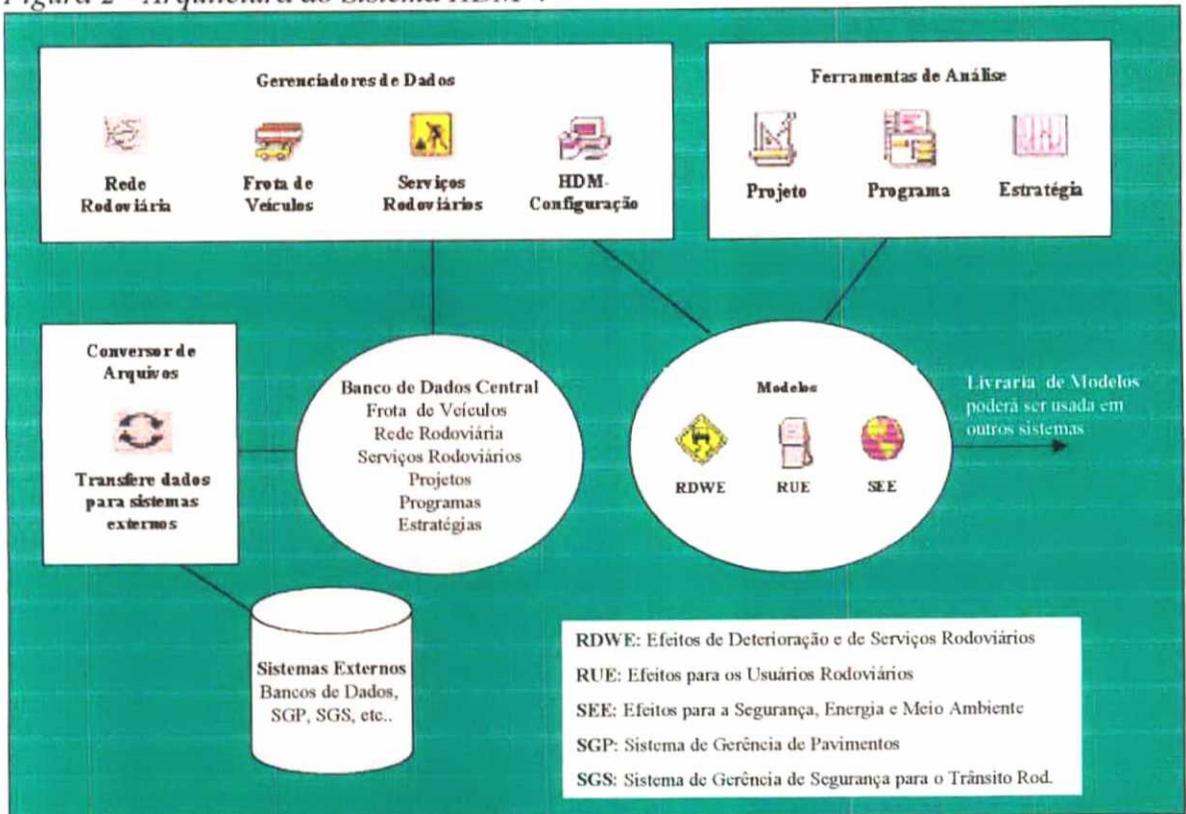
A análise *de projeto* avalia uma ou mais opções de investimentos de um segmento ou de uma seção rodoviária definidas pelo usuário tendo por base os custos e os benefícios associados, projetados anualmente ao longo de um período de análise.

Esse ferramental poderá ser utilizado para estimar a viabilidade econômica ou de engenharia de projetos rodoviários tendo em conta a performance estrutural dos pavimentos, a previsão de deterioração rodoviária, os efeitos e custos das obras rodoviárias ao longo do ciclo de vida, os benefícios e custos dos usuários rodoviários e a comparação econômica de projetos alternativos. Os projetos típicos a serem avaliados poderão incluir: a manutenção e a reabilitação de rodovias existentes, melhoramento das características geométricas, pavimentação de rodovias (upgrading) e novas construções.

### 3.2 MÓDULOS DO HDM-4 [4]

A estrutura funcional do HDM-4 é apresentada na figura a seguir:

Figura 2 - Arquitetura do Sistema HDM-4



Fonte: Elaboração adaptada a partir de [109]

As três ferramentas de análise (de estratégias, de programas e de projetos) operam na base dos dados definidos em um dos quatro arquivos de dados:

*Rede Rodoviária* – define as características físicas de seção rodoviária em uma rede ou sub-rede rodoviária a ser analisada;

*Frota de veículos* – define as características da frota de veículos que operam na rede rodoviária a ser analisada;

*Serviços Rodoviários* – define os padrões de manutenção e de melhoria, junto com seus custos unitários que serão aplicados para as diferentes seções rodoviárias a serem analisadas;

*Configuração do HDM* – define os dados *default* para serem usados nas aplicações. Um conjunto de dados *default* é incluído no sistema quando o software do HDM-4 é instalado pela primeira vez. Os usuários, no entanto, deverão modificar esses dados de forma que reflitam as condições, o ambiente e as circunstâncias locais.

A análise técnica realizada pelo HDM utiliza quatro conjuntos de modelos, os quais são:

*Deterioração Rodoviária (RD)* - prevê a deterioração dos pavimentos, betuminosos, de concreto e de rodovias não-pavimentadas;

*Efeitos dos Serviços (WE)* - simula os efeitos dos serviços rodoviários nas condições do pavimento e determina os correspondentes custos;

*Efeitos dos Usuários Rodoviários (RUE)* - determina custos de operação dos veículos, de acidentes rodoviários e do tempo de viagem;

*Efeitos Sociais e do Meio Ambiente* - determina os efeitos das emissões dos veículos e o consumo de energia.

Os modelos simulam para cada seção rodoviária, ano a ano, as condições da rodovia e os recursos utilizados para mantê-la sob as condições de cada estratégia, assim como a velocidade e os recursos físicos consumidos pela operação do veículo.

Uma vez estimadas as quantidades físicas envolvidas na construção, serviços rodoviários e operação de veículos, são determinados os custos financeiros e econômicos em função dos preços e custos unitários pertinentes definidos pelos usuários do sistema. Os benefícios relativos são calculados para diferentes alternativas, seguido de seus pertinentes indicadores de rentabilidade (NPV = valor presente líquido; e, TIR = taxa interna de retorno).

O sistema HDM-4 foi desenhado ainda para permitir a interface com sistemas externos, tais como:

*Banco de dados* – os dados de sistemas de gerência de pavimentos, de segurança do trânsito rodoviário e de informação rodoviária, entre outros, poderão ser manuseados pelo sistema HDM-4 através de arquivos intermediários Importar/Exportar;

*Modelos técnicos* – poderão ser acessados diretamente por sistemas externos para aplicações em pesquisas e outros estudos.

O desenho do sistema apresenta uma estrutura modular para possibilitar os usuários a implementar os módulos do HDM-4 de forma independente com o seu sistema de gerência. As relações técnicas poderão ser calibradas facilmente para configurar as condições locais usando o arquivo *HDM-4 Configuração*.

### 3.3 ANÁLISE DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA ATRAVÉS DO HDM-4 [5]

A análise da segurança rodoviária é realizada no HDM-4 através dos procedimentos sistematizados constantes do módulo RUE (Road User Effects).

O sistema HDM-4 permite aos usuários definir uma série de tabelas de consulta de taxas de acidentes. Essas são basicamente macrodescrições das taxas de acidentes esperadas que poderão ser definidas de diversas formas de acordo com um particular conjunto de atributos da rodovia e do tráfego (por exemplo: tipo de rodovia, padrões de níveis e fluxos de tráfego, presença de veículos não-motorizados e classes geométricas). Esse modelo tabular para a inserção da análise de segurança rodoviária no HDM-4 foi recomendado por um relatório não-publicado elaborado pela ISOHDM, em 1995, que trata da previsão de mudanças de taxas de acidentes decorrentes das alterações do projeto rodoviário em países em desenvolvimento.

Esse modelo analisa a segurança rodoviária em função das categorias de acidentes: acidentes fatais, feridos e danos materiais somente. Para cada tipo de rodovia ou intersecção, o usuário deverá inserir as taxas para cada categoria de acidentes em termos do número de acidentes por 100 milhões veículos-km ou por 100 milhões veículos. Para a análise mais agregada de dados, o usuário também tem a opção de inserir uma simples taxa para todos os acidentes. Esse valor é igual a soma dos valores das taxas das três categorias de acidentes.

Quando uma rodovia é melhorada (por exemplo: através da construção de uma faixa exclusiva para veículos não-motorizados, da alteração do desenho de uma intersecção ou do alargamento dos acostamentos) decorre uma mudança do tipo de rodovia ou intersecção e novas taxas de acidentes deverão ser definidas para o novo tipo de rodovia ou intersecção. Dessa forma, é possível analisar a mudança nas taxas e custos de acidentes resultantes do melhoramento de uma seção rodoviária ou intersecção. A versão 1.0 do HDM-4 ainda não inclui a modelagem de intersecções.

A taxa de acidentes é definida como sendo o número médio dos acidentes registrados por ano, medido ao longo de um período maior (por exemplo, cinco anos), dividido por uma variável de exposição:

$$\text{ACC RATE} = \text{ACCYR} / \text{EXPOSURE}$$

onde: ACC RATE = taxa de acidente;

ACCYR = número de acidentes por ano;

EXPOSURE = exposição anual de acidentes.

A exposição anual de acidentes é calculada :

Para *seções rodoviárias* (em 100 milhões veíc-km) pela expressão:

$$EXPOSSEC = 365 * AADT * L / 10^8$$

Para *intersecções rodoviárias* (em 100 milhões veículos) pela expressão:

$$EXPOSINT = 365 * AADT_{in} / 10^8, e,$$

Onde:

EXPOSSEC = exposição anual de acidentes na seção rodoviária (100 milhões veíc-km);

AADT = volume de tráfego médio anual (veíc/dia);

L = comprimento da seção rodoviária (km) ;

EXPOSSINT = exposição anual de acidentes na intersecção (100 milhões veículos);

AADT<sub>in</sub> = tráfego médio anual dos fluxos que entram na intersecção (veíc/dia).

A modelagem dos efeitos dos acidentes no HDM-4 é realizada a partir dos seguintes dados de entrada: (i) os volumes e as taxas de crescimento do tráfego e a extensão da seção rodoviária (e o volume de tráfego dos fluxos de aproximação da intersecção no caso dos tipos de intersecções); (ii) as diferentes taxas de acidentes aplicadas (depende do tipo de serviços rodoviários previstos ao longo do período de análise); (iii) os custos unitários de acidentes (poderão ser definidos por tipo de categoria de acidentes ou para todos os acidentes - expresso pelo valor da média ponderada dos custos unitários das categorias em função do número de acidentes por categoria).

Para cada opção de seção ou investimento, o procedimento computacional para cada ano de análise poderá ser resumido pelas seguintes etapas: (i) inserção dos dados de entrada; (ii) cálculo da exposição anual de acidentes; (iii) cálculo do número anual de acidentes (se for o caso); (iv) a armazenagem dos resultados para a análise econômica, a comparação e emissão de relatórios.

O número de acidentes para cada opção de investimento resulta de:

$$ACCYR_{ji} = EXPOSURE_j * ACCRATE_i$$

Onde:

$ACCYR_{ji}$  = número anual de acidentes da categoria de acidentes  $i$  e opção de investimento  $j$ ;

$EXPOSURE_i$  = exposição anual para a opção de investimento  $j$ ;

$ACCRATE_i$  = a taxa anual de acidentes da categoria de acidentes  $i$ .

Os custos anuais de acidentes para cada opção de investimento são calculados pela seguinte expressão:

$$ACCOST_{ji} = ACCYR_{ji} * UNICOST_i$$

Onde;

$ACCOST_{ji}$  = custo anual da categoria de acidentes  $i$  nas condições da opção de investimento  $j$ ;

$UNICOST_i$  = custo unitário da categoria de acidente  $i$  (em moeda).

O custo total anual dos acidentes é dado por  $AC_j = \sum_i ACCOST_i$ , onde  $AC_j$  é o custo anual de acidentes para a opção de investimentos  $j$ .

O HDM-4 faculta ao analista incluir na análise econômica os custos de acidentes junto com os custos operacionais dos veículos, os custos de tempo de viagem, os custos da agência rodoviária e custos e benefícios exógenos. Para cada par de opções de investimentos a ser comparado, a diferença anual dos custos de acidentes poderá ser calculada pela expressão:

$$\Delta ACC_{(n-m)} = AC_n - AC_m$$

onde:

$\Delta ACC_{(n-m)}$  = a diferença anual dos custos de acidentes

$AC_n$  = custo de acidentes da opção base  $n$ ;

$AC_m$  = custo de acidentes da opção  $m$ .

Para cada par de opções de investimentos, o usuário poderá escolher comparar apenas os acidentes previstos para uma opção de investimento contra a prevista para cada opção base. A variação do número de acidentes por categoria de acidentes  $i$  é dada por:

$$\Delta ACCYR_{(n-m)i} = ACCYR_{ni} - ACCYR_{mi}$$

Onde:  $\Delta CCYR_{(n-m)i}$  = a diferença anual do número de acidentes por categoria  $i$ .

O sistema HDM-4 permite a visualização e a emissão dos seguintes relatórios de saída da análise da segurança rodoviária: (i) número anual de acidentes por categoria de acidentes para cada opção de investimento; (ii) custos anuais de acidentes por categoria de acidentes e por opção de investimento; (iii) fluxos anuais líquidos do número de acidentes para cada par de opções de investimentos.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ESPECÍFICAS

- [1] ARCHONDO – CALLAO, R. HDM – Manager Version 3.0 User-friendly Shell Environment for the Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM). Washington, Word Bank, 1995.
- [2] DER/SC. Programa Plurianual para as Intervenções na Malha Rodoviária do Estado de Santa Catarina (Período de 1999 – 2003). DER/SC, Florianópolis/SC, 1998.
- [3] HOBAN, C. e ARCHONDO – CALLAO, R. HDM-Q: Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM) – With Congestion Analysis Capabilities. Washington, Word Bank, 1994.
- [4] PIARC and The World Bank. HDM-4 Manual. The Highway Development and Management Series Volume 1 – Overview of HDM-4. PIARC and The World Bank. Version 1.0.
- [5] PIARC and The World Bank. HDM-4 Manual. The Highway Development and Management Series Volume 4 – Analytical Framework and Model Descriptions. PIARC and The World Bank. Version 1.0.
- [6] THE UNIVERSITY OF BIRMINGHAM. Homepage: [civ-hrg. Bham.ac.uk/isohdm](http://civ-hrg.bham.ac.uk/isohdm). The University of Birmingham, June, 1999. Birmingham, United Kingdom.
- [7] WORLD BANK. E-mail do Mr. Jacques Cellier – (Task Manager do BIRD para os Programas de Transporte no Brasil) World Bank, Washington, 25/junho/99.

## APÊNDICE 5 - INDÍCES E CUSTOS DE ACIDENTES

### 1. BRASIL

*Tabela 1: Custos Unitários Médios de Acidentes por Categoria de Acidentes - Ano 1995*

| <b>Categoria de Acidentes</b>          | <b>Custo Médio/Acidente<br/>(US\$)</b> |
|--|--|
| <b>1. Acidente Fatal</b>               | 169.300,00                             |
| <b>2. Acidente com feridos</b>         | 27.500,00                              |
| <b>3. Acidente com danos materiais</b> | 15.600,00                              |

Fonte: DNER apud [1]

*Tabela 2: Custos Unitários Médios de Acidentes por Categoria de Acidentes e de Rodovias - Ano 1995*

| <b>Categoria de Acidentes</b>  | <b>Custo Médio/Acidente<br/>em Áreas Urbanas*<br/>(US\$)</b> | <b>Custo Médio/Acidente<br/>em Áreas Rurais**<br/>(US\$)</b> |
|--------------------------------|--|--|
| <b>1. Acidente com Vítimas</b> | 13.580,00  | 51.500,00  |
| <b>2. Acidente sem Vítimas</b> | 1.410,00   | 15.600,00  |

Fonte: \* GOLD [2], calculado com base em dados da CET.

\*\* DNER apud [2].

## 2. ÍNDICES DE ACIDENTES DA ÁFRICA DO SUL, CANADÁ, HUNGRIA E FRANÇA

Tabela 1: Número de Acidentes por 100 milhões de veículos-km

| Manual de Avaliação econômica da África do Sul <sup>(1)</sup> | Rod. Rev. Primário |       |      | Rod. Pav. 2 Faixas |       |      |
|---|--------------------|-------|------|--------------------|-------|------|
|   | Acidentes          | 230,0 | 100% | Acidentes          | 100,0 | 100% |
|   | Fatalidade         | 25,0  | 11%  | Fatalidade         | 8,0   | 8%   |
|   | Feridos            | 39,0  | 17%  | Feridos            | 27,0  | 27%  |
|   | Danos              |       |      | Danos              |       |      |
|   | Materiais          | 166,0 | 72%  | Materiais          | 65,0  | 65%  |

| Manual de Avaliação Econômica do Canadá/British Columbia <sup>(2)</sup> | Rod. Pav. 2 Faixas |       |      | Via Expressa Dividida 4 Faixas |      |      | Freeway 4 Faixas |      |      |
|---|--------------------|-------|------|--------------------------------|------|------|------------------|------|------|
|   | Acidentes          | 121,0 | 100% | Acidentes                      | 93,0 | 100% | Acidentes        | 50,0 | 100% |
|   | Fatalidade         | 1,9   | 2%   | Fatalidade                     | 1,1  | 1%   | Fatalidade       | 0,5  | 1%   |
|   | Feridos            | 36,3  | 30%  | Feridos                        | 30,0 | 32%  | Feridos          | 16,2 | 32%  |
|   | Danos              |       |      | Danos                          |      |      | Danos            |      |      |
|   | Materiais          | 82,8  | 68%  | Materiais                      | 61,8 | 67%  | Materiais        | 33,4 | 67%  |

| Ministério dos Transportes da Hungria | Rod. Pav. 2 Faixas |      |      | Rod. Não-dividida 4 Faixas |      |      | Motorways  |      |      |
|---------------------------------------|--------------------|------|------|----------------------------|------|------|------------|------|------|
|                                       | Acidentes          | 35,2 | 100% | Acidentes                  | 45,1 | 100% | Acidentes  | 10,0 | 100% |
|                                       | Fatalidade         | 3,3  | 9%   | Fatalidade                 | 2,8  | 6%   | Fatalidade | 1,2  | 12%  |
|                                       | Feridos            | 31,9 | 91%  | Feridos                    | 42,4 | 94%  | Feridos    | 8,8  | 88%  |
|                                       | Danos              |      |      | Danos                      |      |      | Danos      |      |      |
|                                       | Materiais          |      |      | Materiais                  |      |      | Materiais  |      |      |

| França PIARC Road Safety Montreal 1995 | 2 Faixas de 5 a 7 m |      |      | 4 Faixas > 14 m |      |      | Pistas Separadas |      |      |
|--|---------------------|------|------|-----------------|------|------|------------------|------|------|
|  | Acidentes           | 20,2 |      | Acidentes       | 14,6 |      | Acidentes        | 7,3  |      |
|  | Fatalidade          | 37,0 | 100% | Fatalidade      | 26,1 | 100% | Fatalidade       | 21,7 | 100% |
|  | Feridos             | 3,2  | 9%   | Feridos         | 2,2  | 8%   | Feridos          | 1,2  | 6%   |
|  | Danos               |      |      | Danos           |      |      | Danos            |      |      |
|  | Materiais           | 33,7 | 91%  | Materiais       | 23,9 | 92%  | Materiais        | 20,5 | 94%  |

Fonte: WORLD BANK [6]

### 3. ÍNDICES E CUSTOS UNITÁRIOS PRATICADOS NA ALEMANHA

Tabela 1: Custos Unitários de Acidentados (€/Pessoa) - Ano 2000

| Severidade dos Ferimentos | Custo (€/Pessoa) |
|---------------------------|------------------|
| Fatal                     | 1.250.000,00     |
| Gravemente Ferido         | 85.000,00        |
| Levemente Ferido          | 3.750,00         |

Fonte: HÖHNSCHEID et al [4]

Tabela 2: Custos Unitários Médios dos Danos Materiais por Categoria de Acidentes - Ano 2000

| Categoria do Acidente<br>(Consequência mais Severa) | Custos Unitários Médios de Acidentes (€/Acidente) |                  |                |           |           |
|---|---|------------------|----------------|-----------|-----------|
|   | Rodovia Rural                                     |                  | Rodovia Urbana |           |           |
|   | Auto Estrada *                                    | Rod. Regional ** | Principal      | Ligação   | Geral     |
| Fatal ou com Grav. Feridos                          | 45.500,00   | 17.000,00        | 8.500,00       | 5.000,00  | 6.500,00  |
| Com Levemente Feridos                               | 25.500,00   | 13.000,00        | 8.000,00       | 5.500,00  | 6.500,00  |
| Com Vítimas   | 31.000,00   | 14.500,00        | 8.500,00       | 5.500,00  | 6.500,00  |
| Com Danos Materiais Graves                          | 18.500,00   | 13.000,00        | 12.000,00      | 11.500,00 | 11.500,00 |
| Com Outros Danos Materiais                          | 8.000,00  | 6.000,00         | 6.000,00       | 5.500,00  | 5.500,00  |
| Com Danos Materiais                                 | 10.500,00   | 7.000,00         | 6.500,00       | 5.500,00  | 6.000,00  |

Fonte: HÖHNSCHEID et al [4]

\* Rodovia regional de 2 pistas e 4 faixas de rolamento

\*\* Rodovia regional de 1 pista e 2 faixas de rolamento

Tabela 3: Composição Média da Severidade dos Ferimentos dos Acidentados em Acidentes Rodoviários de 1998\*

| Severidade dos Ferimentos dos Acidentados | Categoria da Rodovia |               |           |         |
|---|----------------------|---------------|-----------|---------|
|   | Rural                |               | Urbana    |         |
|   | Auto Estrada         | Rod. Regional | Principal | Ligação |
| Mortes                                    | 15                   | 13            | 6         | 4       |
| Gravemente Feridos                        | 126                  | 119           | 106       | 102     |
| Levemente Feridos                         | 63                   | 42            | 26        | 18      |

\* Número de acidentados em 100 acidentes com vítimas

Tabela 4: Custos Unitários Totais Médios de Acidentes por Categoria de Acidentes - Ano 2000

| Categoria do Acidente<br>(Consequência mais Severa) | Custos Unitários Totais Médios por Acidente (€/Acidente) |                  |                |         |         |
|---|--|------------------|----------------|---------|---------|
|   | Rodovia Rural  |                  | Rodovia Urbana |         |         |
|   | Auto Estrada *   | Rod. Regional ** | Principal      | Ligação | Geral   |
| Fatal ou com Grav. Feridos                          | 300.000  | 270.000          | 160.000        | 130.000 | 145.000 |
| Com Levemente Feridos                               | 31.000   | 18.000           | 12.500         | 10.000  | 11.000  |
| Com Vítimas   | 105.000  | 110.000          | 45.000         | 33.500  | 38.500  |
| Com Danos Materiais Graves                          | 18.500   | 13.000           | 12.000         | 11.500  | 11.500  |
| Com Outros Danos Materiais                          | 8.000  | 6.000            | 6.000          | 5.500   | 5.500   |
| Com Danos Materiais                                 | 10.500   | 7.000            | 6.500          | 5.500   | 6.000   |

Fonte: HÖHNSCHEID et al [4]

\* Rodovia regional de 2 pistas e 4 faixas de rolamento

\*\* Rodovia regional de 1 pista e 2 faixas de rolamento

## 3. ÍNDICES E CUSTOS UNITÁRIOS PRATICADOS NA ALEMANHA

(Continua)

Tabela 5: Taxas de Custos de Acidentes por Categorias de Rodovias

| Categorias de Rodovias     | Categoria EWS 97  | Categoria RAS-Q 96 | DM/1000/veic-km |
|----------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| <b>Rodovias Rurais</b>     |                   |                    |                 |
| <i>Auto-estradas</i>       |                   |                    |                 |
| 6ms/4ms                    | ST 1.31/1.21      | RQ 35.5/ 29.5      | 35              |
| (6ms)/(4ms)                | ST 1.31/1.21      | RQ33/26            | 37              |
| 4m                         | ST 1.22           | RQ20               | 46              |
| <i>Demais Rodovias</i>     |                   |                    |                 |
| 4                          | ST 2.22           | -                  | 87              |
| 2+1                        | ST 2.10           | RQ15.5             | 53              |
| 2.0/2s                     | -                 | -                  | 98              |
| 2                          | ST 2.12           | RQ10.5             | 89              |
| 2                          | ST 2.13           | RQ9.5              | 94              |
| 2                          | ST 2.14           | RQ7.5              | 112             |
| <b>Rodovias Urbanas</b>    |                   |                    |                 |
| <i>De Ligação</i>          |                   |                    |                 |
| 2m                         | ST 4.10           |                    | 84              |
| 2(p)                       | ST 4.11/4.12      |                    | 113             |
| 4m/6m/8m/                  | ST 4.21/4.31/4.41 |                    | 106             |
| 4(p)/6(p)/8(p)             | ST 4.22/4.32/4.42 |                    | 184             |
| 2mp                        | ST 5.10           |                    | 129             |
| 2p                         | ST 5.11           |                    | 164             |
| 2pW                        | ST 5.12           |                    | 216             |
| 2pG                        | ST 5.13           |                    | 348             |
| <i>De Integração Local</i> |                   |                    |                 |
| 2oP                        | ST 6.01           |                    | 123             |
| 2gV                        | ST 6.02           |                    | 200             |
| 2oP                        | ST 6.11           |                    | 163             |
| 2gV                        | ST 6.12           |                    | 249             |

Fonte: KÖPPEL et al [5]\*.

\* Também apresenta as características de cada categoria de rodovia.

Tabela 6: Custos Totais de Acidentes Rodoviários em 2000

| Categoria da Severidade | Custos                   |            |
|-------------------------|--------------------------|------------|
|                         | € x 10 <sup>9</sup> /Ano | %          |
| <b>Danos às Vítimas</b> | 18,9                     | 53         |
| Fatalidades             | 8,9                      | 25         |
| Feridos Graves          | 8,5                      | 24         |
| Feridos Leves           | 1,5                      | 4          |
| <b>Danos Materiais</b>  | 16,7                     | 47         |
| <b>Totais</b>           | <b>35,6</b>              | <b>100</b> |

Fonte: HÖHNSCHEID et al [4]

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ESPECÍFICAS

- [1] GOLD, P. A. O Tratamento da Segurança Viária nos Projetos Viários financiados pelo BID. Minuta de fevereiro de 1998.
- [2] \_\_\_\_\_. Segurança de Trânsito: Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes. Publicação do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Washington, 1998.
- [3] HÖHNSCHEID, K.-J; KÖPPEZ, W; KRUPP, R. und MEEVES, V. Bewertung der Strassenverkehrsunfällen. Entwicklung der Unfallkosten in Deutschland 1995 bis 1998 - Unfallkostenansätze 2000. Strassenverkehrstechnik – Heft 9/2000. Kirschbaum Verlag, Bonn, September 2000.
- [4] \_\_\_\_\_. Kostensätze für die volkswirtschaftliche Bewertung von Strassenverkehrsunfällen – Preisstand 2000. Strassenverkehrstechnik, Heft 1. Kirschbaum Verlag GmbH. Bonn, Januar 2002.
- [5] KÖPPEL, W. und MEEVES, V. Beurteilung der Verkehrssicherheit in den Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen – EWS. Strasse + Autobahn, Heft 9/2000. Köln, September 2000.
- [6] THE WORLD BANK. Apostila do Curso de Avaliação Econômica, Programação e Planejamento de Investimentos em Rodovias através do Modelo HDM-4. Abril de 2000.

## APÊNDICE 6 - MODELO DE QUESTIONÁRIO

### PESQUISA SOBRE O GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DO TRÂNSITO RODOVIÁRIO NO BRASIL

1. *Identificação da entidade/órgão/agência:*

Nome da entidade:

Nome da Unidade Responsável pelo Gerenciamento:

Nome do Técnico Responsável pela Unidade:

Nome dos Técnicos Responsáveis pelas Informações prestadas:

Endereço:

Telefone:

E-mail:

2. *Qual é área de abrangência da coleta de dados de acidentes?*

Rodovias (indicar o tipo de rodovias e o % da extensão total da malha rodoviária).

|                                     |                                 |  |                                  |
|-------------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> federais   | <input type="checkbox"/> rurais | <input type="checkbox"/> travessias urbanas* | <input type="checkbox"/> urbanas |
| <input type="checkbox"/> estaduais  | ....% do total de rod rurais    | ....% do total de rod rurais                 | ....% do total de rod urb        |
| <input type="checkbox"/> municipais | ....% do total pav.             | ....% do total pav.                          | ....% do total pav.              |
|                                     | ....% do total não pav.         | ....% do total não pav.                      | ....% do total não pav.          |

\* preencher se não estiverem incluídos nas rodovias rurais.

3. *Quem é a entidade executora da coleta de dados de acidentes de trânsito?*

próprio Órgão

PRE

PRF

outros (indicar)

4. *Qual é a formação e qualificação dos responsáveis pelo preenchimento do Boletim de Ocorrência (B.O.)?*

Formação:

% estimado

- nível primário .....
- nível médio .....
- nível superior .....

Qualificação:

- cursos especializados em engenharia de trânsito .....
- outros (Indicar) .....
- não tem .....

5. *Como são preenchidos os B.O.s?*

- manual
- com auxílio de computadores portáteis

6. *Em que base são determinados os locais dos acidentes?*

- sistema de referenciamento:  implantado  em implantação
- com marcos quilométricos
- com marcos quilométricos + medições de hodômetro
- com marcos quilométricos e a experiência dos agentes
- medições das coordenadas geodésicas (GPS)
- outros (indicar)

7. *O órgão/entidade registra o acompanhamento das vítimas internadas?*

- não registra informações sobre as vítimas após a internação hospitalar
- registra informações até 30 dias após (a partir de que ano usa esse procedimento?)
- até a alta hospitalar.
- outro (indicar)

8. *Os dados oficiais divulgados*

- incluem os registros do acompanhamento das vítimas após a internação
- referem-se apenas aos dados coletados nos local dos acidentes

9. *O registro dos dados de acidentes é armazenado em um banco de dados:*

- manual
- eletrônico
- não possui banco de dados

10. *Qual é a periodicidade de atualização do banco de dados?*

- diário
- mensal
- anual
- outros (indicar)

11. *Quais são os tipos de acidentes padrões utilizados?*

- próprios
- DNER
- DETRAN
- GEIPOT
- outros (indicar)

12. *Quais são as categorias (de gravidade de acidentes) utilizadas?*

- mortes/ feridos graves/feridos leves/ apenas danos materiais
- mortes/feridos/apenas danos materiais
- com e sem vítimas
- não distingue as categorias de gravidade
- outros (indicar)

13. *Elabora mapas de registro de acidentes?*

- manualmente
- eletronicamente com auxílio do software
  - MapInfo
  - IDRISI
  - GEIPOT
  - da família MGE
  - outros (indicar)

não elabora

14. *Realiza pesquisa estatística com os registros do banco de dados (B.D.) de forma sistemática?*

manualmente

com auxílio de Excel

com software de pesquisa estatística (indicar qual)

não realiza pesquisa estatística sistematicamente ao B.D.

15. *Dispõe de um sistema de informação para a segurança do trânsito rodoviário?*

sim (indicar as principais da funções )

não

em desenvolvimento (indicar softwares utilizados e a previsão da data do início de operação).

16. *Identifica os pontos críticos da rede rodoviária?  não. No caso afirmativo, indicar o método adotado:*

DENATRAN

DNER

outros (indicar)

17. *Estabelece objetivos específicos para a segurança do trânsito rodoviário?*

sim (indicar qual o método adotado se for um procedimento sistemático)

não

18. *Distingue as áreas críticas da malha rodoviária?*

só pontos críticos

pontos e segmentos críticos

pontos, eixos e regiões críticos

outros (indicar)

19. *Realiza estudos da eficácia (estudos antes e depois) das intervenções realizadas?*
- sim  
 não
20. *Dispõe do registro dos principais dados das intervenções realizadas (evolução dos dados antes e depois)?*
- não       sim
- em relatórios  
 em meios magnéticos  
 outros (indicar)
21. *Realiza estudos alternativos (contramedidas alternativas)?*
- sim  
 não, elabora um único projeto.
22. *Realiza estudos econômicos para avaliar contramedidas?*
- sim (indicar o modelo adotado)  
 não
23. *Elabora planos de segurança para o trânsito rodoviário?*
- sim  
 não
24. *Realiza revisão sistemática de projetos rodoviários exclusivamente sob o ponto de vista da segurança do trânsito?*
- de todos os projetos rodoviários novos  
 de novas construções  
 de novas restaurações  
 de rodovias existentes para indicação de futuras reconstruções ou ampliações  
 não realiza esse tipo de revisão

25. *Possui representante participando de uma comissão (ou grupo de trabalho) de segurança de trânsito rodoviário?*

Nacional

sim (indicar quais e com que frequência)

não

Estadual

sim (indicar quais e com que frequência)

não

Outros níveis (indicar quais e com que frequência)

26. *A entidade/órgão possui fonte específica para o financiamento da implementação de contramedidas para a e segurança de trânsito rodoviário?*

sim (indicar quais)

não