

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE CONTENÇÃO DE ACIDENTES:
UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR**

Heitor Vieira

FLORIANÓPOLIS / SC
1999

HEITOR VIEIRA

**AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE CONTENÇÃO DE ACIDENTES:
UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR**

Tese para ser submetida à Universidade de Santa Catarina para obtenção do título de Doutor em Engenharia, sob orientação do Prof. Dr. Antônio Galvão Novaes.

FLORIANÓPOLIS / SC

1999

AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE CONTENÇÃO DE ACIDENTES: UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR

Heitor Vieira

Esta tese foi julgada adequada para obtenção do título de:

“DOUTOR EM ENGENHARIA”

Especializada em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação

Prof. Ricardo Miranda Barcia. Ph.D
Coordenador -

Banca Examinadora

Prof. Antonio Galvão Novaes. Dr.
- Orientador -

Prof. Amir Mattar Valente. Dr.
- Moderador -

Prof^a. Eunice Passaglia. Dr^a.-
- Examinadora -

Prof. Antônio Artur de Souza. Ph.D
Examinador Externo

Prof^a. Maria Helena Hoffmann. Dr^a.
Examinadora Externa

FLORIANÓPOLIS / SC
17/12/1999

AGRADECIMENTOS

Como sempre, nesta etapa final, surge a lembrança de quem sempre esteve por perto, de uma forma ou de outra. Foram tantas as pessoas que contribuíram, que é possível o não aparecimento de seus nomes nesta página, mas estarão sempre em minhas recordações.

- *Prof. Dr. Antônio Galvão Novaes*, por ter aceito esta orientação o que, sem dúvida, enalteceu sua qualidade.
- *Prof. Dr. Amir Valente*, pelo apoio e participação em todas as etapas deste trabalho, tendo lançado a semente do tema central.
- *Prof. Dr. Antônio Artur de Souza*, pela co-orientação e amizade recebida nos momentos mais difíceis.
- *Profa. Dra. Eunice Passaglia*, pelo apoio, amizade e co-participação nas pesquisas.
- *A Msc. Antônio Carlos Estima Marasciulo*, que com a *Dra. Eleonor Minho Conil*, através das críticas construtivas na área de epidemiologia, complementaram a parte teórica desta pesquisa.
- *À Dra. Maria Helena Hoffmann*, pela criteriosa análise e sugestões valiosas feitas no projeto do que hoje é esta tese.
- *Ao Jorge Destri Júnior*, amigo que auxiliou na implementação técnica da elaboração do *overlay*.
- *À Eliana Bastos Vieira*, cunhada e auxiliar nos trabalhos de campo.
- *À Dra. Lenize Grando Goldner*, pela contribuição dada durante a fase de revisão bibliográfica.
- *Ao colega e amigo Milton Paiva de Lima*, pela ajuda prestada nos momentos difíceis.

- Ao Oceanólogo *Rafael Sperb*, que contribuiu com seus conhecimentos de informática e sobre o uso do GPS.
- Ao Bel. *Gilberto Durigon Freitas*, por ter viabilizado este trabalho com a abertura dos arquivos do setor de acidentes da PRF/SC.
- À Bel. *Daniela Zago Gonçalves da Cunda*, pelo aconselhamento e recomendações na área jurídica
- À administração e funcionários do setor de registro do Hospital Celso Ramos, Hospital Regional de São José e Hospital Infantil de Florianópolis, e em particular ao Dr. Evandro Tostes Martins.
- À Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG -, por ter co-patrocinado esta pesquisa juntamente com o MEC, através dos seus órgãos de fomento.
- À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

À minha família, meu esteio, que soube esperar, sofrer, apoiar e, com certeza, agora aplaude esta obra. Em particular, à Susana, Marcela e Bruna.

*Helem, teu esforço
não foi em vão...*

SUMÁRIO

RESUMO	Xvii
ABSTRACT	Xviii
CAPÍTULO I	
1. INTRODUÇÃO	2
1.1 Tema da pesquisa	2
1.2 Evolução temporal dos acidentes de trânsito no Brasil	5
1.3 A epidemiologia dos acidentes de trânsito no Brasil	10
1.4 A avaliação de impacto à segurança viária	14
1.5 O modelo de avaliação proposto e a sua justificativa	18
1.6 Objetivos	21
1.6.1 Objetivos gerais	22
1.6.2 Objetivos específicos	22
1.7 Metodologia de pesquisa utilizada neste estudo	24
1.7.1 Levantamento preliminar do problema	24
1.7.2 Delimitação da pesquisa	26
1.7.2.1 População alvo para levantamento dos acidentes típicos	28
1.7.2.2 Coleta de dados para levantamento dos acidentes típicos	28
1.7.2.3 População alvo para levantamento da perda de qualidade de vida em decorrência dos acidentes de trânsito	30
1.7.2.4 Coleta de dados para levantamento da perda de qualidade de vida em decorrência dos acidentes de trânsito	30
1.7.2.5 População alvo para os levantamentos do sub-registro	30
1.7.2.6 Coleta de dados para os levantamentos de custos diretos	31
1.8 Estrutura do trabalho	32
CAPÍTULO II	
2. FATORES INDUTORES E AS CONTRAMEDIDAS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO	35
2.1 Introdução	35
2.2 As crenças, mitos, e o processo que desencadeia a ocorrência de acidentes	35

2.3 Os fatores e sua importância relativa	37
2.4 O comportamento estatístico das taxas de acidentes	39
2.4.1 Conseqüências da natureza estocástica do acidente de trânsito	42
2.5 O comportamento das taxas de acidentes nos países desenvolvidos .	46
2.6 Comentários sobre o declínio das taxas	49
2.7 Analogia com desenvolvimentos na área da saúde pública	51
.....	
2.8 A análise dos fatores com a utilização do caso das rodovias rurais dos EUA	53
.....	
2.9 A ordenação hierárquica dos fatores	55
2.10 O comportamento, a estimativa de risco e as normas sociais	56
2.10.1 O comportamento	56
2.10.2 A estimativa de risco	56
2.10.3 Normas sociais	59
2.10.4 Intervenções legislativas	62
2.11 A interação entre os fatores desencadeadores dos acidentes	66
.....	
2.12 A identificação dos fatores	67
CAPÍTULO III	
3. CONTRAMEDIDAS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO E O PROJETO RODOVIÁRIO	71
3.1 Introdução	71
3.2 A demanda, o projeto, o risco e o automóvel	72
3.3 Contramedidas passivas e ativas dos acidentes de trânsito	75
.....	
3.4 A segurança e o projeto no transporte rodoviário	78
3.4.1 O uso do solo, sua regulamentação, o trânsito e o projeto rodoviário	79
3.4.2 Os elementos de projeto relacionados com segurança viária	81
...	
3.4.3 A velocidade como variável fundamental dos projetos	82
3.4.3.1 A concordância horizontal, o raio de curvatura e a velocidade	83
3.4.3.2 A concordância vertical, as distâncias de visibilidade e a velocidade	86
3.4.4 A velocidade e a segurança viária	88
3.4.4.1 A velocidade e os fatores de engenharia e humanos	88
3.4.4.2 O controle da velocidade e o valor do tempo	89
3.4.4.3 A velocidade e o risco de acidentes	93
3.4.4.4 Os limites de velocidade e sua influência no risco de acidentes	95
3.5 Os fatores relacionados ao condutor que interferem na segurança	100
.....	

3.5.1	O condutor e o aprendizado da sua tarefa	100
3.5.2	O incremento da habilidade dos condutores e sua influência na na acidentalidade	101
3.5.3	O comportamento, a idade e o sexo do condutor	106
3.5.4	As drogas e a condução	108
3.5.4.1	O álcool	109
3.5.4.2	Outras drogas	114
3.6	Considerações finais	119
CAPÍTULO IV		
4.	A SEGURANÇA DO TRÂNSITO E SUA RELAÇÃO COM A INFRA-ESTRUTURA VIÁRIA	121
4.1	Introdução	121
4.2	A implementação do controle legal da velocidade	121
4.3	A eficiência dos instrumentos utilizados no controle e pesquisa da velocidade	124
4.4	O planejamento do uso do solo e as contramedidas de acidentes relacionadas com a infra-estrutura viária	126
4.5	Os tipos básicos de instalações rodoviárias e as suas características operacionais e de risco	129
4.5.1	Rodovias de pista simples, com a utilização compartilhada de faixas	133
4.5.2	Rodovias de múltiplas faixas	141
4.5.3	Tratamento dos conflitos com pedestres e ciclistas	142
4.5.4	Tratamento dos conflitos entre veículos	149
4.5.5	Medidas de caráter geral para melhorar a segurança nas rodovias	152
4.5.5.1	O controle de acessos e a manutenção da capacidade	153
4.5.5.2	As bases da identificação, controle ou eliminação de elementos de risco em rodovias	155
4.6	Considerações finais do capítulo	161
CAPÍTULO V		
5.	ASPECTOS FUNDAMENTAIS DO CONTROLE DOS FATORES VEICULARES E HUMANOS PRESENTES NA SEGURANÇA DO TRÂNSITO	163
5.1	Introdução	163
5.2	O veículo e a segurança viária	164
5.2.1	Os veículos e a segurança ativa	166
5.2.2	Os veículos e a segurança passiva	174
5.3	A evolução da infra-estrutura humana nas sociedades motorizadas .	186
5.3.1	O processo de motorização e o comportamento das taxas de acidentes	187
5.3.2	A reação da sociedade brasileira e seus mecanismos	189
5.4	As modificações presentes no CTB (1998) e seu papel como uma medida global de contenção de acidentes	191

5.5 Conclusões do capítulo	207
CAPÍTULO VI	
6. A AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS A PARTIR DA INVESTIGAÇÃO DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE DADOS AGREGADOS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO	211
6.1 Introdução	211
6.2 A adequação das taxas aos propósitos da avaliação	212
6.3 A importância de um índice por distância viajada e a sua obtenção ..	213
6.4 O comportamento dos índices de acidentes do Brasil ao longo do tempo	219
6.5 O sistema nacional de rodovias federais	226
6.6 O sistema estadual de rodovias federais de Santa Catarina	227
6.7 O isolamento de fatores na avaliação de contramedidas de acidentes aplicado a um cenário específico: BR-101/SC	233
6.8 O comportamento das taxas de acidentes na BR-101	237
6.9 Conclusões do capítulo	243
CAPÍTULO VII	
7. A AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS A PARTIR DOS SEUS ACIDENTES CARACTERÍSTICOS: UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR	247
7.1 Introdução	247
7.2 A importância da desagregação dos dados segundo uma tipologia característica do cenário	250
7.3 A delimitação do cenário e a montagem do modelo de análise para um trecho da rodovia BR-101	253
7.4 A elaboração de um modelo de análise de acidentes baseado em informação desagregada	258
7.4.1 A tipologia adotada no estudo	261
7.4.2 As limitações da tipologia adotada e as causas registradas para as ocorrências	262
7.5 A divisão do trecho de estudo em segmentos através da análise da distribuição de frequência	266
7.6 A distribuição dos acidentes ao longo da via, o ambiente as características operacionais	268
7.7 O efeito do congestionamento sobre o risco oferecido pelas rodovias de 2 faixas	268
7.8 A proliferação dos acessos não tratados, o processo de urbanização e as suas conseqüências sobre a acidentalidade	270
7.9 A caracterização dos segmentos de acordo com o seu potencial de risco	272
7.10 A análise da acidentalidade nos segmentos de acordo com a tipologia proposta: conclusões e correlações	276

7.11 A avaliação de medidas de contenção de acidentes e os acidentes típicos	298
7.12 Levantamento do sub-registro e correção da distribuição de severidade dos acidentes	300
7.13 Conclusões do capítulo	305
CAPÍTULO VIII	
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	308
8.1 Considerações finais	308
8.2 Considerações gerais	308
8.3 Considerações específicas	310
8.4 Limitações e recomendações	312
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	315
ANEXOS	333

ÍNDICE DE QUADROS, FIGURAS E EQUAÇÕES

CAPÍTULO I

1.1 QUADROS

Quadro 1.1 Estatísticas de frota e severidade de ferimentos no Brasil	5
Quadro 1.2 Acompanhamento das vítimas de trânsito num período de 30 dias a partir do acidente	7
Quadro 1.3 Mortes no trânsito no Brasil	8
Quadro 1.4 Custo de acidentes de trânsito no Brasil	19
Quadro 1.5 Ajustes do índice de fatalidades para 30 dias depois da ocorrência	23
Quadro 1.6 Principais tipos de acidentes da BR-101./SC	29

1.2 FIGURAS

Figura 1.1 Fatalidades resultantes de acidentes de trânsito	9
Figura 1.2 Distribuição de mortos por faixa etária	11
Figura 1.3 Categorização esquemática dos fatores de segurança	16

CAPÍTULO II

2.1 QUADROS

Quadro 2.1 Opinião dos usuários sobre as perspectivas da prevenção de acidentes	37
Quadro 2.2 Ajuste aos dados de 12 países para a exponencial $R = A \exp(\beta t)$	46

Quadro 2.3 Índices de acidentes para diversos países	49
Quadro 2.4 Freqüência média com que várias conseqüências adversas ocorrem, expressas em relação a um condutor individual .	59
2.2 FIGURAS	
Figura 2.1- Diagrama de Venn mostrando causas dos acidentes	38
Figura 2.2 Fatalidades de trânsito por bilhão de Km rodados	47
Figura 2.3 Fatalidades de trânsito nos EUA, série histórica	48
Figura 2.4 Fatalidades por 10 ⁹ Km rodados nas estradas rurais interestaduais americanas e as variações de velocidades legais	54
2.3 EQUAÇÕES	
Expressão (2.1) Distribuição de Poisson	41
Expressão (2.2) Relação de Smeed	51
CAPÍTULO III	
3.1 QUADROS	
Quadro 3.1 Valores empíricos para o coeficiente de atrito lateral e longitudinal	85
Quadro 3.2 Síntese da aplicação das distâncias de visibilidade	87
Quadro 3.3 Distâncias de visibilidade	88
Quadro 3.4 Resultados do teste: condução rápida versus condução segura	91
Quadro 3.5 As taxas de álcool no sangue e os efeitos apresentados .	112
Quadro 3.6 Drogas mais utilizadas entre estudantes	116
Quadro 3.7 Tempos de detecção para usuários eventuais e crônicos de drogas	118
3.2 FIGURAS	
Figura 3.1 Curvas de concordância horizontal (E) e vertical (D)	83
Figura 3.2 Equilíbrio de forças (força centrífuga Fc e Força de atrito Fa) agindo em um veículo com peso P, executando uma curva de raio R, e com uma superelevação α	84
Figura 3.3 Tempo gasto para percorrer 100km em função da velocidade média	90
Figura 3.4 Acidentes com culpa de acordo com a idade para os 3 primeiros anos de licença	103
Figura 3.5 A Cartilha do Ministério da Justiça	105
3.3 EQUAÇÕES	
Equação (3.1) Força centrífuga	84
Equação (3.2) Raio mínimo em função da velocidade	85
Equação (3.3) Transformação da energia cinética através dos freios .	86

Equação (3.4) Distância de frenagem em função da velocidade	86
Equação (3.5) Distância de parada em função da velocidade	86
Equações de Nilsson (velocidades x taxas)	94
Acidentes (3.6)	94
Feridos (3.7)	94
Mortos (3.8)	94
Equação (3.9) Equações de Stark (risco x velocidade, fluxo e dispersão de velocidade)	95
 CAPÍTULO IV	
4.1 QUADROS	
Quadro 4.1 Percentual de atropelados em relação ao total de mortos no trânsito	143
Quadro 4.2 Custos para fatalidade de trânsito em vários países	146
4.2 FIGURAS	
Figura 4.1 Radar de microondas	123
Figura 4.2 Rodovia de duas faixa - BR-101, Km 218	135
Figura 4.3 Índices de acidentes da BR-101, trecho catarinense (1982-1997)	136
Figura 4.4 Variação do número de acidentes segundo os horários (BR-101 / SC)	137
Figura 4.5 Pista dupla com barreira de concreto, e cerca anti-ofuscante	141
Figura 4.6 Modelo tridimensional de um suporte deformável com a base desmontada pelo choque sobre base frágil	156
Figura 4.7 Foto-seqüência de um teste de colisão do Ford Fiestiva contra um suporte deformável a 60 milhas p/h resultando apenas em danos materiais superficiais	157
Figura 4.8 Atenuador de impacto colocado junto a um pilar	157
Figura 4.9 Colocação de defesa em base suave, numa curva da BR-101	158
Figura 4.10 Rodovia de 4 faixas separada por canteiro, equipada com pardais	159
4.3 EQUAÇÕES	
Equação (4.1) Equação de Elvik para mudança de probabilidade de acidente fatal	158
 CAPÍTULO V	
5.1 QUADROS	
Quadro 5.1 Redução do número de acidentes pela utilização dos faróis durante o dia	172
Quadro 5.2 Redução da expectativa de vida (dias), em função do tipo de veículo ocupado regularmente	178

Quadro 5.3	Eficiência estimada dos sistemas de proteção de ocupantes para evitar ferimentos graves	181
Quadro 5.4	Forças envolvidas na colisão entre veículos leves e a traseira de veículos pesados	184
Quadro 5.5	Evolução das mortes no trânsito nas últimas décadas	186
Quadro 5.6	Categorias de infrações e suas conseqüências	198
Quadro 5.7	As novas infrações de trânsito presentes no CTB	200
Quadro 5.8	As condutas tipificadas como crime no CTB (1998)	203
Quadro 5.9	Substâncias tóxicas encontradas no sangue dos condutores	204
5.2 FIGURAS		
Figura 5.1	Esquema básico de um freio a disco, e a tambor	165
Figura 5.2	Esquema do experimento realizado na Califórnia	169
Figura 5.3	Teste de colisão com o pára-choque atendendo à resolução 805/95	174
Figura 5.4	Teste de colisão (Crash test)	175
Figura 5.5	Pulso típico de desaceleração para uma colisão frontal com veículos parcialmente sobrepostos (Crash test)	176
Figura 5.6	Distribuição de fatalidades por ponto de impacto e a eficiência do cinto de 3 pontos	183
Figura 5.7	Detalhes das barras de reforço lateral colocadas no interior das portas do veículo e apoiada sobre as colunas	186
Figura 5.8	Mobilidade em 10^9 Km, estimada com base no consumo de combustíveis	187
5.3 EQUAÇÕES		
Equação (5.1)	Equação da transformação da energia cinética durante a deformação do veículo	177
Equações de Wood	178
Equação (5.2)	Relações entre a severidade e a aceleração do corpo do ocupante	178
Equação (5.3)	Relações entre a desacelerações do habitáculos durante o impacto, com as massas, deslocamentos e capacidade de absorção energética de dois veículos .	179
Equação (5.4)	Relações entre a desaceleração do habitáculo com a massa, deslocamento e velocidade do veículo	179
CAPÍTULO VI		
6.1 QUADROS		
Quadro 6.1	Consumos médios em condições reais de trânsito, segundo o tipo do veículo, idade média e combustível empregado	218

Quadro 6.2	Modelos normalmente empregados para o ajuste de tendências a séries históricas de acidentes	221
Quadro 6.3	Taxas de ferimentos e fatalidades por 10 ⁹ Km viajados no Brasil	222
Quadro 6.4	Índice de mortos por 10 ⁹ Km viajados (MBKMV)	228
Quadro 6.5	Índices comparativos médios para os estados das regiões Sul e Sudeste no período 1994/1995	229
Quadro 6.6	Desvios em relação à média do grupo para os índices comparativos médios para os estados das regiões Sul e Sudeste no período 1994/1995	230
Quadro 6.7	Índices gerais para os estados, incluindo distância viajada (BKMV) e acidentes e índice de mortos por BKMV	231
Quadro 6.8	Participação relativa das BRs no movimento geral e nos óbitos no trânsito	231
Quadro 6.9	Desvios em relação à média, para os valores do Quadro 6.6	232
Quadro 6.10	Dados comparativos das rodovias federais catarinenses	234
Quadro 6.11	Exemplos de índices descritivos para as condições de risco predominantes na BR-101/SC	236
Quadro 6.12	Variação dos caso de TCE na UTI do Hospital Celso. Ramos: ocupantes de motos versus ocupantes de automóveis	240
6.2	FIGURAS	
Figura 6.1	Modelo ajustados à série “mortos por 10 ⁹ Km viajados no Brasil”	223
Figura 6.2	Modelo ajustados a série “feridos por 10 ⁹ Km viajados no Brasil”	223
Figura 6.3	Comportamento do índice de acidentes por distância viajada, em função do VMD	239
CAPÍTULO VII		
7.1	QUADROS	
Quadro 7.1	Taxas de acidentes, e de acidentes com vítimas para alguns trechos de rodovias no Brasil	280
Quadro 7.2	Índices unitários por acidente típico para os acidentes com vítimas	299
Quadro 7.3	Distribuição inicial da severidade dos ferimentos	300
Quadro 7.4	Distribuição temporal dos feridos leves	301
Quadro 7.5	Distribuição temporal dos feridos graves	301
Quadro 7.6	Distribuição temporal dos óbitos	301
Quadro 7.7	Custo das lesões por severidade	302
Quadro 7.8	Custo unitário dos danos a veículos em função da gravidade dos acidentes	302
7.2	FIGURAS	
Figura 7.1	Exemplo de uma pesquisa com o “overlay”, mostrando a	

	rodovia BR-101 – (Km 104-164)	252
Figura 7.2	Distribuição percentual dos acidentes típicos ocorridos na BR-101/SC - (Km 104-298) e índices de severidade para cada tipo de acidente	260
7.3	EQUAÇÕES	
	Equação (7.1) Equação simplificada de custo para um acidente	298

LISTA DE SIGLAS

AASHTO	AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS
ABDETRAN	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DETRANs
ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ANFAVEA	ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES
ARRB	AUSTRALIAN ROAD RESEARCH BOARD

CET	COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (SP)
CETTRAN	CONSELHO ESTADUAL DE TRÂNSITO
CNT	CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE
CONTRAN	CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO
CTB	CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO (1998)
DAER	DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM (RS)
DENATRAN	DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO
DEST	DIVISÃO DE ENGENHARIA E SEGURANÇA DE TRÂNSITO
DEST	DIVISÃO DE ENGENHARIA E SEGURANÇA DE TRÂNSITO
DETRAN	DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO
DNER	DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM
DORo	DIRETORIA DE OPERAÇÕES RODOVIÁRIAS
DOT	DEPARTMENT OF TRANSPORTATION
FHA	FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION
GEIPOT	EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES
GIS	GEOGRAFIC INFORMATION SYSTEM
GPS	GLOBAL POSITIONING SYSTEM
IATSS	INTERNATIONAL ASSOCIATION OF TRAFFIC AND SAFETY SCIENCES
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IBP	INSTITUTO BRASILEIRO DO PETRÓLEO
IIHS	INSURANCE INSTITUTE FOR HIGHWAY SAFETY
INPC	ÍNDICE NACIONAL DE PREÇOS AO CONSUMIDOR
INST	INSTITUTO NACIONAL DE SEGURANÇA NO TRÂNSITO
IPPUC	INSTITUTO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA
IPR	INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS
JARI	JUNTA ADMINISTRATIVA DE RECURSOS DE INFRAÇÃO
MME	MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
MT	MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
NHTSA	NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION

OMS	ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE
ONU	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PNCT	PLANO NACIONAL DE CONTAGEM DE TRÂNSITO
PRFSC	POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL DE SANTA CATARINA
TRB	TRANSPORTATION RESEARCH BOARD
TRRL	TRANSPORT AND ROAD RESEARCH LABORATORY
UFIR	UNIDADE FISCAL DE REFERÊNCIA

RESUMÓ

O presente trabalho consiste em realizar uma profunda revisão das principais medidas de contenção de acidentes de trânsito e da sua avaliação, desenvolvendo, com base nisso, um modelo para análise. Este pode ser aplicado em diferentes contextos, do âmbito mais global com os dados agregados, até o âmbito mais técnico ou restrito, utilizando, para tanto, as informações obtidas junto aos órgãos de trânsito, e dados inéditos mais detalhados, coletados diretamente dos boletins de ocorrência. As considerações a partir de então propiciaram uma série de resultados obtidos que permitiram situar o cenário - a rodovia BR-101 - dentro do contexto nacional/internacional, e também obter relações entre características de veículos, geometria e meio ambiente.

ABSTRACT

The present work consists in a deep review of the main measures of presentation of traffic accidents and of their evaluation, developing a model for analysis base on this data. This model can be applied to various contexts, from the most global ambit with the clustered data, until the most technical or restrict ambit, using for this purpose the information obtained from the traffic authorities and detailed unpublished data collected directly from the accident reports. As from the analysis of this data, a scenery was defined - the BR 101 highway - within the national / international sphere, and also to stablish relation among characteristics of vehicles, road geometry and enviroment.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

1.1 Tema da pesquisa

Neste final de século, a maior parte das sociedades, ditas “modernas e civilizadas”, apresenta um alto grau de dependência dos sistemas rodoviários de transporte. Isto se deve, em grande parte, à relativa flexibilidade apresentada pelos seus veículos, largamente ampliada através de uma estrutura cultural e tecnológica que, ao longo dos anos, desenvolveu uma complexa rede de rodovias, urbanas e rurais, produzindo um modelo de desenvolvimento mais atrelado ao veículo do homem do que ao próprio homem. Esta conduta irracional, vem provocando um severo impacto à qualidade de vida no planeta. As cidades estão poluídas, e seus habitantes precisam disputar espaço, cada dia mais raro, com um número crescente de automóveis, que lhes polui o ar, a água, lhes aumenta o risco e, freqüentemente, lhes reduz até mesmo a própria mobilidade.

O direito à vida ou à qualidade de vida parece ter sido preterido em nome de um pretense direito de ir e vir. No entanto, freqüentemente este direito é o mais impactado, devido à quantidade expressiva de horas perdidas pelos milhões de cidadãos retidos diariamente em congestionamentos. O modelo atual de transporte, individualista, garante uma ampla liberdade à posse e utilização de automóveis, sem uma exata avaliação do seu impacto econômico ou social. Esta distorção representa uma inversão de valores, e faz com que o direito individual se sobreponha ao coletivo.

A partir dos anos 1980, felizmente, um conceito intrinsecamente relacionado à qualidade de vida começa a ser introduzido na avaliação de sistemas de transportes, e são desenvolvidas metodologias que tentam avaliar o impacto destes ao homem e ao ambiente em que vive, de uma forma socialmente mais justa (JONES-LEE e outros, 1985; JONES-LEE, 1987; ELVIK,

1995; McFADDEN e outros, 1996). As sociedades ditas mais evoluídas, como as do Japão, EUA e das regiões desenvolvidas da Europa, socialmente mais justas, perceberam que os acidentes de trânsito têm um custo social capaz de tornar os prováveis danos materiais, hospitalares ou mesmo de produção perdida, insignificantes.

A busca do equilíbrio entre mobilidade e segurança gera a necessidade de se obter um valor economicamente aceitável e, ao mesmo tempo, justo para ponderar as perdas ou risco de perdas humanas. A avaliação da eficiência de um sistema rodoviário de transportes considera geralmente os custos de implantação e de operação do sistema. O custo dos acidentes, quando incluído na avaliação, considera apenas os custos diretos e via de regra utilizando um índice geral, do tipo “acidente com morto” ou “acidente com ferido”. Estes índices são representativos, mas nem sempre possuem a sensibilidade adequada ao processo de avaliação. Em muitos casos é mais útil saber, por exemplo, quantos acidentes com mortos são colisões frontais. Este tipo de acidente pode ser relacionado, por exemplo, à separação ou não dos fluxos opostos por barreira numa rodovia de 2 pistas. Já o conceito de “acidente com morto” agrega a influência do tipo de acidente evitado (colisão frontal) e de outros (Ex: capotagens e colisões traseiras).

Nos últimos tempos, vem ocorrendo no Brasil alguma evolução nos mecanismos de busca da cidadania. Esta conscientização, ainda que incipiente, acabou redundando na elaboração e aprovação do chamado novo “Código Brasileiro de Trânsito” (CBT, 1998). Ele deve representar, se implementado, um avanço, pois aparentemente prioriza a segurança em vez de priorizar a mobilidade, como fazia o código anterior. Esta ferramenta, depois de alguns ajustes, se bem utilizada, deverá corrigir algumas distorções provocadas por esta inversão de valores, valorizando mais a vida humana nas questões de trânsito.

As sociedades, num processo similar ao do indivíduo, experimentam um mecanismo de amadurecimento social, que ocorre paralelamente à explosão do processo de motorização. Nos países desenvolvidos, tendo os EUA como precursor, a massificação do automóvel ocorreu entre os anos 1950 e 1960, e início dos 1970 (EVANS, 1991), sendo acompanhada por um grande aumento do

número de vítimas do trânsito. Felizmente o fenômeno não resistiu ao tratamento sistemático, graças à vontade política de seus governantes, que financiaram as pesquisas e garantiram a sua aplicação prática, tendo sido controlado ou pelo menos colocado dentro de padrões mais aceitáveis.

A reação das sociedades não é algo que acontece espontaneamente, sem luta. Alguns pesquisadores tiveram grande participação no esforço pela melhoria da segurança no trânsito e, através da seu empenho, ajudaram a desencadear todo um processo de conscientização nas sociedades motorizadas. A grande guinada, na segurança viária americana e mundial, por exemplo, se deu a partir das pressões de Ralph Nader sobre as grandes montadoras, detalhando a “insegurança veicular” e inaugurando a era do consumidor¹. Assim sendo, a segurança veicular passou a vender veículos, sendo visto como “algo” que dava lucros.

A evolução da sociedade moderna deve se dar de qualquer forma, se possível, com a presença do automóvel. Mas, para que esta evolução possa ocorrer plenamente, é necessário que elas busquem padrões aceitáveis de qualidade de vida e que sejam cada dia mais críticas em relação aos níveis desta qualidade. No entanto, não existe evolução que não passe pelo tratamento sistemático dos principais problemas e isto requer investimentos em pesquisa, educação e tecnologia, e, principalmente, que se disponha de uma base de dados confiável e adequada à análise dos variados aspectos deste complexo problema de natureza interdisciplinar, que envolve o uso do automóvel e a garantia dos direitos naturais do homem de hoje.

¹ Esta era teve início, quando foi publicada a sua tese, editada sob a forma de livro com o título “Inseguro em qualquer velocidade”, que causou grande polêmica, porque citava modelos, marcas, fabricantes e, os graves defeitos dos veículos de então. Foram feitas tentativas de corrompe-lo, desacreditá-lo, mas por fim, conseguiu provar a perseguição e recebeu um pedido de desculpas público do presidente da General Motors (GNT, 1999).

1.2 A evolução temporal dos acidentes de trânsito no Brasil

A Organização Mundial da Saúde (OMS) classificou recentemente o trânsito do Brasil como sendo o 4º mais perigoso do mundo (RIBEIRO, 1995). O acelerado crescimento dos níveis de motorização, mais veloz que o avanço dos níveis de conscientização da sociedade, pode ser indicado genericamente como causa deste trânsito perigoso e caótico. Nos últimos anos, o número de vítimas que vinha crescendo vertiginosamente até o fim dos anos 1980, diminuiu seu ímpeto, chegando até a apresentar uma certa estabilização, mas num patamar infelizmente ainda muito elevado.

Ano	Frota	Feridos	Mortos	Mortos/10.000 veículos	Rodovias (km)
61	619.048	23.358	3.355	53,8	-
71	3.093.544	124.283	10.632	34,4	54.000
81	11.587.051	243.001	19.762	17,0	87.000
88	15.304.960	313780	25.358	16,6	133.663
89	16.840.832	320347	27.013	16,0	136.647
90	18.267.245	296.562	22.550	12,3	139.353
91	19.997.630	248.885	23.222	11,3	139.415
92	21.263.690	274.268	21.387	10,1	143.247
93	23.536.501	337.576	22.393	9,9	148.246
94	24.177.167	304.725	23.705	9,8	148.246
95	26.609.232	321.110	25.513	9,6	148.246
96	27.306.121	349739	26.903	9,9	148.246

QUADRO 1.1 - Estatísticas de frota e severidade de ferimentos no Brasil (DENATRAN/GEIPOT, 1995). *Dados estimados

Os números relativos aos acidentes de trânsito no Brasil (Ver Quadro 1.1) têm sido motivo de alguma controvérsia. É comum as pessoas, mesmo as ligadas ao assunto, suspeitarem destes números, alegando freqüentemente que pouco se faz em relação à prevenção e que o número de condutores e de veículos vem crescendo, logo o número de vítimas fatais deveria acompanhar este crescimento. Ao longo deste trabalho, estes aspectos relacionados com o comportamento das séries históricas de acidentes serão

discutidos, mostrando a necessidade de se avaliar as oscilações cíclicas temporais e outras variáveis, externas aos tratamentos, e que podem influir na interpretação dos resultados.

A idéia de que o número de fatalidades deveria crescer junto com o número de veículos e condutores parece até certo ponto lógica. Por outro lado, ela traz consigo duas suposições que, no mínimo, merecem alguma ponderação: a primeira é de que não houve qualquer avanço relativo à segurança de trânsito (passiva ou ativa) no país; e a outra é que a relação entre o fluxo e a capacidade do sistema viário se mantém inalterada. Na realidade a expansão da malha viária não vem acompanhando o crescimento da frota (ver Quadro 1.1), provocando uma saturação gradual do sistema viário, vindo a acarretar, em certos pontos críticos, uma relação um tanto complexa, entre fluxo, capacidade e acidentalidade, conforme será abordado nos Capítulos VI e VII.

Mesmo que aparentemente não se sintam grandes mudanças, é inquestionável o fato de que hoje se põe em prática uma série de contramedidas de acidentes, tais como, o cinto, capacete e faróis acesos (motos), passarelas para pedestres, que sequer eram conhecidas da população há vinte anos. De um modo geral, se ouve falar cada vez mais em segurança viária.

As rodovias conduzem um número crescente de veículos, operando cada vez mais tempo sob congestionamento, com velocidades médias, portanto, cada vez mais reduzidas (HCM, 1994). Com o aumento do número de veículos (candidatos a incidentes) espera-se um aumento no número de acidentes, e isto realmente ocorre. Porém, muitas, vezes a redução da velocidade média operacional dos veículos sob congestionamento pode provocar indiretamente uma diminuição na severidade das ocorrências, o que pode superestimar os esforços aplicados na segurança viária.

Nas situações de fluxo forçado, há uma expectativa de que aumentem as pequenas colisões a baixas velocidades, principalmente as traseiras² de menor severidade. Estes efeitos podem somar-se, por exemplo, aos obtidos através dos

² Nos fluxos congestionados, diminui o *headway* (tempo entre dois veículos sucessivos ou a distância correspondente a este tempo) médio entre os veículos, que passam a se acumular em longas filas, quase nunca atendendo a distância mínima de segurança

avanços na segurança veicular ou da implementação do uso do cinto, distorcendo os resultados da sua avaliação. Este é um fenômeno que ocorre geralmente de forma isolada em alguns segmentos mais carregados de fluxo do sistema viário nacional. O trecho da BR-101, que corta o estado de Santa Catarina, pode ser dado como exemplo (VIEIRA e FREITAS, 1996), principalmente no segmento da Grande Florianópolis do km 194 ao Km 217.

Discriminação	Nº	percentuais
mortos no transporte	17	37,8
mortos após 24 h	32	71,1
mortos após 3 dias	37	82,2
mortos após 7 dias	39	86,7
mortos após 10 dias	42	93,3
mortos após 15 dias	43	95,5
mortos após 30 dias	44	97,8
mortos após 35 dias	45	100
Removidos que morreram	45	9,3
pacientes ambulatoriais	284	58,7
pacientes com alta	90	18,6
Outros	65	13,4
Total de feridos atendidos	484	100

QUADRO 1.2 - Acompanhamento das vítimas de trânsito num período de 30 dias a partir do acidente (DNER/IPR, 1988)

Uma questão importante, na análise dos dados de acidentes, está relacionada ao intervalo de acompanhamento das vítimas após o acidente. Para que uma morte seja incluída numa base de dados, ela deve ocorrer dentro de um determinado intervalo de tempo após a ocorrência. Quanto maior o intervalo, mais completos e conclusivos serão os registros. A escolha do intervalo é um tanto arbitrária, porém a opção por um intervalo mais longo, 1 ano por exemplo, permitiria o fechamento da planilha de dados de 1997, na melhor das hipóteses, em janeiro de 1999. Já a opção por considerar apenas as mortes ocorridas no local dos acidentes, procedimento adotado atualmente no Brasil, subestima muito o número de vítimas fatais (ver Quadro 1.2).

Alguns estudos realizados podem dar uma idéia da subnotificação das mortes no trânsito, mas sua validade está restrita às condições em que foram

gerados os dados (ambiente, qualidade do atendimento etc..). Segundo TRINDADE (1988), em dois dos mais bem estruturados órgãos de gerenciamento de trânsito do País, o IPPUC (Curitiba/PR) e a CET (São Paulo/SP) reportaram índices de sub-registro de 56% e 40% respectivamente. Em pesquisa realizada no Estado do Rio de Janeiro no ano de 1986, foi constatado que 9,3% dos feridos em acidentes nas rodovias federais morrem durante ou após sua remoção para um hospital, (ver Quadro 1.2). Isto representa, considerando o universo de 4745 feridos da pesquisa, um acréscimo de 441 mortes às 680 ocorridas no local, ou seja, 65% de acréscimo no total de óbitos (DNER/IPR, 1988).

ANO	FONTE	MORTES
1993	ABNT	85250
1993	DENATRAN	22393
1992	VOLVO	29102
1986	GEIPOT	50000

QUADRO 1.3 - Mortes no Trânsito no Brasil (Pesquisa realizada pelo DNER para a revista Superinteressante, 1995)

O Quadro 1.3 apresenta as estimativas de mortos em acidentes de trânsito, segundo diferentes fontes, mostrando valores discrepantes para o mesmo fenômeno, originados na forma de avaliar a subnotificação.

Um dos fatores que pode contribuir para a existência de dúvidas sobre a quantificação das mortes no trânsito está na existência de altos índices de sub-registro e a inexistência de um consenso sobre estes. No entanto, todos os estudos realizados concordam quanto à existência de subestimação do número de vítimas nos acidentes de trânsito, uma vez que são consideradas apenas as mortes no local do acidente.

Os países desenvolvidos enfrentaram o processo de popularização do automóvel, cerca de duas ou três décadas antes do Brasil, e obtiveram sucesso na redução do número e severidade destas ocorrências (TRINDADE, 1988; BRAGA, 1989; EVANS, 1991). Isto nos permite dispor de uma série de metodologias e tecnologias, previamente testadas nestes países que, em alguns casos, já apresentaram no passado níveis de segurança quase tão precários quanto os do Brasil. O caminho para a solução ou, pelo menos, para o

controle do problema, portanto, é ou pode ser conhecido. No entanto, falta de fiscalização, de uma legislação eficiente e, principalmente, de uma política efetiva de educação para o trânsito, tem sido um entrave à solução dos problemas do trânsito brasileiro.

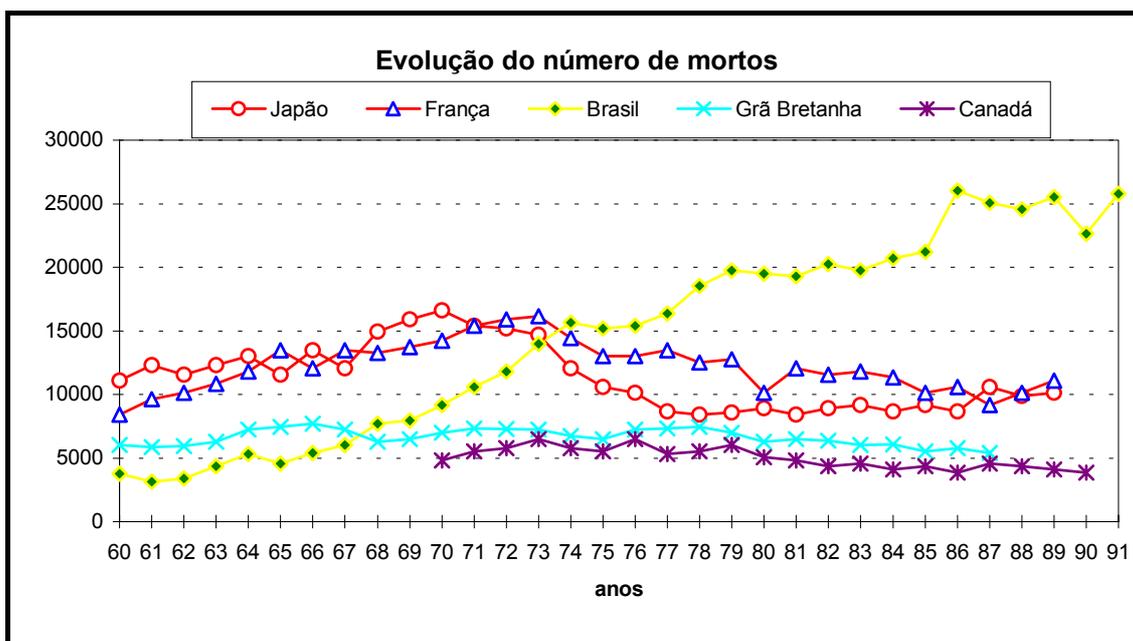


FIGURA 1.1 - Fatalidades resultantes de acidentes de trânsito, CET (1993).

Durante o levantamento de dados junto a Polícia Rodoviária Federal do Estado de Santa Catarina, pode ser observado que as condições de trabalho dos policiais deixam muito a desejar. Na BR-101, por exemplo, o efetivo não parece suficiente para controlar a gravidade do problema acarretado pelo excesso fluxo. Além disto, assim como os demais funcionários públicos, o rodoviário é mal remunerado, e freqüentemente não dispõe sequer dos equipamentos mínimos necessários ao exercício da sua função. Existe uma carência muito grande de recursos tecnológicos, já disponíveis no país e não transferidos a este serviço. A transferência de tecnologia permite, por exemplo, que o controle de infrações possa ser feito através de câmaras e detetores, mais apropriados que o homem nestas operações de fiscalização e monitoramento, aumentando a disponibilidade do efetivo policial para o atendimento de ocorrências e intervenções onde a atuação humana é a mais indicada.

A mortalidade no trânsito foi crescente até o início dos anos 1970 em alguns países, conforme mostra o gráfico da Figura 1.1, quando, então, devido à adoção de políticas de segurança mais abrangentes, o processo começou a ser revertido. No Brasil, onde isto não ocorreu, vinha se mantendo uma tendência crescente no número de mortes, e, nos últimos anos, parece estar ocorrendo uma certa estabilização, mas num patamar ainda muito elevado (ver Seção 4.3).

1.3 A epidemiologia dos acidentes de trânsito no Brasil

Nesta seção serão apresentados alguns números, que situam esta grave epidemia³ dentro do contexto nacional, enfatizando alguns aspectos do problema dos acidentes de trânsito no País. A carência de informações específicas sobre a segurança de trânsito no Brasil faz da pesquisa, nesta área, a necessidade mais urgente e o único caminho na busca de instrumentos capazes de atenuar os efeitos do mau gerenciamento no uso do automóvel, que colocam o Brasil na posição de detentor da classificação de "um dos países com o trânsito mais confuso e perigoso do mundo" (RIBEIRO, 1994).

Os números absolutos das mortes no trânsito brasileiro por si, demonstram a necessidade de estudar o fenômeno com mais profundidade. Os acidentes rodoviários são responsáveis por aproximadamente 50 mil mortes por ano⁴, colocando-o como a terceira principal causa de morte no Brasil (TRINDADE, 1988⁵), sendo superado apenas pelas doenças cardiovasculares e pelas neoplasias. Este número, que vem sendo apresentado como um valor médio estável para os últimos anos, é considerado por muitos como aquém da realidade. No entanto, é o mesmo registrado nos Estados Unidos, que tem quase o dobro da

³ Segundo o dicionário AURÉLIO (1995), o termo epidemia significa "falta ou perturbação da saúde; moléstia, mal, enfermidade, que surge rápida num lugar e acomete simultaneamente um grande número de pessoas."

⁴ Este número foi obtido com a média anual dos últimos 6 anos, ajustada para compensar o sub-registro constatado pelas pesquisas realizadas pela CET em São Paulo, pelo IPUCC em Curitiba (TRINDADE, 1988) e pelo DNER no Rio de Janeiro (DNER, 1988).

⁵ Atualização feita segundo dados do ministério da saúde, publicado no Almanaque Abril 1998

população brasileira, possuindo uma frota dez vezes maior, e que utiliza, certamente, muito mais o automóvel.

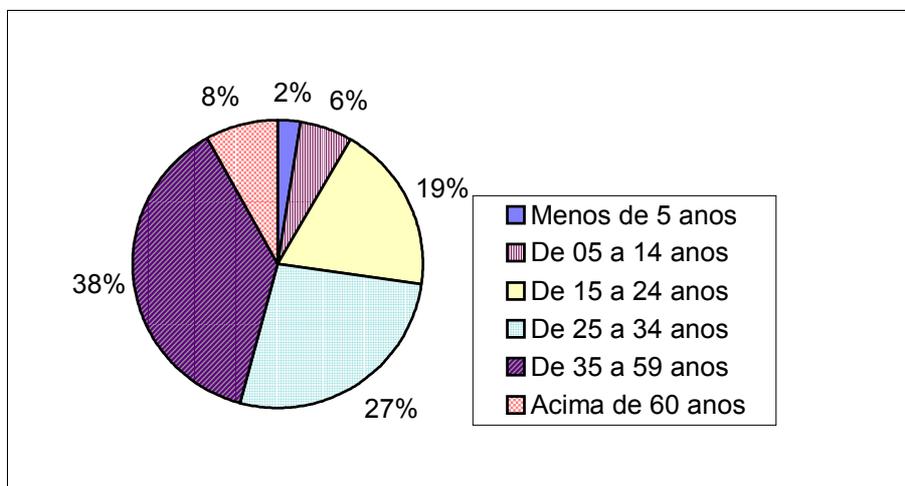


FIGURA 1.2 - Distribuição de mortos por faixa etária CNT/GEIPOP 1995

Um aspecto que aumenta a gravidade relativa da fatalidade de trânsito é o fato deste atingir mais freqüentemente pessoas no gozo pleno da saúde, economicamente e socialmente ativas. Estas se expõem mais aos riscos, devido à necessidade de deslocamentos impostas por suas atividades profissionais, escolares ou sociais. As fatalidades de trânsito, ao contrário do que ocorre com mortes provocadas por doenças do coração ou câncer, concentram-se entre os elementos mais jovens da população. A Figura 1.2 mostra o perfil etário médio dos acidentados, com as faixas compreendidas entre 0 e 34 anos, totalizando 54% das mortes.

Apesar da gravidade da questão, muito pouco se tem feito em termos de pesquisa nesta área de atuação. Uma das principais razões é a indisponibilidade de dados com o nível de detalhamento (agregação) adequada para a análise, o que limita sobremaneira a ação dos pesquisadores. Segundo SCHUMUTZER (1997), *"a carência de dados específicos esconde de certa forma a extensão do problema dos acidentes da população em geral"*. Ele está se referindo à dificuldade de obter resposta a uma questão específica: quantos morrem em colisões traseiras pela falta ou ineficiência do pára-choque traseiro

dos caminhões? A dificuldade de encontrar informações, que permitam uma relação mais robusta com o problema, contribui para a falta de conscientização presente até mesmo entre os técnicos da área.

A inexistência de uma cultura de tratamento interdisciplinar dos acidentes é outro entrave ao avanço na questão da segurança do trânsito. A busca por informações relevantes deve aproximar educadores, psicólogos, engenheiros, médicos, economistas advogados, policiais e outros profissionais, ligados direta ou indiretamente ao problema. Este intercâmbio é indispensável à abordagem do tema (BRAGA, 1989, RIVARA 1997), pois, sem ele, o conhecimento sobre o fenômeno é segmentado, parcial, capaz de obter apenas soluções circunstanciais. Isto deixa espaço livre para que se estabeleçam pensamentos dogmáticos como considerar que as mortes no trânsito são obras do acaso ou ainda que são "a vontade de Deus", estando fora de controle.

A situação dramática em que se encontra o trânsito no Brasil, já foi enfrentada por outros países, que conseguiram atenuar bastante o problema. A condição *sine qua non* para a solução foi o criação de uma base de dados consistente, abrangendo Europa e América do Norte. A iniciativa de criação desta base, por parte da recém criada ONU, ao fim da Segunda Guerra, demonstra a seriedade com que foi tratada esta epidemia.

A evolução das pesquisas desenvolvidas a partir da base criada pode ser avaliada pelos resultados positivos obtidos a partir da década de 60 na redução do número de óbitos (ver Figura 1.1), o que demonstra que nenhum problema resiste a uma ação racional e sistemática. Se o problema está estabilizado num patamar elevado é porque não tem sido aplicado esforço suficiente na sua solução, ou este esforço está sendo mal empregado.

A alegação de falta de recursos para tentar melhorar os níveis de segurança no trânsito, merece um análise mais cuidadosa. Se não há verbas para investir em coleta e tratamento de dados, passarelas, revestimentos, sinalização, educação e esforço legal, seria a princípio imprescindível haver verba para a criação e manutenção de leitos hospitalares e equipes de atendimento.

Fontes do Ministério da Saúde estimam que, aproximadamente 60% dos pacientes internados, em clínicas de ortopedia e traumatologia dos hospitais

do País, são de acidentados de trânsito (TRINDADE, 1988; DNER/IPR, 1988). Isto provoca uma sobrecarga no sistema hospitalar de alto custo para a sociedade, e, em grande parte, evitável através de medidas de prevenção adequadas.

O agravante do caso é que a questão estatística não vem recebendo ainda a devida atenção, o que limita o nível das soluções futuras, pelo menos a curto prazo. A Divisão Nacional de Epidemiologia do Ministério da Saúde implantou, em 1977, o subsistema de informação sobre a mortalidade em geral, com os objetivos de expandir a cobertura de dados de mortalidade e de aprimorar a qualidade da informação recebida. Mas ainda em 1985, a publicação sobre estatística de mortalidade do Ministério da Saúde apresenta dados que estimam a cobertura de apenas 75% do total de óbitos ocorridos no Brasil. Os motivos, que ainda hoje persistem, se devem à cobertura incompleta dos óbitos nas regiões Norte, Nordeste e aos óbitos não notificados (Instituto Nacional do Câncer, 1995/1996).

Ainda há muito por fazer no que tange à segurança de trânsito, já que muito pouco tem sido feito. Segundo o DNER/IPR (1988), "não temos ainda conceituado sequer o que seja morto em acidente com veículo a motor". No caso das rodovias federais, a polícia declara em sua estatística, quase sempre, as vítimas que morrem no local ou durante o transporte feito por ela, desconhecendo e não anotando um grande número de mortes que ocorrem com as vítimas já hospitalizadas. Há ainda os acidentes que não são comunicados às polícias rodoviárias (TRINDADE, 1988), devendo ser considerado ainda o sub-registro dos casos de morte em geral.

Apesar da importância do assunto, existe um certo descaso por parte da sociedade como um todo em relação a esta grave epidemia. Este fato contribui para a falta de poder do "lobby" da segurança em relação ao da mobilidade. A segurança é muito lembrada quando existe a necessidade de implementar medidas que podem melhorar também a mobilidade, mas, e em seguida, é esquecida.

Algumas vezes a solução ótima para o problema da mobilidade de alguns, pode significar o agravamento do risco ou redução da qualidade de vida e

da própria mobilidade de outros. A construção de faixas extras em rodovias, por exemplo, aumenta a capacidade destas, mas deve ser acompanhada de contramedidas que visem a garantir a segurança e mobilidade dos moradores circunvizinhos e dos usuários. A segurança viária pode até mesmo se degradar para alguns usuários. Se não houver, por exemplo, o controle adequado de velocidade e se, não forem oferecidas instalações apropriadas aos pedestres e ciclistas, estes terão que cruzar um número maior de faixas, utilizadas por veículos com velocidades provavelmente maiores.

Durante a Conferência Internacional de Segurança Viária para Países da América Latina e Caribe, em uma das sessões plenárias, CORRÊA (1995) concluiu:

Não podemos mais continuar apenas reclamando da insensibilidade dos governos e dos políticos por não investirem em segurança de trânsito. Devemos ser mais criativos e encontrar formas de convencê-los. Se o doente não reage bem ao remédio, a solução não está em criticar o doente, mas mudar o remédio, é o que dizia o premier russo Nikita Krushev.

Existem poucas pesquisas no Brasil sobre acidentes de trânsito, envolvendo causas, tipologia, e a avaliação de contramedidas. A partir de pesquisas utilizando este tipo de informação, é provável que haja maior facilidade de realizar o trabalho de conscientização das autoridades, pois facilita a associação causa/efeito. O "remédio" para esta grave doença social vai surgir do debate, envolvendo todas as áreas de conhecimento, em torno do problema, que deverá estar devidamente descrito por meio de uma informação detalhada e confiável.

1.4 A avaliação de impactos à segurança viária

A construção de novas instalações de transporte ou melhorias naquelas existentes sempre reflete sobre os níveis de segurança de circulação

para os indivíduos que as utilizam, quer sejam eles pedestres ou condutores. O equacionamento desta questão tem consumido uma considerável soma de esforços nas áreas de engenharia, educação e coerção (esforço legal). De um lado, tem-se uma necessidade crescente por mobilidade imposta pela sociedade atual; no outro, às vezes de forma antagônica, tem-se a valorização da qualidade de vida, representada no trânsito pela busca de um padrão de segurança aceitável.

De um modo geral, pode se dizer que os benefícios de novas rodovias, adequação de projetos rodoviários, projetos de segurança ou de outros projetos de transporte, são calculados em termos de economia de tempo e em acidentes evitados. A fim de avaliar os esquemas propostos, os custos de implementação são comparados com os benefícios. Para que seja possível a comparação direta, ambos são colocados em termos monetários. No entanto, para que se possa avaliar devidamente o que está ocorrendo é necessário que se conheçam as tendências e o comportamento das séries de dados de acidentes, para que se possa diferenciar o que é efeito de um tratamento ou contramedida, e o que se deve ao comportamento cíclico das séries.

A intervenção ou medida de contenção de acidentes, em caráter mais restrito, é definida na literatura técnica de contramedida (DEST, 1996). Como a tese da causa única para a ocorrência de um acidente de trânsito é de difícil aceitação, devem ser aplicados conjuntos de contramedidas, ou projetos. Se o objetivo tiver um caráter mais abrangente, recebe o nome de programa, englobando vários projetos de natureza interdisciplinar (BRAGA, 1989; DEST, 1996).

O problema dos acidentes rodoviários vem sendo tradicionalmente tratado, segundo três âmbitos: engenharia, educação e coação (esforço legal). Dentro desta ótica, podem ser delineados dois grandes grupos de intervenção (BRAGA, 1989; EVANS, 1991; PERFEITO e outros 1997), conforme pode-se observar na Figura 1.3.



FIGURA 1.3 - Categorização Esquemática do Fatores de Segurança (EVANS, 1991); (BRAGA, 1989)

A avaliação das medidas de contenção de acidentes, no contexto do presente trabalho, é a obtenção de um valor, baseado nos números e tipos de acidentes, que expresse a eficácia econômica e estatística de uma contramedida ou projeto, de uma forma justa, contemplando também a questão do impacto à qualidade de vida dos acidentes rodoviários.

A similaridade das tendências de longo prazo das séries temporais de dados globais de acidentes (mortos/Km viajado ou feridos por Km/viajado) facilita algumas conclusões e comparações. Este trabalho desenvolve o tema a partir da análise do desenvolvimento histórico da evolução das sociedades motorizadas e dos modelos de tendências ajustados a estas séries. A utilização de um horizonte mais amplo, obtido pela avaliação global do problema, permite identificar com maior clareza as correlações, que muitas vezes não são tão facilmente identificáveis em tratamentos de curto prazo.

O números de ocorrências, num determinado local, escolhido um intervalo de tempo adequado, obedece normalmente a um modelo de *Poisson*. No comportamento descrito através deste, estão presentes nas oscilações no entorno da média uma variabilidade associada a influências climáticas, comportamentais locais, econômicas, sociais, esforço policial etc. Algumas destas variáveis, muitas vezes, podem ter mais força que uma intervenção ou contramedida, funcionando então como uma variável "confounder" (KLEIBAUM e outros, 1987). No caso dos acidentes, nem sempre é possível contar com um intervalo de tempo apropriado para avaliar o comportamento da série. Nas avaliações das contramedidas em intervalos curtos, a identificação de "confounders" e o seu controle são indispensáveis à obtenção de conclusões mais realísticas. O efeito das variáveis

“confounders” ou o seu efeito “confounding”, deve ser, na medida do possível, conhecido e isolado sempre que for necessário avaliar uma medida de contenção de acidente (contramedida de acidente).

Na avaliação de uma ação educativa, é comum a comparação de resultados antes e depois da campanha, utilizando o número de acidentes num ponto ou grupo de pontos de coleta de dados. A presença de “confounding” pode ser identificada, por exemplo, pela mudança significativa na avaliação dos resultados pela consideração ou não da idade do condutor. Se a idade não for considerada no julgamento da campanha, os resultados serão distorcidos pelo efeito *confounding* desta variável.

A obtenção de relações consistentes entre as ocorrências de trânsito e os dados oriundos da geometria e desenvolvimento ambiental é geralmente uma tarefa difícil sob o ponto de vista de modelagem matemática. No entanto, isto pode ser obtido pelo controle adequado da variância associada às oscilações sazonais, de tráfego, e pela análise da distribuição dos acidentes, organizados segundo tipos e, segundo as freqüências em que ocorrem ao longo do eixo da rodovia. Deste modo, pode se obter o máximo de informação, dispensando o uso de utilização de séries longas.

Na formação dos custos unitários dos acidentes, segundo a abordagem tradicional, é adotada a tipologia de acidente com morto, com ferido e com danos materiais (sem feridos). São estimados também os custos da produção perdida (dias perdidos), os custos médicos e, de uma forma um tanto arbitrária, um custo relacionado à perda humana, denominada de *pain, grief, and suffering* (dor, pesar, e sofrimento). Esta metodologia adotada em vários países desde meados da década de 1960, e um pouco mais tarde no Brasil, vem sendo substituída por uma metodologia de avaliação baseada na "disposição de pagar" (JONES-LEE e outros 1985, JONES-LEE, 1987; O'REILLY, 1994; ELVIK, 1995), que oferece uma alternativa mais justa de avaliar a perda de qualidade de vida decorrente dos acidentes de trânsito.

Neste trabalho, após uma ampla revisão na literatura, são apresentadas as principais medidas que foram aplicadas ao longo do tempo em países que já enfrentaram o problema da explosão da motorização antes do

Brasil. A influência da cultura nas normas sociais e na legislação, bem como alguns aspectos da evolução tecnológica e de sua transferência são apresentados. Deste modo, é possível o que foi feito aos resultados obtidos, identificando quais as medidas potencialmente adequadas para enfrentar os problemas gerados pela massificação do automóvel.

Alguns elementos do sistema viário nacional são discutidos, incluindo planejamento, implantação e degradação da capacidade e dos níveis de segurança. Partindo dos dois modelos básicos de rodovias, as de pista simples (duas mãos na mesma pista) e as de pista dupla com múltiplas faixas, são discutidos os principais conflitos que afetam a segurança viária. Então, finalmente trata-se da questão da segurança veicular e de contramedidas relacionadas à condução e ao comportamento.

A proposta de avaliação será apresentada através de um modelo, no qual os dados serão agregados em grupos (tipos) que os tornem capazes de descrever os acidentes de uma forma mais robusta para identificação de possíveis relações com os tratamentos aplicados; utilizando, por exemplo, o número de colisões frontais, antes e depois de uma campanha pelo uso do cinto, para avaliar sua eficiência. Tal desagregação permite que sejam estabelecidos custos unitários para cada classe de ferimentos e proporção de danos materiais (ANDREASSEN, 1989, 1992, 1992b, 1994), estabelecendo então um custo por tipo de acidente (colisão frontal, colisão traseira, abalroamento lateral, etc.).

1.5 O modelo de avaliação proposto e a sua justificativa

A avaliação de projetos tradicionalmente vem considerando a redução de acidentes como objetivo, e lança mão de um custo médio por classe de ferimento (ver Quadro 1.4). Esta idéia parece bastante razoável e perfeitamente adequada aos processos de tomada de decisão em nível macroeconômico, como decisões sobre utilização de recursos numa região ou noutra (ANDREASSEN, 1989 e 1992).

Gravidade da Ocorrência	Custo por Acidente (US\$)
Acidente com morto	168.347
Acidente com ferido	27.565
Acidente sem vítima	15.599
Média	27.757

QUADRO 1.4 - Custo de Acidentes (Sv.O.T./ DEST/DORo, 1995)

Na prática, a questão da avaliação de projetos de novas rodovias, atualizações ou melhorias de traçado ou ainda implementação de programas de segurança, apresenta como complicador o fato de que cada ação tomada, produz efeitos diferentes em tipos de acidentes distintos. Por exemplo, a duplicação de uma rodovia tem como um dos resultados esperados a redução de colisões frontais, mas não são esperadas alterações significativas no número de capotagens.

Muitas vezes, podem ser implementadas ações que não surtem qualquer efeito sobre a freqüência de determinado tipo de acidente, mas que podem reduzir a sua severidade. Isto acontece, por exemplo, em determinado lugar onde o uso do cinto de segurança atinge níveis significativos de utilização. Embora não haja qualquer influência no número de ocorrências de colisões frontais⁶ com a utilização do cinto, é esperada uma substancial redução na severidade dos ferimentos resultantes deste tipo de ocorrência.

Deste modo, se uma ação é capaz de influir na freqüência ou severidade de apenas determinados tipos de acidentes, colisões frontais, por exemplo, a metodologia propõe avaliá-la através da aplicação da análise custo-benefício sobre os resultados esperados destes acidentes especificamente, e não sobre os resultados globais da segurança no trânsito, que agregam componentes nem sempre sensíveis à medida avaliada (ANDREASSEN, 1986, 1989, 1994; VIEIRA & outros, 1995).

O processo de modelagem matemática do fenômeno também tende a ficar mais eficiente com a utilização de variáveis mais específicas, mais robustas,

⁶ O cinto pode contribuir em alguns caso para a manutenção do condutor em posição de controle, evitando o acidente.

e, portanto, com um melhor poder descritivo, permitindo análises e avaliações mais consistentes no que se refere à relação entre uma determinada característica da rodovia ou de seu ambiente, com os tipos e/ou severidade dos acidentes.

A utilização de dados agregados, sob uma forma inadequada para avaliações de nível mais técnico, tem se mostrado ineficiente, principalmente na presença de “confounders”. Devido à agregação excessiva torna-se difícil a identificação das causas reais de certas flutuações na frequência. Algumas vezes as oscilações tornam a avaliação de pouca utilidade, levando inclusive a falsos resultados (DANIELSSON, 1986; WRIGHT, 1988).

A necessidade de se dispor de toda a desagregação possível em dados para análise dos problemas de segurança viária está relacionada à complexidade do problema, originado da interação de fatores e do conhecimento parcial destes fatores e da sua influência. A cada informação obtida a mais, pode se aumentar a confiança na amostra, pelo possível controle de interferências. Toda fonte de informação deve ser checada, sendo de grande importância cruzar dados com outras áreas do conhecimento envolvidas com o fenômeno, buscando o trato multidisciplinar que o fenômeno exige (BRAGA, 1989, RIVARA e outros, 1997).

As decisões envolvendo a alocação de recursos no setor público, geralmente consideram na decisão o cálculo de uma variedade de conseqüências esperadas. Em alguns casos, especificamente em transportes, uso da energia e atendimento médico, estas conseqüências podem incluir efeitos significativos, benéficos ou danosos, na segurança individual. Se tal decisão é tomada de maneira sistemática e consistente, com os recursos alocados eficientemente, então é necessário dispor de um método, que permita associar diretamente os valores investidos ou poupados, às melhorias ou deteriorações previstas nos níveis de segurança, a fim de que estes efeitos possam ser ponderados na tomada decisão.

O trabalho propõe incluir valores nos custos unitários de acidentes, que ponderem a probabilidade de variação da qualidade de vida das pessoas afetadas por projetos com impacto na segurança viária, embora não pretenda realizar os levantamentos junto ao público afetado pelas decisões. O argumento em favor do método “disposição de pagar” para a definição de tais custos e valores foi extensivamente desenvolvido na literatura (JONES-LEE & outros, 1985; HAUER, 1994; O'REILLY, 1994; ELVIK, 1995). Sucintamente, as premissas fundamentais do método “disposição de pagar” são:

- (a) que a decisão social deveria, tanto quanto possível, refletir os interesses, preferências e atitudes de risco daqueles que serão afetados pelas decisões;
- (b) que no caso da segurança, estes interesses, preferências e atitudes são mais efetivamente sumariados em termos das importâncias que os indivíduos tencionam pagar ou requerer em compensação por mudanças (geralmente pequenas) na probabilidade de morte ou ferimento durante o próximo período.

O método “disposição de pagar” tende a ser relacionado principalmente às taxas marginais⁷ de substituição, de capital pelo risco de morte ou ferimento. Estas taxas marginais de substituição usualmente incorporadas na definição de custos de melhorias ou deterioração na segurança, ampliam as linhas ditadas pelos princípios da análise convencionais de custo e benefício social. O valor atribuído à evitação de uma morte estatística (ou valor estatístico da vida)⁸ é dado pela média populacional da respectiva taxa de marginal de substituição de risco de perder a vida ou a qualidade de vida. (O'REILLY, 1994; ELVIK, 1995)

1.6 Objetivos

⁷ Taxa marginal de substituição de "y" por "x" é a quantidade de "y" que compensaria exatamente a perda de uma unidade marginal de "x"

⁸ Se uma melhoria na segurança resulta numa mudança δp_i ($i = 1, \dots, n$) na probabilidade de morte de cada um dos "n" indivíduos de um cenário em dado período, de tal forma que $\sum \delta p_i = -1$, pode ser dito que ela evitou uma morte estatística.

1.6.1 Objetivos gerais

O objetivo principal deste trabalho é dar uma contribuição à avaliação das medidas de contenção de acidentes, propondo um modelo para investigação e avaliação de contramedidas de acidentes de trânsito. Este modelo realiza vários níveis de análise, iniciando das mais gerais (para os modelos para cenários descritos em alto nível) até os mais específicos (para cenários descritos em baixo nível), procurando organizar os dados de uma forma tal que se possa controlar a influência de variáveis estranhas aos tratamentos avaliados.

O trabalho pretende oferecer aos leitores um apanhado do que se fez e do que se vem fazendo em temas de segurança de trânsito no mundo, mostrando que não existe problema que sobreviva ao tratamento sistemático e ao empenho da sociedade. Além disto, tenta introduzir, de forma simplificada, conceitos básicos de física, engenharia veicular e de rodovias, relacionando-os aos limites do ser humano. Esta abordagem é indispensável à fluência no entendimento das contramedidas de acidentes e do comportamento das séries históricas de acidentes e, até mesmo, na percepção das influências benéficas de intervenções ou deletéria dos problemas.

A atribuição de valores (por exemplo: custos) aos acidentes típicos introduz uma maior exatidão nas análises custo/benefício, realizando a comparação entre o custo da contramedida e dos acidentes e índices que podem realmente ser influenciados por ela. Deste modo, consegue-se reduzir o nível de interferências externas à análise. Nos índices de severidade (mortos e feridos por acidentes) deve ser introduzido um valor representativo da variação da qualidade de vida provocada por incidentes de trânsito, conforme a tendência atual da aplicação da teoria econômica à segurança de transportes (JONES-LEE & outros, 1985; HAUER, 1994; O'REILLY, 1994; ELVIK, 1995). Com a adoção simultânea destas duas abordagens, e mais a desagregação racional de dados, pretende-se alcançar um parâmetro mais justo para avaliar mudanças dos índices de segurança.

1.6.2 Objetivos específicos

Este trabalho foi desenvolvido com base nos seguintes objetivos específicos:

1. Descrever e comparar os comportamentos das taxas de acidentes no Brasil e no mundo;
2. Levantar e avaliar os principais problemas, seus tratamentos, vantagens e desvantagens
3. Desenvolver um modelo de análise e avaliação que sirva a diferentes contextos, e aplicá-lo a cenários reais;
4. Estabelecer um sistema de avaliação capaz de oferecer um número maior de referências para o controle de casos, ampliando a tipologia e, cuja lógica permita que, seja aplicável a qualquer contexto, que seja local, regional, nacional ou mundial.
5. Identificar os principais tipos de acidentes dentro da população de um cenário real;
6. Investigar e identificar se possível, as relações entre o perfil de distribuição de freqüência dos acidentes, de cada tipo e severidade, e as características geométricas e ambientais dos trechos, mostrando as diferenças de distribuição de freqüência;
7. Analisar as contramedidas usuais, gerais e específicas, para o tratamento da questão da segurança do trânsito;
8. Determinar os índices unitários para cada tipo de acidente (veículos, feridos leves (FL), feridos graves (FG), e mortos (M)⁹);

Tempo decorrido, entre acidente e morte	Correção recomendada ao n° de mortes	* Valores aproximados, recomendados para países europeus ¹ . Estes percentuais servem para corrigir os valores de mortos registrados em países que consideram como morto aquele que vem a falecer dentro do intervalo considerado na coluna da direita, para o intervalo recomendado de 30 dias (OMS)
No local	+35%	
24 horas	+ 30%	
3 dias	+ 12%	
6 dias	+ 9%	
7 dias	+ 7%	

⁹ O termo "mortos" se refere aquelas vítimas de acidentes, geralmente feridos graves que vem a falecer dentro de um período estipulado, normalmente de 10 a 30 dias (90 a 99% das mortes "Ex.: feridos graves") [ver Quadro 1.4].

QUADRO 1.5 - Ajustes do índice de fatalidades para 30 dias depois da ocorrência (GREAT BRITAIN, 1987)*.

9. Analisar o comportamento dos índices de acidentes em função de características ambientais e operacionais das instalações rodoviárias;
10. Levantar os tempos médios de permanência de cada classe de ferimento (FL, FG, M) e o custo médio de cada classe;
11. Determinar um fator de correção para os registro de mortos e feridos graves, feito normalmente com dados obtidos no local do acidente, estendendo-os a um período de 30 dias, a partir do acidente (ver Quadro 1.5).

1.7 Metodologia de pesquisa utilizada neste estudo

Para o desenvolvimento desta pesquisa, as etapas necessárias para estabelecer e atingir os objetivos propostos, estão dispostas a seguir:

1.7.1 Levantamento preliminar do problema

Este estudo envolveu, inicialmente, um levantamento do tema na literatura técnica especializada internacional, em relatórios de órgãos responsáveis pela segurança viária e uma avaliação dos dados estatísticos disponíveis relativos aos acidentes no Brasil e no mundo. Neste levantamento, foi constatado que existe uma carência de pesquisas e estudos sobre o tema no Brasil e que a base de dados disponível deixa muito a desejar, limitando de certo modo a ação dos pesquisadores (TRINDADE, 1988, BRAGA, 1989, RIBEIRO, 1995).

Do mesmo modo, esse levantamento também demonstrou a necessidade de tratamento multidisciplinar em função da natureza do tema, o que torna bastante complexa a sua abordagem e acompanhamento dos avanços metodológicos. Foi necessário revisar, mesmo que às vezes superficialmente, temas em áreas distintas como estatística, epidemiologia, psicologia, traumatologia, pedagogia, economia e engenharia. Resumidamente o trabalho de revisão bibliográfica evoluiu conforme o esquema a seguir:

- Pesquisa preliminar por assunto no Engineering Index Book, envolvendo o assunto "acidente ou incidente de trânsito" em toda a sua abrangência;
- Pesquisa bibliográfica na Biblioteca Central e nas bibliotecas setoriais da Universidade Federal de Santa Catarina;
- Pesquisa bibliográfica na Biblioteca Central Universidade de Campinas (UNICAMP);
- Pesquisa bibliográfica na Biblioteca Central e na Biblioteca da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP);
- Pesquisa bibliográfica na Biblioteca Central e nas bibliotecas setoriais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS);
- Pesquisa junto às bibliotecas do DNER/SC;
- Busca de artigos e livros via COMUT;
- Visitas técnicas à CET (Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo);
- Participação em congressos e encontros tratando do tema "acidentes de trânsito no período entre 1994 e 1999;
- Entrevistas pessoais com gestores e técnicos do DNER, PRFSC, associações de vítimas de trânsito, equipes médicas e de socorro, além de pesquisadores de outras universidades;
- Utilização de mecanismos de busca da rede mundial de computadores Internet.

A partir deste levantamento, foi constatada a dificuldade e, mesmo a impossibilidade de obtenção de dados com cobertura nacional no escopo do trabalho. Outras questões levantadas foram a inexistência de modelos

matemáticos universais para avaliação de contramedidas, devido à complexidade e peculiaridades do fenômeno.

A necessidade de algum esforço na busca de uma visão mais próxima da multidisciplinar é compulsória, pela própria dinâmica interdisciplinar do acidente de trânsito. Seu controle exige esforços simultâneos sobre os fatores de infra-estrutura humana e de engenharia (ver Figura 1.3). Devido a estas características, optou-se por uma metodologia que permitisse associar ou sobrepor, dentro de uma mesma representação de espaço (Ex: uma rodovia e seu ambiente), informações sobre diversos aspectos dos acidentes mais importantes ou mais freqüentes deste espaço (tipo, horário, gravidade, veículos e outra).

A associação entre um banco de dados com os tipos de acidentes de interesse e uma representação do cenário de estudo (mapa ou foto), conecta visualmente as ocorrências aos segmentos da rodovia, permitindo a representação gráfica das suas características relevantes à segurança. Esta técnica, quando obtida a partir de uma agregação adequada da informação, parece ser uma ferramenta útil na busca por um diagnóstico rápido sobre a segurança da instalação ou cenário, e, simultaneamente, obter variáveis com indicações mais óbvias de contramedidas a serem tomadas (muitos atropelamentos = mais passarelas + campanhas educativas).

Existem fatores que influem na forma como são tratadas as questões relacionadas ao risco nos transportes. A metodologia "disposição de pagar" vem sendo adotada em vários países em substituição às metodologias que utilizam custos diretos e perda de produção, na composição dos custos de acidentes. Não foi feita uma pesquisa neste sentido, uma vez que não existem pesquisas anteriores no Brasil, o que recomendaria um experimento mais abrangente, extrapolando o escopo desta tese. No entanto, existem alternativas válidas para determinar a parcela dos custos dos acidentes associada ao impacto provocado pela perda da vida ou da qualidade de vida (JONES-LEE e outros, 1985 ; HAUER, 1994; O'REILLY, 1994; ELVIK, 1995; McFADDEN e outros, 1996).

1.7.2 Delimitação da pesquisa

Com base na revisão bibliográfica e num levantamento preliminar nos bancos de dados disponíveis, decidiu-se pela realização de um estudo piloto, utilizando os boletins de ocorrência de um certo período do ano de 1996. Deste modo foi possível averiguar a viabilidade da pesquisa, e também dimensionar o tamanho da amostra ou período de coleta adequado, a fim de que se pudesse obter um número significativo de acidentes de cada tipo. O estudo foi realizado utilizando a base de dados da Polícia Rodoviária Federal de Santa Catarina (PRFSC), de onde foi retirada uma amostra de 1209 acidentes (com e sem vítimas), ocorridos entre janeiro e abril de 1996, no trecho sob a jurisdição da 2ª Delegacia da PRFSC, incluindo a BR-101 entre os quilômetros 104 e 298, e parte da BR-282 dentro da Grande Florianópolis.

A seleção do trecho referido se deu pela necessidade de coletar dados mais estáveis, e portanto, mais adequados à análise, ou seja, num segmento da rodovia que não houvesse sofrido intervenção de grande monta durante o período de registro e que, ao mesmo tempo dispusesse de uma base de dados acessível e confiável. Ao norte e ao sul do trecho selecionado, houveram intervenções durante o período de registro dos dados. No trecho norte, ocorreram tratamentos de interseções, e, no sul, tratamento de interseções e alargamento das faixas (pavimentação dos acostamentos). A limitação imposta aos dados oriundos de trechos e/ou períodos onde aconteceram intervenções se deve a necessidade de manter o controle das interferências externas aos tratamentos estudados.

O levantamento de dados no sistema hospitalar, como as curvas de sobrevivência, é indispensável à reavaliação dos registros dos acidentes decorrido um prazo de 30 dias da ocorrência, conforme recomendação da OMS. A necessidade de obter estas informações foi, portanto, um determinante na seleção do trecho, pois está sob a área de influência ¹⁰ dos dois principais hospitais do Estado, em volume e condições de atendimento a vítimas de trânsito, Hospital Regional de São José e Hospital Celso Ramos. Estes hospitais

¹⁰ A influência é inversamente proporcional a distância da ocorrência, mas chega a se estender até os limites estaduais da BR-101, dependendo da gravidade do acidente

apresentam-se relativamente bem estruturados, o que permitiu estabelecer a ligação entre os boletins de ocorrência e o sistema de atendimento.

O trecho proposto é avaliado dentro dos diversos contextos onde se insere: no sistema de rodovias federais do estado, região e País. A análise mais completa compreende a região da Grande Florianópolis, onde as informações obtidas nos relatórios e boletins da PRFSC são rastreadas até o sistema hospitalar e o IML locais. Deste modo os índices do cenário podem ser avaliados com mais profundidade, permitindo a comparação com os de outras rodovias do sistema rodoviário internacional, nacional e estadual.

1.7.2.1 População alvo para levantamento dos acidentes típicos

O estudo de caso dos acidentes da Br-101/SC, utilizou dados coletados diretamente dos boletins de ocorrência e dos relatórios resumos de ocorrências do Setor de Acidentes da Polícia Rodoviária Federal do Estado de Santa Catarina (PRFSC), e a população de interesse foram os acidentes de trânsito típicos registrados no trecho catarinense da BR-101 e os relatórios resumos das demais BRs. Os tipos de acidentes disponibilizados através dos relatórios adotados pela PRFSC, durante o período da pesquisa, oferecem uma classificação que distribui os acidentes segundo 9 tipos de acidentes:

1. abalroamento
2. atropelamento
3. colisão
4. choque
5. incêndio
6. tombamento
7. saída da pista
8. capotamento
9. outros

A necessidade de obter outras informações, que possam relacionar os acidentes de maneira mais robusta às características físicas e operacionais da rodovias, e a relevância estatística das ocorrências, criam a necessidade de efetuar uma busca nos bancos de dados físicos, nos Boletins de Ocorrência (BO). As informações adicionais permitiram efetuar um reagrupamento dos dados

segundo 6 tipos básicos, ampliando e eliminando algumas definições de acordo com os resultados do estudo piloto (ver Quadro 1.6).

1.7.2.2 Coleta de dados para levantamento dos acidentes típicos

Os dados específicos foram coletados a partir dos boletins de ocorrência relativos aos anos de 1995 e 1996, no trecho entre os municípios de Navegantes e Imbituba (Km 104 e 298). O trecho foi escolhido pela adequação dos dados aos interesses da pesquisa, definida pelo fato de tal trecho não ter sofrido qualquer tratamento nos anos de 1994, 1995 e 1996, proporcionando uma estabilidade necessária aos interesses analíticos do trabalho.

Classificação utilizada	Acidentes típicos	Percentagem de ocorrências	
		Total	C/vítimas
Perda de Controle	(4, 7, 8) ¹¹ ;	18%	18%
Abalroamento lateral	(1)	12%	7%
Abalroamento	(1)	22%	27%
Colisão traseira	(3)	30%	10%
Colisão frontal	(3)	9%	13%
Atropelamento	(pedestre/ciclista)	9%	25%

QUADRO 1.6 - Principais tipos de acidentes registrados no trecho Imbituba-Navegantes, entre os Km (104 e 298) da BR-101. (PRFSC - Setor de Acidentes, 1996)

A estabilidade dos dados é necessária para que se obtenham os parâmetros relativos a cada acidente típico para referência futura. Então, é necessário que as variações experimentadas pelas médias de números de acidentes de um determinado tipo sejam somente decorrentes do processo estocástico em si. Se uma ou mais interseções são modificadas, por exemplo, cria-se uma descontinuidade nos dados. Além disto, há também um período de transição, durante o tempo de adaptação dos usuários às mudanças. Este período é marcado pela instabilidade provocada pelo processo de aprendizado ou de assimilação da nova instalação. Foram coletados 6 tipos de acidentes,

¹¹ A identificação corresponde à posição na lista anterior.

escolhidos em função da importância relativa destes na instalação escolhida, onde respondem por mais de 98 % dos acidentes ocorridos (ver Quadro 1.6).

1.7.2.3 População alvo para levantamento da perda de qualidade de vida em decorrência dos acidentes de trânsito

A população de interesse para esta pesquisa foi formada por pessoas que podiam ser afetadas direta ou indiretamente por medidas que tenham reflexos no âmbito da segurança de trânsito, alterando a qualidade de vida ao nível individual ou social. Os sujeitos devem possuir de preferência, plenos direitos políticos, isto é, serem eleitores. No entanto, alternativamente podem ser utilizados valores considerados de consenso junto a estes indivíduos, representados por valores pagos por seguradoras e por indenizações decididas em juízo sobre questões de trânsito (ELVIK, 1995).

1.7.2.4 Coleta de dados para levantamento da perda de qualidade de vida em decorrência dos acidentes de trânsito

Os dados foram obtidos através de fontes secundárias, a partir das informações disponibilizadas na rede mundial de computadores, pelas companhias de seguro de vida e acidentes pessoais. Nestes "sites", é possível obter, através do valor limite do capital segurado, uma estimativa do valor da vida. Estes valores tem sido obtidos na prática, através do método "willingnes to pay", que tenta estimar quanto a pessoa se dispõe a pagar pelo aumento da probabilidade de manter a sua vida ou a qualidade de vida, investindo em segurança. (JONES-LEE & outros, 1985; O'REILLY, 1994; ELVIK, 1995; McFADDEN & outros, 1996).

1.7.2.5 População alvo para os levantamentos do sub-registro

O sub-registro decorrente da consideração apenas dos mortos no local do acidente foi levantado de uma amostra representativa da população dos acidentes típicos. A partir dos boletins de ocorrência dos acidentes ocorridos no trecho, foram identificadas e acompanhadas as vítimas, a fim de levantar o que aconteceu com estas depois de resgatadas e conduzidas aos sistemas hospitalares. Deste modo, foram reavaliados os diagnósticos presentes nos boletins e os tempos de internação até a alta definitiva ou o óbito. Os dados necessários foram levantados, segundo os contatos que vêm sendo mantidos com os hospitais, PRFSC e IML, junto aos seguintes setores:

- Direção;
- Contabilidade;
- Estatística;
- Emergência e UTI (hospitais: Infantil, Celso Ramos e Regional de São José).

1.7.2.6 Coleta de dados para levantamento de custos diretos

Os dados para levantamento de custos hospitalares devem incluir o custo unitário para as lesões leves, graves, invalidez e morte no hospital, bem como os tempos médios de permanência em cada um dos casos. Estes valores, bem como aqueles relacionados com danos aos veículos, custo de remoção, administração de seguros e danos às cargas, foram coletados através de dois tipos de fontes:

a) Fontes primárias

- Entrevistas realizadas com os setores citados dos hospitais Celso Ramos e Regional de São José, polícias rodoviárias e bombeiros;
- Acompanhamento de acidentados, registrados como feridos leves e graves, e a evolução dos casos num período entre 10 e 30 dias a partir da ocorrência

b) Fonte secundárias

- Banco de dados dos hospitais (hospitais: Infantil, Celso Ramos e Regional de São José);
- Banco de dados das companhias de seguro;
- Estimativa de custo dos acidentes de trânsito nas rodovias federais, determinado por iniciativa Sv.ºT/DEST/DORo (DNER/MT, 1996).

1.8 Estrutura do trabalho

Esta tese está dividida em oito capítulos. O presente capítulo apresenta uma visão superficial do tema e da forma como é abordado seu escopo e seus objetivos, sua metodologia e, por fim, a forma como se estrutura o trabalho ao longo dos capítulos e a relação e hierarquia entre eles.

O Capítulo II apresenta uma revisão da literatura que situa o estado da arte da pesquisa da segurança no trânsito. É feito um breve histórico do problema nas sociedades motorizadas e sobre a forma como reagiram. O comportamento das séries e a complexidade dos problemas de modelagem também são abordados e, consideradas as suas implicações no processo de avaliação, é esboçada uma proposta de trabalho.

No Capítulo III, revisa-se alguns conceitos básicos, incluindo a fase de planejamento (uso do solo) e da determinação de elementos do projeto geométrico relevantes ao estudo da segurança viária. A velocidade é abordada em detalhe, por constituir-se na principal variável de projeto, e por estar intrinsecamente ligada à acidentalidade. O Capítulo é encerrado com uma revisão sobre o fator humano no trânsito. A habilidade, o comportamento, a influência das drogas na condução e as contramedidas aplicáveis aos casos são analisadas.

No Capítulo IV revisa-se as principais medidas de contenção de acidentes relacionadas à infra-estrutura e ao desenvolvimento ambiental de rodovias. Os aspectos operacionais da rodovia e sua degradação devido ao processo de urbanização e permeabilidade excessiva. Nele ainda são estudados os principais riscos presentes nas rodovias rurais brasileira, e ainda propostas contramedidas e formas par avaliar a sua eficiência. Algumas contramedidas de

acidentes neste Capítulo estão fundamentadas nas bases da revisão contida no Capítulo III.

No Capítulo V revisa-se os principais aspectos da segurança veicular e humana. São abordados os principais aspectos da segurança veicular ativa (que tenta evitar o acidente) e passiva (tenta diminuir as conseqüência do acidente), os avanços tecnológicos e o limites da tecnologia. A principais medidas de contenção relacionadas à sociedade como um todo são avaliadas, o processo de motorização, o aumento da acidentalidade e a reação da sociedade. Este Capítulo é concluído com uma breve avaliação do Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 1998).

Nos dois capítulos seguintes, Capítulos VI e VII, é apresentado o modelo de análise proposto. No primeiro, através de uma avaliação global (macro) e, no segundo, numa avaliação segmentada ou detalhada (micro) de uma rodovia. No Capítulo VI, o enfoque é voltado para avaliações de cenários descritos em alto nível, numa visão global, ou seja, pouco detalhada. Tenta-se, através de um índice de risco, situar o cenário a ser detalhado no Capítulo VII, no contexto do estado, e na região Sul e Sudeste do Brasil. A avaliação procura utilizar os índices de mortos e feridos em relação a um fator de exposição, no caso a distância viajada, numa tentativa de representar melhor as reais condições de risco.

No Capítulo VII, é concluído o trabalho, com a avaliação detalhada do cenário. São estabelecidas seções consideradas homogêneas, com base na distribuição de freqüência dos acidentes, e então são calculados os índices de acidente e de severidade, para cada tipo de acidente e para cada trecho, onde é utilizada uma estimativa de risco com base quilométrica. A distribuição de freqüência dos diferentes tipos de acidentes ao longo das seções e o comportamento dos seus índices de risco em função das características de cada seção, permitem estabelecer algumas importantes relações.

No Capítulo VIII, são apresentadas as considerações finais da pesquisa, suas limitações e recomendações para futuras pesquisas envolvendo o tema.

CAPÍTULO II

2. FATORES INDUTORES E AS CONTRAMEDIDAS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO

2.1 Introdução

Neste capítulo, inicialmente será discutido o complexo processo que desencadeia o acidente de trânsito, buscando abordar o problema dentro de uma ótica multidisciplinar. A discussão do processo procura mostrar algumas crenças e mitos presentes no trato dos problemas de trânsito e introduzir a idéia de que o acidente se dá pela interação de diversos fatores. Considera também que as contramedidas devem trazer em si informações que possam funcionar como variáveis de controle. Os fatores são divididos para fins didáticos em dois grupos: o primeiro relacionado com a infra-estrutura humana, o segundo, a infra-estrutura de engenharia, conforme mostra a Figura 1.3.

2.2 As crenças, mitos, e o processo que desencadeia a ocorrência de acidentes

Na avaliação das condições de segurança de uma rodovia é comum e necessário determinar os pontos de acumulação de acidentes (pontos negros), mas deve se ter em mente que a idéia de uma ação de engenharia que possa eliminar estes "pontos negros"¹, saneando a rodovia ou trechos, tende a simplificar a complexidade do problema.

Na avaliação da eficácia de medidas para controlar acidentes, os técnicos se deparam com problemas como a "migração de acidentes" e necessitam compreender conceitos como o da "regressão à média" (WRIGHT e

¹ Os chamados "pontos negros" se definem como aqueles segmentos prefixados de estrada, onde tem ocorrido um número de acidentes superior a um limite estabelecido para um determinado período de tempo (MAYORA, 1996).

BOYLE, 1984, 1987; McGUIGAN, 1985; PERSAUD, 1987), que tentam explicar efeitos aparentemente contraditórios, ocorridos a médio e longo prazo, a partir da aplicação das contramedidas.

A migração é o fenômeno da transferência das ocorrências de um ponto tratado para outro subjacente não tratado, de forma que o número total de ocorrências, na instalação ou trecho de projeto, não se altera substancialmente. Já o conceito de regressão à média, está associado às oscilações apresentadas pelas taxas de acidentes, quando estas se apresentam, num dado momento, num patamar elevado como resultado único das flutuações randômicas, e, portanto, um declínio subsequente é esperado mesmo se nenhum tratamento for aplicado (WRIGHT e BOYLE, 1987; PERSAUD, 1987; MATHER, 1987, ELVIK 1995a, 1997)

O efeito de longo prazo de uma contramedida, na segurança de trânsito, é influenciado por um complexo conjunto de fatores, sempre associado a presença forte do componente humano através do condutor. A eficiência da contramedida vai depender mais da avaliação subjetiva, feita pelos usuários, do que do requinte técnico específico empregado (BRAGA, 1989).

Atualmente a idéia de uma causa única para os acidentes foi eliminada da literatura técnica de segurança viária. Em vez disto, vem tomando força a teoria da contribuição de mais de um fator (BRAGA, 1989; BLUET et al, 1990; FLEURY, 1990; EVANS, 1991), bem como que o evento ocorre quando a demanda global do sistema excede a capacidade do condutor. A tentativa de prevenção não deve tratar separadamente a demanda do sistema de trânsito ou a capacidade dos condutores sob pena de não ser completamente eficiente, pois a primeira, controlada pelo intervencionista, e a segunda, controlada pelo próprio condutor, interagem de forma a constituírem um sistema único.

Dentro do sistema de trânsito, o usuário é o único componente tomando decisões (SHINAR, 1978 apud BRAGA, 1989), o que pode servir de base para explicar os acidentes como falha do usuário. No Brasil e em outros países em desenvolvimento, onde as medidas de engenharia, educacionais ou legais, não estão perfeitamente exploradas, atribuir a responsabilidade principal aos condutores ou pedestres pode encobrir a falta de ação por parte das

autoridades. De acordo com ANDERSON (1978, apud BRAGA 1989), o perigoso mito do "maluco atrás do volante" pode fazer o engenheiro negligenciar outras características ambientais.

Existem outros mitos não menos perigosos como o do "fatalismo", que supõe que um acidente fatalmente deve ocorrer ao longo do tempo (VASCONCELOS, 1995). Segundo pesquisa realizada na França por BARJONET (1983, apud BRAGA, 1989), a idéia do fatalismo é forte entre os participantes do sistema de trânsito, tanto entre condutores como entre engenheiros.

Os condutores mostram, através do fatalismo, a sua incapacidade de tratar com a complexidade de circunstâncias e com os fatores contributivos que desencadeiam os acidentes, e os engenheiros, a sua incapacidade tecnológica de controlar as situações de tráfego: o que está fora de controle é imponderável (BARJONET, 1983 apud BRAGA, 1989).

2.3 Os fatores e sua importância relativa

Ações deveriam se concentrar em	Categorias Entrevistadas			
	Condutores amadores	Condutores profissionais	Engenheiros de tráfego	Policiais
↓				
Processos de aprendizado de direção	61,8%	72,0%	70,0%	72,7%
Melhoramentos na rede viária	28,6%	24,0%	18,0%	18,2%
Melhoramentos nos veículos	4,4%	4,0%	12,0%	6,8%

QUADRO 2.1 - Opinião dos usuários (leigos e profissionais) sobre as perspectivas da prevenção de acidentes (BARJONET, 1983 apud BRAGA, 1989)

No Quadro 2.1 acima, estão sumariados outros resultados da pesquisa de BARJONET (1983 apud BRAGA, 1989), apresentando as respostas de algumas categorias envolvidas com a segurança de trânsito, sobre as ações consideradas mais relevantes para a redução do risco no sistema.

Os resultados da pesquisa mostram uma concordância aproximada entre as respostas obtidas nas diferentes categorias de entrevistados, não indicando qualquer diferença mais acentuada de percepção entre estas. No Brasil, técnicos do DNER enfatizam o fato de que 70% se dão em retas, sinalizadas, com tempo bom e à luz do dia. Mesmo considerando que a maior parte da quilometragem rodada é realizada a luz do dia e sobre tangentes, a constatação vai ao encontro das pesquisas de BARJONET (1983 apud BRAGA, 1989).

LUM e REAGAN (1995) apresentam alguns resultados de um estudo, comparando as causas dos acidentes nos EUA e Grã-Bretanha, que são resumidos no diagrama de Venn da Figura 2.1 abaixo.

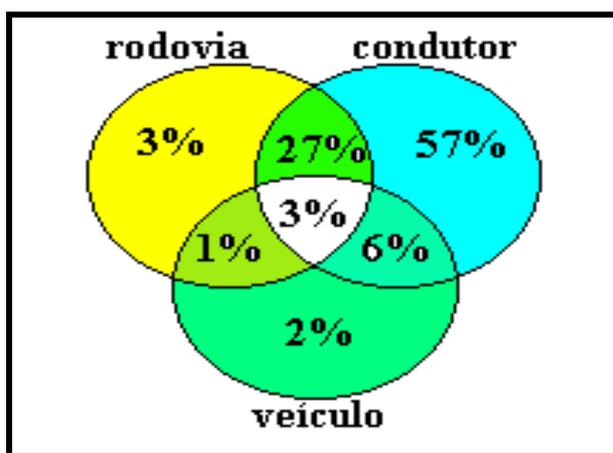


FIGURA 2.1- Diagrama de Venn mostrando causas dos acidentes

Em geral a metodologia adotada tem apresentado uma estreita relação com a disciplina de domínio do pesquisador, ou seja, os engenheiros rodoviários tendem a concentrar seus esforços nos projetos rodoviários e nas melhorias de infra-estrutura relacionando-os com sua capacidade de reduzir acidentes. Os psicólogos se preocupam com as questões comportamentais, enquanto os projetistas de veículos se concentram em aspectos estruturais dos veículos e equipamentos de segurança. Daí a necessidade do tratamento interdisciplinar, tentando considerar ao máximo os fatores descritos na Figura 1.3.

Esta seção discute os principais aspectos que contribuíram para segurança de trânsito no passado, e os que podem ainda contribuir para

segurança no futuro. Um objetivo de tal discussão é procurar identificar as metodologias que podem ser promissoras no futuro. O problema é multidimensional e complexo demais, dificultando as soluções analíticas mais minuciosas. A utilização da análise multivariada tem se mostrado pouco eficiente, principalmente quando esta técnica é aplicada sobre dados muito agregados, não sendo capaz de estabelecer qualquer relação, mesmo nos problemas mais simples (EVANS, 1991; MIAOU e LUM, 1993).

EVANS (1991) está se referindo, certamente, à dificuldade de se determinar as relações entre a acidentalidade e as características de um determinado trecho de via ou risco intrínseco (MAYORA, 1996), ou seja dificuldade de identificar fatores de engenharia e ambientais. Isto se dá devido à presença de "confounders" que podem distorcer os resultados de uma análise (ver Seção 3.2), tais como variações de fluxo e de velocidades médias, intempéries ocasionais, grandes eventos ou comemorações e outras. Além disto existem outros comportamentos peculiares ao fenômeno que devem ser conhecidos como a regressão à média e migração, para que não sejam confundidos com falsos resultados positivos ou negativos durante alguns tratamentos (ver Capítulo VI).

O elemento humano, de certo modo, parece estar por trás da aleatoriedade aparentemente imprevisível dos desastres rodoviários. A sua influência ou participação se dá através da sua visão ou sensação de risco, através de mecanismos de compensação de risco e de avaliação inadequada das condições ambientais, veiculares e dos seus próprios limites, e estas influências ou interferências acabam explicando a maior parte da variância (ANDREASSEN, 1989; MIAOU, 1993; MIAOU e LUM, 1993; LUM, 1995, ELVIK, 1995a, 1997).

2.4 O comportamento estatístico das taxas de acidentes

As estatísticas de acidentes rodoviários são objeto de considerável interesse por parte da mídia, políticos, organizações e público em geral. As alterações dos números são invariavelmente interpretadas como refletindo

mudanças nas taxas de risco de acidentes, costumando gerar alguma forma de reação.

O número de acidentes registrados em pontos ou segmentos do sistema viário apresentam um comportamento a curto prazo caracterizado por uma variação aleatória, enquanto que, se considerarmos uma unidade geográfica maior em períodos de tempo maiores, um estado ou país por exemplo, os números se mantêm quase constantes ao longo dos anos (FRIDSTOM e outros, 1995). O que ocorre é similar ao que se dá na mecânica quântica, onde um isótopo radioativo tende a atingir uma forma estável pela emissão de nêutrons. Embora seja impossível prever qual átomo perde um nêutron, é perfeitamente possível saber quanto tempo vai passar até que metade das partículas tenham sido emitidas. Os arqueólogos valem-se disto para datar seus achados por meio do método do C_{14} .

Os acidentes rodoviários acontecem e, embora sejam o resultado de escolhas e da forma de comportamento do homem, eles não são desejados, exceto em caso de suicídio. Ao contrário, quando eles ocorrem é porque o usuário da rodovia não teve sucesso ao evitá-lo. Eles são um efeito colateral não intencional das decisões tomadas no trânsito, por razões outras que não a de provocar ferimentos ou danos.

Os acidentes são, por definição, eventos aleatórios não previsíveis, uma vez que, se tivessem sido antecipados, provavelmente não teriam acontecido. Não importa o quanto estudemos e venhamos a aprender sobre a geração de acidentes ou suas contramedidas, nunca seremos capazes de prever onde ou quando exatamente um evento desses irá ocorrer (FRIDSTOM e outros, 1995). Por outro lado, com base no histórico da segurança de um ponto ou região, pode ser previsto o número aproximado de acidentes que deverá ocorrer.

Isto sugere a adoção de um modelo probabilístico para o processo de geração de acidentes, de acordo com o qual um evento pode ocorrer a intervalos aleatórios; no entanto, com uma frequência global de longo prazo quase constante. Como na mecânica quântica, um evento isolado é praticamente imprevisível, enquanto o conjunto de eventos se comporta de uma maneira bem previsível.

A freqüência de longo prazo pode, portanto, ser alterada com ações dirigidas aos fatores humanos e de engenharia (infra-estrutura humana e de engenharia), num processo causal ao nível macroscópico ou regional. Já ao nível microscópico (numa área menor ou ponto), as influências de fatores aleatórios têm um efeito decisivo nas avaliações. Isto se dá pelo fato de que o comportamento global (abrangendo uma área grande) se dá aproximadamente segundo a lei dos grandes números (FRIDSTOM e outros, 1995).

Supondo que a probabilidade de que um acidente ocorra numa área "r", durante um intervalo de tempo (curto), é constante através do período "t", e independente das ocorrências anteriores, considera-se que se forem observados $\lambda(r, t)$ acidentes na área "r" durante um intervalo de tempo "t", a probabilidade de que ocorram "m" eventos é dada pela seguinte expressão:

$$P[\lambda(r, t) = m] = \frac{[\lambda(r, t)]^m \cdot e^{-\lambda(r, t)}}{m!} \quad (2.1)$$

onde $P[\lambda(r, t) = m]$ representa a probabilidade de ocorrerem "m" eventos, quando a esperança de ocorrências do fenômeno é igual a $\lambda(r, t)$

A expressão 2.1 representa uma distribuição de Poisson, que é freqüentemente utilizada para modelar eventos raros, tais como o desenvolvimento de certas doenças em grupos de pessoas ao longo do tempo, casos de câncer, por exemplo, ou o número de acidentes de automóvel que ocorrem em determinado local por ano. Esta distribuição possui dois atributos estatísticos de suma importância:

- a variância da distribuição é igual a sua esperança;
- a soma de processos de Poisson independentes é também um processo de Poisson com o parâmetro λ igual a soma dos parâmetros individuais.

A primeira propriedade, a respeito da variância, é crucial para análise da distribuição. Conhecido o valor esperado, tem-se automaticamente determinada a variação aleatória em torno deste valor, ficando assim caracterizada a distribuição. A segunda propriedade permite que se escolha um intervalo de tempo suficientemente pequeno (por exemplo, dia, hora ou minuto), de forma que a probabilidade de que ocorra um acidente seja constante e que, os

eventos em tempos distintos, sejam independentes. Com isto, o número de acidentes numa região "r", durante um mês "t" , pode ser considerado como distribuído segundo uma Poisson.

2.4.1 Conseqüências da natureza estocástica do acidente de trânsito

Na verdade não se pode prever com certeza quando um acidente vai ocorrer num determinado local ou onde o próximo acidente irá ocorrer, assim como não podemos prever o resultado do lançamento de um dado (NICHOLSON, 1991). O acidente ou a sua ocorrência é um fenômeno de natureza estocástica (probabilística), evento que pode ser simulado pelo lançamento sucessivo de um "dado" hipotético, com "N" faces, e com probabilidades diferentes para cada face (os valores próximos à média de acidentes num ponto são mais prováveis).

Os dados reais apresentam seis faces, enquanto o número de ocorrências pode ser teoricamente qualquer valor inteiro. Além disso, no dado real, todas as faces têm a mesma chance de ocorrer. Opondo-se a isto, o número de acidentes esperados num ponto de conflito, por exemplo, apresenta uma probabilidade diferenciada, devido à tendência de concentração deste número em torno de uma média.

Através do exemplo do lançamento do dado fictício, é interessante ressaltar que qualquer pessoa sabe que a obtenção em lances sucessivos de uma seqüência 6, 5, 4, 3, 2, não indica que o mesmo deva apresentar uma tendência decrescente, nem que a média dos números obtidos em lançamentos sucessivos deva ser 4 $[(6+5+4+3+2) / 5]$. Apesar disto, é fácil constatar pessoas, mesmo com grande vivência no campo da segurança viária, concluem precipitadamente a partir das oscilações dos números de ocorrências. Segundo descreve NICHOLSON (1991), é comum engenheiros de tráfego afirmarem confidencialmente, após observarem contagens de 4, 5 e 6 acidentes em anos consecutivos, que a taxa de acidentes é 5.

Recentemente muitas autoridades de trânsito do Brasil, baseados em alguns resultados obtidos nos dois meses subseqüentes à entrada em vigor do CBT (22/01/1998), alardearam a eficácia do código (Diário Catarinense, 1998, A

Notícia, 1998, Zero Hora, 1998, Folha de São Paulo, 1998, Correio do Povo, 1998). Passados alguns dias, ocorreram alguns números mais elevados de acidentes e isto já bastou para que se afirmasse, na imprensa, que o efeito do código se diluíra. É verdade que o governo foi omissivo na divulgação do código, deixando grande parte do trabalho para a imprensa, não suficientemente preparada para a tarefa. Mas a verdade é que, em tão curto intervalo, os números não autorizam qualquer conclusão, sem uma reflexão mais apurada a respeito da presença de "confounding".

O tempo necessário para afirmações sobre dados globais é relativamente grande. Caso se considerar, por exemplo, que cinco anos é suficiente para detectar mudanças súbitas nas taxas, está se assumindo, de certo modo, que a variância não é constante, ou seja, há um processo estocástico não estacionário. Esta suposição, teoricamente, faz com que se necessite um número de observações ainda maior (NICHOLSON, 1987, 1991). NICHOLSON (1987) apresenta uma série de ábacos onde se permitem determinar mudanças críticas nas taxas, bem como seus intervalos de confiança.

O interesse deste estudo está também relacionado às avaliações de curto prazo e para tal tratamento, serão utilizadas metodologias desenvolvidas a partir da década de 1980, quando começaram a ser aprofundados os estudos de fenômenos como a migração de acidentes e regressão à média (WRIGHT E BOYLE, 1984, 1987; MacGUIGAN, 1985; MAHER, 1987; PERSAUD, 1987). Mais tarde, ELVIK (1995a, 1997) trouxe importantes contribuições a esta área com uma proposta de isolamento e controle destas e de outras variáveis *confounders*, presentes nos estudos de contramedidas de acidentes de trânsito.

Numa meta-análise de 32 estudos, que buscavam avaliar a eficiência das defensas e atenuadores de impacto, ELVIK (1995a) cruzou dados de trabalhos realizados nos EUA, Dinamarca, Noruega, Suécia, Holanda e Grã-Bretanha, onde foram encontrados as seguintes *confounders*:

- **Para probabilidade de ocorrência de acidentes**

- a) volume de tráfego;
- b) tipo de rodovia (controle de acesso, número de faixas, divisão central);

- c) alinhamentos (vertical, horizontal);
- d) seção transversal (largura das faixas e acostamentos);
- e) riscos devidos ao ambiente (chuvas, aderência da pista de rolamento, etc.);

- **Para severidade dos acidentes**

- f) massa dos veículos (peso);
- g) ocupação dos veículos (número de pessoas);
- h) uso de equipamentos de restrição de movimento (cinto de segurança)
- i) ângulo de desvio;
- j) trajetória do veículo após desvio (tombamento, capotagem, etc.);
- k) tipo de defesa (concreto, aço, rígido, etc.);
- l) tipo de objeto protegido (divisão de pista, mureta de ponte, valeta, árvore, postes, suporte de sinalização, etc.);
- m) ângulo de impacto;
- n) distância do objeto da margem da rodovia;
- o) velocidade.

O tratamento de pontos de acumulação de acidentes pode obter benefícios consideráveis, pela aplicação de medidas adequadas de engenharia rodoviária ou engenharia de tráfego, por exemplo. Os resultados de tais aplicações, nestes pontos negros, têm mostrado altos retornos com investimentos relativamente baixos.

Vários estudos ao redor do planeta, têm mostrado grandes reduções no número de acidentes, quando medidas de segurança são adotadas. Muitos destes estudos são no entanto simples estudos "antes e depois", aplicados antes e depois de medidas como:

- instalação de sinais de tráfego;
- sinalização vertical e horizontal;
- controle de velocidade;
- alargamento de pontes;

- corte de árvores;
- canalização de fluxo;
- tratamento de superfície;
- iluminação;
- alargamento de faixas e acostamento e outras.

Estas avaliações "antes e depois", normalmente, não consideram qualquer fator "confounding"; no entanto, eles podem afetar pesadamente o número de acidentes. Das "confoundings", levantadas na meta-análise, algumas estão relacionadas à natureza complexa da comparação de dados muito diversos (entre países), outras estão presentes na maioria das avaliações e foram, por isso, objeto de um estudo mais detalhado. ELVIK (1997) desenvolveu uma metodologia para o tratamento das "confounders" relacionadas abaixo, sugerindo uma forma de controle para as mesmas, utilizando casos controle (ver Capítulo VII).

- (1) mudanças no volume;
- (2) tendências gerais no número de acidentes;
- (3) regressão à média;
- (4) migração dos acidentes.

Para o tratamento de séries muito longas, por exemplo maiores de 20 ou 30 anos, em dados agregados por regiões, é possível um tratamento simplificado, devido à analogia apresentada na seção 2.4. EVANS (1991) mostra que as tendências de longo prazo (18 anos) da taxa de acidentes por distância viajada, analisando dados de 12 países com o processo de motorização já consolidado, apresentam uma tendência com um padrão log-linear conforme mostra o Quadro 2.2, na seção 2.5.

2.5 O comportamento das taxas de acidentes nos países desenvolvidos

Para obter informações genéricas a respeito do comportamento das taxas de acidentes com a finalidade de traçar planos de ação globais, não parece produtivo utilizar o método científico de redução de variáveis, devido à impossibilidade de se tratar com o efeito das *confounders* presentes (EVANS, 1991; ELVIK 1995a, 1997). Em vez disto, efetua-se a comparação e combinação criteriosa dos fatores discutidos anteriormente, em busca de analogias com outros campos. A abordagem adotada é um tanto similar em essência com aquelas que são utilizadas em análises históricas e sociais.

PAÍS		PARÂMETROS		DECLÍNIO (%)	TEMPO PARA TAXA
	α	β	r^2	%	reduzir-se à metade
Bélgica	10,01	-0.0747	0.954	7,5±0,4	9,3 anos
França	9,74.	-0.0740	0.0964	7,5±0,4	9,4
Alemanha ²	9,09	-0.0676	0.0959	6,7±0,3	10,3
Itália	9,20	-0.0699	0.968	7,0±0,3	9,9
Japão	11,67	-0.1022	0.910	10,2±0,8	6,8
Austrália	7,23	-0.0480	0.958	4,8±0,2	14,5
Canada	7,13	-0.0479	0.953	4,8±0,3	14,5
Holanda	10,34	-0.0867	0.985	8,7-0,3	8
Finlândia	11,31	-0.1001	0.908	10,0±0,8	6,9
Noruega	9,28	-0.0765	0.924	7,6±0,6	9,1
Reino Unido	6,46	-0.0409	0.976	4,1±0,2	16,9
EUA	6,15	-0.0396	0.927	4,0±0,3	17,5

QUADRO 2.2 - Ajuste aos dados de 12 países para a exponencial $R = A \exp. (\beta t)$, onde R é a taxa de fatalidade, em "mortos por bilhão de quilômetros viajados", t é o tempo, e $A = \exp. (\alpha)$.

Um ponto de partida apropriado para tentar estimar quais fatores apresentam uma probabilidade maior de contribuir, futuramente, para a melhoria da segurança de tráfego é examinar tendências históricas de longo prazo na segurança de tráfego em diferente países (EVANS, 1991; CET, 1995). A Figura

² Estes dados são referentes a ex-Alemanha Ocidental.

2.2 mostra, em escala logarítmica, as fatalidades por unidade de distância viajada para 5 países industrializados, entre as décadas de 60 e 80. Todas as taxas de fatalidades mostram um declínio *log-linear*, indicativo de um declínio percentual constante por ano.

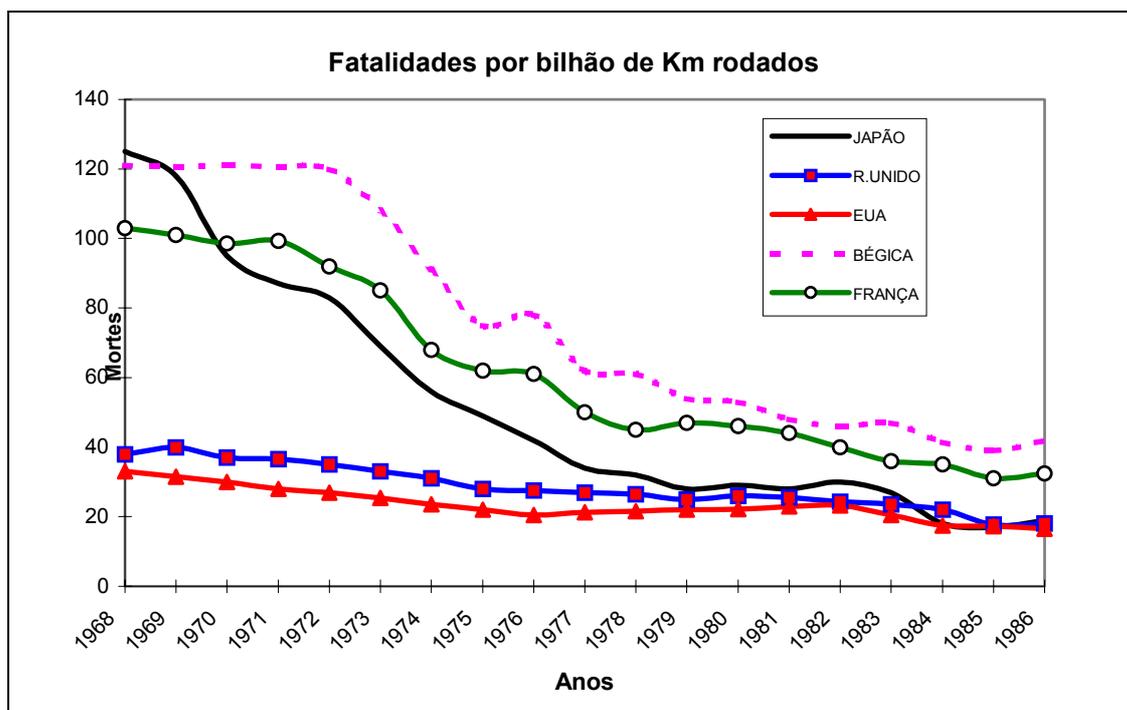


FIGURA 2.2 - Fatalidades de trânsito por bilhão de km rodados (EVANS, 1991)³

A associação entre altas taxas anuais de declínio e a presença de taxas mais elevadas parece indicar que, à medida que estas vão diminuindo, se torna cada vez menos provável uma redução posterior. Porém um exame através de tendências, num prazo bastante longo, sugere a plausibilidade para uma explicação alternativa de que os países com taxas mais elevadas "aprendam" com os países com taxas mais baixas. A fim de examinar as tendências por um período longo, são utilizados dados do EUA, que são mais numerosos, e disponíveis para um período mais longo do que para qualquer outro país.

³ Dados do Motor Vehicle Manufacturers Association (1989)

Os dados para o último par de décadas (ver Quadro 2.2), em vez de mostrarem uma redução no declínio, mostram um declínio ainda maior, atingindo 4%. Para dados do Reino Unido, entre 1949 e 1985, BROUGHTON (1988) apud EVANS (1991) obteve um $r^2 = 0,993$ e um declínio de 4,8% ao ano, com uma pequena indicação de que a taxa de declínio nos últimos anos é menor que a tendência histórica.

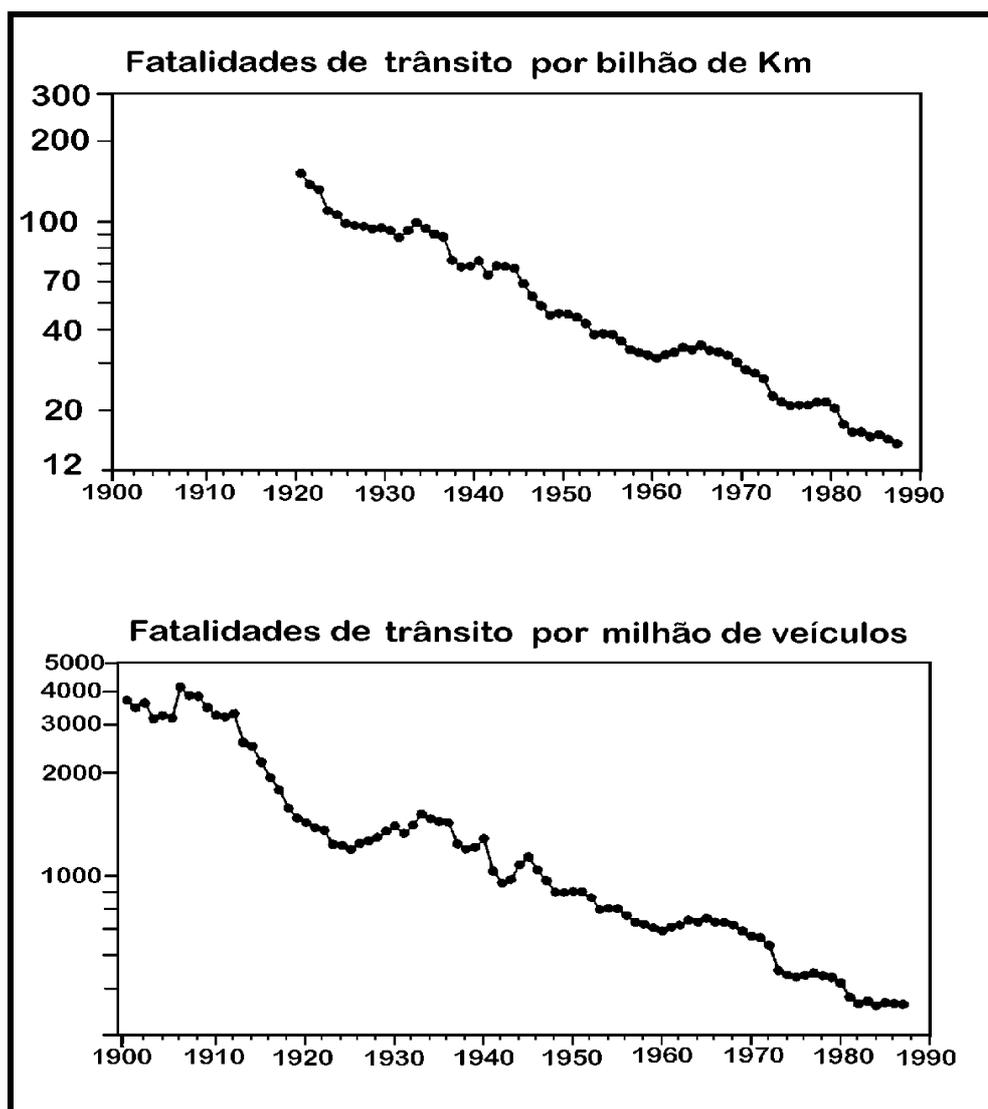


FIGURA 2.3 - Fatalidades de trânsito nos EUA, série histórica - (National Highway Traffic Safety Administration, 1991)

Para os dados do Reino Unido, de 1930 a 1985, BROUGHTON apud EVANS (1991) obteve um $r^2 = 0,984$, e um declínio médio de 4,7% ao ano. Atualmente, a maioria dos países menos desenvolvidos tem taxas de mortos por

veículos compatíveis com as registradas primeiros períodos da motorização nos EUA, enquanto alguns, como o Brasil, têm taxas que são mais altas do que qualquer outra registrada nos EUA ao longo da história (Quadro 2.2).

País	Veículos por mil pessoas	Mortes por mil veículos	Mortes / milhão de pessoas	Fatalidades por ano	Data
E.U.A.	778	0,24	184	45500	1989
Canada	561	0,28	158	4120	1984
Austrália	540	0,34	186	2821	1984
Japão	403	0,26	103	12456	1985
Holanda	355	0,32	113	1625	1984
U.K.	322	0,32	103	5788	1984
Grécia	176	1,2	211	2091	1984
Israel	147	0,74	109	436	1981
África do Sul	123	2,5	305	9621	1984
Chile	74	1,8	133	1552	1983
Colômbia	35	2,6	89	2383	1981
Brasil*	136	2,5	340	50000	1991

QUADRO 2.3 - Índices de acidentes para diversos países (Evans, 1991) * estimativa de 50 mil mortos (GEIPOT).

2.6 Comentários sobre o declínio das taxas

Avanços na medicina e nos serviços de emergências médicas têm contribuído indubitavelmente para o declínio nas taxas de fatalidade, embora não exista nenhuma estimativa quantitativa disponível, nem mesmo para os países desenvolvidos.

A capacidade dos avanços médicos de reduzir as fatalidades é limitado pelo alto percentual de vítimas que morrem durante ou imediatamente após o acidente; segundo estudos da FARS (Fatal Analysis Reporting System) e de outras organizações, aproximadamente 50% das fatalidades ocorrem no cenário da ocorrência (DNER/IPR, 1988; TRINDADE, 1988; EVANS, 1991; VIEIRA e outros, 1997).

Os declínios maiores observados nas taxas de fatalidades em relação aos outros níveis de ferimentos parecem indicar um aumento na probabilidade de sobrevivência aos acidentes, devido aos avanços médicos e agilidade no resgate

às vítimas. THOMAS e GALLON (1988) apud EVANS (1991) apresentam dados mostrando taxas de acidentes com feridos por unidade de distância de viagem de cerca de 3,5% ao ano no Reino Unido entre 1950 e 1985, comparado com o declínio previamente mencionado de 4,8%, na taxa de fatalidades; HAUER (1989) e KOONSTRA (1989) apud EVANS (1991) reportam que as taxas de acidentes com feridos têm declinado menos acentuadamente que as taxas de fatalidades.

Dois fatores tendem atualmente a incrementar o número de ferimentos registrados em relação ao passado, corrigindo um viés, e portanto subestimando o declínio das taxas de feridos. O primeiro é a definição de ferimentos que é algo arbitrária, vindo a se tornar mais inclusiva à medida que as sociedades amadurecem; o segundo é de que, no passado era mais provável que os pacientes pagassem os custos médicos diretamente de seus bolsos, fazendo, portanto, com que fossem ignorados pelos registros oficiais.

Algumas generalizações parecem ser aplicáveis à evolução da motorização em todos os países. Nos primeiros estágios, as taxas de fatalidades são altas, com os pedestres correspondendo a uma grande fração das vítimas. Embora a taxa de fatalidade decline durante o período de rápida motorização, o número de fatalidades cresce, com um crescimento particularmente mais acentuado das fatalidades entre os ocupantes dos veículos.

O número de acidentes de tráfego por unidade de distância viajada, mostra uma consistente e estável queda em todos os países, e em década após década, (ver Figura 2.2 e 2.3). O número total de fatalidades, que é o produto da distância viajada e taxa de fatalidade (fatalidade por unidade de distância de viagem); vem também decrescendo, pois a distância total viajada não vem sendo acompanhada por um crescimento proporcional do número de vítimas.

Nos EUA, o número total de fatalidades de tráfego atingiu o pico em meados dos anos 60. Várias tentativas foram feitas para modelar este crescimento e o declínio dos últimos anos. Houve um declínio particularmente grande no Japão (45%), passando de 22.059 em 1970 para 12.186 em 1985 (HESS, 1984; HAIGHT, 1987; MURATA, 1989; EVANS, 1991).

As taxas de fatalidade tendem a cair a metade a cada 7 ou 21 anos (intervalo de variação), mas isto não significa que o processo é de alguma forma

natural ou espontâneo. Tal interpretação seria tão incorreta quanto interpretar que a relação de SMEED (1968) apud HAIGHT (1987) e JADAAN (1990) entre fatalidades por veículo e veículos per capita, indica que as intervenções são irrelevantes, como sugeriu ADAMS (1985) apud EVANS (1991).

$$D = c V^{1/3} P^{2/3} \quad 2.2$$

onde D é o número de mortes, V, o número de veículos e P, a população. A constante c assume o valor de 0,0003, segundo Smeed.

As relações, tais como a de Smeed, não refletem efeitos espontâneos, mas a influência coletiva de todo um conjunto de ações de cunho tecnológico e comportamental que visam incrementar a segurança e que acompanham a evolução do processo de motorização. O objetivo deste capítulo é exatamente revisar este processo.

2.7 Analogia com desenvolvimentos na área da saúde pública

As fatalidades de trânsito têm sido freqüentemente comparadas com algumas doenças. EVANS (1991) considera tal analogia perigosa por associá-la à crença de que o problema do trânsito possa ser resolvido com um golpe certo, como o que eliminou a varíola ou o escorbuto. Qualquer esperança deste tipo tende a desviar a atenção e os recursos das abordagens realísticas para as pouco realísticas. Uma analogia mais apropriada e promissora é a feita com o conjunto de todas as doenças e a segurança de trânsito, pois ambos os problemas de saúde pública têm por objetivo a redução das mortes e morbidade.

Um dos indicadores mais simples de saúde pública é a longevidade. Esta tem crescido em quase todos os países industrializados, em muitos casos mais do que dobrando em 75 anos (SAGAN e AFIFI, 1978 apud EVANS, 1991). A longevidade crescente tem sido associada a alguns indicadores econômicos simples, tais como o consumo de energia per capita ou riqueza per capita, "os mais ricos são os mais doentes versus os mais ricos são os mais seguros".

O desenvolvimento econômico sustentado parece ser o principal fator explicando os ganhos de longevidade nos EUA e ajudam a explicar o declínio de longevidade experimentado pela ex-União Soviética e países similarmente estruturados. Assim como a longevidade pode ser “explicada” pela variação em medidas de cunho geral, como consumo de energia ou desenvolvimento econômico, as reduções nas taxas de fatalidades podem ser equacionada em função do crescimento da motorização (EVANS, 1991).

Muitos fatores têm dado grandes contribuições ao incremento da longevidade e podem ser divididos conforme a natureza em:

- tecnológicos: técnicas cirúrgicas, antibióticos, vacinas, transplantes, etc.;
- melhorias físicas e institucionais: habitação, saneamento, serviço de ambulâncias, refrigeração;
- legislativos: inspeção de alimentos, exigências higiênicas no preparo comercial de alimentos;
- comportamentais e humanos: higiene, exercícios físicos, controle do uso do álcool e tabaco.

O declínio das taxas de fatalidade reflete a contribuição de fatores ligados à tecnologia, infra-estrutura, legislação e comportamentais. Na área de saúde pública, não pode ser negada a importância de qualquer um destes fatores. Já na área da segurança de trânsito, estes mesmos fatores estão presentes, mas talvez pela menor tradição deste assunto, mais recente, esta lógica é freqüentemente negada, ou, pelo menos, são dadas declarações e tomadas atitudes que parecem desconhecer estes fatores (ver Seção 1.2). Assim, a mesma vida do sujeito que é salva pela cobertura de vacina adequada, é negligenciada na hora que este mesmo sujeito é exposto, por exemplo, a um risco indevidamente alto no trânsito enquanto pedestre.

Existe uma analogia com a questão da saúde pública, tema que aliás abrange atualmente a questão da segurança no trânsito. Nos dois casos, as influências e fatores são pouco conhecidas da população em geral, no entanto, alguns aspectos relacionados ao controle sanitário já estão enraizados na cultura popular. A utilização de escolas e postos de saúde, foi indispensável à revolução

sanitária e não teria atingido os seus objetivos, de aumento da longevidade se não houvessem sido realizadas campanhas na imprensa ou adotadas medidas de coerção. Do mesmo modo, é necessário um esforço semelhante visando diminuir o impacto do trânsito sobre a qualidade de vida.

2.8 A análise dos fatores com a utilização do caso das rodovias rurais dos EUA

A melhor maneira de verificar a influência de um fator na segurança de tráfego é variar este fator, mantendo fixos os demais, conforme o que se faz nas ciências físicas. Nas situações reais de trânsito, muitos fatores interferem simultaneamente no risco de acidentes dificultando a sua identificação, de modo que, raramente é possível atribuir uma mudança nas taxas a apenas um fator. As estradas rurais dos EUA serão utilizadas para simular um experimento ideal pela disponibilidade de dados estatísticos sem par no planeta para estudos desta ordem.

A Figura 2.4 mostra a taxa de fatalidade para o sistema rural interestadual, do primeiro ano que estiveram disponíveis, 1966, até 1988. De 1966 até 1986 a taxa declinou em 66%, voltando a crescer discretamente depois de abandonado o limite de velocidade de 55 milhas/h (89 km/h).

Embora avanços na área da segurança (melhores *guard rails*, sinais de trânsito com suportes frágeis, etc.) sejam continuamente incorporados às rodovias americanas existentes, e surjam refinamentos adicionais nos projetos de novas rodovias, as características gerais do sistema interestadual permaneceram basicamente os mesmos ao longo do tempo analisado. Portanto os 66% de declínio, nas fatalidades por unidade de distância de viagem, ocorreram em rodovias essencialmente com as mesmas características básicas, não podendo a redução da taxa ser atribuído às melhorias nas rodovias.

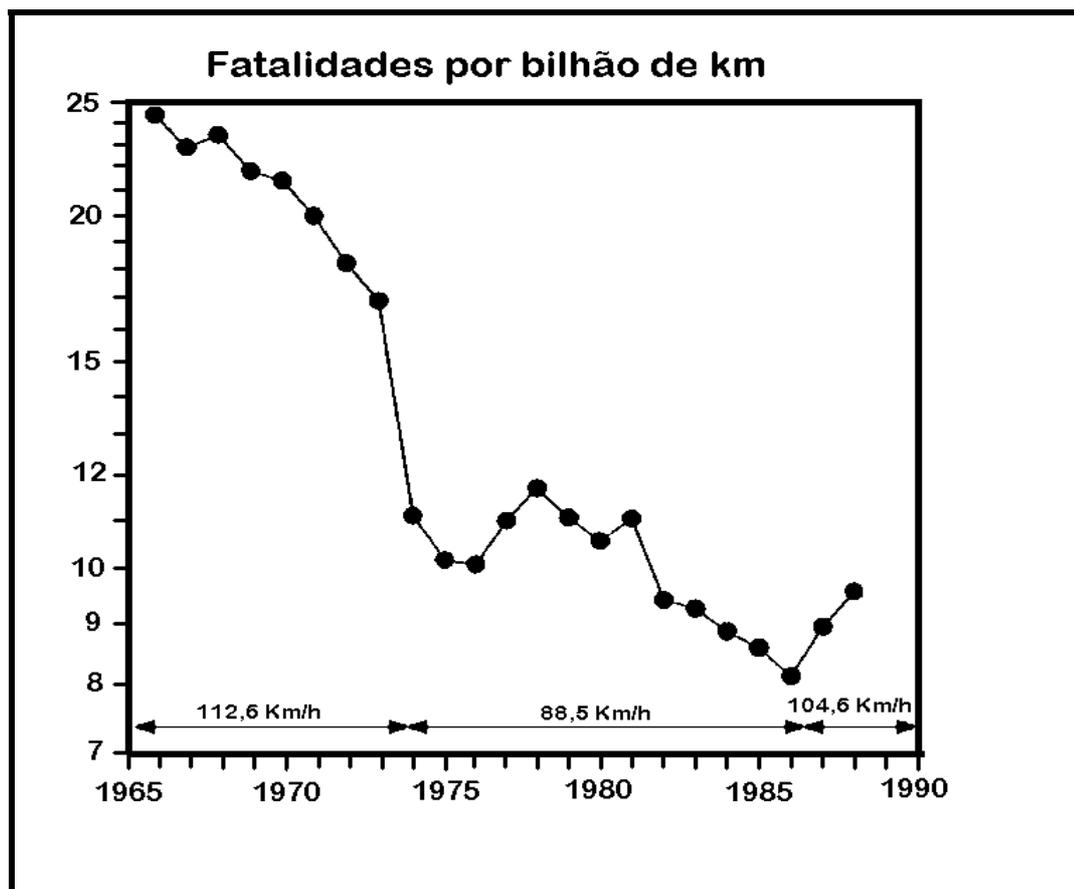


FIGURA 2.4 - Fatalidades por 10^9 Km rodados nas estradas rurais interestaduais americanas e as variações de velocidades legais (EVANS, 1991)

Um declínio de 34% nas taxas de fatalidade ocorreu em um ano, entre 1973 a 1974, o período posterior a outubro de 1973, quando houve o embargo do óleo árabe. Este declínio não pode ser atribuído às mudanças na engenharia, porque as instalações permaneceram as mesmas (fixas), e quase 90% dos veículos em circulação em 1974 já estavam nas ruas em 1973. Portanto, até mesmo grandes avanços na segurança porventura ocorridos neste período, teriam pouco ou nenhum efeito sobre as taxas agregadas.

Do mesmo modo, os procedimentos médicos não sofrem grandes mudanças de um ano para outro. Considerando que a taxa medida é a de fatalidades por uma estimativa da distância viajada, o declínio portanto, parece ter sofrido a influência clara de mudanças induzidas de comportamento coletivo, em parte ao menos, pela introdução do limite nacional de velocidade de 88,5 Km/h (55 m/h).

Alguns autores interpretam a queda em 1974 (ver Figura 2.4), como uma perturbação temporária num declínio, até então *log-linear*. Isto sugere que, mesmo sem a perturbação, a presente taxa estaria quase na posição que se encontra hoje (EVANS, 1991). Os dados certamente são compatíveis com esta interpretação. Assim, ainda permanece o declínio *log-linear* persistindo no mesmo ambiente rodoviário, essencialmente inalterado.

2.9 A ordenação hierárquica dos fatores

A Figura 1.3 mostra fatores ordenados criteriosamente numa estrutura hierárquica sugerida pela discussão nas prévias seções. Das duas categorias mais gerais, a infra-estrutura humana é considerada como tendo uma influência maior do que a infra-estrutura de engenharia EVANS (1991) e AASHTO (1990).

Dentro destas linhas gerais, serão detalhados os aspectos considerados mais importantes dentro do escopo deste trabalho. Existem muitas variáveis capazes de influenciar a segurança do trânsito; aqui serão tratados alguns aspectos apenas, procurando enfatizar a importância da interpretação do fenômeno.

O nível de risco oferecido por uma instalação pode ser compensado facilmente por uma redução na velocidade média praticada. Na prática, isto pode ser graças à percepção de risco dos condutores ou através de coerção, evidenciando em ambos os casos a influência potencial do fator humano sobre as taxas avaliadas. A segurança em diferentes tipos de rodovias, depende da forma como ela opera regularmente (controle, fluxo, ambiente, fiscalização) e, principalmente, do comportamento e preparo do seus condutores (ver Seção 4.5).

Na próxima seção serão introduzidas algumas premissas básicas relativas ao risco, ao seu comportamento e o seu controle. A evolução das normas sociais pela educação e o comportamento também serão abordadas nestas seções em linhas gerais.

2.10 O comportamento, a estimativa de risco e as normas sociais

2.10.1 O comportamento

A enorme influência da idade e do sexo do condutor, presentes nas estatísticas de todo mundo (EVANS, 1991; DENATRAN, 1995; MASSIE, 1995), parecem reforçar o papel do comportamento nos acidentes. Estas influências não sofrem qualquer tipo de contestação, estando inclusive incorporadas aos prêmios de seguros, deixando poucas dúvidas a respeito da importância do comportamento individual na segurança de trânsito. O comportamento individual é influenciado pelo amadurecimento da sociedade e o reflexo deste sobre a legislação. Nas próximas duas seções, serão discutidas as bases que fundamentam o comportamento das sociedades e que regulam a evolução do processo de motorização: a estimativa de risco e as normas sociais.

2.10.2 A estimativa de risco

A ameaça de um resultado adverso certamente influencia o comportamento do motorista, como discutido. A quase perda de controle em uma curva ou a quase colisão traseira podem gerar um imediato aumento da cautela do motorista. Os motoristas reagem continuamente ao seu entendimento de como as condições podem afetar o manejo do seu veículo, deste modo, apresentam algumas propriedades características do ciclo compensatório de *feedback* de sistemas de controle, descrito formalmente por COWIE and CALDERWOOD (1966, apud EVANS (1991)).

Enquanto o risco é onipresente na tarefa de dirigir, isto não quer dizer que forme a base do grande número de decisões, ou escolha entre alternativas, que um motorista precisa fazer. Quase toda decisão na vida envolve a escolha entre alternativas com diferentes graus de risco, mesmo quando escolhemos entre ler um livro, assistir à televisão ou dirigir até um cinema.

A escolha de assistir a um programa da televisão oferece um risco maior em ordem de grandeza do que ler um livro, devido aos riscos de

eletrocussão, radiação , explosão do tubo de imagem, ainda assim a escolha de ver televisão é mais segura em ordem de grandeza, do que dirigir até um cinema.

Por outro lado, embora os riscos difiram grandemente, eles não exercem quase nenhuma influência sobre a popularidade dos livros, televisão ou cinema. Com a finalidade de explicar melhor o papel do risco no mecanismo de escolha do patamar de velocidade adotado pelos condutores no dia a dia, EVANS (1991) utilizou a direção desportiva.

A corrida das "500 Milhas de Indianápolis" vem sendo realizada desde 1911, e os dados mostram uma tendência decrescente nos ferimentos por unidade de distância viajada, porém o número de acidentes e de carros acidentados permaneceu estável desde o início da corrida. Examinando-se as taxas por tempo viajado em vez de por distância viajada, verifica-se que mesmo que as velocidades tenham dobrado (120 Km/h em 1911 até mais de 300 km/h em 1990), os acidentes por unidade de tempo viajado aumentaram mais do que duas vezes. Já o número de feridos e mortos permaneceu relativamente estável: o risco vem crescendo aproximadamente no mesmo ritmo das mudanças físicas nos veículos e rodovia.

Apesar dos enormes avanços na proteção individual dos condutores, confiabilidade do veículo, freios, suspensão, tração dos pneus e superfície de rolamento, as conseqüências adversas, por unidade de distância de viagem, permaneceram relativamente inalteradas, completamente diferente do que ocorreu na direção normal, com grandes declínios.

Por outro lado, a compensação de risco presente na direção esportiva também foi constatada por DULISSE (1997) na Grã-Bretanha entre condutores comuns, ciclistas e pedestres, com efeitos entre 7% e 13%. SAGBERG e outros (1997) também encontraram evidências disto, na utilização de dispositivos de segurança passiva, como os *airbags*, e principalmente em relação a dispositivos de segurança ativa como os freios ABS. Os táxis com este tipo de freio apresentam costumeiramente um *headway* bem menor que os demais, ou seja, guardam uma distância de segurança menor do veículo que o precede.

No caso do condutor desportivo existe uma compensação financeira para o risco, que faz com que ele tente sempre utilizar os ganhos potenciais de

segurança para andar mais rápido. É provável que este esforço para atingir a fama e o dinheiro sejam responsáveis pela manutenção das mesmas taxas de adversidades registradas em 1911, e que façam que estas, considerando a distância viajada, sejam 1400 vezes maiores do que as de um condutor americano normal (EVANS, 1991)

Estes dados ilustram a diferença fundamental entre o condutor normal e o de competição. O condutor normal responde ao risco percebido, e mudanças no risco percebido influenciam seu comportamento, porém esta percepção depende da avaliação subjetiva do risco e não dos fatos objetivos associados ao perigo real (DEJOY, 1989). Não só o nível de risco percebido, mas também o nível de risco aceito, são variáveis chave e objetivo da segurança viária (HOFFMANN e outros, 1996a).

Se o condutor não está respondendo adequadamente a mudanças no risco, e se sente seguro a maior parte do tempo, então existem outros fatores que controlam o comportamento do condutor e que influíram no declínio das fatalidades nos países desenvolvidos. É provável que existam então fatores sociais e culturais, gerados a partir de intervenções, que podem influir no comportamento individual.

As taxas apresentadas em determinado cenário geralmente não mostram o problema ao nível de condutor individual, que subjetivamente pensam estar dirigindo sempre de forma segura, num ambiente livre de risco durante a maior parte do tempo. Mesmo quando um dos eventos adversos ocorre, ele raramente é interpretado como uma consequência natural ou reflexo do comportamento do condutor. As interpretações envolvendo uma imprevisível má sorte ainda predominam.

O condutor tem normalmente um comportamento otimista, considerando-se quase sempre mais habilidoso ou pelo menos mais seguro e com menor probabilidade de se envolver num acidente que os demais (DEJOY, 1989). Este sentimento na ausência de uma intervenção, tende a se fortalecer com o tempo, uma vez que as ocorrências de trânsito são eventos raros, difíceis de serem absorvidos pelos processos cognitivos naturais, (ver Quadro 2.4).

Evento	Nº de eventos por ano	Distância viajada entre eventos (Km)	Tempo médio entre eventos (anos)
morte de condutor	27260	120 milhões	7100
envolvido em acidente fatal	62237		3100
condutor ferido	1,4 milhões	2,3 milhões	140
acidente registrado pela polícia			10-21
reivindicação de seguro			10
violação a lei			6
envolvimento em acidentes	36,2 milhões	90 mil	5

QUADRO 2.4 - Frequência média com que várias conseqüências adversas ocorrem, expressas em relação a um condutor individual (EVANS, 1991)

Um sujeito, ao volante, age de acordo com o risco percebido por ele e não ao risco real. Por mais perigosa que uma rodovia possa ser, o condutor nem sempre está preparado para percebê-lo, pois mesmo sob as taxas mais altas de risco, ainda temos numa morte de trânsito um evento raro. O trecho catarinense da BR-101 produz cerca de 150 mortos no local por bilhão de Km viajados, deste modo um único veículo deve percorrer 6,7 milhões de km antes de se envolver num acidente com morto no local.

Apesar da percepção individual de ausência de risco por parte do condutor, o subproduto da condução de veículos nos EUA é de mais de 40.000 mortes por ano, na BR 101 se tem em média 350⁴ mortos no local⁵ ao ano. Paradoxalmente, os indivíduos, mesmo no caso da BR-101, podem não perceber o risco, embora os dados globais mostrem isto claramente.

2.10.3 Normas sociais

Declínios de longo prazo nas taxas de fatalidades parecem refletir principalmente uma ampla evolução nas normas sociais relacionadas à condução

⁴ Segundo dados do DENATRAN, 44% seriam condutores ou seja 154 mortos no local, são condutores

⁵ Considerando os mortos fora do local, durante o transporte ou nos hospitais, o número de óbitos chega a ser 85% maior.

de veículos (EVANS, 1991; BRAGA, 1989). Nas nações mais desenvolvidas, os condutores recém licenciados crescem numa sociedade onde eles e seus amigos têm viajado em carros de propriedade da família desde o berço, e se acostumaram a ver o veículo como um utilitário, utilizado para ir ao trabalho ou às compras. A sua visão é diferente daquela das sociedades onde a posse de automóveis ainda não está tão disseminada.

Um processo de maturação coletiva vai ocorrendo à medida que o veículo passa a ter uma função mais de utilitário do que outra qualquer. Este processo é algo análogo ao que ocorre ao nível individual, quando o condutor amadurece, mudando o seu comportamento, entre os 18 e os 40 anos.

Quando uma sociedade se torna mais motorizada, mudanças institucionais são iniciadas em resposta ao crescimento das ocorrências de trânsito, as quais ao seu turno influenciam as normas sociais de direção. A adesão a muitas medidas de segurança de tráfego acaba evoluindo para um hábito, ou comportamento autônomo, sem qualquer consideração consciente de segurança. Um exemplo notável disso é a tendência de alguns condutores de pararem ao sinal vermelho, mesmo na ausência de tráfego ou policiais (EVANS, 1991).

Do mesmo modo, a motivação original da melhoria dos hábitos de higiene originou-se na prevenção de doenças. Tal motivação, nos dias atuais, tem um papel secundário. Hoje se tem dificuldade em conceber que as primeiras sociedades altamente civilizadas, como a Inglaterra de Elizabeth I (1558-1603), não compartilhassem de nossa atual repugnância à sujeira.

O desenvolvimento do hábito de dirigir de forma segura automaticamente, parece ser um objetivo mais importante a ser atingido, do que esperar que os condutores façam sempre a escolha mais segura entre o mix disponível de riscos. Portanto a segurança pode obter maiores avanços se os condutores não tiverem que pensar para escolher a forma mais segura de dirigir, mas que façam a escolha segura automaticamente.

As tendências de decréscimo de longo prazo nas taxas de fatalidades são interpretadas de maneira um tanto diferente por MINTER (1987) apud EVANS (1991), que considera que a característica dominante do sistema de segurança de

trânsito é que os motorista aprendem da experiência de direção acumulada, medida através da distância nacional viajada total. Ele embasa esta consideração pela similaridade entre as fórmulas da teoria de aprendizado e as expressões de SMEED (HAIGHT, 1987; JADAAN, 1990), relacionando mortes por veículo e veículos per capita, ver expressão 2.2.

Esta analogia é um tanto ilógica, por deixar subentendida a idéia de que os acidentes de trânsito evoluem para uma redução das ocorrências, independentemente do que é feito ou do que não é feito. Mesmo que a evolução conduza na direção da redução das taxas de acidentes, isto se dá em grande parte devido ao aprendizado, e as várias intervenções à segurança são as maiores contribuições a tal aprendizado; não existe nenhuma jurisdição motorizada que simplesmente ignore a segurança viária. Se isto fosse feito, as taxas provavelmente declinariam, mas a taxas bem mais modestas que as observadas.

KOORNSTRA (1989) apud EVANS (1991) cita o aprendizado coletivo como fator de contribuição para o declínio nas taxas de fatalidade por unidade de distância viajada. Através do aprendizado comunitário, são introduzidas mudanças que promovem o incremento da segurança na rede viária, veículos, e nas regras (aquelas que não se originam de motivações pessoais que governam o comportamento individual.). A noção de aprendizado comunitário parece ter muito em comum com a evolução e interpretação das normas sociais.

Muitos, talvez a maioria, dos acidentes de tráfego são causados por indivíduos cujas normas diferem da maioria (por exemplo, dirigindo intoxicado). Entretanto, estas normas estão sujeitas ao mesmo processo evolutivo das normas gerais de convívio social. Elas, ao mesmo tempo, são influenciadas e influenciam a legislação num processo que se torna muitas vezes difícil de determinar quem é a carroça e quem são os cavalos, mas de qualquer forma os extremos do comportamento tendem a se mover em direções similares às mudanças na média.

2.10.4 Intervenções legislativas

As intervenções legislativas refletem parcialmente as normas sociais, também as influenciando de certa forma. A adoção no Brasil do novo CBT (1998) refletiu uma ânsia de grande parte da população, que necessitava de um instrumento que permitisse melhorar de alguma forma o seu nível de segurança. Ele traz em si mecanismos que, se devidamente aplicados, são capazes de promover mudanças das normas sociais.

O Brasil ainda atravessa a fase da explosão da motorização, conforme mostra o Quadro 1.1, e quando um país atravessa esta fase, os números absolutos tomam tal magnitude que não passam mais despercebidos e acabam provocando uma reação. Esta reação vai refletir a gravidade do problema e, principalmente, o grau de consciência sobre o problema. Estas reações podem ser mais ou menos competentes, de acordo com a vontade política de solucionar o problema.

As soluções existem e dependem de ações conscientes, muitas de comprovada eficiência e que não dependem sequer de grandes recursos financeiros. Algumas já foram utilizadas em países que já enfrentaram problemas similares, portanto são soluções pré-testadas e aprovadas. Muitas destas estão agora instrumentalizadas através das propostas do CTB e necessitam ser postas em prática.

Os 34% de declínio nas taxas de fatalidades americanas entre 1973 e 1974 (Figura 2.4) são em grande parte devido à intervenção legal no limite de velocidade, reduzindo-a de 112,6 até 88,5 Km/h (65 até 55 milhas/h), enquanto que o acréscimo após 1987 reflete o aumento do limite legal para 104,6 Km/h (60 milhas/h) em parte do sistema

Por outro lado, grandes reduções no número de acidentes foram associadas à implantação de leis severas contra dirigir embriagado e/ou acima dos limites de velocidade e sem os equipamentos obrigatórios de proteção individual na França, Canadá, Bélgica, EUA, Grã-Bretanha e Austrália (BLUET e FLEURY, 1990; THOMAS, 1992; EVANS, 1991; MANN e outros, 1991; DESHAPRYA e IWASW, 1996).

A intervenção legislativa é a resposta da sociedade a um problema que ela reconhece, baseada nas informações assimiladas a partir dos dados estatísticos. Os condutores, quando considerados individualmente, não são capazes de identificar os principais riscos de trânsito pela experiência, devido à escassez dos dados necessários à realização do *feedback* pessoal devido à raridade dos eventos de trânsito (ver Quadro 2.4).

Se um condutor está se comportando de tal forma que está dobrando a sua chance de sofrer um acidente fatal, ele não tem como descobrir isto diretamente. Neste caso, quando aplicadas corretamente, as intervenções legislativas podem desempenhar um importante papel na melhoria do *feedback* dos motoristas, levando-os a um comportamento mais seguro.

A probabilidade de um motorista, que dirige em alta velocidade, receber uma notificação policial é relativamente elevada quando comparada a outras conseqüências adversas deste comportamento (acidentes, danos, ferimentos, etc.). Então esta probabilidade maior poderia ser melhor aproveitada, no sentido de alertar os infratores, pois vem sendo relatado por autoridade ligadas a programas educativos que estas iniciativas não punitivas, além de despenderem um esforço policial menor, pela isenção de burocracia, são bem aceitas pelos infratores.

EVANS (1991) descreve uma série de experimentos realizados no Canadá que endossam esta idéia: "a entrega de alertas não punitivos aos condutores em excesso de velocidade levam a reduções de velocidades mais abrangentes e duradouras do que o procedimento habitual (punitivo)". A maior eficiência é explicada por esta abordagem envolver menos papel, trabalho e checagem, e ainda evitar o comparecimento do policial na corte, conforme o procedimento Canadense.

As advertências podem ser distribuídas a taxas mais altas do que as multas tradicionais. Em entrevistas feitas junto ao público, vários condutores declararam informalmente que não se importaram por terem sido parados, pois sentiram que a polícia estava fazendo um bom trabalho em favor da comunidade como um todo. Esta concordância é importante, pois uma contramedida deve ser

compreendida e aceita pela sociedade para que possa ser eficiente, não importando o quanto seja bem concebida tecnicamente (BRAGA, 1989)

GELER (1984) apud EVANS (1991) declara que incentivos positivos são mais efetivos do que punições. Embora uma advertência da polícia não seja propriamente um incentivo positivo, acaba provocando tal efeito, por ser uma alternativa melhor do que a punição esperada pelo condutor.

Esta alternativa não deve ser vista como uma substituição à punição, necessária em muitos casos, mas sim uma medida educativa paralela a esta, e deve ser operacionalizada de forma que o condutor sinta a presença do policial como alguém que está zelando pela sua segurança. É preciso que os agentes sejam preparados para a tarefa, que sintam a sua importância, e entendam que esta será a sua função futuramente. A tarefa punitiva deve ser atribuída aos equipamentos automáticos, tais como radares e câmaras, impassíveis e incorruptíveis por natureza, liberando o elemento humano para ações educativas.

A entrega de advertências permite uma interação mais positiva com o público. Além disto, o aumento da frequência destas interações pode se revelar como uma importante e eficaz contramedida ao hábito de dirigir intoxicado, que tem se revelado um importante fator, tanto na geração como no agravamento das ocorrências. Por isto o aumento na frequência destas acaba sendo globalmente mais eficiente do que a mera punição.

As intervenções legislativas refletiriam o conhecimento tecnológico acumulado da sociedade. Os padrões legislativos para pureza dos alimentos, por exemplo, não implicam que os cidadãos comuns não devam ou não possam checar a qualidade do alimento antes de consumi-lo. Os padrões ampliam o aprendizado informal e oferecem uma metodologia melhor do que deixar que o medo da morte ou de doenças seja o único monitor da qualidade dos alimentos.

Por outro lado, as intervenções legislativas oferecem *feedback* mais eficiente freqüente a respeito das ações inseguras, de uma forma que as conseqüências naturais não podem oferecer. Qualquer medida que aumente a freqüência deste *feedback* é potencialmente muito eficiente. Portanto, se a polícia parar os veículos; por violações a distância regulamentar de segurança, pode ajudar os condutores a obter um ganho real de segurança com o aumento da

distância entre eles. O esforço deve visar à freqüência da interação, deixando para punição um papel secundário.

Muitos pesquisadores sugerem que, no futuro, a principal oportunidade para se alcançar uma redução significativa no número e severidade dos acidentes seria através do aprofundamento nas questões comportamentais dos condutores e pedestres, buscando modificá-las. Ressaltando que o comportamento só pode ser modificado dentro de um prazo relativamente longo (BRAGA, 1989).

Existem medidas legislativas que não estão diretamente relacionadas à condução de veículos, mas que apresentam grande potencial de redução de acidentes. A principal delas está relacionada ao controle da utilização de bebidas alcoólicas por parte dos condutores (HOFFMANN e outros, 1996; CNT, 1998).

A utilização de limites diferenciados de idade para o consumo legal de bebidas tem sido aplicada, principalmente nos EUA, devido à alta percentagem de condutores jovens entre acidentados e à forte influência do álcool nestes tipos de ocorrências (MAYHEW, 1995) O controle da venda de bebidas em locais tipicamente freqüentados por condutores, como por exemplo, bares e restaurantes situados a margem de rodovias parece ser uma medida promissora (SHINAR, 1995).

A ação legislativa diferenciada pelo perfil epidemiológico dos envolvidos tende a ser um objetivo, que vem sendo aplicado com medidas, tais como, a habilitação progressiva e a limitação de horários e locais permitidos a condutores adolescentes. Um estudo realizado pelo IIHS (Insurance Institute for Highway Safety) indica que mais de 80% dos acidentes envolvendo adolescentes ocorrem devido a imprudências como o excesso de velocidade e "brincadeiras", como rchas e outras formas exibicionistas. O psiquiatra Paulo Gaudêncio afirma que o adolescente vive como se fosse um super-herói, e isto prejudica sua percepção do perigo e de seus limites (Quatro Rodas, 01/1994).

A agilização do processo de punição dos infratores é uma medida indispensável à eficiência de todo o processo legislativo relacionado à segurança de trânsito. A ação deve ser imediata, permitindo estabelecer claramente a relação causa-efeito. A eficiência dos mecanismo de punição e educação são as bases de qualquer tentativa de implementação da segurança viária. A mudança

da lei por si nem sempre tem força para modificar comportamentos solidamente enraizados, é necessário um esforço paralelo educativo considerável e um mecanismo de coerção adequado, complementar à educação.(EKMAN e outros, 1997).

2.11 A interação entre os fatores desencadeadores dos acidentes

Esta seção pretende enfatizar, através de um exemplo, a razão pela qual a palavra causa não deve prevalecer em estudos que busquem entender este fenômeno "denominado" acidente de trânsito. O exemplo é na verdade uma ficção, que será importante no sentido de esclarecer e justificar a forma utilizada para apresentar e tratar o problema.

Suponha-se que um condutor A, de 26 anos, discute com sua esposa, bate a porta de casa e sai dirigindo velozmente para o trabalho sob uma chuva fina. O trajeto é feito sobre uma rodovia mal sinalizada, com pavimento deteriorado e com péssima visibilidade. No cruzamento com uma avenida movimentada, "A" é obrigado a perder mais tempo, tenta forçar a passagem, mas não conta com uma pane no veículo conduzido por B, de 78 anos, um velho caminhão de mudanças. O velho motorista, prejudicado pela má visibilidade do cruzamento, tenta frear a tempo mas o freio custa a agir e se dá a colisão fatal.

Poderia se atribuir a princípio a culpa à impulsividade e agressividade do jovem condutor estressado, ou da senilidade do motorista de mudanças, ou ainda da falta de ação e fiscalização em veículos e vias. Pode ser percebido, mesmo através deste exemplo simplificado, que se torna difícil isolar um elemento único provocador do acidente. Na verdade existe um conjunto de fatores agindo e interagindo de tal forma que, na ausência de qualquer um deles, o evento não se daria.

Sempre que o produto final da interatividade dos fatores atinge um ponto tal que a demanda do sistema (atributos necessários para dirigir com segurança através do sistema) superam a capacidade do condutor, acontece o

acidente. A próxima seção será dedicada à identificação dos fatores de risco relacionados principalmente à engenharia e ao meio ambiente.

2.12 A identificação dos fatores

O tratamento do problema deve partir da sua identificação, via de regra feita através dos dados. Estes dados até o presente momento são levantados no Brasil por órgãos públicos distintos devido à divisão dos cenários conforme as jurisdição. Nas vias municipais, isto é normalmente feito pelas polícias militares, vinculadas ao estado; nas rodovias estaduais, pelas polícias rodoviárias estaduais e em rodovias federais, pela polícia rodoviária federal, vinculada ao ministério da Justiça.

Deste modo, tem-se obviamente uma falta de padronização, tanto na forma de coletar como na forma de apresentar os dados, isto quando são levantados ou disponibilizados. No capítulo 5, serão utilizadas as ocorrências registradas pela PRFSC no trecho catarinense da BR-101, conforme propõe a Seção 1.7.2, buscando otimizar a avaliação dos efeitos, utilizando uma metodologia que busca, de certa forma, isolar os efeitos das variáveis de interesse, controlando as interferências externas ao tratamento.

A presença de variáveis *confounders* tem levado a falsas interpretações, geralmente mais generosas em relação a contramedidas de acidentes (ELVIK, 1995a, 1997). A consideração ou o isolamento da variação provocada por estas interferências no número ou severidade dos acidentes, muitas vezes diminui a variação atribuída à contramedida. Isto se dá, graças ao conhecimento das parcelas que podem estar vinculadas ao efeito *confounding*.

Grande parte da complexidade do tratamento do fenômeno acidente de trânsito está relacionada à interação dos fatores, uma vez que cada aspecto do sistema está de algum modo ligado aos demais. Se os condutores sabem que seus veículos estão em precárias condições de segurança, eles podem redobrar a atenção, e ainda se uma seção perigosa da rodovia é reconstruída com um

padrão de segurança mais elevado, é provável que os condutores passem a trafegar mais velozmente do que antes, ou com menos cuidado.

As diferenças de segurança apresentadas por diferentes tipos de rodovias refletem não só os efeitos relacionados à geometria em si, mas também às diferenças de limites de velocidade e sua influência nas velocidades praticadas, e a qualidade dos usuários presentes em cada um dos diferentes tipos de rodovias. Qualquer dependência observada entre acidentes e fatores de engenharia ou ambientais específicos sofre, portanto, interferências consideráveis.

Os veículos presentes no fluxo de veículos e principalmente as características de seus condutores preferenciais constituem-se num importante diferencial de risco. Este ponto pode ser bem ilustrado pelas diferenças nas taxas de fatalidade em diferentes veículos, segundo o critério do ferimento na cabeça. As diferenças encontradas das taxas mais altas para as mais baixas, chega a ser 6 vezes. Muitas vezes estas diferenças foram encontradas entre modelos similares, atendendo as mesmas exigências de segurança, tornando pouco provável que as diferenças se devam aos padrões de engenharia de segurança dos veículos. O motivo de tais diferenças parece estar mais relacionado aos tipos de condutores que escolhem determinados modelos, e os dirigem de formas diferenciadas e em ambientes distintos. (EVANS, 1987, 1991; WOOD, 1997)

O efeito do tamanho do carro, representado pela sua massa, é um dos maiores e mais consistentes efeitos observados na segurança de trânsito. A massa é um parâmetro físico capital na dinâmica da colisão, especialmente entre dois veículos. Se eles tiverem a mesma massa, a mudança de velocidade suportada por cada um é idêntica. As forças resultantes sobre os ocupantes são influenciadas diretamente pela espessura da camada deformável, estando pois relacionadas ao tempo gasto pelos ocupantes para mudar a velocidade da pré-colisão para a resultante após a colisão. (EVANS and BLUMENFELD, 1982; EVANS, 1991, EVANS e WASIELEWSKI, 1987; WOOD, 1995)

Uma metodologia é apresentada por EVANS (1991) para avaliação relativa de segurança de veículos: a metodologia de exposição do pedestre que relaciona a segurança dos veículos, utilizando a proporção entre os choque contra

árvores e atropelamentos. A idéia básica consiste em utilizar o número de fatalidades de pedestres atropelados por determinada categoria de carros, por exemplo, como medida de exposição dessa categoria ao risco de acidentes graves em geral.

Assim, se determinada categoria de veículo é mais utilizada, ou é preferida por jovens condutores ou por condutores com comportamento de risco, que abusam mais do álcool, isto tudo deverá se refletir em um número maior de atropelamentos fatais desta categoria. Dadas as diferenças de massa entre pedestre e veículos serem muito grandes, não existe relação entre a massa do veículo e a gravidade, portanto o número de fatalidades é proporcional ao número de impactos severos.

Deste modo, o número de feridos e mortos em choques severos contra árvores ou postes deve guardar uma proporção com o número de vítimas fatais atropeladas por cada modelo de veículo de cada categoria. Se um modelo "A", produz o dobro de vítimas atropeladas do que um modelo B, da mesma categoria, é esperado que o primeiro produza também o dobro do número de vítimas entre seus ocupantes em choques contra objetos fixos (ex.: árvores, postes).

Nesta seção estão estabelecidos algumas premissas fundamentais do estudo das contramedidas e do processo de avaliação destas. Nas próximas seções, no Capítulo III, serão enfatizadas as variáveis do projeto rodoviário mais intimamente associadas à questão da segurança de trânsito. Logo, o elemento humano estará presente através de seus limites físicos de visão e velocidade de ação, funcionando como um elo entre a engenharia e as demais áreas de conhecimento, mantendo portanto a inter-relação entre os fatores de infra-estrutura humana e de engenharia.

CAPÍTULO III

3. CONTRAMEDIDAS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO E O PROJETO RODOVIÁRIO

3.1 Introdução

O nível de segurança oferecido aos usuários por uma rodovia está diretamente associado ao seu projeto e, principalmente, à compatibilidade entre o projeto executado e as condições em que está operando. Estas condições são definidas, na prática, pela densidade urbana, intensidade das interferências entre veículos e entre pedestres e veículos. O comportamento destes pedestres e condutores, a qualidade da instalação e a forma como se insere no ambiente são fundamentais na oferta de um bom nível de segurança.

Nas próximas seções, são discutidas as contramedidas de acidentes a partir das variáveis de projeto. Inicialmente são abordadas a demanda e a sua relação com a capacidade da rodovia, e, com a capacidade dos condutores e pedestres de lidarem com a complexidade do trânsito. O comportamento e, principalmente, as limitações físicas do ser humano são relacionadas, através da velocidade, com as características do projeto rodoviário. Deste modo, será dada ênfase especial para a velocidade pela sua óbvia predominância sobre qualquer outra variável de projeto. Isto porque ela influi decisivamente na concepção do projeto geométrico, na sua capacidade, e no nível de serviço oferecido pela instalação, e, portanto, na sua segurança.

A aproximação da velocidade praticada por um indivíduo à velocidade máxima de projeto, torna a tarefa de dirigir mais difícil, levando a pessoa a se aproximar de seus próprios limites. Esta velocidade máxima de projeto primeiramente determina as características geométricas da via e, depois, na fase de operação, junto com a massa em deslocamento (veículo, carga e passageiros), limita a velocidade de operação segura, determinando a energia máxima a ser transformada numa colisão. O fator humano está condicionado pela dificuldade imposta pelo conjunto veículo sistema viário, e esta dificuldade pode

ser regulada em grande parte pela avaliação do indivíduo da sua capacidade de enfrentá-la e da escolha de uma velocidade compatível.

3.2 A demanda, o projeto, o risco e o automóvel

A quantidade e a qualidade de pedestres e/ou veículos que competem no espaço viário são variáveis importantes no tratamento de problemas de segurança. No entanto, a distribuição destas quantidades e qualidades no tempo pode ter, muitas vezes, uma importância maior; pois a concentração dos fluxos, em determinados horários (horários de pico), faz com que a capacidade da instalação seja excedida nestes horários, provocando uma elevação do número de conflitos, aumentando a probabilidade de que os desastres ocorram; reduzindo, assim, o intervalo entre estes eventos (ver Quadro 2.4).

Na prática ainda se utilizam relações lineares entre fluxo e acidentes (AASHTO, 1990; DER/STO/SC, 1993; ELVIK, 1997). Embora esta linearidade dificilmente ocorra nas situações reais (ver Seção 2.6), ela pode ser utilizada como um ponto de partida. A análise dos resíduos do ajuste linear pode ser um importante passo na obtenção de um modelo matemático adequado, informando se há ou não linearidade, qual o padrão não linear aproximado e, principalmente, se existe algum padrão que justifique a análise mais apurada. Nos dados de acidentes, existem efeitos relacionados à presença de variáveis “counfounders”, ou seja, variáveis que são externas ao tratamento e que, muitas vezes, conseguem explicar as variações nas ocorrências melhor que o próprio tratamento.

A demanda real ou projetada, juntamente com as características ambientais, são os elementos fundamentais no planejamento de uma rodovia. Assim, o fluxo de projeto, a densidade de urbanização e o tipo de relevo, por exemplo, vão determinar o número de faixas, a qualidade destas, o tipo de operação do fluxo (contínuo ou interrompido), presença e dimensões dos acostamentos e controle de acessos (AASHTO, 1990; HCM, 1994).

A relação entre a demanda e a capacidade da instalação acaba de uma forma ou de outra sendo regulada pelo número de usuários que conseguem

ser atendidos em determinado intervalo de tempo, ou seja, estão relacionadas à velocidade de atendimento. Esta velocidade pode ser influenciada por fatores físicos e operacionais do sistema, bem como pelo nível de risco percebido e aceito pelos usuários do sistema.

Deste modo, se houver um otimismo ou um zelo excessivo, tem-se alterada a capacidade do sistema, através do aumento ou redução da velocidade operacional. Por outro lado, estas percepções também influenciam pesadamente na segurança viária, principalmente quando a visão otimista é manifestada através de crenças do tipo "isto (o acidente) nunca vai acontecer comigo" (DEJOY, 1989; EVANS, 1991).

Em princípio, a idéia da invulnerabilidade não parece errada dentro de uma lógica positivista, porém o risco deste otimismo provir de um erro de avaliação não é nada desprezível. O homem não sofre acidentes fatais ou assiste a eles com muita freqüência, e conforme aumenta o tempo de utilização do automóvel sem que nada anormal aconteça, tem aumentada a sua sensação de segurança.

O resultado global da segurança de um projeto viário nasce da interação entre via, veículo e homem. Esta interação pode e deve ser avaliada, na fase de planejamento e projeto, através da participação de especialistas do setor de segurança, numa espécie de perícia técnica, ou como prefere denominar o engenheiro SCARINGELLA (1995), auditoria de segurança.

Esta perícia técnica, lançando mão de criteriosas inspeções em campo, pode minimizar os riscos e a severidade dos acidentes futuros, planejando, por exemplo, a preservação do nível de controle de acessos do projeto. Com estas medidas, são evitadas muitas obras corretivas complementares na fase de operação, muito mais onerosas, e normalmente paliativas, que, muitas vezes, chegam quando as perdas sociais (perda da vida e/ou qualidade de vida) já são muito elevadas.

Do trinômio via-veículo-homem, os dois primeiros, a via e o veículo, possuem ainda certa margem de evolução dentro das atuais concepções e vêm constantemente agregando novos recursos tecnológicos, sem que se vislumbre ainda limites bem definidos. O ser humano, de outra forma, é o resultado de um

processo evolutivo naturalmente lento, não podendo acompanhar os avanços experimentados pelo automóvel e via.

A evolução tecnológica do “velho produto automóvel”, dentro do modelo individualista proposto na era de Ford, começa a se aproximar dos limites da sua curva “S¹” (FOSTER, 1988). Pelo menos na concepção atual, quando o condutor toma praticamente todas as decisões ou pelo menos tem o arbítrio sobre todas as decisões internas ao fluxo de veículos.

Por mais que se façam investimentos no âmbito de engenharia, quanto à segurança ativa ou passiva de veículos ou vias, sempre existirão as falhas inerentes ao condutores que podem resultar em perdas materiais e pessoais. As decisões com referência ao veículo são todas tomadas pelo seu condutor, que avalia sua interação com o seu veículo e com os demais usuários da via, de uma forma totalmente subjetiva (pessoal).

Segundo STROBEL (1982), todo condutor defronta-se com três níveis de processamento de informação e controle:

- nível 1 - processamento de informações geradas e/ou mostradas dentro do veículo;
- nível 2 - processamento de informações geradas e/ou mostradas no meio próximo visível;
- nível 3 - processamento de informações da situação de tráfego na região periférica, ainda não visível.

Deixando de lado, por enquanto, as questões comportamentais, pode se dizer que um acidente ocorre quando o condutor, em determinado momento, não é capaz de atender à demanda exigida por um ou mais níveis de informação ou controle. Então, a probabilidade dele se envolver num desastre é diretamente proporcional às dificuldades enfrentadas no processamento e controle dos três níveis de informação e inversamente proporcional à sua capacidade de desempenhar a sua função.

¹ A curva S é um gráfico que relaciona o esforço monetário para melhorar um produto ou método e os resultados obtidos como retorno deste investimento.

Desta forma, considerando agora o conjunto de toda a população de condutores, muitos acidentes podem ser evitados investindo na capacitação dos condutores e agregando tecnologia ao binômio veículo-via, de modo que se facilite o processamento da informação e o controle.

A capacitação da população de condutores pode ser incrementada através de medidas no âmbito da educação e formação, com a montagem de uma estrutura adequada nas escolas e na adaptação das chamadas auto-escolas. Paralelamente, devem ser impostas restrições de acesso à carteira de habilitação aos que não conseguirem atingir um nível aceitável de capacitação.

A redução do risco oferecido por um sistema de transportes está vinculado ao grau de dificuldade imposto pela sua utilização, que pode ser reduzido pela adequação dos projetos rodoviários, através de ações junto à infra-estrutura básica e controle de operação. Então com o pavimento adequado, bem sinalizado, e com um gerenciamento de fluxo eficiente, o condutor tem sua tarefa facilitada e, portanto, seus riscos reduzidos.

Nas próximas seções, serão abordados alguns conceitos e variáveis importantes no tratamento dos problemas de segurança de trânsito, partindo-se do conceito de segurança passiva e ativa. A seguir serão apresentados alguns elementos de projeto, que podem influir na geração de acidentes ou no agravamento das suas conseqüências.

3.3 Contramedidas passivas e ativas dos acidentes de trânsito

As contramedidas de acidentes de trânsito (CAT) são iniciativas que visam a eliminar ou a atenuar estas ocorrências. Elas podem visar ao incremento da segurança ativa ou passiva, conforme tentem evitar a ocorrência dos acidentes ou, na segunda hipótese, diminuir os danos resultantes dos acidentes que não puderam ser evitados. As duas modalidades de segurança podem ser incrementadas através de ações relacionadas à infra-estrutura de engenharia e medidas relacionadas à infra-estrutura humana (ver Figura 1.3).

As medidas de segurança, no âmbito da engenharia, podem estar relacionadas ao veículo, à via ou ainda ao controle operacional. Existem muitas ações que podem interferir nos níveis de segurança de uma rodovia qualquer, tanto na redução do risco de acidentes (ativas), como na atenuação das suas conseqüências (passivas). Alguns exemplos de ações que podem contribuir para o incremento da segurança no trânsito, aumentando a segurança, serão relacionados abaixo, dispostos em dois grupos, conforme estejam relacionados à segurança ativa (evitando a ocorrências de acidentes) ou passiva (atenuando as conseqüências de acidentes):

O incremento da segurança ativa pode ser obtido, por exemplo, através de medidas tais como:

- utilização de revestimentos de melhor qualidade nas pistas de rolamento de ruas e estradas;
- adequação dos projetos geométricos das vias buscando facilitar a visibilidade e dirigibilidade;
- pinturas reflexivas na sinalização horizontal e demarcação dos pavimentos;
- sinalização vertical ostensiva e de boa qualidade;
- tratamento adequado das situações de conflitos de fluxo veículos-veículos e veículos-pedestres;
- adequação das velocidades de circulação às características geométricas das vias;
- melhoria do desenho e projeto dos veículos visando a melhorar o controle, a visibilidade e a estabilidade.

Adotando a mesma linha de raciocínio anterior, pode-se incrementar a segurança passiva através da:

- colocação de defensas para evitar que os veículos abandonem a trajetória segura,
- remoção de obstáculos junto à pista de rolamento ou colocação de atenuadores de impacto;

- adoção, nas rodovias, de acostamentos mais largos, com maior disponibilidade de áreas laterais livres além do acostamento;
- adequação do desenho dos veículos pesados visando a reduzir as injúrias nos ocupantes dos veículos menores em caso de colisão;
- introdução de equipamentos de segurança nos veículos (air-bags, cintos de três pontos, barras de reforço laterais);
- melhoria do desenho dos veículos visando à maior absorção de impactos e atenuação de impactos dos ocupantes contra a estrutura do veículo.

A adoção de contramedidas para um fenômeno tão complexo como os acidentes de trânsito deve ser pensada como um todo, uma vez que devido ao grande número de fatores que interagem desencadeando estas ocorrências, as tentativas de simplificação podem diminuir a eficiência dos esforços. Embora sejam adotadas medidas tecnicamente eficientes quanto à segurança passiva, ainda assim os acidentes podem ocorrer, uma vez que existe a presença humana, intrinsecamente sujeita a falhas, portanto, a segurança passiva deve ser incrementada.

Além disto, a eficiência das contramedidas no âmbito da engenharia, quer sejam passivas ou ativas, depende do entendimento e credibilidade destas por parte dos usuário (BRAGA, 1989). Deste modo, a adoção de melhorias no sistema viário e veicular deve ser acompanhada de iniciativas que visem a educar, a monitorar e a fiscalizar a sua interação com o elemento humano. Isto é, as medidas devem ser planejadas e aplicadas, buscando segurança ativa e passiva, através de ações integradas nas infra-estruturas de engenharia e humana.

As contramedidas relacionadas à infra-estrutura humana podem determinar o sucesso ou fracasso das medidas relacionadas com a engenharia, pois o processo de informação paralelo à aplicação de outras ações evitando que os condutores compensem a redução do risco pelo sentimento de segurança excessivo, no fenômeno conhecido na literatura técnica como compensação de risco (McGUIGAN, 1985; EVANS, 1991; SALBERG & outros, 1997; DULISSE,

1997) e pela necessidade de assimilação das medidas pelos condutores (BRAGA, 1989; CARTY e outros, 1993).

As medidas que visam à melhoria da infra-estrutura de engenharia, devem ser acompanhadas de medidas de melhoria da infra-estrutura humana, não só da aplicação tópica necessária ao acompanhamento da contramedida, mas de carácter permanente. A adoção da obrigatoriedade da inclusão de cintos de segurança, nos veículos, é inócua, se estes não forem efetivamente utilizados pelos ocupantes, que só o utilizarão se acreditarem na sua eficiência e se forem ao mesmo tempo coagidos a utilizá-los. Estas medidas trazem benefícios económicos por reduzirem as perdas de produção e de gastos com leitos hospitalares, pensões e, além disso, promovem a qualidade de vida da população.

Um estudo realizado na Suécia que visava a acompanhar a implantação de uma lei que obrigava o uso do capacete por ciclistas, constatou que o êxito da lei foi parcial. Atingiu 90% da população de escolares, abaixo de 15 anos, um índice considerado satisfatório. Pela comparação com dados americanos e australianos, verificou-se que o mesmo êxito não aconteceu com outras camadas da população, apesar da obrigatoriedade, devido à campanha de divulgação ter sido mais dirigida a escolares. Obteve-se uma redução em ferimentos na cabeça em acidentes de bicicleta 59% entre os escolares, porém entre os ciclistas mais idosos, que não foram atingidos pela campanha, ocorreu no período um acréscimo significativo de 4,7% nestes ferimentos (EKMAN & outros, 1997).

As seções a seguir abordarão as contramedidas de acidentes (CAT) no âmbito da infra-estrutura de engenharia e sempre que conveniente, será enfatizada a sua relação com a infra-estrutura humana.

3.4 A segurança e o projeto no transporte rodoviário

Embora o objetivo destas seções não seja aprofundar nas características do projeto de rodovias, serão abordados alguns tópicos relevantes ao planejamento e projeto geométrico das vias devido a sua relação com a

capacidade de fluxo, nível de serviço e portanto com a segurança. A largura da via, o tipo de revestimento, presença e qualidade de acostamentos, nível de desobstrução lateral, presença e qualidade dos cruzamentos, visibilidade, raio de curvatura, super-elevação e outros elementos são determinantes da capacidade de fluxo, que tem na velocidade de projeto sua principal variável, e esta e sua relação como a velocidade operacional, caracterizam a segurança viária.

A maior parte dos problemas de segurança viária podem ser previstos e evitados durante as fases de planejamento e projeto, pela realização de uma auditoria de segurança. É preciso que sejam disponibilizadas as tecnologias que podem ajudar no controle das condições de risco, mas sobretudo é essencial ampliar a massa crítica, formando ou qualificando técnicos em segurança de trânsito para atuar nas áreas de planejamento, projeto e controle de tráfego. A qualificação da mão de obra, além de trazer soluções mais racionais e criativas aos problemas surgidos, amplia os horizontes do planejamento evitando a necessidade dessas soluções.

3.4.1 O uso do solo, sua regulamentação, o trânsito e o projeto rodoviário

No Brasil, ainda não se pensa seriamente na regulamentação do uso do solo como condição fundamental ao planejamento de transportes, mesmo sendo esta uma ação que não demanda recursos. Além disso, pouco se faz para desenvolver o ensino e a pesquisa da engenharia de tráfego no Brasil, condição essencial para iniciar o processo de reversão do quadro atual. Parece indicar falta de vontade política. Como resultado imediato disto, cria-se a necessidade de desviar parte dos escassos recursos disponíveis para solucionar os graves problemas que surgem em decorrência deste aparente descaso, com obras de capital intensivo (SCARIGELLA, 1998; VALENTE, 1997).

Deste modo, são construídas, ano após ano, pontes gigantescas, túneis e viadutos, exigindo desapropriações que consomem vultosas somas e representam apenas soluções parciais que não conseguem trazer de volta a qualidade de vida perdida. Além disto, entre o surgimento do problema e sua solução, milhares de seres humanos são mortos e mutilados, ou ficam internados

nos hospitais, provocando uma ocupação de leitos hospitalares ímpar no mundo, para este tipo de ocorrência.

São cerca de 50.000 mortos por ano no Brasil, e, de acordo com as projeções de MILLER e BLINCOE (1994), seriam mais 125.000 pessoas com lesões permanentes, que resultam por fim num enorme e verdadeiro "rombo" para o sistema previdenciário, que pode ser evitado sem qualquer custo político.

NOVAES (1982) já afirmava que:

A origem do problema de trânsito parece vir do fato de que os nossos primeiros arquitetos-urbanistas e engenheiros urbanistas, no início do século, terem tido sua formação em universidades européias, particularmente França e Alemanha. Seu enfoque básico, partindo de países já estabilizados populacionalmente, era puramente físico e estético, conduzindo o planejamento no sentido de uma legislação estática e restritiva, favorecendo à especulação imobiliária, e à concentração populacional nas áreas centrais.

O pior é que de lá para cá, a situação pouco mudou. Ainda em 1998, SCARINGELLA (1998) atribui, tanto a origem como o agravamento dos problemas de trânsito da cidade de São Paulo à "má regulamentação ou ausência de regulamentação do uso do solo".

A situação vem se agravando sem que seja tratada a raiz do problema, ou seja, o planejamento da ocupação ou a regulamentação do uso do solo, que estabelecem como serão ocupados os espaços disponíveis ao elemento humano. Esta ocupação é determinante das necessidades de deslocamentos e estas geram as viagens para que se possa trabalhar, estudar, comprar, produzir, enfim viver. Quando se delimitam, por exemplo, as zonas destinadas à habitação, indústria, serviços, está se determinando em última instância a quantidade e qualidade das viagens que serão necessárias, podendo se antever o tipo de problemas de trânsito que serão gerados, NOVAES (1986).

O projeto rodoviário inicia ou deveria iniciar onde termina o planejamento do uso do solo, pois a regulamentação deste uso determina a qualidade e quantidade deste fluxo. Quando se estabelecem as atividades que

serão permitidas em cada região e qual a taxa de ocupação destas zonas, em última instância, está se determinando o número de viagens entre elas, o tipo de viagens, os modais empregados e as distâncias percorridas. Portanto, nesta fase, os problemas podem ser previstos e evitados.

Os elementos de projeto obtidos ou antecipados, através do planejamento, são fundamentais ao dimensionamento da capacidade da instalação (AASHTO, 1990; HCM, 1994). Os outros são relacionados às características físicas da região, relevo, clima, hidrografia, disponibilidade de materiais construtivos adequados, e, como limitante fundamental, tem-se a disponibilidade restrita de recursos.

3.4.2 Os elementos de projeto relacionados com segurança viária

No processo de condução de veículos rodoviários, a capacidade do condutor toma parte no controle e processamentos das informações geradas, não só dentro do veículo (nível 1), como também no meio próximo, percebido pela sua visão e audição (nível 2), ver Seção 3.2. Estas capacidades são consideradas no projeto de rodovias em geral, através do “tempo médio de percepção e reação”. As características físicas da interação do veículo com pavimento (coeficiente de atrito pneu/pavimento), a demanda por tráfego, as características ambientais (relevo, hidrografia, clima, etc.), juntamente com a disponibilidade de recursos constituem os outros elementos básicos de projeto.

Pode se dizer que o estágio de evolução da engenharia rodoviária e de tráfego permite, desconsiderando a limitação de capital, que se construa a via perfeitamente adequada, tanto em termos de segurança como de capacidade de fluxo, em quase todas as situações prováveis.

A qualidade de uma instalação de trânsito é representada através do conceito de nível de serviço (NS). Este classifica a qualidade de fluxo atribuindo aquela, letras, que variam de A (situação ideal) até F (pior situação). O conceito (NS) utiliza medidas qualitativas que caracterizam as condições operacionais numa corrente de tráfego e sua percepção pelos condutores, condições estas

caracterizadas por velocidade e tempo de viagem, liberdade de manobra, interrupções de tráfego, conforto e conveniência (HCM, 1994).

Os fatores que normalmente definem a capacidade e nível de serviço de uma instalação estão intrinsecamente relacionados à segurança oferecida, através de concepções tais como:

- tipo de instalação e desenvolvimento ambiental;
- largura das faixas;
- largura dos acostamentos e desobstruções laterais;
- velocidade de projeto;
- alinhamentos verticais e horizontais;
- disponibilidade de faixas de armazenamentos para veículos junto às interseções.

3.4.3 A velocidade como variável fundamental dos projetos

A velocidade é, neste estudo, o qual tem seu principal enfoque na segurança, a variável fundamental. Ela, além de ser a principal determinante de todos os elementos do projeto geométrico das estradas (distância de visibilidade, de frenagem, de ultrapassagem, comprimento de rampas, acessos e outros), apresenta uma relação física e psicossocial com o condutor, único elemento interno ao sistema de trânsito tomando decisões (SENÇO, 1980; BRAGA, 1989; AASHTO, 1990).

É certo que, enquanto o homem estiver à frente das decisões no trânsito, o tempo de percepção e ação será sempre um limitante no ganho de tempo, isto é, o gargalo não está no tempo que os freios gastam para imobilizar o carro, e sim no tempo mínimo que o condutor necessita para perceber um risco e reagir ao mesmo. Por isto, a velocidade, genericamente falando, é um elemento de importância vital na segurança das vias, podendo ser controlado, tanto nas fases de planejamento e projeto, como na fase de operação.

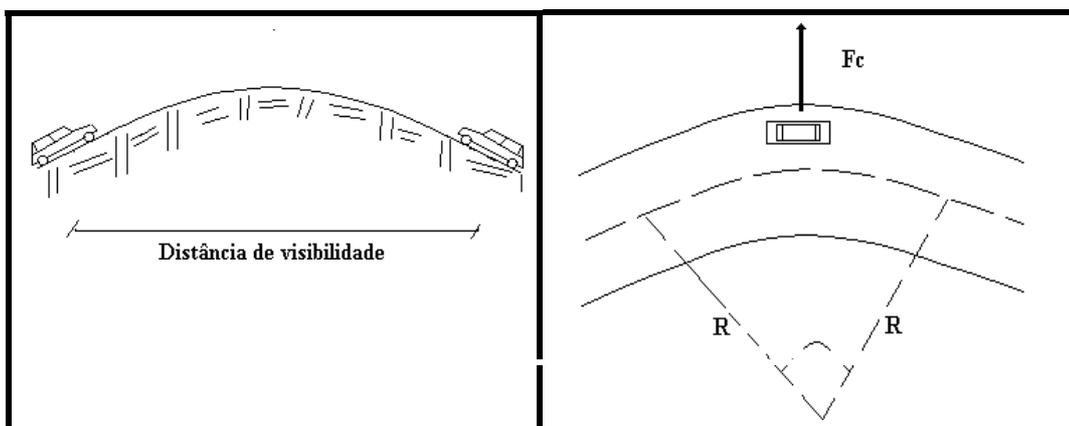


FIGURA 3.1 - Curvas de concordância horizontal (E) e vertical (D)

A velocidade de projeto é o ponto de partida para o lançamento do traçado, determinando a sua conformação em planta, em corte e perfil longitudinal. Estes elementos são materializados na execução do projeto, por exemplo, através do raio de curvatura, super-elevação nas curvas, distância de visibilidade, que determinam impreterivelmente a velocidade máxima que a instalação permite em boas condições de segurança e conforto. As curvas de concordância horizontal ligam ou concordam as retas ou tangentes; e as verticais são utilizadas para fazer a transição do trecho ascendente para o trecho descendente, ver Figura 3.1, (FRAENKEL, 1980; SENÇO, 1980; COMASTRI e CARVALHO, 1981; SOUZA, 1981; FONTES, 1989; AASHTO, 1990; CARVALHO, 1996).

3.4.3.1 A concordância horizontal, o raio de curvatura e a velocidade

Na concordância horizontal, as seqüências de trechos retos são interligados através de curvas, cujos raios mínimos são estabelecidos a partir do conhecimento da velocidade diretriz. A velocidade, o raio e a super-elevação são ajustados de forma a atender ao equilíbrio de forças na trajetória dos veículo.

Quando um veículo entra numa curva, ele começa a mudar sua trajetória, e, neste momento, começa a agir uma força inercial (Força centrífuga, F_c), que tende a empurrar o veículo para fora da curva (ver Equação 3.1). Esta

força é diretamente proporcional à massa (m) do veículo, ao quadrado da velocidade (v^2), e inversamente proporcional ao raio da curva (R). Portanto, quanto maior a velocidade diretriz aplicada ao projeto maior deve ser o raio, aumentando a necessidade de espaço e conseqüentemente maiores os custos de execução do projeto.

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{R} \quad (3.1)$$

A força centrífuga, F_c , definida na equação acima, deve ser equilibrada, conforme mostra o esquema da Figura 3.2, a fim de que o veículo o condutor do veículo não perca o seu controle. Ela é compensada, pela componente do peso do veículo, F_t

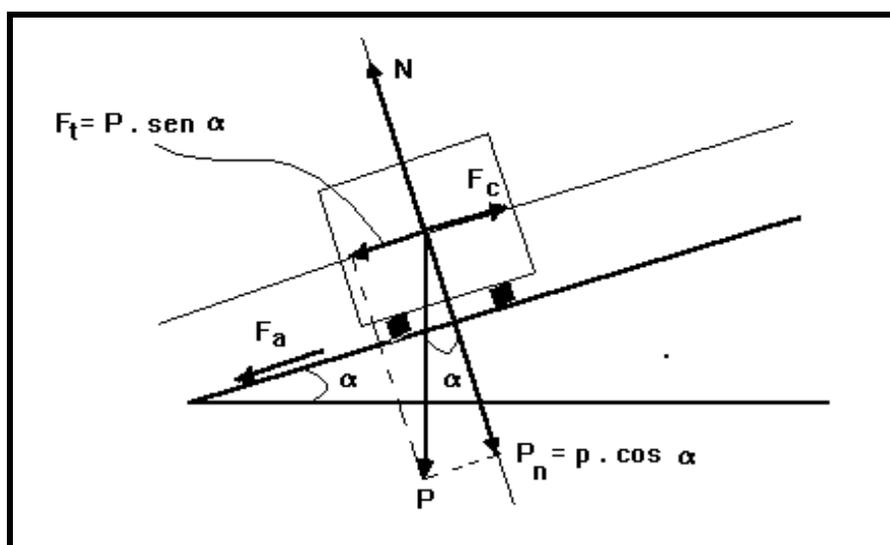


FIGURA 3.2 - Equilíbrio de forças (força centrífuga F_c e Força de atrito F_a) agindo em um veículo com peso P , executando uma curva de raio R , com uma super-elevação com um ângulo α .

Um recurso ao equilíbrio de forças é a adoção de super-elevação nas curvas, elevando gradualmente o bordo externo da estrada, de modo que a altura máxima, representada na Figura 3.2 pelo ângulo α , seja atingida na metade da trajetória curva. Quanto maior a super-elevação, maior a velocidade que pode ser imprimida na curva, pois parte da força centrífuga passa a ser compensada por uma componente do próprio peso do veículo. A super-elevação ou a sua altura máxima é limitada pelo risco de tombamento dos veículos pesados de carga, e

pela estética e desconforto experimentado pelos veículos que circulam nas velocidades mínimas permitidas.

Na expressão fundamental para o cálculo das curvas horizontais, Equação 3.2, através da variação dos valores de “v”(km/h), e conseqüentemente dos valores de “f_L”, pode-se calcular o raio mínimo de curvatura seguro em metros.

$$R = \frac{v^2}{127 \cdot (f_L + \text{tg}\alpha)} \quad (3.2)$$

Naturalmente os valores para o atrito lateral “f_{La}” variam com a velocidade. No Brasil o DNER adota os valores mostrados na Quadro 3.1, obtidos experimentalmente a partir de estudos realizados nos EUA (SENÇO, 1980; AASHTO, 1990)

v (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	120
f _{La}	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,11
f _{Lo}	0,40	0,38	0,35	0,33	0,31	0,30	0,30	0,29	0,29

QUADRO 3.1 - Valores empíricos para o coeficiente de atrito lateral (F_{La}) e longitudinal (F_{Lo}) (SENÇO, 1980, AASHTO, 1990)

Existem maneiras de se oferecer um traçado rodoviário mais estético e seguro, utilizando curvas com transição, onde a passagem do trecho em tangente (reta) para a curva se dê com a utilização de um desenho no qual o raio da curva vá variando progressivamente, e, conseqüentemente, a aceleração centrífuga também vá agindo gradualmente. O detalhamento da aplicação de tais transições pode ser obtido na literatura técnica de projeto de rodovias (FRAENKEL, 1980; SENÇO, 1980; COMASTRI e CARVALHO, 1981; SOUZA, 1981; FONTES, 1989; AASHTO, 1990; CARVALHO, 1996).

3.4.3.2 A concordância vertical, as distâncias de visibilidade e a velocidade

A concordância vertical, caracterizada pelo traçado do eixo longitudinal da estrada, trata da transição entre trechos em rampa. Neste caso, o enfoque da segurança viária está orientada para a questão da distância de visibilidade, estritamente relacionada à velocidade através da energia cinética a ser anulada para parar o veículo.

Um veículo de massa "m", movendo-se a uma velocidade "v"(m/s), percorre uma distância "d_f"(m), antes que possa ser parado. Conforme mostra a Equação 3.3, a energia cinética do veículo em movimento, à esquerda do sinal de igualdade, deve ser anulada pelo trabalho do atrito "f", entre o pneu do veículo de peso P e o leito da estrada (AASHTO, 1990).

$$\frac{mv^2}{2} = P \cdot f \cdot d_f \quad (3.3)$$

Considerando que $P = m \cdot g$ e que $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, e tornando a expressão compatível com a utilização da velocidade em Km/h, tem-se:

$$d_f = \frac{v^2}{255 \cdot f} \quad (3.4)$$

A distância necessária para que um veículo seja imobilizado deve considerar também o fato de que o condutor (fator humano) necessita de um tempo para processar uma informação e reagir a ela, ou seja, deve ser considerada a distância que o veículo percorre durante o tempo de percepção e reação. A visão constata o obstáculo, o cérebro transmite a mensagem ao pé e este aciona o freio.

A AASHTO (1990) considera que um tempo de reação de 2,5 segundos é considerado adequado para 90% dos condutores. No Brasil, o DNER adota o tempo de 1,33 segundos, fazendo com que a distância "d_p"(distância de parada) seja:

² O DNER adota um $f = 0,40$.

$$d_p = \frac{1,33 \cdot v}{3,6} \Rightarrow d_p = 0,37 \cdot v \quad (3.5)$$

A norma adotada pela AASHTO (1990) é mais cautelosa que a utilizada pelo DNER, mesmo considerando que este último adota um valor arbitrário de tempo adicional $t_s = 0,33$ s, que conduz a uma chamada "distância de segurança" $d_s = 0,33 v$. Da aplicação desta distância mais as Equações 3.4 e 3.5, são obtidas as distâncias de visibilidade necessárias aos diversos tipos de instalação, segundo sintetizam LIMA e outros (1996) nos Quadros a seguir.

DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE (D_p)	FÓRMULA	TIPO DE ESTRADA EM QUE É EMPREGADA
1. DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE	$D_p = 0,5 \cdot v + 0,01 \cdot v^2$	Estradas de pista dupla, desde que não sejam classe especial.
2. DISTÂNCIA DUPLA DE VISIBILIDADE	$D_p = 2 \cdot (0,5 \cdot v + 0,01 \cdot v^2)$	Estradas de pista simples das classes I, II e III.
3. DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM (para pista simples)	$D_u = v \cdot \left(1,25 + 0,5 \cdot \sqrt{\frac{v}{a}} \right)$	*Estradas de pista simples da classe especial.
4. DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM (para pista dupla)	$D_u = v \cdot \left(1,25 + 0,2 \cdot \sqrt{\frac{v}{a}} \right)$	*Estradas de pista dupla da classe especial.

QUADRO 3.2 - Síntese da aplicação das distâncias de visibilidade (Lima e outros, 1996)*obs: terreno plano ($a=0,6$), ondulado ($a=0,8$), montanhoso ($a=1$)

A classificação das estradas adotada pelo DNER se dá de acordo com o volume médio diário (VMD) previsto no projeto da estrada e se divide em:

- a) Classe especial: VMD superior a 2000 veículos/dia.
- b) Classe I: VMD de 1000 a 2000 veículos/dia.
- c) Classe II: VMD de 500 a 1000 veículos/dia.
- d) Classe III: VMD até 500 veículos/dia.

DISTÂNCIAS DE VISIBILIDADE SIMPLES E DUPLA X TIPO DE RODOVIA (M)									
V Km/h	Dupla comum	Simples classes I,II,III	Simples Especial plana	Simples Especial ondulada	Simples Especial montanha	Dupla plana	Dupla ondulada	Dupla montanha	Veículo à frente
10	6	12	33	30	28	21	20	19	11
20	14	28	83	75	70	48	45	43	22
30	24	48	144	129	120	80	74	70	33
40	36	72	213	191	176	115	107	101	44
50	50	100	291	260	239	154	142	133	56
60	66	132	375	335	307	195	179	168	67
70	84	168	466	415	380	239	218	205	78
80	104	208	562	500	458	285	260	243	89
90	126	252	664	590	539	333	303	283	100
100	150	300	770	684	625	383	349	325	111
110	176	352	882	782	714	435	395	368	122
120	204	408	999	885	807	489	444	413	133

Quadro 3.3 – Distâncias de visibilidade calculadas com base no Quadro 3.2

3.4.4 A velocidade e a segurança viária

3.4.4.1 a velocidade e os fatores de engenharia e humanos

Conforme foi discutido nas Seções 3.4.3 a 3.4.3.2, a velocidade é uma variável de importância fundamental na segurança oferecida em instalações rodoviárias de um modo geral. A energia cinética deve ser dissipada na forma de calor pelo sistema de frenagem (ver Equações 3.3 a 3.5), que perde a eficiência à medida que aumenta a velocidade. Isto se dá devido a limitações de ordem física dos componentes do sistemas, tais como pastilhas, lonas, discos, fluido, pneus e, principalmente, devido ao elemento humano através do condutor.

Se é verdade que os elementos tecnológicos veiculares estão em constante avanço, podendo incrementar, por exemplo, a eficiência do sistema de frenagem, o mesmo não pode ser dito do condutor que, em termos reais, não pode diminuir seu tempo de percepção e reação.

A velocidade, sob a forma de velocidade diretriz (velocidade máxima de projeto), é o elemento determinante das características do projeto, não fazendo sentido a idéia de aumentar a velocidade através de legislação, conforme a interpretação de muitos a respeito do novo limite de velocidade proposto no Código Brasileiro de Trânsito (CBT) de 1998, aumentando o limite máximo nacional de 80 km/h para 110 km/h. É claro que na prática isto pode ser feito, mas as vias que foram projetadas com velocidade diretriz menores do que 110 km/h devem sofrer correções de geometria e sinalização, sob pena de terem seus níveis de segurança deteriorados.

Com relação à segurança ativa, pode ser constatado através das equações apresentadas da seção anterior, que somente os resultados das equação 3.2 e 3.3, relacionados ao coeficiente de atrito pneu/pavimento, podem sofrer alterações devido aos avanços da tecnologia veicular ou rodoviária. Já a segurança passiva teve considerável avanço como a utilização em massa de dispositivos como cinto de segurança e *air bags*, e a adoção de projetos veiculares mais eficientes à ergonomia e à estrutura. Devem ser lembrados, também, os avanços no atendimento emergencial de um modo geral.

Considerando que o quadro geral da segurança rodoviária está longe do razoável, não parece racional que os avanços que foram ou serão obtidos em relação à segurança ativa e principalmente passiva, possam ser compensados pelo aumento da velocidade legal nas rodovias. Nos países onde o processo de utilização em massa do automóvel ainda é recente, a maioria dos condutores não consegue ainda ver o automóvel como um utilitário e ainda o utiliza como símbolo de poder e auto afirmação, e a forma mais comumente para tal é através da velocidade (EVANS, 1991; HOFFMANN, 1996). Deste modo, a pesquisa e o controle racional da velocidade são a base das contramedidas de acidentes e de congestionamento, compatibilizando segurança e mobilidade.

3.4.4.2 O controle da velocidade e o valor do tempo

Um dos problemas fundamentais do controle de velocidade é a questão do "valor do tempo" ou sua manifestação através da pressão exercida pelo "lobie"

da mobilidade, que argumenta que os veículos evoluíram muito, tornando-se mais seguros. A verdade é que qualquer avanço é facilmente suprimido pela velocidade, devido ao crescimento exponencial da quantidade de energia cinética e ao mesmo tempo a redução do tempo disponível para as decisões do condutor.

Por outro lado, a sensação de perda de tempo e de dinheiro é muito subjetiva, e, muitas vezes o ganho de tempo torna-se insignificante em relação ao aumento no risco. No gráfico da Figura 3.3, pode ser observado o ganho de tempo em função da velocidade, para uma distância de viagem fixa (100 km). Para esta distância, relativamente grande, o ganho de tempo com o aumento da velocidade média, por exemplo, de 100 para 120 km/h, chega a ser insignificante se comparado com o aumento dos riscos.

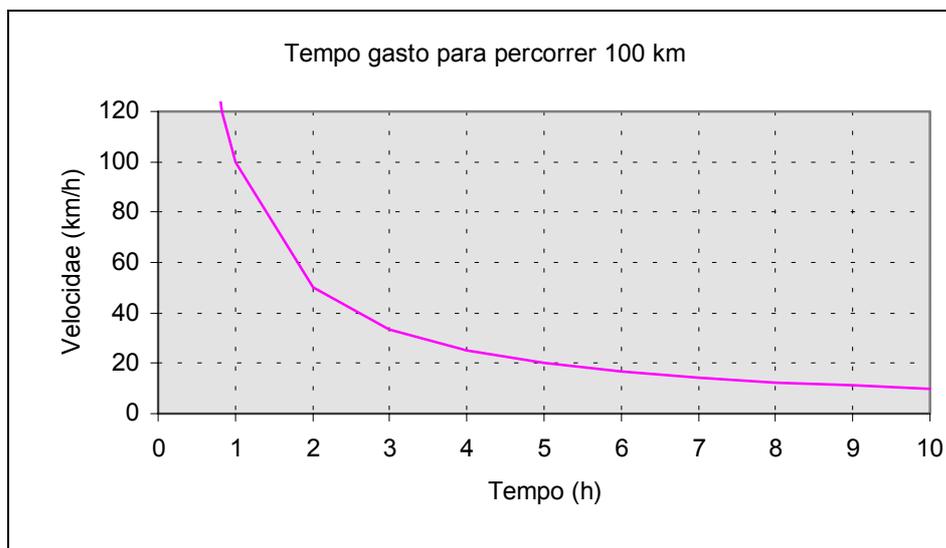


FIGURA 3.3 - Tempo gasto para percorrer 100 km em função da velocidade média

Segundo LIMA (1998), foi realizada uma experiência na Alemanha com dois motoristas na qual ambos percorreram o mesmo trajeto de 1609 km. O primeiro foi orientado a chegar ao final do trajeto o mais rápido possível, e ao segundo foi dada a orientação de seguir o fluxo da maneira mais segura possível, os resultados estão sumariados na Tabela 3.3.

CONDUTOR	TEMPO DE VIAGEM (HORAS: MINUTOS)	ULTRAPASSOU	FOI ULTRAPASSADO	UTILIZOU OS FREIOS
Rápido	20:12	2004 vezes	13 vezes	1339 vezes
Prudente	20:43	640 vezes	142 vezes	652 vezes

QUADRO 3.4 - Resultados do teste: condução rápida versus condução segura

O motorista que buscou a rapidez, sofreu um risco cerca de três vezes maior para obter uma vantagem em tempo de apenas 2,6 %. Considerando-se ainda o consumo de combustível, desgaste mecânico do veículo e o stress a que se submeteu o condutor mais intrépido, percebe-se facilmente a fragilidade dos argumentos em favor da pressa ao dirigir.

A velocidade teórica cem por cento segura é zero, daí o risco vai crescendo progressivamente com ela, que, por sua vez, é empurrada para cima pela necessidade crescente por mais mobilidade, dentro do modelo social vigente. Portanto, como resultados dos avanços tecnológicos no campo da segurança, já eram esperadas pressões visando a dilatar os limites adotados. Estes limites foram forjados por uma necessidade energética temporal e não como uma busca de segurança. Em meados da década de 80, começaram nos EUA, as pressões para que o controle de velocidade fosse novamente liberalizado.

Por outro lado, a velocidade média nas estradas americanas foi aumentando, e o limite de 55 milhas/h foi paulatinamente sendo ignorado por muitos condutores e até pela própria polícia. As próprias autoridade policiais se juntaram ao “lobie” pelo aumento do limite de velocidade em favor do interesse dos viajantes e transportadores cativos de trajetos de longo curso (GARBER e GRAHAM, 1989).

Em abril de 1987, o congresso americano permitiu aos estados, que estabelecessem seus próprios limites de velocidade, respeitando, porém, um limite geral de 65 mi/h (105 km/h), para rodovias interestaduais sobre áreas cuja população não excedesse os 50 mil habitantes. Mais recentemente, acabou-se

por delegar aos estados a fixação de seus próprios limites de velocidade. Até pouco, 23 deles tinham estabelecido seus limites entre 70 e 75 mi/h (113 e 121km/h), e um único estado não estabeleceu limite de velocidade nas estradas rurais interestaduais (ERI).

GARBER e GRAHAM (1989) apontam um aumento médio (utilizando 40 estados americanos) de 15% nas fatalidades para as ERI e 5%, para as não interestaduais, devido à adoção de novos limites de 65 milhas/h (105 km/h). Estudos posteriores à “liberação” dos limites, apoiados pela indústria de Seguradoras, apontam que em alguns estados (12) que elevaram seu limites entre dezembro de 1995 e abril de 1996, houve um acréscimo nas fatalidades em ERI e “Freeways” da ordem de 12%, e de 6% nas demais rodovias (IIHS, 1997).

De acordo com o National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), a velocidade é um dos fatores predominantes nos registros de ocorrências, estando presente em 31% de todas as fatalidades, matando em média 1000 pessoas por mês, causando um prejuízo estimado em U\$ 29 bilhões por ano, sendo U\$ 4 bilhões só no sistema de saúde (NHTSA apud IIHS (1997a). No sistema rodoviário federal do estado de Santa Catarina, 23% dos acidentes têm como causa presumível o excesso de velocidade (PRFSC, 1990-1998).

A National Motorists Association (NMA), ligada aos interesses dos transportadores de carga, portando apoiada pelo "lobie" da mobilidade, questiona os técnicos ligados ao NHTSA, principalmente devido ao uso predominante do número de fatalidades para as avaliações e não um índice que considere o fator “exposição ao risco”, como por exemplo, fatalidades por bilhões de milhas viajadas. Outra alegação são os índices apresentados pela Alemanha, principalmente a região oeste onde não há limitação de velocidade, e, nem por isso, apresenta índices superiores aos das rodovias americanas (NMA, 1996).

Alguns fatores relacionados às afirmativas da NMA necessitam de uma avaliação mais cuidadosa:

1. Existe uma variedade enorme de “confoundings”¹ nos dados utilizados, e as séries empregadas para as conclusões foram relativamente curtas². No caso dos estados americanos, utilizados no estudo, alguns deles elevaram seus limites somente a partir de 1995 e outros, apenas em 1996. Além disto, existem rodovias que ainda estão sendo melhoradas e, portanto, operam sob os antigos limites de velocidade;

2. Há uma possibilidade de que o limite mais alto de velocidade tenha influído na variância das velocidade, e, com isto, sobre o risco, devido ao provável aumento do número de ultrapassagens praticadas. Conforme afirmam GARBBER e GRAHAM (1989), não houve esforço de coerção vigoroso ao limite de 89 km/h, nem ao limite de 105 km/h, o que interfere nos resultados;

3. Deve ser considerado na comparação com os dados da Alemanha, que as rodovias Alemãs possuem um padrão igual ou superior ao das rodovias americanas, e que as características culturais e etárias alemãs também são favoráveis comparativamente às americanas. Por outro lado, se for feita a comparação com a Índia que, a exemplo da Alemanha, também não possui limites de velocidade estabelecido, as conclusões seriam outras, mostrando a fragilidade de tal raciocínio.

3.4.4.3 A velocidade e o risco de acidentes

A escolha da velocidade tem grande influência no risco de acidentes, na gravidade de ferimentos e número de mortes. Esta influência, pode ser avaliada através das expressões, propostas por Nilsson na Suécia entre 1987 e 1990, (NILSSON apud EVANS, 1991):

¹ Os números de acidentes podem ser influenciados por avanços tecnológicos das vias e veículos e psicossociais

² Segundo o porta-voz do Departamento de Transporte do Kansas, (MILHER, apud IIHS, 1997a), *são necessários 3 e talvez até 5 anos para se fazer qualquer suposição, existem muitas variáveis como defeitos de veículos, álcool, variações atmosféricas, que influem nas estatísticas.*

$$\frac{\text{taxa de acidentes depois}}{\text{taxa de acidentes antes}} = \left(\frac{vd}{va} \right) \quad (3.6)$$

$$\frac{\text{taxa de acidentes com feridos depois}}{\text{taxa de acidentes com feridos antes}} = \left(\frac{vd}{va} \right)^2 \quad (3.7)$$

$$\frac{\text{taxa de acidentes com mortos depois}}{\text{taxa de acidentes com mortos antes}} = \left(\frac{vd}{va} \right)^4 \quad (3.8)$$

onde va e vd são as velocidades médias, praticadas antes e depois respectivamente.

Estas expressões possuem interpretações físicas, e a taxa de acidentes é primeiramente relacionada à velocidade. Uma vez ocorrido o acidente a probabilidade de ferimento é proporcional ao quadrado da velocidade de colisão, e, como a gravidade do ferimento é proporcional à energia dissipada pela colisão, então a probabilidade de uma colisão ser fatal é proporcional à quarta potência da velocidade (EVANS, 1991)

Com a redução do limite de 70 para 55 milhas por hora (113 para 89 km/h), as velocidades médias caíram de 102 para 93 km/h, causando uma redução de 34% nos acidentes fatais, logo no primeiro ano. Este valor quase coincide com os resultado de 32%, obtido através da expressão proposta por Nilsson (NILSSON apud EVANS, 1991).

Um fato importante relacionado à redução anterior é que, dada a exigüidade do tempo, se deu sem que houvesse avanços tecnológicos significativos na frota ou nas vias, e, segundo relata EVANS (1991), também não foram adotadas quaisquer contramedidas que justificassem tal redução.

Segundo STARK (1996), o risco de acidente, por unidade de distância viajada para um veículo individual, varia não só com a velocidade, mas também com a diferença entre esta velocidade e a velocidade dos demais veículos. Ele propões um modelo no qual o risco de acidente, para um veículo viajando com a velocidade v , toma a forma:

$$\text{Risco} = f \cdot v^2 \cdot (1 + g(v - \mu)^2 / \sigma^2) \quad (3.9)$$

onde μ e σ representam a média e desvio padrão da velocidade v , f é o fluxo e g uma constante.

3.4.4.4 Os limites de velocidade e sua influência no risco de acidentes

A preocupação com o controle da velocidade vem de longa data. Já em 1910, o VGA (Virginia General Assembly) estabelecia e divulgava limites de velocidades em determinadas ruas e estradas, (13 km/h em cidades, cruzamentos e em curvas, e 32 km/h nos demais locais). A literatura técnica apresenta várias razões para se estabelecer velocidades dentro de certos limites, que, segundo os resultados de pesquisas apresentados por IAROCHINSKI (1997), devem se situar entre 70 e 90 km/h.

Durante a crise do petróleo, iniciada em 1974, foi registrado um decréscimo do número relativo de mortos (mortos por Km rodado), conforme pode ser observado no gráfico da Figura 2.4, que mostrou na prática a eficiência destes limites quando foi adotada nos EUA a velocidade máxima de 55 milhas por hora (89 Km/h) (EVANS, 1991). A redução entre os 10 anos anteriores ao limite e os 10 anos posteriores foi de 66% nos óbitos por distância viajada.

JOHANSSON (1996) aplicou um modelo de regressão a uma série temporal de dados de acidentes na Suécia e encontrou evidências da influência da diminuição da velocidade na redução do número de acidentes. O estudo avaliou as taxas, antes e depois da aplicação de uma lei que reduziu a velocidade de 110 para 90 km/h em algumas "motorways" daquele país, visando a reduzir os níveis de poluição.

A relação positiva entre a velocidade e as mortes no trânsito está devidamente registrada na literatura técnica internacional (GARBER e GRAHAM, 1989; AASHTO, 1990; EVANS, 1991; JOHANSSON, 1996; LUND, 1997). Este fato justificou a manutenção nos EUA do limite de velocidade de 55 milhas/hora (89 km/h), substituindo o antigo de 70 milhas/hora (113 km/h), por dez anos, embora os preços do petróleo tenham declinado rapidamente após 1974, ano de

implantação do limite (GARBER e GRAHAM, 1989). Ele foi mantido até 1987 por ter sido considerado uma efetiva medida de segurança.

Uma pesquisa do FHA (1996), objetivando determinar os efeitos da elevação e redução dos limites de velocidade no comportamento do condutor, concluiu que a velocidade não apresenta variação significativa quando os limites são elevados ou reduzidos; ainda que as variações de velocidade fossem pequenas, as violações ao limite cresceram quando estes foram reduzidos e decresceram quando o limites foram elevados; a maioria dos condutores, em ambos os casos, excedeu os limites em valores entre 8 e 16 km/h.

Os resultados da pesquisa do FHA parecem consistentes, uma vez que a mesma foi realizada num período relativamente longo, de outubro de 1985 a setembro de 1992. No entanto, os trechos utilizados na avaliação eram relativamente curtos, menores que 3,2 km, resultando em um número pequeno de ocorrências. Neste caso, torna-se difícil inferir sobre o aumento ou redução dos índices de acidentes.

Por outro lado, os condutores, quando não há coerção, tendem a praticar a velocidade que eles sentem ser compatível com os níveis de segurança oferecidos pela rodovia. Existem alguns importantes resultados de pesquisas realizadas ao longo de vários anos nos EUA (OM, 1972), que já no início dos anos 70 concluíam que:

- *os condutores selecionam sua velocidade pelas condições que encontram na rodovia e não por controles externos existentes ou pelo velocímetro;*
- *as pessoas em geral respondem favoravelmente a limites razoáveis e ignoram o excessivamente altos ou baixos;*
- *a severidade dos acidentes cresce com as altas velocidades, entretanto a freqüência dos acidentes decresce quando os limites colocados são apropriados ou realísticos, mesmo que possa ser um limite mais alto;*
- *o limite estabelecido deve estar de acordo com as velocidades praticadas pela média dos condutores normalmente prudentes, ou*

este limite não vai ser efetivo sem um esforço policial rigoroso e constante.

- *a maior parte das violações é cometida pelos condutores locais que estão completamente familiarizados com a rodovia e a comunidade.*

A variância elevada, significando diferenças muito grande entre as velocidades máximas e mínimas praticadas pelos usuários, tem sido considerada junto com as altas velocidades (principalmente se incompatíveis com a instalação) como principais elementos desencadeadores de acidentes (OM, 1972; EVANS, 1991; IIHS, 1997a). Por isto, recomenda-se que os limites de velocidade sejam estabelecidos de forma racional e que sejam obedecidos. O MTO³ (1996) recomenda como regra geral de segurança, que se obedecem os limites informados pela sinalização, e em caso de omissão que se respeite o limite de 50 km/h para áreas urbanas ou urbanizadas e 80 km/h nas demais. O órgão recomenda ainda, que se procure manter uma velocidade semelhante à desenvolvida pela maioria dos veículos presentes na corrente de fluxo.

Os limites de velocidade devem ser normalmente determinados com base no projeto da instalação e nos tipos de veículos que trafegam, considerando, por exemplo, se é uma rodovia estreita de duas faixas ou, no outro extremo, se é uma auto-estrada com os acessos totalmente controlados, ou ainda se a área ao redor é urbana, suburbana ou rural ou ainda se possui ou não tráfego local de veículos e/ou pedestres.

A adoção de um limite de velocidade deve diferenciar os veículos leves dos caminhões pesados, pois suas grandes dimensões e massas encontram maiores dificuldades inerciais em casos de frenagem. A adoção de velocidades menores para os veículos de carga também tornam mais fáceis (e seguras) as ultrapassagens dos veículos leves, desde que se adotem faixas específicas para estes veículos onde as condições operacionais indicarem. Os acidentes, com veículos de carga, não só provocam obstruções mais freqüentes nas vias, mas

³ O Ministério dos Transportes, com sede em Ontario, Canadá, que tem como limite máximo de velocidade 110 km/h (SAELGER, 1992), o mesmo limite atual do Brasil

também oferecem grandes riscos aos outros usuários; 98% das pessoas mortas em acidentes envolvendo 2 veículos, sendo um caminhão e o outro um veículo leve, estão entre os ocupantes do veículo leve (IIHS, 1997a; PRFSC, 1994-1997).

De qualquer forma é recomendável conhecer ou estimar a distribuição estatística das velocidades praticadas na rodovia, tentando estabelecer os limites de acordo com 85º percentil, ou seja, um limite superior de velocidade, com o qual 85% dos usuários devem concordar que não é seguro ultrapassar. Isto provavelmente irá reduzir a necessidade de esforço policial, conforme as indicações obtidas a partir de experimentos de "variação controlada dos limites de velocidade" (FHA, 1996). Desta forma também fica reduzido o risco de acidentes, devido à menor variância entre as velocidades (OM, 1972; EVANS 1991; IIHS, 1997a).

Por outro lado, na adoção do 85º percentil (velocidade a qual 85% dos condutores normalmente não excedem) (IIHS 1997a; FHA, 1996), deve-se obedecer ao limite imposto pela velocidade de projeto. Esta é velocidade máxima na qual os veículos podem circular com segurança em determinado segmento de rodovia, e mesmo que não atenda às expectativas dos usuários deve ser respeitado. Segundo pesquisas citadas pelo IIHS (1997), existem indícios que os limites podem influir na velocidade correspondente ao 85º percentil, portanto deve-se tentar atender a este critério, mas obedecendo às restrições do projeto.

As autoridades devem procurar utilizar o bom senso ao estabelecer os limites de velocidade, adotando valores compatíveis com as condições do trecho da via, pois assim o esforço tende a ser minimizado devido à colaboração espontânea dos usuários. Claro que esta afirmação pressupõe um condutor devidamente informado das condições de risco e relativamente capaz de perceber as condições oferecidas pela via, ajustando a velocidade do veículo a elas.

Existe uma corrente ligada ao NMA (1996a) que defende a teoria de que a maioria dos condutores dirigem de uma forma segura e razoável e que as ações, normalmente cuidadosas e competentes destas pessoas razoáveis, devem ser consideradas quando as leis são estabelecidas para a proteção do público em geral do comportamento desmedido de uns poucos indivíduos. As leis não podem

ser impostas sem o consentimento e complacência da maioria. Os limites de velocidade que refletem o pensamento da maioria são os mais prováveis de serem obedecidos, e estes são os 85º percentil. Este método é baseado no fato de que os condutores razoáveis vão considerar as condições da rodovia ao selecionarem a sua velocidade de viagem.

Algumas considerações devem ser feitas em relação ao parágrafo anterior: uma baseada, na lógica da velocidade de projeto, e outra pelo fato de a velocidade legal, quando devidamente sinalizada, poder interferir no valor do 85º percentil. Parece bastante razoável que, entre as variáveis consideradas pelo condutor a cerca das condições da rodovia, esteja o limite local de velocidade, principalmente em se tratando de usuários não habituais. Além disto, fica ainda a dúvida sobre a capacidade de discernimento e razão do condutor, que não parece ser algo tão universal como supõe a teoria defendida. O condutor tem que ser formado e informado, e mesmo assim pode ter uma percepção de risco muito relativa.

Por outro lado, a pesquisa realizada pelo FHA (1996), e que serve de base para algumas críticas do NMA (1996a) sobre a suposta ineficácia do controle de velocidade, não apresenta algumas informações importantes sobre o experimento. Não há qualquer referência a respeito da qualidade da sinalização utilizada no experimento, ou se houve um esforço no sentido de identificar e determinar a magnitude de variáveis “confounders” (ELVIK, 1995-1997). Com isto, mesmo com a grande magnitude do estudo realizado, fica difícil encontrar o devido respaldo técnico para estas afirmações.

Desde 1995, vem sendo adotados limites entre 65 e 75 milhas/h (105 e 121 km/h) na maioria dos estados americanos, e, aparentemente, não ocorreram grandes modificações nas taxas de fatalidades por veículo-milha-viajada, que vinham sendo registradas nos EUA. Deve ser feita a ressalva de que, não existem pontos suficientes para se fazer qualquer afirmação mais contundente, principalmente considerando que são dados globais (agregados). Os novos limites ainda não estão operacionais na íntegra, não tendo ainda provocado alterações maiores velocidades médias.

No caso do Brasil, mais particularmente do Rio Grande do Sul, estado no extremo sul do país, o controle de velocidade foi executado através de controladores eletrônicos instalados, de forma experimental, nas rodovias RS-389, RS-040 e RS-030. Segundo o que tem sido veiculado através da imprensa, nos 2 primeiros meses do ano o número de mortes nestes trechos caiu em 82,35%, poupando 14 vidas em relação ao mesmo período de 1997 (DAER/RS apud Zero Hora, 1998).

Os controladores, apelidados de pardais, são aparelhos que fotografam os veículos que excedem a velocidade máxima permitida de 90km/h (80km/h mais uma tolerância de 10km/h) nas estradas do litoral gaúcho (DAER/RS apud Zero Hora, 1998; DAER/RS apud Correio do Povo, 1998). A eficiência destes aparelhos serviu para indicar, respeitadas as limitações impostas pelos dados e fontes, que, quando acompanhado de uma coerção efetiva, o abaixamento do limite ou sua elevação altera a distribuição de velocidades e influi no volume e severidade das ocorrências (EVANS, 1991; JOHANSSON, 1996).

3.5 Os fatores relacionados ao condutor que interferem na segurança viária

3.5.1 O condutor e o aprendizado da sua tarefa

O fator humano nos acidentes de trânsito é preponderante sobre os demais fatores, e sua influência está relacionada à incapacidade do condutor para execução da tarefa de condução ou incapacidade em um dado momento de atender a demanda exigida pelo trânsito. A predominância deste fator não seria surpresa para Carl Benz se soubesse que, hoje em dia, a maioria das pessoas que tem acesso ao automóvel está habilitada para dirigir. Ele supunha, em 1901, que no máximo 1 milhão de pessoas poderiam ser treinadas para tal tarefa (EVANS, 1991).

O processo de aprendizagem da tarefa da condução, como qualquer outra tarefa que exige habilidades complexas, pode ser dividido, segundo propõe FITTS e POSNER (1967), em 3 fases:

1. inicial, ou fase cognitiva
2. intermediário, ou fase associativo
3. fase final, ou autônoma

Na fase inicial, ou cognitiva, o aprendiz tenta descobrir os controles, onde estão e que resposta produzem. Na fase intermediária são exploradas estratégias, e o aprendizado entra na fase de realimentação. O condutor aprendiz dedica total atenção à tarefa de dirigir, e sua habilidade vai aumentando paulatinamente em resposta à realimentação ou em consequência das lições de um instrutor. A habilidade de entender às exigências específicas se desenvolvem junto com a de saber que ação atende a tais exigências. Na terceira fase, a autônoma, a tarefa é executada mais habilmente, e, no entanto, utilizando apenas uma pequena fração da atenção requerida na fase inicial. O condutor consegue dividir a atenção com rádio, conversa e ainda permite detectar e evitar pequenos incidentes.

3.5.2 O incremento da habilidade dos condutores e sua influência na acidentalidade

À medida que o condutor vai ganhando experiência, vai aprimorando sua capacidade de manejar o veículo. Além disto, ele aprende a utilizar melhor os sentidos, controlando sua posição através da visão periférica, espelhos retrovisores, diminuindo sobremaneira a sobrecarga da visão, capacitando-se a perceber melhor os perigos e os sinais de trânsito.

O ser humano tem um medo inato de altura e pode sentir medo de situações totalmente seguras, como utilizar um elevador panorâmico no sexagésimo andar, por exemplo. Entretanto, à medida que ele vai adquirindo as habilidades básicas da condução, dirigir vai se tornando algo natural e não associado ao perigo. Ele vai perdendo uma proteção efetiva contra o perigo, o medo⁴, embora a direção continue sendo umas das atividades humanas de risco.

⁴ *A melhor segurança está no medo* (William Shakespeare, em Hamlet)

Isto ocorre devido a sua herança evolutiva não o ter dotado de nenhuma proteção natural contra o deslocamento suave através do ambiente, mesmo em velocidades elevadíssimas em relação a sua capacidade natural.

O temor do iniciante lhe traz certa proteção, fazendo com que não seja muito fácil associar as altas taxas de acidentes experimentadas pelos condutores jovens, à falta de habilidade. Partindo desta analogia, poderia se ficar tentado a atribuir as menores taxas de acidentes experimentadas pelos condutores de 40 anos em relação aos de 30 anos, a ganhos substanciais de capacidade, mesmo depois de décadas da iniciação (COOPER e outros, 1995). Embora isto não seja impossível, parece muito pouco provável, não acontecendo nada semelhante com nenhuma curva de aprendizado relacionadas às aptidões de condução (EVANS, 1991).

Embora a habilidade não seja o único fator importante entre condutores novatos, estatísticas americanas mostram uma grande participação proporcional de fatalidades em capotagens, entre condutores de 16 anos, maior que a de qualquer outra faixa etária, indicando uma provável participação da falta de habilidade. Isto porque, o envolvimento destes condutores em fatalidades por colisões contra objetos fixos, mais relacionadas a altas velocidades (comportamento), é bem reduzido quando comparado com outras faixas etárias, sendo sensivelmente menor que para a faixa dos 18 aos 19 anos.

Estas duas situações anteriores, analisadas juntamente, parecem indicar nos dois casos a influência da falta de experiência e maturidade: influência da habilidade ao volante, associando a baixa quilometragem ao volante, no primeiro caso, e a má percepção do risco, no caso do excesso de velocidade. Isto faz com que exista uma grande proporção de condutores novatos em acidentes onde há indícios de culpa (EVANS, 1991; COOPER e outros, 1995).

Um estudo realizado por COOPER e outros (1995) mostra uma pequena diferença (não significativa) entre as acidentalidades com ou sem culpa entre os condutores com licenças entre 2 e 3 anos de antigüidade, e uma diferença significativa entre as licenças de 1 ano para as de 2 e 3 anos. No gráfico da Figura 3.4, pode ser observada a diferença notável, conforme o tempo de habilitação, para o caso de acidente com culpa do condutor.

Em ambos os tipos de envolvimento, com e sem culpa do condutor, houve um decréscimo significativo de participação, à medida que cresce a idade, o período de licença e os anos de experiência do condutor, parecendo confirmar a crença geral de que, tanto a idade como a experiência são importantes fatores de risco. Porém esta diferença se dilui conforme se avança através das faixas etárias, (ver Figura 3.4), indicando uma provável maior influência do comportamento, ou seja, da maior responsabilidade adquirida pela experiência de condução e de vida.

Se existe influência da falta de habilidade sobre as altas taxas de acidentes, então treinamento e educação parecem ser as contramedidas naturais para sua redução. Entretanto, alguns dos estudos mais detalhados sobre a influência da educação nas taxas não encontraram evidências de que os que receberam educação tenham taxas mais baixas do que os que não receberam.

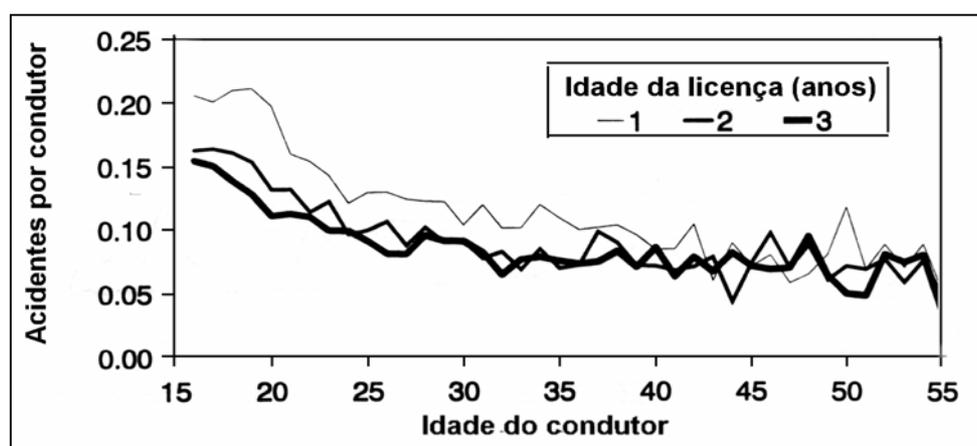


FIGURA 3.4 - Acidentes com culpa de acordo com a idade, para os 3 primeiros anos de licença (Cooper e outros, 1995).

Por outro lado, LUND e outros (1986) concluíram que o feito mais notável da educação foi na capacitação dos que fizeram isto para obter sua primeira licença. Obtida a carta, eles não mostraram taxas diferentes dos outros condutores da sua faixa de idade.

As análises de ROBERTSON (1980), DURE e outros (1987) apud EVANS (1991) e de STRUKMAN-JOHNSON e outros (1989), a partir da revisão de 65 estudos do gênero, concluíram que a única evidência plausível da influência do treinamento foi relacionada à redução das violações das leis de trânsito. Uma

explicação para isto está no fato de que os acidentes são eventos raros, comparados às infrações de trânsito, então qualquer redução esperada nos números devido a programas de melhoria dos condutores é de difícil comprovação estatística. McBRIDE e PECK (1970) apud STRUKMAN-JOHNSON e outros (1989) calculam que é necessária uma amostra de 16000 condutores (8000 no tratamento e 8000 no controle) para detectar, com segurança, um efeito de 10% .

Por outro lado HELANDER (1984) apud EVANS (1991) mostram que os condutores previamente envolvidos em acidentes, submetidos a certas estratégias de treinamento, apresentaram uma redução de cerca de 20% nas taxas de envolvimento subsequente em acidentes. Esta influência pode estar relacionada ao maior contato com as autoridades de trânsito, provocado pelo envolvimento na ocorrência.

Os resultados, encontrados nos países desenvolvidos, não se aplicam aos países cujas taxas de motorização ainda estão em fase crescente, e a cultura automobilística é ainda insipiente (EVANS, 1991). Nos países altamente motorizados, conforme já foi comentado em seções anteriores, os jovens condutores já trazem tradicionalmente as regras básicas do trânsito do exemplo obtido de casa, onde o esforço policial e educacional já forjou um modelo razoavelmente aceitável. Além disto, muitas pessoas já freqüentaram algum curso de direção defensiva ou, no mínimo, assistiram a palestras ou campanhas através da mídia.

Nos países ditos em desenvolvimento, como o Brasil, onde o processo de motorização é mais recente, é provável que se obtenham grandes benefícios a partir do treinamento e conscientização. Nestas culturas, o automóvel não tem conhecida sequer sua função, ocupa as calçadas, fere e mata praticamente sem qualquer conseqüência, sendo conduzidos, na maioria das vezes, por pessoas que em momento algum receberam qualquer informação positiva e eficiente a respeito do seu uso correto.

Por outro lado, as pessoas, mais particularmente as crianças e adolescentes, recebem diariamente, através da televisão, um verdadeiro bombardeio de desinformação através de filmes "enlatados", onde são exibidas

cenas de condutores de automóveis e motos, dirigindo velozmente, sem cinto de segurança ou capacete, estranhamente contrariando a realidade das ruas dos países que os produzem. As imagens apresentadas são mensagens muito fortes; mostram perseguições em velocidade elevadas onde os condutores colidem, capotam e saem ilesos, e por mais absurdas que possam parecer, são repetidas tantas vezes, que tornam-se naturais e são aceitas sem problemas (EVANS, 1991).

O poder da imagem e da repetição já são conhecidas desde os anos trinta, quando Adolf Hitler se valeu destes recursos para controlar a Alemanha; tendo sido o primeiro a fazer mau uso da TV. Se isto foi importante numa nação culturalmente forte, e com as limitações do cinema e da então insipiente televisão, pode-se facilmente imaginar o efeito devastador que certamente provoca num país jovem com grande parte da população formada de analfabetos ou semi-analfabetos, onde impera a ignorância em termos de engenharia de tráfego e segurança viária.

O próprio governo dá exemplos da falta de cultura de trânsito generalizada, demonstrando isto ao não tratar o problema com a seriedade que exige, deixando que o novo código perca a sua força pela falta de divulgação e esforço policial. O principal meio de divulgação têm sido as iniciativas dos órgãos de imprensa (não oficiais). As autoridades tem sido um pouco omissas, às vezes ainda cometem alguns equívocos como o que ocorreu com o lançamento de uma cartilha "esclarecendo" a população sobre o código de trânsito. A publicação trazia na capa um condutor sem o cinto de segurança, com uma mão só ao volante (a outra estava para fora do veículo com o código na mão), conforme mostra a Figura 3.5. Equívocos desta ordem também ocorrem em países como os EUA, onde as autoridades permitiram



FIGURA 3.5 - A Cartilha do Ministério da Justiça

que um filme educativo instrui-se de forma equivocada o procedimento para fixação da cadeirinha de criança, no banco dianteiro, ao alcance do air bag (ver Seção 5.1.2, página 135).

3.5.3 O comportamento, e influência da idade e o sexo do condutor

Nas seções anteriores, 3.5.1 e 3.5.2, já começa a ser discutida a influência da idade do condutor na acidentalidade, e aqui a discussão desta influência é aprofundada. O comportamento do homem difere do comportamento feminino e esta diferença repercute de forma acentuada no risco de acidentes. As relações entre idade, gênero e acidentalidade são importantes no tratamento da questão da segurança. Estas variáveis, com um relacionamento robusto com o comportamento, parecem indicar, como no caso de outras epidemias, que não existe um grupo de risco e sim um comportamento de risco.

As evidências parecem indicar que é mais importante o que o sujeito efetivamente faz ao volante, do que o que ele ou ela tem capacidade de fazer. Um jovem normal de 16 anos apresenta muitas vezes uma facilidade maior para aprender e realizar as tarefas básicas do controle de um veículo do que um sujeito mais maduro, por exemplo, de 40 anos. Este fato não tem representado na prática qualquer vantagem a estes condutores mais jovens, pelo menos no que tange à segurança. Segundo o estudo de COOPER e outros (1995), envolvendo uma grande série de dados de recém licenciados, com 1 a 3 anos de carteira, estes condutores mais jovens apresentam uma taxa de acidentalidade mais do que 2 vezes superior a taxa dos condutores de 40 anos (ver Figura 3.4).

As questões comportamentais sempre trazem consigo o risco da discriminação, pela associação de sexo e idade, no caso da condução, ao comportamento. Isto não quer dizer que não haja correlação, o que não existe é um determinismo. GREGERSEN e BERG (1994) desenvolveram uma pesquisa entre jovens, classificando-os em grupos de alto, médio e baixo risco, mostrando de certa forma o perigo da generalização. Por outro lado, é inegável a influência da idade no risco de acidentes. Segundo DOUGHER e HOGARTY (1994), os

adolescentes condutores rodam apenas 2% das milhas viajadas nos Estados Unidos e, no entanto, aparecem em 11% dos desastres de trânsito.

Na avaliação do risco deve ser considerado ainda o papel do tempo de exposição, pois de nada adianta o conhecimento de que morrem num país 100 condutores homens para cada mulher se existirem, por exemplo, 10 vezes mais homens habilitados ou ainda se este dirigirem durante um tempo dez vezes maior. Do mesmo modo, ao se estabelecer uma comparação entre condutores adolescentes e condutores maduros, por exemplo, deve ser considerado que o tempo de exposição dos primeiros é provavelmente menor, uma vez que o acesso ao automóvel e a sua utilização são normalmente mais limitados.

O envolvimento do homem condutor em acidentes fatais se mostra maior do que o das mulheres, enquanto as mulheres têm uma participação maior em acidentes não fatais. MASSIE e outros (1995) encontraram um índice de 3,5 envoltimentos em acidentes fatais (EAF) por 100 milhões de veículos milhas viajadas (VMV) para homens, enquanto que para mulheres esta taxa foi de 2,2 EAF por 100 milhões de VMV (37% menor). Por outro lado as mulheres obtiveram uma taxa de 2,3 acidentes com feridos por 100 milhões de VMV, 26% maior que o índice masculino de 1,8. A taxa para acidentes envolvendo apenas danos materiais, também mostra um valor mais elevado para o sexo feminino, com 4,2 envoltimentos por 100 milhões de VMV contra 3,7 do masculino.

Estudos realizados por DRUMOND e YEO (1992) apud MASSIE e outros (1997), na Austrália, encontraram taxas de envolvimento de mulheres em acidentes 34% maior do que os homens. Vários estudos Britânicos e Canadenses também encontraram taxas maiores para mulheres do que para homens (BROUGHT, 1990; DOOWNES, 1988; GRIME, 1987; MERCER, 1989) apud (MASSIE e outros, 1997). Um estudo Norueguês encontrou uma taxa feminina 63% mais alta que a masculina (BJØRNSKAU, 1994 apud MASSIE, 1997).

No último parágrafo foram apresentados algumas taxas relativamente elevadas para as condutoras, principalmente em acidentes de pequenas conseqüências, mostrando uma possível menor experiência, acarretada por uma menor quilometragem média anual das mulheres. Isto parece explicar também a menor participação em acidentes graves, pois, conforme se viu na seção 3.5.1, o

ganho de experiência e habilidade pode levar ao excesso de confiança e a perda da proteção do medo. Com isto, há uma tendência de redução da prudência; uma provável consequência disto é o aumento da velocidade e agravamento dos resultados dos acidentes.

Segundo a pesquisa de COOPER e outros (1995), os jovens condutores do sexo masculino, como um grupo, sofrem um número significativamente maior de acidentes do que as jovens, e esta diferença não muda com o tempo de habilitação. Na cidade de São Paulo, a CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) estima que 39,5% das colisões das batidas envolve adolescentes e no Brasil, segundo o DENATRAN, estima-se que a cada semana 115 jovens entre 16 e 25 anos não voltem mais para casa depois de girarem a chave de seu automóvel (THIANE, 1997).

Por outro lado, nada impede que uma pessoa de 20 anos tenha um comportamento mais coerente e equilibrado do que uma de 50 anos, ou que uma mulher de 40 anos seja mais irresponsável que um rapaz de 19 anos. Embora estes fatos sejam menos prováveis, não há nada de determinístico no relacionamento entre idade e comportamento, e há, isto sim, entre experiência e idade e entre sexo e estrutura da sociedade (educação e sexo). A questão da droga, por exemplo, pode transformar o homem e a mulher, o adulto e o jovem, nivelando-os, sendo por isso um dos principais pontos de intervenção para redução do número e gravidade dos acidentes.

3.5.4 As drogas e a condução

O comportamento parece ser o principal fator humano presente nas ocorrências de trânsito, logo as substâncias, legais ou não, que podem alterar de alguma forma o comportamento de condutores ou pedestres, devem ser objeto de controle minucioso. Os acidentes provocados pelo estado alterado dos usuários devem ter tratamento especial, por serem evitáveis e por representarem uma grande parte dos acidentes, principalmente entre os mais graves, envolvendo vítimas. A maior parte dos trabalhos tratando do problema da droga no trânsito aborda o álcool, por oferecer o maior risco, bem como por ser facilmente difundida

e, desta forma, amplamente utilizada. No entanto vem crescendo os problemas sociais relacionados com outras drogas, legais ou não, que começam a receber uma atenção crescente por parte da literatura especializada.

3.5.4.1 O álcool

A bebida alcóolica tem aparecido na ocupação humana desde o início da história. Ela é citada nos hieróglifos egípcios e no Antigo Testamento. Estando a tanto tempo estabelecida na sociedade, não é surpresa que a bebida alcóolica tenha se tornado um importante assunto com relação a segurança de trânsito imediatamente depois da invenção do automóvel. Em verdade, não há provavelmente assunto em segurança de trânsito que se tenha dado mais atenção, na literatura técnica e popular, do que o papel do álcool na condução. A revista da N.H.T.S.A. (1985) apud EVANS (1991) cita mais de 550 artigos técnicos sobre álcool e diferenças. MOSKOWITZ e ROBISON (1987) apud EVANS (1991) identificaram 557 citações da influência do álcool na capacidade de dirigir.

Atualmente a influência do álcool sobre a segurança do trânsito vem sendo enfocada sob 3 pontos de vista diferentes, conforme os efeitos físicos ou comportamentais sobre o condutor:

1. Sobrevivência
2. Performance
3. Comportamento

O primeiro dos três efeitos era desconhecido até recentemente. O princípio é que o mesmo impacto físico tende a produzir mais ferimentos para um maior nível de álcool consumido, isto é, contra a crença vigente há algum tempo atrás de que através do relaxamento do corpo, o álcool consumido pudesse reduzir o risco de ferimentos. Ao contrário do que se pensava, os dados mostram que, em acidentes com violência similar, os ocupantes alcoolizados tendem a sofrer mais ferimentos e de maior severidade do que os não alcoolizados (EVANS, 1991).

A principal influência do consumo de álcool na segurança de tráfego é que ele aumenta o risco de colisão. Isto ocorre através da combinação da influência do 2º e 3º efeitos. Embora os efeitos, na performance e comportamento, sejam conceitualmente distintos, é impossível usar dados de acidentes para obter o relacionamento de cada ação no crescimento do risco de acidente. Por exemplo, uma taxa alta de envolvimento de motoristas bêbados em capotagens pode ser devido à degradação da performance (baixa habilidade de controle de veículos em curvas) ou mudança de comportamento (escolha de velocidades altas). Embora o efeito do álcool, no comportamento, possa ser o mais importante fator na segurança de tráfego, este efeito é em princípio extremamente difícil de estudar em laboratório.

A quantidade de álcool nas bebidas é geralmente referida em relação ao percentual do volume da bebida. Então, o peso específico do álcool é 0,79, isto é, a massa (peso) de um dado volume de álcool é 21% menor que a massa (peso) de mesmo volume de água. Quando for indicada a proporção de álcool de uma solução, seja ela o sangue ou bebida alcoólica, é de crucial importância saber se a proporção indicada é dada em volume ou em peso. Depois do consumo, o álcool é rapidamente absorvido no estômago e é distribuído por todo corpo, incluindo o cérebro. A quantidade de álcool no corpo pode ser determinado por uma análise de uma amostra de sangue ou de ar expelido dos pulmões (bafo) (LARINI, 1987; EVANS, 1991).

Em alguns países, a Concentração de Álcool no Sangue (CAS) ou Blood Alcohol Concentration (BAC) é medida em gramas de álcool por mililitro de sangue, ou seja, 1 parte de álcool para 1000 partes de sangue, ela é multiplicada por 100 e expressa o resultado em porcentagem. Então, 1 parte de álcool para 1000 partes de sangue é representado por um CAS de 0,01%. No Brasil, a alcoolemia, ou seja, a medida da quantidade de álcool por litro de sangue, é dada em g de álcool por litro de sangue (g/l) de modo que uma concentração de 0,05% CAS equivale a 5 g/l (SHINAR, 1995; HOFFMANN e outros, 1996a; IIHS, 1997c).

No Brasil, não se sabe exatamente quantos acidentes são provocados por motoristas alcoolizados, mas segundo estimativas do Programa Pare

(Programa de Redução de Acidente nas Estradas) 40 a 50% dos motoristas envolvidos em acidentes são flagrados com quantidades elevadas de álcool no sangue (CNT, 1996). Os custos destes acidentes de trânsito também são desconhecidos no Brasil, mas nada indica que a situação seja menos grave que nos EUA, onde, somente no ano de 1990, 22% das vítimas de acidentes, de um total de 1,2 milhões, foram feridas em acidentes envolvendo álcool. O custo destes acidentes atingiu a cifra de U\$ 148 bilhões (U\$ 102 em perda da qualidade de vida). Excluindo os condutores e pedestres alcoolizados, foram mortos 8500 inocentes e 21000 ficaram com lesões permanentes (MILLER e BLINCOE, 1994), JOHNSTON (1982).

No mundo todo, o álcool é o fator individual que mais contribui para ocorrências de acidentes sérios, sendo que 1 em cada 3 pessoas mortas e 1 em cada 5 pessoas feridas apresenta uma concentração de álcool no sangue (CAS) igual ou maior que 5g/l. Os efeitos do álcool sobre o condutor de automóveis, segundo uma média obtida em LARINI (1987), EVANS (1991) e HOFFMANN e outros (1996a), estão resumidos no Quadro 3.4, para maiores detalhes (ver Anexo A).

Dentre as contramedidas, normalmente adotadas para prevenir as ocorrências relacionadas ao uso do álcool no trânsito, a suspensão da licença foi a consistentemente associada com benefícios à segurança. Por outro lado, o incremento à severidade das penas (multa, tempo de detenção, liberdade condicional, etc.) não pode ser associado ao incremento da segurança.

No Canadá, com o intuito de tornar as estradas mais seguras, foi adotada uma lei em novembro de 1996 segundo a qual os motoristas que dirigissem excedendo o limite legal de álcool ou que se recusassem a fazer o teste do bafômetro, teriam automaticamente suspensa sua carta de motorista por 90 dias. A lei permitia ao MTO (Ministry of Transportation) retirar os motoristas bêbados das estradas com uma simples medida administrativa. Este dispositivo foi suspenso em agosto de 1997, por ter sido considerado inconstitucional. Desde então, o governo vem recorrendo para tentar conter com esta lei, os 23000 infrações por álcool anuais daquele país, sendo que em 65% dos casos há reincidência.

TAXAS DE ÁLCOOL ⁵	EFEITOS
de 0,1 a 0,3 g/l	A maioria dos condutores apresenta uma boa tolerância aos efeitos
de 0,3 a 0,5 g/l	Há uma perda da percepção de distância e velocidade e redução da precisão dos movimentos
de 0,5 a 0,8 g/l	Aparece um estado de euforia, acompanhada de uma sensível redução da capacidade de reação
de 0,8 a 1,5 g/l	Acentuam-se as alterações anteriores, aumentando o retardamento dos reflexos
de 1,5 a 3,0 g/l	Começa a degradar a visão, começando a fase de visão dupla, e a dirigibilidade torna-se bastante imprecisa
de 3,0 a 5,0	Neste estágio, o estado de embriaguez é total, tornando a condução praticamente impossível. Algumas pessoas atingem o coma nesta faixa, e mesmo a morte (acima deste 4,5).

QUADRO 3.5 - As taxas de álcool no sangue e os efeitos apresentados (LARINI e SALGADO, 1987; EVANS, 1991; HOFFMAN, 1996a) (ver Anexo A)

As estimativas são que 42% das mortes de condutores nas estradas canadenses estejam relacionadas ao uso do álcool. Esta lei, que é aplicada em 40 estados americanos, conseguiu, naquele país, uma redução de 25% dos acidentes envolvendo condutores alcoolizados (MTO, 1998).

A lei de suspensão automática é aplicada a partir da suspeita policial, então o motorista é solicitado a executar o teste, se o teste der positivo ou se o condutor se recusar a prestá-lo, tem sua licença automaticamente retida. Dirigir sem carta naquele país resulta numa multa de \$ 5000,00 (dólares canadenses) e uma pena de até seis meses de reclusão.

Qualquer um tem o direito a recorrer (apelar) à junta de apelação da suspensão de licença, que se constitui num tribunal autônomo. A apelação deve estar relacionada a erro de identificação ou incapacidade de fornecer uma amostra de hálito por razões médicas.

⁵ A ingestão com estômago vazio de 45g de álcool tomados na forma de aguardente (120 ml) com estômago vazio (EV) resulta em média numa concentração média no sangue 0,6-0,9 g/l, cheio numa concentração 0,3-0,5 g/l. Os valores correspondentes a esta quantidade de álcool, sob a forma de cerveja (1200 ml), são respectivamente 0,4-0,5g/l (EV) e 0,2-0,3 g/l(EC). (LARINI & SALGADO, 1987; GOODMAN & GUILMAN, 1997).

BLUMENTHAL e ROOS (1986) apud MANN e outros (1991), não encontraram diferença entre penalidades diversas, em termos de multas e tempo de detenção, aplicadas a 500 infratores. No entanto, várias pesquisas apontam a suspensão da licença como a medida mais efetiva em prevenir reincidência, melhor inclusive que os programas de reabilitação e/ou prisão, embora muitos sujeitos continuem a dirigir mesmo com a licença cassada.

SHERMAN, GARTIN, DOI, e MILLER (1986) apud MANN e outros. (1991) concluíram que os motoristas bêbados sentenciados à prisão tiveram um número subsequente maior de violações, e que o aumento das penas para bêbados crônicos não mostrou, no passado, qualquer eficácia na prevenção de acidentes ou de violações às leis entre estes indivíduos. A suspensão administrativa da licença aplicada em vários estados americanos aparentemente reduziu as taxas de reincidência e inclusive a prática de outras infrações

Utilizando uma amostra de 10.000 condutores, HOMEL (1981-1988) apud MANN e outros (1991) apresenta uma análise, talvez a mais sofisticada de todas, utilizando uma amostra de 1.000 condutores ele avalia o impacto do valor da multa, bem como do período de suspensão da licença, da restrição parcial de liberdade e do tempo de prisão, no comportamento posterior à aplicação destas. Foram consideradas e controladas 25 variáveis do tipo “confounder”, tais como idade, sexo, penas anteriores, teor de álcool no sangue, ambiente de origem do infrator (rural, urbano). Os resultados destes trabalhos de HOMEL (1981-1988) apud MANN e outros (1991) são bem abrangentes e sugerem que os efeitos das punições diferem conforme as características do infrator e o nível de renda.

Assim, as multas com valores mais elevados puderam ser relacionadas à redução na reincidência somente entre indivíduos jovens e de baixa renda, mas não para outros grupos. A cassação da licença por períodos maiores que 18 meses foi associada com a diminuição de outras infrações de trânsito e nenhum outro efeito foi observado com o aumento do período de detenção.

Uma associação entre a baixa idade e o uso abusivo do álcool é responsável por graves conseqüências, fazendo com que medidas restritivas ao uso do álcool entre jovens venham sendo aplicadas como uma contramedida de

segurança viária. HOFFMANN e outros (1996a) afirmam que diversos estudos demonstram que a defesa metabólica frente ao álcool é mais baixa em idades inferiores a 17 anos, pelo que o consumo deste tóxico em etapas precoces da vida produz mais facilmente alterações orgânicas, inclusive psicológicas que podem influir na capacidade de condução.

A redução da idade para o direito de voto, decidida pelo Congresso americano em 1970, trouxe como consequência outros privilégios como a redução do limite legal para adquirir e consumir bebidas alcólicas, de 21 e 20 anos para 18 anos (WAGEMAR, 1981-1982). Devido a estudos associando o aumento do consumo do álcool e o aumento dos acidentes de trânsito relacionados ao álcool entre jovens, estes limites foram revistos. O estudo de WAGENNAR (1982) mostrou que cerca de 20% de acidentes relacionados ao álcool envolvendo jovens, podem ser evitados, pela simples elevação da idade legal de 18 para 21 anos.

3.5.4.2 Outras drogas

O papel do álcool, como importante fator nos acidentes de trânsito, é bem conhecido de todos. No entanto, não existe muita informação disponível a respeito da influência de outras drogas nos acidentes de trânsito. Diversas drogas utilizadas legal e ilegalmente podem prejudicar a capacidade de condução, mesmo quando utilizadas em pequenas quantidades, podendo aumentar consideravelmente o risco (IIHS, 1997; CABRAL, 1998).

A discussão do tema "drogas no trânsito" envolve questões éticas (na prescrição), e, principalmente, a venda e utilização ilegal. Estima-se que 81% dos casos em que se tem resultados positivos em teste de drogas, não há prescrição médica (IIHS, 1997)

As principais drogas que podem ter influência na tarefa de condução de veículos automotores são expostas a seguir, segundo pesquisa realizada na literatura de segurança rodoviária referenciada nesta seção, e ampliada pelo trabalho farmacológico de GOODMAN e GUILMAN (1997).

Existem drogas que funcionam como depressoras do sistema nervoso, provocando sonolência e relaxamento. Estes efeitos conforme a intensidade podem oferecer um risco considerável. Entre as depressoras, as mais freqüentemente utilizadas são:

Tetrahydrocannabinol (THC): princípio ativo da maconha ou haxixe, é uma das drogas mais populares no Brasil, ver Quadro 3.5. Seu efeito é atípico, podendo atuar como depressor e relaxante, mas dependendo do indivíduo e da dose, pode provocar também uma certa euforia em alguma fase da ação. Em grandes doses pode chegar a provocar distorções visuais em usuários não experientes ou quando tem seu efeito potencializado pelo álcool. Normalmente não está associada à impulsividade e violência, mas as reações variam de um indivíduo para outro. Pode afetar a coordenação, equilíbrio, devido a sua ação ao nível de cerebelo, pode afetar também a percepção, vigilância e performance, e portanto a condução (MATHIAS, 1996; GOODMAN & GUILMAN, 1997; NIDA, 1998). Depois de fumada, decorridos 10 minutos, sua presença no sangue se reduz a 1/3 da concentração do pico, e em 60 minutos cai para 1/8 do pico, porém seus efeitos sobre a condução podem se estender por até 8 horas (MOSKOWITZ, 1985). Apesar da grande quantidade de estudos desenvolvidos nos últimos anos, ainda hoje não se conhece totalmente o mecanismo de ação do THC, mas não há indícios de uma síndrome de abstinência tão pronunciada ao ponto de oferecer riscos detectáveis ao trânsito (NIDA, 1998).

Benzodiazepinas: são ansiolíticos (combatem a ansiedade, ex: Valium) muito utilizados, tendo ação calmante, provocando sonolência, distração, diminuição dos reflexos e redução do controle sobre movimentos voluntários. Estas drogas, assim como várias outras, têm seu efeito potencializado pelo álcool e podem ser detectada após seus efeitos cessarem.

Barbitúricos: foram utilizados durante muito tempo como agentes sedativo-hipnóticos, têm ação calmante, provocando sonolência, confusão mental e falta de coordenação motora, sendo substituídos pelos benzodiazepínicos por serem medicamentos clinicamente mais seguros.,

Estimulantes: são drogas perigosas sob o ponto de vista de segurança de trânsito por existirem algumas que podem ser utilizadas, além das possíveis recomendações médicas, com a finalidade de reduzirem o cansaço e o sono por motoristas em viagens de longo curso, normalmente utilizadas por conta própria e levam a dependência. As principais são:

Opiáceos: são poderosos analgésicos (ópio, heroína, morfina, codeína), e podem provocar intensa euforia, desligamentos, atitudes arrojadas. Com o uso continuado, a dependência faz com que mesmo as funções naturais relacionadas à alimentação, água, sexo, etc. não sejam desempenhadas normalmente sem a droga. Existe também o risco devido a suspensão do uso, mesmo que temporariamente, devido a síndrome. (NIDA, 1998)

DROGAS MAIS UTILIZADAS PELOS JOVENS NO BRASIL	PERCENTUAL DA PESQUISA
Solventes (cola, lança..)	13,8%
Maconha	7,6%
Ansiolíticos (Diazepan, Valium..)	5,8%
Anfetamínicos (Dualid, Hipofagin..)	4,4%
Cocaína	2,0%

QUADRO 3.6 - Drogas mais utilizadas entre estudantes, segundo pesquisa do Cebrid/Escola Paulista de Medicina apud Isto é (fev. 1998)

Cocaína: estimulante do sistema nervoso central, provocando euforia, ansiedade, podendo provocar quando utilizada em grandes doses, tremores, alucinações e paradas respiratórias. Esta droga, também afeta a relação com as funções naturais com alimentação, água, sexo, etc., podendo oferecer risco em caso de abstinência (NIDA, 1998).

Anfetaminas: são anorexígenos ou moderadores de apetite. Estas drogas estimulam a produção de dopamina pelo cérebro, que inibe o sono e diminui o apetite. Comercialmente são ou foram vendidos com diversos nomes tais como Moderex, Hipofagin, Inibex, Dualid, e tem sua venda controlada, mas que podem ser obtidos através de laboratórios clandestinos e via contrabando. Podem ser encontradas lâminas vazias destes produtos, próximos a filas de espera de

caminhões, devido a sua larga utilização pelos seus motoristas, que o fazem para poderem passar as noites dirigindo. Muitos profissionais são submetidos a prazos de entrega apertados, que os forçam a tomar tais atitudes e acabam se viciando na droga, que tira o sono mas também diminui a concentração. O uso acumulado começa por fim a gerar tolerância, levando ao aumento da dose, às alucinações e, conseqüentemente, ao risco. O efeito é parecido com o da cocaína, e quando o sujeito não toma a droga, fica deprimido, levando-o a querer sempre uma dose a mais, mesmo quando não necessita dirigir. (GOODMAN e GUILMAN, 1997; LARANJEIRA, 1998)

Efedrina: são vasos constritores utilizados, por exemplo, em descongestionantes nasais, e que têm ação estimulante (efeito colateral), provocando taquicardia, ansiedade, falta de ar.

Pentamina: utilizada no combate a protozoário e tem efeitos colaterais semelhantes à Efedrina.

Segundo um estudo do NHTSA (1988) apud IIHS (1997), as principais drogas associadas a ocorrências de trânsito são os tranqüilizantes, sedativos e hipnóticos, e a maconha. A maior parte das informações sobre o uso de drogas no trânsito, provém de registros de hospitais, de pessoas que foram mortas e feridas no trânsito. Amostras de sangue de condutores feridos, sendo 41 mulheres e 186 homens, foram examinadas no estudo de MERCER e JEFFERY (1995). A toxicologia mostrou que 37% continham álcool somente, 11% álcool e drogas, e 9% drogas somente. Na ordem, as drogas mais encontradas foram: álcool (48%); Tetrahydrocannabinol (13%); Diazepan (5%); cocaína (4%).

Por outro lado, o estudo de POKLIS (1987) apud MERCER e JEFFERY (1995) examinou 137 condutores com teste positivo encontrando, que foram parados pela forma de dirigir e não estavam alcoolizados. Entre estes 47% de tinham fumados maconha, 22% usaram Diazepan, 15% barbitúricos, 11% opiáceos e 9% cocaína.

A detecção das drogas diferentes do álcool apresenta como complicador o fato de que os vestígios de droga encontrados no sangue, urina ou mesmo saliva dos condutores, muitas vezes não podem ser associados

facilmente à causa do acidente, posto que permanecem nestes elementos durante um tempo muito variável e relativamente longo, não fornecendo um embasamento legal para relacionar a presença da droga com o acidente. Além disto, pouca informação está disponível a respeito da influência destas drogas, mais freqüentemente encontradas na tarefa de condução de veículos, embora se deva manter clara a idéia que provavelmente tenham uma influência considerável sobre o risco

Dos estudos a respeito do uso de drogas no trânsito, grande parte encontrou vestígios de drogas em menos de 10%, normalmente menos de 5%, dos mortos e feridos. Estas drogas dificilmente são encontradas sozinhas, estando quase sempre associadas ao álcool, o que limita sobremaneira as conclusões a respeito da relação de causa e efeito.

Um dos pontos que parecem oferecer uma boa perspectiva de se atuar é na prevenção do uso de estimulantes por parte de motoristas profissionais. No Brasil, sabe-se que o uso de substâncias estimulantes, chamadas vulgarmente de "rebites", é bastante disseminado entre motoristas de caminhão que necessitam dirigir muitas horas, pressionados por prazos de entrega ou por recompensas financeiras.

Para efeito de controle, é importante conhecer os tempos hábeis para detecção das drogas no organismo humano, e estes variam em função do organismo e da droga utilizada. Segundo a metodologia desenvolvida pela NIDA, os tempos de detecção para os usuários eventuais e crônicos são apresentados no Quadro 3.6 (Substance Detection Specifications, 1998).

SUBSTÂNCIA	TEMPO MÍNIMO	USO ÚNICO	USO ESPORÁDICO	USO CRÔNICO
Anfetamina	20 min.	48-60 hora	2-12 dias	até 25 dias
THC(canabinóide)	60 min.	4-6 dias	10-35 dias	até 100 dias
Cocaína (metabólito)	20 min.	1-2 dias	2-5 dias	até 14 dias
Opiáceos	10 min.	2-3 dias	2-5 dias	até 14 dias

QUADRO 3.7 - Tempos de detecção para usuários eventuais e crônicos de drogas

É importante salientar que o controle proposto é recomendado para empresas que empregam motoristas, com a finalidade de que possam qualificar o fator humano dentro do seu sistema produtivo, através do incremento na segurança dos seus serviços. Na atual conjuntura, os métodos de detecção não teriam condições de serem operacionalizados nas ações policiais de trânsito, pois devido aos problemas de relação de causa e efeito, já abordados nesta seção, não teriam uma base legal dentro da atual legislação.

3.6 Considerações finais

No capítulo III, foram abordadas as principais contramedidas de acidentes de trânsito fazendo uma análise da sua relação com os fatores de engenharia e fatores humanos. As principais ações que vem sendo implementadas nas nações mais motorizadas foram avaliadas através da literatura técnica especializada, a fim de descobrir quais medidas obtiveram sucesso na melhorias das condições de trânsito naqueles países, e que ainda podem contribuir para a melhoria da segurança no futuro. Algumas contramedidas menos eficientes naqueles países também foram motivo de análise, buscando entender os pontos onde foram menos eficazes e as possibilidades potenciais de contribuir para a melhoria da segurança em países em estágios menos avançados de motorização.

CAPÍTULO IV

4. A SEGURANÇA DO TRÂNSITO E SUA RELAÇÃO COM A INFRA-ESTRUTURA VIÁRIA

4.1 Introdução

Este Capítulo tem seu enfoque dirigido a propostas de medidas que podem contribuir para a melhoria da segurança viária. As contramedidas de acidentes apresentadas aqui estão fundamentadas nas bases da revisão contida no Capítulo III, dando ênfase, principalmente, àquelas ações que apresentaram eficiência comprovada. Em alguns casos, principalmente onde a comprovação estatística de curto prazo é improvável, as relações físicas e/ou bases comportamentais descritas e avaliadas nas seções do referido Capítulo, servem de apoio à avaliação de eficiência.

Existem elementos considerados fundamentais à segurança viária, tais como: o planejamento, a adequação do sistema viário e dos veículos, o controle de operação, o controle da velocidade, a formação e educação dos usuários e o controle da utilização de drogas no trânsito. Eles podem atingir objetivos relacionados à segurança ativa, evitando que os desastres ocorram, e à segurança passiva, atenuando as conseqüências das ocorrências.

4.2 A implementação do controle legal da velocidade

A próxima seção abordará o controle da velocidade, devido à sua relevância e por constituir-se, muitas vezes, num artifício que precisa ser utilizado em situações de risco temporário. Por outro lado, a velocidade em si tem forte impacto sobre a capacidade das vias e sobre a sua segurança, portanto, não só o controle, mas a pesquisa permanente das velocidades médias é importante (ver seção 3.4.4.3). Alguns dos equipamentos utilizados na fiscalização da velocidade

podem ser utilizados para auxiliar na medida de velocidades médias, espaço e intervalo de tempo entre veículos, número de veículos por km, variáveis fundamentais, pelo menos no estudo de problemas críticos de segurança e mobilidade. Os dispositivos redutores de velocidade, devido ao seu impacto sobre a estabilidade do fluxo, serão analisados na seção 4.5.

O esforço legal para controle da velocidade foi por muito tempo exercido apenas através das viaturas e policiais, método que não parece adequado por exigir uma aplicação excessiva de recursos humanos, numa tarefa onde o controle eletrônico automatizado se mostra não só mais eficiente, como também mais impessoal, evitando o desgaste da imagem do policial. A aplicação de uma multa por excesso de velocidade por parte de um rodoviário, por exemplo, além de ser uma atitude que não contribui para o aumento de confiança e respeito à sua posição, cria uma interface perigosa do tipo fiscal/conductor. Segundo o IIHS (1997b), esta forma de contato, pode estimular a oferta de suborno.

Atualmente, com o crescimento constante dos fluxos, não é mais possível abrir mão da tecnologia. Os altos volumes, principalmente em instalações de múltiplas faixas, tornam a operação não automatizada perigosa, ineficiente, e, em muitos casos, prejudicial à fluidez do tráfego. O controle automatizado através de câmaras, por exemplo, não perturba a circulação, não tem dificuldade para identificar os veículos, em qualquer faixa, e, além disso, diminuem a probabilidade de corrupção e arbitrariedades.

Por outro lado, ao se aplicar o controle automatizado, que, em muitos casos, é o mais adequado, possibilita-se a liberação de elementos da força policial para atividades às quais o elemento humano é realmente indispensável. Isto é muito importante, à medida que não parece estar sendo possível suprir a demanda de homens e viaturas, pelo menos no Brasil. Os policiais são indispensáveis às tarefas de atendimento de ocorrências, coletas de dados, e no planejamento e transferência de informações mais complexas aos usuários

De acordo com a disponibilidade de recursos, condições de operação e tipos de instalação, podem ser utilizados diversos equipamentos, diversificando a disponibilidade de ferramentas de apoio ao homem. Em alguns casos (ex: múltiplas faixas e alto fluxo), porém, são necessários equipamentos agindo

automaticamente, reagindo a determinadas situações em tempo real, detectando, identificando e registrando incidentes de fluxo (redução brusca de velocidade, redução do intervalo entre veículos).

A seguir serão descritos alguns tipos mais comuns de equipamentos e/ou metodologias que podem auxiliar na observação e controle da velocidade em rodovia. A descrição que será apresentada é bastante sumária, buscando apenas mostrar de forma básica, como funcionam e quando e onde podem ou devem ser utilizados. Na parte final do Capítulo, serão feitos comentários sobre a eficiência destes arquivamentos. Ao longo deste, serão utilizadas para ilustração, algumas “informações da imprensa”, geradas a partir de autoridades do trânsito, sobre as experiências recentes da utilização de alguns deste equipamentos no Brasil.



FIGURA 4.1 - Radar de microondas

- Radar: transmite um sinal de microondas de frequência conhecida, recebendo o sinal refletido no veículo de volta. A frequência do sinal que retorna à unidade de radar é proporcional à velocidade de movimento do veículo, e esta é mostrada no visor;
- Radar a Laser: transmite um sinal, desta vez uma estreita faixa de luz, ao alvo móvel (um veículo), e o recebendo-o de volta, dessa forma calcula a velocidade do alvo, que é mostrada através de um visor digital. É similar em peso e tamanho ao radar de microondas;

- Foto-radar¹: são dispositivos que utilizam os sinais de um radar para disparar câmaras que fotografam um veículo acima de um limite de velocidade pré-estabelecido. Este dispositivo normalmente utiliza o efeito doppler, para detectar os alvos, disparando a câmara no momento apropriado. O dispositivo ainda registra e imprime a data, hora e velocidade junto com a foto;
- Vascar: consiste num microcomputador que calcula e registra a velocidade média. Ele utiliza um relógio digital de precisão e um comprimento conhecido de via para o cálculo da velocidade;
- Controle aéreo é uma forma de controle na qual os policiais utilizam aviões leves (pequeno porte) para medir a velocidade e outros parâmetros de fluxo, através da analogia visual com marcos de distância conhecida no pavimento (ex: distância entre dois marcos quilométricos);
- Indicadores de velocidade: são dispositivos portáteis ou fixos que são colocados às margens de rodovias que mostram, através de um visor, a velocidade dos veículos circulando acima dos limites estabelecidos. Ele pode oferecer também a possibilidade de regular a velocidade padrão, recomendando velocidades mais reduzidas em situações de risco.

4.3 A eficiência dos instrumentos utilizados no controle e pesquisa da velocidade

Os radares são os instrumentos mais utilizados no controle da velocidade e mostram uma comprovada eficiência. O seu registro tem sido aceito normalmente como prova nas decisões judiciais (EVANS, 1991; IIHS, 1997b). Por outro lado, não apresenta boa performance em situações de fluxo intenso, sobretudo em instalações de múltiplas faixas. Torna-se difícil apontar um veículo específico em situações de tráfego muito intenso.

¹ Este dispositivo também pode ser utilizado com eficiência para fiscalizar locais onde o desrespeito à proibição de estacionamento ou à faixa de pedestre é generalizada e de alto risco.

Os radares que utilizam microondas, os mais comuns, perderam muito da sua eficiência com a utilização crescente de detectores de radar, que apesar de terem a sua comercialização e utilização proibida, são adquiridos facilmente no mercado informal. A solução é equipar os policiais com detectores deste tipo de equipamentos (IIHS, 1997b), que podem ajudar muito no controle da velocidade, evitando a hipótese de que alguns condutores possam sentir-se impunes pela aquisição e uso de um detector.

Os equipamentos que utilizam o laser como elemento de detecção, têm a vantagem de não serem percebidos tão facilmente pelos “detectores” de radar, e os condutores que adquiriram estes equipamentos não podem sentirem-se tão seguros quanto à impunidade. Em operações realizadas na América do Norte, onde os policiais utilizaram radares a laser, foram apanhados quatro vezes mais condutores portando detectores (IIHS, 1997b). Embora já existam detectores de laser, estes não são eficientes devido às características deste feixe de luz (muito estreita), que dificultam a sua detecção.

As câmaras automáticas (ver Figura 4.6) vêm sendo utilizadas há mais de 20 anos em dezenas de países. Na Austrália, onde foram introduzidas em 1989, a polícia registrou que, em três meses, houve uma queda de 50% no número de infrações, enquanto as mortes caíram em 30% no período entre 1989 e 1990. No Canadá, que introduziu as câmaras em 1994, houve um declínio na velocidade média nos locais onde foram introduzidas. Mais recentemente, na Noruega e em rodovias de Brasília e do sul e sudeste brasileiro, houve reduções significativas do número de acidentes onde estes sistemas foram introduzidos (IIHS, 1997b; Zero Hora 1998; Correio do Povo, 1998).

O VASCAR é capaz de oferecer uma leitura de velocidade média a uma distância muito maior do que os radares convencionais podem até aqui oferecer, apresentando ainda a vantagem de poder ser utilizado de dentro de viaturas, tanto no mesmo sentido de deslocamento do objeto de detecção, como no sentido oposto. Eles são úteis, principalmente naquelas situações em que o radar convencional não é eficiente (ver início desta seção). Além disto, não emite qualquer tipo de onda que possa ser detectada.

A detecção aérea tem as mesmas características do VASCAR, permitindo ainda o rápido deslocamento dos policiais e tomadas aéreas com câmaras portáteis, se existirem condições de vôo.

O controle da velocidade e da utilização de substâncias tóxicas parece ser uma das contramedidas com retorno mais substancial na redução do número e severidade dos acidentes de trânsito. É claro que isto só ocorre se houver uma redução real da velocidade média de operação. Esta medida pode ser tomada rapidamente, levando em conta as condições atuais da rodovia, podendo preceder outras medidas de engenharia, alguma das quais serão comentadas a seguir. Melhoradas as condições da rodovia, através de uma correção do traçados por exemplo, a velocidade pode ser redimensionada de acordo com as novas condições.

4.4 O planejamento do uso do solo e as contramedidas de acidentes relacionadas à infra-estrutura viária

A segurança ativa e passiva das vias esta diretamente relacionada ao tipo e qualidade da instalação, à forma como é utilizada e operada e como se desenvolve o ambiente no seu entorno. A solução para este problema, no qual interagem fatores humanos e de engenharia, parece ser mais facilmente controlado a partir do momento em que a sociedade sofre um amadurecimento, passando a compreender melhor a importância de tentar minimizar os riscos oferecidos à vida ou à sua qualidade.

Na prática, temos no país cidades com níveis de segurança bem discrepantes. Estas diferenças estão normalmente associadas ao grau de percepção e aceitação do risco pela população, e da capacidade da comunidade científica local de perceber os problemas e reagir a eles. Estes níveis podem ser alterados através da promoção do conhecimento entre os cidadãos em geral, melhorando a sua percepção e diminuindo a sua aceitação do risco, fomentando a pesquisa e o aperfeiçoamento dos profissionais envolvidos com esta questão.

As soluções de problemas como habitação e deslocamento, devem ser integradas, de forma que a solução de um problema de moradia não traga, como consequência, um grave problema à circulação e segurança. Neste ponto surgem questões como: quantos perdem e quantos ganham? Ou até que nível de incremento de risco " ∇r " é justo submeter " n " pessoas, para que um número " kn " tenha o direito à moradia em determinado local?

De qualquer forma, não é possível obter uma rodovia 100% segura, pela óbvia limitação dos recursos e pela presença humana, sempre passível de falhas. Mas supondo que se tenha uma instalação relativamente segura, ela assim será, dentro de determinadas condições. Pode haver, por exemplo, uma dada rodovia que venha servindo a uma determinada comunidade com eficiência por alguns anos. O risco que oferece, obviamente não é nulo, mas suponha que, em 10 anos, não tenha ocorrido nela um único acidente. Agora, imagine que, num dado momento, são construídos alguns conjuntos residenciais e, com estes, são atraídos postos de serviço, estabelecimentos comerciais e etc. De repente, em determinado trevo da rodovia começam a se multiplicar as colisões sem que nada tenha ocorrido com a geometria da via. A via é a mesma, o risco oferecido em termos de geometria também, o que mudou? O projeto pecou contra a segurança?

Um projeto rodoviário considera as condições de utilização da rodovia dentro de um determinado horizonte, estimando um fluxo máximo futuro dentro das condições atuais da rodovia. A instalação não é capaz de suportar as modificações drásticas impostas por processos urbanísticos desordenados sem qualquer preocupação com o uso do solo contíguo à instalação, por exemplo.

O envolvimento da rodovia pela "mancha urbana" faz com que ela tenha reduzida a sua capacidade de tráfego e, com isto passe a funcionar além dos seus limites (AASHTO, 1990, HCM, 1994)); o tempo que no projeto era todo para o fluxo principal, passa a ser compartilhado por diversos movimentos. Então, começam a se formar filas cada vez maiores, a impaciência aumenta, e a exposição aos riscos oferecidos pelo projeto geométrico também aumenta. Além disto, com o passar do tempo, a população vizinha acostuma-se com a presença

do risco, passando de certa forma a negligenciá-lo, desprezando o fato de que outros usuários não acostumados podem provocar um desastre.

O problema hipotético, proposto anteriormente, pode mostrar claramente a importância do planejamento integrado da via e do uso do solo. Na construção de um estádio de futebol ou de um conjunto residencial, por exemplo, deve ser feito um estudo do impacto ao fluxo de pedestres e veículos, bem como das suas conseqüências à segurança e conforto de usuários e moradores vizinhos ao empreendimento.

Do mesmo modo, se não houver uma regulamentação do uso do solo contíguo a uma estrada, não parece provável que se possa impedir que sejam estabelecidos acessos para atender às necessidades dos que se estabelecerem junto às margens. Com o passar do tempo a rodovia, que foi implantada como rodovia rural, começa a ser absorvida por uma malha urbanizada, gerada a partir da sua excessiva permeabilidade aos acessos.

O crescimento desordenado vem inchando as cidades médias e grandes do país. Por esta razão, torna-se necessário criar mecanismos para manter a segurança e fluidez do trânsito. Algumas prefeituras, no Brasil, vêm conseguindo viabilizar obras com o objetivo de preservar estes dois componentes importantes da qualidade de vida urbana. Em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, foram construídas recentemente (1998), uma passarela e uma ponte, através de convênios com empreendedores privados. Estas obras, que na verdade estão tentando manter a fluidez e/ou segurança do trânsito perturbados por empreendimentos geradores potenciais de fluxo², são patrocinadas por seus empreendedores.

Os convênios se deram de forma mais ou menos espontânea, quase informal. Eles tiveram como ponto de partida algumas solicitações da iniciativa privada que não puderam ser atendidas por falta de recursos. Porém, este tipo de mecanismo pode ser aperfeiçoado pelo aprofundamento dos estudos de impacto a segurança e circulação. A inclusão no orçamento dos empreendimentos de alto impacto aos fluxos, de contramedidas de congestionamento e de segurança,

² Por exemplo: a construção uma passarela, assegurando uma travessia segura aos alunos de uma universidade privada, após a inauguração de um shopping na margem oposta de uma

parece ser um passo em direção à manutenção da mobilidade e segurança em níveis aceitáveis.

Existe uma crescente preocupação com os estudos de impactos ambientais em grandes projetos, isto porque se amplia na sociedade, sobretudo entre os mais jovens, a consciência ambiental. Este fato está associado à gravidade da situação e à conseqüente ênfase que vêm recebendo na mídia. De qualquer forma, com esta crescente preocupação com a qualidade de vida, logo a sociedade vai compreender que a segurança viária é um problema muito sério, gerando uma perda maior de anos potenciais, do que qualquer doença relacionada à poluição. Portanto devem ser buscadas soluções de manutenção da qualidade de vida junto aos empreendimentos, considerando assim os impactos ao meio, dando especial atenção aos pedestres e condutores locais, que são obrigados a circular ali.

4.5 Os tipos básicos de instalações rodoviárias e as suas características operacionais e de risco

As rodovias servem para o deslocamento de passageiros ou cargas entre uma origem e um destino, através de um ambiente rural ou urbano. As rodovias rurais sofrem um número menor de interferências devido ao número reduzido de cruzamentos, melhor distribuição temporal do tráfego e ausência de pedestres, podendo funcionar mais naturalmente com fluxo contínuo. No meio urbano, o fluxo da rodovia precisa ser interrompido para permitir o movimento de outros movimentos ou então necessita ser segregado através de túneis, elevados e passarelas.

Na avaliação das relações entre a infra-estrutura e a segurança, convém diferenciar 2 tipos de instalações, as de fluxo contínuo e as de fluxo interrompido, que são definidas, segundo o HCM (1994) como:

1. instalações de fluxo contínuo: são aquelas que não possuem elementos externos ao fluxo, tais como semáforos e placas de pare,

grande avenida. O empreendimento tem um grande potencial de atrair muitas viagens entre os

lombadas que provoquem interrupção ou redução acentuada da velocidade do mesmo. As condições do fluxo do tráfego dependem somente das interações entre os veículos na corrente de fluxo e do fluxo com o ambiente.

2. instalações de fluxo interrompido: são aquelas que possuem elementos externos que controlam o fluxo, como semáforos, placas de pare e redutores de velocidade (lombadas), que provocam a parada ou pelo menos uma redução sensível nas velocidades dos veículos, independente das condições de tráfego.

Na verdade estas condições de fluxo são hipóteses de projeto e podem provocar sérios riscos se as condições ambientais forem modificadas. Se uma rodovia é projetada para funcionar com fluxo contínuo, livre de interferências, e, com o tempo, o ambiente e as condições de fluxo se modificam drasticamente, ela pode passar a funcionar como uma instalação de fluxo interrompido, por força das circunstâncias. É comum as rodovias atraírem a urbanização, devido ao seu potencial para o estabelecimento negócios proporcionados pela acessibilidade e ao baixo custo dos terrenos e impostos, quando comparados com as zonas comerciais mais centrais.

No caso do Brasil, a permeabilidade das rodovias rurais ao processo de urbanização é tal, que trechos de rodovias importantes, como por exemplo a BR-101, com o tempo são envolvidas por áreas urbanas gerando conflitos entre os fluxos de veículos automotores com os de pedestres e bicicletas, mais típicos de ambiente urbano. Nestes segmentos de via, há um impacto severo a capacidade e a segurança, devido às mudanças ambientais no entorno da rodovia, com o meio passando rapidamente de rural a suburbano e finalmente a urbano.

Um rodovia pode ter sido projetada para funcionar com fluxo contínuo por exemplo, o que na verdade supõe que não haverá interferências externas ao fluxo. Porém o movimento pode ir aumentando com o tempo, fazendo com que a

taxa máxima de serviço seja atingida durante alguns períodos, congestionando a rodovia e impedindo que a fila de veículos flua de forma contínua.

A rodovia, apesar dos problemas, continua sendo conceitualmente uma instalação de fluxo contínuo; é verdade que está trabalhando, em alguns períodos, com um volume acima da sua capacidade de serviço. Então, ela que teria a função de conduzir o fluxo de forma ininterrupta, fica sujeita no entanto, aos efeitos do crescimento do tráfego, que aos poucos vai degradando o seu nível de serviço (ver Seção 3.4.2), instabilizando o seu fluxo, tornando-o intermitente. Este processo tende a aumentar o número de colisões, provocando um consumo inútil de combustível e concentrando a produção de resíduos nocivos à saúde e ao ambiente.

Quando uma rodovia de fluxo contínuo passa por um processo de urbanização, ela vai gradualmente sendo descaracterizada. Com o tempo, os fluxos transversais de pedestres e veículos vão provocando conflitos que, muitas vezes, são "resolvidos" ou atenuados com a colocação de redutores de velocidade, faixas de pedestres e semáforos, que além da velocidade, reduzem também a capacidade e aumentam o risco da rodovia. A presença de interseções com uma grande quantidade de conflitos de movimentos, ou de redutores de velocidade, semáforos ou faixas de pedestres, faz com que os trechos menores que 3200 m (HCM, 1994) funcionem como uma instalação de fluxo interrompido, constituindo um gargalo para o trecho da rodovia.

A redução de velocidade tem um custo associado a sua eficiência na ampliação da segurança. A principal perda é intrínseca a própria redução de velocidade, que diminui de forma compulsória a capacidade da via. Os trechos onde a velocidade é reduzida de 80 para 40 km/h, por exemplo, três subtrechos de 100m numa seção de 1.000m, tem sua capacidade, reduzida praticamente³ à metade, aumentando ainda o consumo. Isto evidencia que a melhor forma de tratar os conflitos é evitá-los.

Existem outras questões que devem ser diferenciadas nos diversos redutores de velocidades. Normalmente, analisa-se a solução sob a ótica de quantas vidas são salvas e quanto dinheiro é economizado. A questão é que o

que salva a vida é a redução de velocidade imposta pelos redutores de velocidade (RV), e não os redutores em si. Alguns provocam grande desconforto, têm algum risco associado e ainda aumentam o consumo energético e conseqüentemente, os níveis de emissão de poluentes.

Os RV, são relativamente mais aperfeiçoados quando:

- não se constituam em barreiras físicas, permitindo a utilização emergencial de velocidades superiores às delimitadas, sem um risco adicional devido à presença do redutor;
- tenham os seus efeitos secundários, como danos a veículos, poluição, desconforto e riscos característicos, mantidos dentro de níveis compatíveis, com a esperança dos usuários;
- não punam indistintamente⁴, o indivíduo que normalmente obedeceria a uma placa de regulamentação de velocidade e o que jamais a obedeceria.

Para uma análise geral de segurança em rodovias, é necessário diferenciar duas formas de utilização dos espaços. No primeiro caso, o condutor deve situar-se no fluxo, entre veículos que andam no seu mesmo sentido de circulação, em rodovias de múltiplas faixas (RMF), com duas ou mais faixas no mesmo sentido. No outro tipo de rodovia, de duas faixas (RDF), o condutor tem apenas uma faixa para circular e, para ultrapassar veículos mais lentos, ele tem que utilizar a faixa de tráfego do fluxo oposto.

O grau de dificuldade oferecido pelo tipo de rodovia é um fator que contribui no processo de geração dos acidentes, uma vez que eles ocorrem quando um ou mais usuários não conseguem, em determinado momento, vencer a demanda exigida pelo sistema (BRAGA, 1989). A seguir serão apresentado dois tipos básicos de instalações a fim de exemplificar, de forma prática, algumas

³ À medida que a velocidade vai sendo reduzida, o condutor vai diminuindo seu espaço do veículo da frente

⁴ Alguns redutores, como as chamadas lombadas, provocam desgastes excessivos em freios e suspensão em todos os veículos que o atravessarem. Ao longo do tempo, o custo agregado pode não ser tão pequeno, para um VMDA de 10.000, em 1 ano seriam, 3650.000.000 reduzidas, freadas, impactos sobre a suspensão e aceleração.

características inerentes a cada um, relevantes à apresentação de propostas de ação para aprimorar a segurança viária.

4.5.1 Rodovias de pista simples, com a utilização compartilhada de faixas

Estas instalações apresentam duas faixas, com um sentido de circulação em cada faixa, portanto, obrigando os condutores a utilizarem-se da faixa oposta (de sentido contrário) para ultrapassar veículos mais lentos transitando no mesmo sentido (ver Figura 4.2). Estas operações são de alta complexidade, exigindo noções empíricas de ajuste da velocidade em função da distância, sendo que estas distâncias são percebidas através das limitações dos órgãos de sentido humanos .

A principal medida de desempenho deste tipo de facilidade é o percentual de tempo perdido em pelotões ou atraso⁵ numa seção de rodovia (HCM, 1994). Em termos teóricos, quando o fluxo é muito pequeno, a liberdade de escolha de velocidade de viagem pelos condutores é total. Se o fluxo numa seção de rodovia é crescente, em determinado momento ele irá atingir uma densidade crítica, na qual a velocidade média começa a cair. Este ponto se dá quando é atingida a taxa máxima de fluxo suportada ou capacidade máxima da seção, então os condutores (contidos em pelotões) começam a experimentar atrasos em relação ao tempo de viagem que levariam se pudessem escolher a velocidade.

Nas RDF, mesmo quando a velocidade média do fluxo está em torno dos 93 /h, sob um nível de serviço A (ver Seção 3.4.2), há um percentual médio de perda de tempo por parte dos usuários, que neste nível é menor que 30%. Mantidas todas as condições anteriores e aumentando sempre o fluxo, as condições de segurança e conforto vão sofrendo uma degradação. Esta degradação vai sendo designada pelas letras de A a F. No nível de serviço E, considera-se que foi atingida a capacidade teórica de 2800 carros de passageiros/hora (CP/h) nos dois sentidos. Neste ponto, a velocidade média cai

⁵ É dito que um condutor sofre atraso quando viaja seguindo um pelotão com intervalo de tempo (*headway*) menor que 5s entre os veículos. Em medidas de campo utiliza-se a percentagem de veículos viajando em pelotões com *headway* menor que 5 s.

para 72⁶ km/h, e os condutores experimentam um percentual médio de atraso maior do que 75% (HCM, 1994).

Do mesmo modo, considerando que dentro de uma faixa de velocidade não muito elevada, 80 km/hora por exemplo, a velocidade relativa média das colisões frontais seria de 160 km/h ou 44,45 m/s. A disponibilidade de tempo para planejar e executar uma ação diminui bastante com o aumento da velocidade. Se um condutor, por exemplo, experimentar um breve momento de distração de dois segundos, ele pode percorrer sem qualquer controle quase 90m.

Na verdade, o condutor resolve mentalmente um problema envolvendo a relação física entre espaço, tempo, velocidade e aceleração. Ele tem que calcular, para uma distância, estimada visualmente, se a aceleração, que pode obter através da pressão ao acelerador, será suficiente para que possa transpor, com segurança, um veículo mais lento. E isto deve ser feito antes que um veículo, em sentido oposto e com velocidade desconhecida, apareça.

Nas RDF (ver Figura 4.2), bem como em outros tipos de rodovias, o risco operacional associado vai depender das condições de visibilidade, da largura das faixas, do tipo e qualidade do pavimento. Mas, quando se dispõe de apenas uma faixa por sentido, a confiabilidade da sinalização vertical e principalmente da horizontal é fundamental à segurança. As informações levadas ao condutor através da sinalização, dão ao mesmo as referências físicas sobre a distância segura de ultrapassagens, indispensáveis à segurança da instalação, sobretudo em condições de baixa visibilidade; elas informam ao condutor a distância de visibilidade de ultrapassagem. Portanto, qualquer alteração de velocidade média deveria ser precedida da repintura das faixas amarelas, regulamentando as novas distâncias de ultrapassagem, antes mesmo de estabelecido o novo limite de velocidade.

Na Figura 4.2, a faixa amarela central, a única sinalização horizontal presente, não apresenta a devida conspicuidade. No caso, a sinalização do trecho indica que há liberdade de ultrapassagem (faixa descontínua), já que é um trecho nivelado, e o condutor só necessita da sua visão para realizar a manobra. A faixas de regulamentação de ultrapassagem e as que indicam os limites de

⁶ Estes valores correspondem aos limites estabelecidos originalmente em milhas; por hora (HCM,



acostamentos e faixas são indispensáveis para a condução sob condições de baixa visibilidade (chuva, neblina, noite).

FIGURA 4.2 - Rodovia de duas faixas - BR 101, km 219

A qualidade da frota, o perfil dos condutores, a presença de pedestres e bicicletas interferem pesadamente no nível de risco de uma instalação. Naturalmente estes dois últimos, os pedestres e ciclistas, só ganham importância na ausência de instalações a eles adequadas: passarelas e ciclovias.

A maior parte das rodovias rurais e urbanas do Brasil e do mundo são deste tipo (AASHTO, 1990; HCM, 1995). A sua principal característica de risco advém da perigosa interação entre as correntes de fluxo opostas. Algumas destas estradas no Brasil conduzem fluxos médios diários compatíveis com *freeways* de 4 faixas, de 12 a 30 mil veículos por dia, com distribuições de fluxo que as levam a operar sob um nível de serviço⁷ entre "D" e "F" durante grandes intervalos de tempo.

1994).

⁷ Os níveis de serviço variam entre A, quando o usuário tem ampla liberdade de manobra e seleção de velocidade, até o nível E, quando a liberdade de efetuar manobras é mínima, a velocidade média cai acentuadamente, e o fluxo fica próximo a capacidade da instalação e da instabilidade. O nível F caracteriza o colapso da rodovia, que opera em filas, alternando períodos parados e em movimento (ver Seção 3.4.2).

Quase a totalidade das colisões frontais que ocorrem no país se dão em RDF. Este tipo de acidente é normalmente mais grave devido à maior quantidade de energia cinética a ser transformada (absorvida) e pelo número médio de vítimas, uma vez que envolve, no mínimo, dois veículos e que estes circulam em sentidos opostos. Apesar disto, estas instalações podem funcionar de maneira relativamente segura. Se nelas forem adotadas faixas largas, acostamentos pavimentados, amplas faixas livres, além da margem do acostamento⁸, e, se elas ainda contarem com boa sinalização e fiscalização,

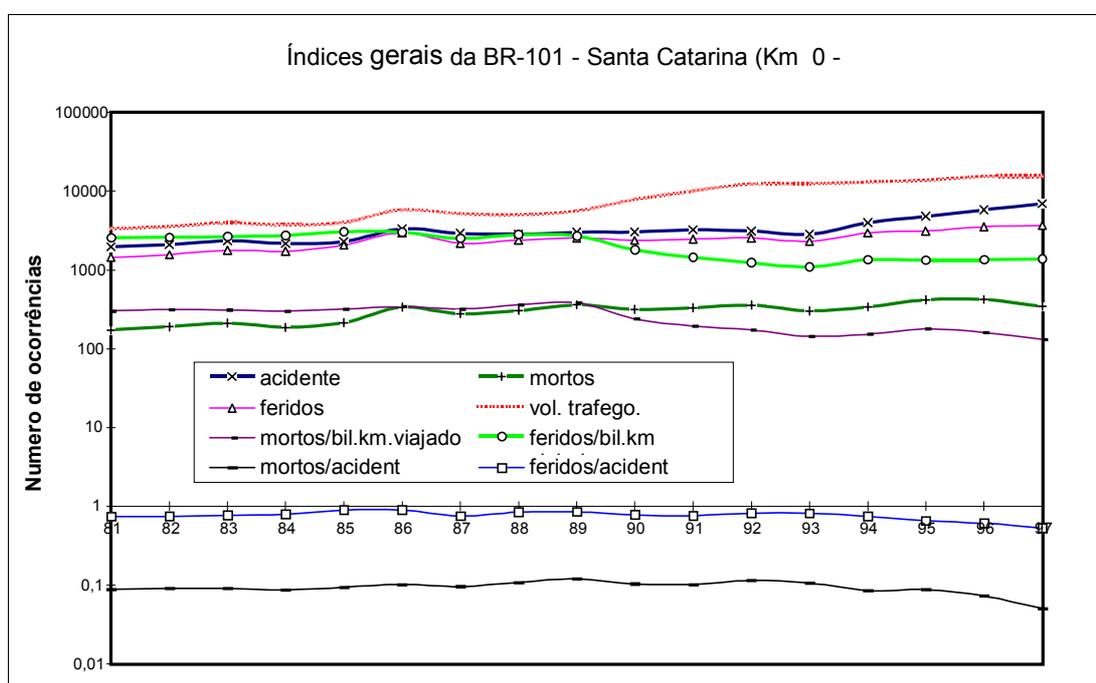


FIGURA 4.3 - Índices de acidentes da Br-101/SC de 1981 a 1997 - (PRFSC)

podem apresentar um bom desempenho e um risco relativamente baixo, dentro de certos limites de velocidade (AASHTO,1990; HCM, 1994).

O desempenho das rodovias está altamente relacionado ao volume servido pelas mesmas. A qualidade do serviço vai se degradando à medida que o número de veículos servidos pelo sistema aumenta, pois isto provoca uma redução da disponibilidade de tempo e espaço para as manobras dos condutores. Esta limitação de “tempo e espaço” provoca a princípio uma elevação nas taxas

⁸ A AASHTO (1990) sugere uma faixa desimpedida maior do que 30 pés (9,15 m).

de risco de acidentes e de lesões, em seguida. Porém, se o fluxo continuar aumentando, há vai haver uma redução das oportunidades de ultrapassagem, provocando uma queda das velocidades médias, e conseqüentemente da violência dos impactos.

Deve ficar claro que, embora o parágrafo anterior acabe reforçando a importância da velocidade no controle dos acidentes, não sugere que a saturação de rodovias seja utilizada como uma contramedida. Os riscos tendem a aumentar com a saturação. Isto aumenta não só o número de acidentes, como também a produção de resíduos poluentes sem ganho de mobilidade, provocando um impacto generalizado sobre a qualidade de vida.

Se for necessário, no entanto, fazer uma avaliação da influência da adoção do cinto nos municípios da Grande Florianópolis, sobre os acidentes na BR-101, deve ser considerado que, no período de implementação do uso, entre 95 e 97, o fluxo na rodovia, já congestionada, continuou crescendo (ver Figura 4.3). Como isto o número de acidentes continuou crescendo, enquanto o número

de feridos e mortos, por movimento ou distancia viajada, vem diminuindo. A análise da relação fluxo/capacidade, no caso da avaliação do cinto, é indispensável, pois a saturação de uma rodovia pode ampliar acentuadamente os efeitos do cinto, que é mais eficiente a baixas velocidades e ainda reduz a severidade dos acidentes, mesmo nos casos onde o cinto não estava sendo utilizado ou em tipos de acidentes onde ele não é eficiente.

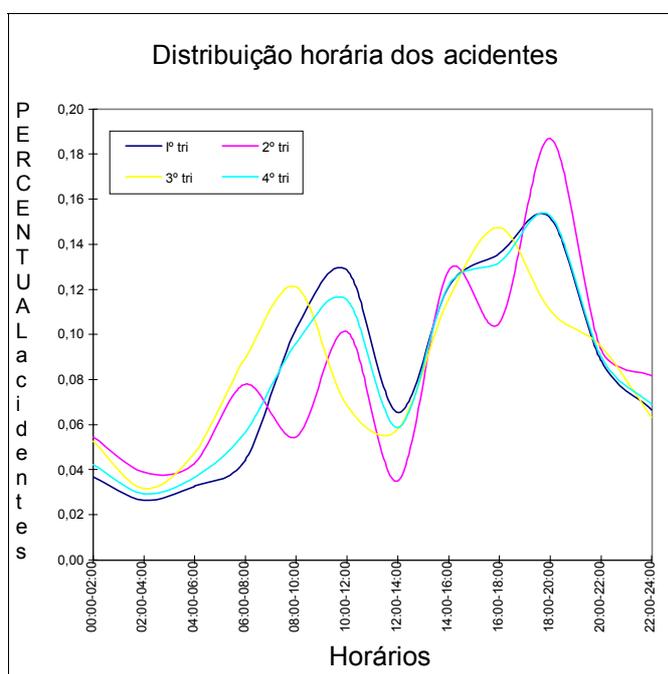


FIGURA 4.4 Variação do número de acidentes segundo os horários. -BR-101/SC - 1996 (PRFSC, 1997)

Há casos, como por exemplo o trecho da BR-101 na área da Grande Florianópolis (km 185-218), onde a contribuição do fluxo local faz com que a mesma opere com fluxo excedendo à capacidade teórica em boa parte do tempo, aumentando o risco de acidentes nos horários de pico (ver Figura 4.4).

O congestionamento pode se estender por um período considerável no entorno dos picos da manhã, meio dia e entardecer; há uma redução drástica da velocidade com uma conseqüente tendência de redução nos índices de mortos por acidente e por distância viajada (ver Figura 4.3).

A existência de grande variância entre as velocidades praticadas pelos usuários é um fator de risco, uma vez que esta variabilidade parece aumentar a demanda por ultrapassagens, e, provavelmente, a energia transformada em colisões no mesmo sentido de tráfego (ex: colisões traseiras). Além disto, as diferenças elevadas podem provocar freadas bruscas, quando os "muito" mais rápidos necessitam conter seu veículo atrás de um veículo "muito" mais lento. Os condutores, em níveis de velocidade muito diferentes, têm mais dificuldade para estabelecer referências entre os seus veículos em movimento. O condutor de um veículo lento pode não perceber a aproximação rápida de outro e efetuar uma manobra que surpreenda o veículo rápido.

De um modo geral as áreas livres disponibilizadas nas laterais das pistas das rodovias, tornam-nas mais seguras, pois oferecem aos condutores um espaço extra, dando mais chance a este de recuperar o domínio do seu veículo, no caso de uma perda de controle. Isto incrementa a segurança ativa da via, evitando que acidentes venham a ocorrer (AASHTO, 1990). Na Figura 4.2, podem ser vistas árvores robustas junto ao acostamento da BR-101 que funcionam como obstáculos rígidos aos veículos fora de controle, com pouca absorção de energia (ver Seção 4.6.2), provocando um grande número de mortes, ferimentos graves e danos materiais nesta rodovia. Se além do acostamento existir uma área livre de elementos de risco, como postes, árvores, buracos, taludes e até suportes rígidos de sinalização, o condutor tem uma chance considerável de reassumir o controle do carro.

O plantio de árvores de grande porte às margens de rodovias oferece um aspecto paisagístico agradável ao usuário de uma via. Além disto enraízam

fortemente o terreno próximo ao leito da estrada, ajudando a fixar o terreno e em alguns casos, contribuindo para a drenagem, funcionando como uma complementação de projeto. Algumas vezes, em situações onde a estrada está sujeita a enxurradas, as árvores podem ajudar a manter os taludes perpendiculares a corrente de água, por exemplo. Algumas árvores utilizadas, como o Eucalipto, que têm grande avidez por água, podem contribuir significativamente para a drenagem do leito do terreno, em regiões alagadiças.

Por outro lado, estas estruturas naturais, as árvores, quando presentes nas proximidades do acostamento (menos de 10 metros), oferecem um grande risco aos usuários. A rigidez do tronco de um eucalipto de 10 ou 20 anos, normalmente pode deter um veículo rodoviário qualquer, numa operação brusca, com a maior parte da energia cinética transformada rapidamente, através da colisão. Se fossem utilizadas arbustivas, por exemplo, elas poderiam ser dispostas em fileiras paralelas, funcionando de certa forma como grupos de barreiras frágeis.

A busca de espécies menos robustas deve ser feita preferencialmente entre as espécies nativas, procurando obter informações com entidades ou técnicos locais ou regionais ligados à questão ambiental. Em quase todas as regiões do Brasil, é fácil obter uma planta com características de manejo, crescimento, beleza, resistência e absorção de impacto, adequados. A utilização de espécies nativas atenua os impactos ao meio ambiente.

Existem problemas comuns a diversas rodovias do País, e principalmente nas rodovias de duas faixas mais antigas ou que passaram por readaptações para aumento de capacidade. Alguns destes problemas que podem oferecer um risco considerável aos usuários e são encontrados com grande frequência, como por exemplo:

- curvas apresentando geometria incompatível com as condições de segurança, com raios curtos, sem transição, com condições inadequadas de visibilidade e com superelevação e superlargura, insuficientes ou inadequadas;

- desníveis da faixa de rolamento em relação ao acostamento e deste último em relação ao terreno natural, com grande potencial de provocar capotagens;
- pontes estreitas, geralmente as rodovias são alargadas e as pontes não sofrem alterações, muitas vezes não recebendo sequer uma defesa, oferecendo um risco de submersão e/ou choque contra a mureta da ponte, proporcional ao fluxo e condições atmosféricas;
- falta de conspicuidade da sinalização, vertical e horizontal, sobretudo por falta de elementos reflexivos na pintura, aumenta o risco de todos os tipos de acidentes, principalmente os acidentes noturnos;
- defeitos no pavimento e nos acostamentos;
- presença freqüente de objetos fixos, como taludes íngremes de corte ou aterro, postes, muros de contenção, bueiros, valas e até suporte de placas, que não estão devidamente protegidos com defensas ou atenuadores de impacto;
- ausência de vedação (cercas), mesmo em áreas onde a presença de grandes quantidades de animais soltos é previsível, e que algumas vezes acaba provocando acidentes graves, principalmente à noite;
- cruzamentos e acessos inadequados e mal-iluminados, provocando um número anormal de abalroamentos transversais e atropelamentos;
- falta de instalações adequadas para pedestres e ciclistas (passarelas e ciclovias), em travessias urbanas.

Poderiam ser citados ainda muitos outros problemas que certamente contribuem para o catastrófico quadro apresentado pelas rodovias nacionais. São motoristas de risco, em veículos de risco se deslocando em rodovias de risco. Ainda dentro deste trabalho, no Capítulo V, serão ilustrados alguns aspectos aqui abordados, pela apresentação de uma análise sobre um caso/estudo, onde os

resultados mostram as conseqüências do "estado da prática" da segurança viária no País.

4.5.2 Rodovias de múltiplas faixas

As rodovias de múltiplas faixas (RMF) são instalações normalmente com duas pistas e duas ou mais faixas de rolamento por pista e por sentido. Neste tipo de instalação não existe a necessidade de que o veículo em ultrapassagem compartilhe a faixa oposta, com um fluxo contrário ao seu. Com isto, dependendo da qualidade da separação física entre as pistas de fluxo antagônico, o risco de colisões frontais pode sofrer uma redução drástica ou mesmo desaparecer.

Estas facilidades conseguem manter a velocidade de fluxo livre para fluxos relativamente altos, não apresentando reduções para volumes de até equivalente a 1400 CP⁹/h/faixa, em condições ideais, podendo apresentar uma taxa de serviço de até 2200 CP/h/faixa, quando seu nível de serviço (NS) cai para E. O seu nível de serviço é medido através da densidade média de fluxo, dada pela razão entre "fluxo por faixa" e "velocidade média do fluxo". Esta densidade pode variar de 7 CP/km/faixa (NS = A) a 25 CP/km/faixa (NS = E)

⁹ Este número supõe que todos os carros na corrente de fluxo são carros de passeio, portanto o ônibus, caminhões, e outros, devem ser convertidos para carros de passageiro, utilizando tabelas empíricas (HHCM, 1994)

A redução da complexidade, devido à segregação dos fluxos contrários, induz a uma diminuição teórica do risco de dirigir. Na prática, vai depender do comportamento. A sensação de baixo risco pode fazer com que os condutores compensem a redução do risco real através da utilização de uma velocidade muito elevada, incompatível com o veículo e/ou geometria da via.

Os fluxos opostos nas RMF podem ser segregadas com a utilização de pinturas ou tachões. Estas duas "soluções" parecem um tanto inseguras, uma vez que não interceptam os fluxos antagônicos, o que não parece razoável, considerando que as velocidades nestas instalações (4 faixas) podem ser bastante elevadas¹⁰.

A utilização de canteiros centrais, defensas simples, defensas do tipo barreira de concreto (ver Figura 4.5), pode dar uma importante contribuição à segurança, atenuando ou evitando as conseqüências das perdas de controle, impedindo que o veículo descontrolado invada as faixas com fluxo em sentido contrário.

Uma condição desejável é que, além de promover a segurança passiva (diminuindo a energia de uma colisão frontal), a barreira possa diminuir a probabilidade que um veículo se descontrola, por exemplo, utilizando uma tela ou vegetação antiofuscente. ou dispondo ao redor de si de uma área de reserva¹¹ (mais de 9m entre o fim da pista e a barreira), promovendo desta forma também a segurança ativa, reduzindo o número de ocorrências.



FIGURA 4.5 Pista dupla com barreira de concreto, e cerca antiofuscente

¹⁰ As rodovias rurais de 4 faixas não divididas são as únicas a apresentar taxas de acidentes mais elevadas que as rodovias rurais de duas faixas (RDF) (BRINKMAN e SMITH, 1984)

Estes dois tipos básicos de instalação, avaliado nesta seção e na anterior, vem sendo utilizados em áreas rurais, suburbanas ou urbanas. Conforme as características da área vão contar ou não com a interferência de cruzamentos, movimento de pedestres, presença de animais, veículos de tração animal, árvores, postes e uma infinidade de variáveis ambientais diferenciadas. Da intensidade destas interferências e do objetivo das instalações resultam as ações do âmbito da engenharia. Estas ações tentam solucionar os problemas operacionais provocados por mudanças nos fluxos, no ambiente, ou em ambos.

4.5.3 Tratamento dos conflitos com pedestres e ciclistas

No Brasil, assim como nos demais países que ainda não atingiram um desenvolvimento social aceitável, morrem mais pessoas por veículo em circulação e, dentre os mortos, a maioria está nos papéis mais vulneráveis (pedestres, os muito velhos e os muito jovens). O respeito aos pedestres é mínimo e isto pode ser percebido pela elevada incidência de pedestres entre os mortos no trânsito (ver Quadro 4.1), atingindo em algumas regiões do País, mais de 50% do total de mortes (DETRAN, 1995, CET; 1993; SMT/POA, 1996).

PAÍS	ANO	% DE	FONTE
Jordânia	1979	47%	JACOBS e SAYER (1983)
Kwait	1989	58%	JADAAN (1989)
Bélgica*	1990	10%	THOMAS (1992)
Holanda	1992	10%	LOURENS e VLEK (1992)
Japão	1992	20%	T.B./N.P.A.(1992)
Brasil	1994	44%	DENATRAN (1995)

QUADRO 4.1 - Percentual de atropelados em relação ao total de mortos no trânsito.

*Estes dados incluem mortos e feridos graves

Com a evolução do processo de motorização, à medida que o automóvel se torna acessível a mais pessoas, há uma tendência lógica de que aumentem o total de quilômetros rodados. Com isto os resultados indesejáveis do

¹¹ A área de reserva ou faixa livre além do acostamento (ver item anterior), é uma recomendação

trânsito se tornam mais aparentes, e certos problemas como os conflitos entre veículos e pedestres, por serem mais drásticos e óbvios, são os primeiros a exigirem tratamento. Nos países desenvolvidos, começou a haver uma diminuição da participação dos atropelados em fatalidades de trânsito na década de 60, através de um esforço de engenharia, e principalmente por uma priorização do pedestre, legislação mais severa, educação e fiscalização

Na área urbana a situação é mais grave, na cidade de São Paulo das 2.250 pessoas que morreram no local do acidente no ano de 1996¹², 63% eram pedestres, chegando a 80% em Belo Horizonte, segundo afirmou José Roberto Dias, então coordenador do Grupo Executivo de Segurança no Trânsito, para Revista Quatro Rodas em maio de 1997 (AMBRÓSIO, 1996).

Morrem atropeladas no País anualmente 12.000 pessoas e mais 60.000 ficam com lesões permanentes, pelo menos esta tem sido a média dos últimos cinco anos. Considerando que são computados apenas os mortos no local do acidente, estas mortes por atropelamento poderiam chegar, segundo avaliações conservativas¹³ (VIEIRA e outros, 1997), a 22.000, o que resultaria num custo anual para sociedade de R\$ 4.601.307.920,00 (Em 05/98 - custo de um acidente com morto = R\$ 209.150,36¹⁴), que permitiria a construção de mais de 16.000 passarelas.

As diferenças de massa e de velocidade entre veículos e pedestres exigem que os conflitos sejam tratados de forma tal que seja garantido o direito universal do ser humano de se deslocar, a pé, e em segurança. Este direito pode ser preservado através da utilização de facilidades destinadas a garantir o fluxo seguro dos pedestres. Conforme as características destes conflitos, podem ser utilizadas faixas de pedestres, semáforos com tempo para o pedestre, passarelas ou túneis.

que vale tanto para as RDF como para as RMF (AASHTO, 1990)

¹² Em 1986 morreram 1621 pessoas no trânsito de São Paulo, 271 em N. York e 43 em Tóquio, cidades do mesmo porte.

¹³ A pesquisa foi realizada num trecho da BR-101, próximo a Florianópolis, onde as condições de coleta e registro de dados parecem ser bem favoráveis em relação a média nacional descrita por TRINDADE (1988).

¹⁴ Este valor resultou da aplicação de um índice mensal de inflação (INPC/IBGE), sobre o valor de setembro de 1995, pelo DNER/MT (1996). (Dólar em 05/98 – venda – Comercial, 1,15; *Paralelo, 1,19; Turismo, 1,18)

A situação ideal, para o tratamento dos conflitos entre pedestres e veículos, é a segregação. Portanto a utilização de passarelas ou túneis, que separam fisicamente os fluxos, é a mais indicada pois garantem o direito ao deslocamento seguro pelo pedestres, e, ao mesmo tempo, mantêm inalterada a capacidade da rodovia, que mantêm seu fluxo livre da interferência dos pedestres

Da situação ideal para a realidade, temos, de um lado, o custo das instalações e a escassez de recursos; do outro, quanto a sociedade se dispõe a pagar pela sua vida ou qualidade de vida. O valor atribuído pelas sociedades motorizadas à vida e à qualidade de vida, tem sido um fator robusto para explicar os baixos índices de acidentes em alguns países (ELVIK, 1995). É claro que este efeito (a redução das taxas) não tem causa única, mas reflete todo o contexto cultural destes países. Mas, de qualquer forma, a utilização de valores mais altos, mais representativos das perdas reais, aumentam as chances de que se invista em tecnologia, qualificação técnica e educação específica. O conhecimento das dimensões reais do problema em si, parece fazer com que a vida humana no trânsito passe a ser mais valorizada, e com isto há um estímulo a se pensar e agir com mais segurança.

No Brasil, em geral, as taxas de fatalidades utilizadas nas análises de custo-benefício (ACB) partem da definição de morto em acidente de trânsito, como aquele que morreu no local do acidente, o que pode representar apenas metade do problema (ver Quadro 1.2).

Além disto, a parcela mais significativa do acidente, que são as seqüelas sociais, não está representada. O acidente pode abalar a integração social do indivíduo, temporariamente ou para sempre, podendo abalar, não só a vida do envolvido no desastre, mas também de todas as pessoas que interagem com ele material ou espiritualmente. Deste modo, a utilização de um número de vítimas fatais mais realístico e de um valor que considere o impacto a qualidade de vida dos acidentes, aumentaria as chances de projetos com ênfase em segurança numa ACB.

O custo médio de uma passarela de concreto está em torno de R\$ 2.313,73¹⁵ por metro linear (com largura de 1,69m). Então o preço de uma passarela para uma rodovia de duas faixas anda em torno dos R\$ 130.000,00. Portanto, mesmo utilizando o valor, relativamente baixo, do acidente fatal brasileiro, teríamos o retorno do investimento com apenas um atropelamento fatal evitado. As passarelas ou túneis devem ser aplicados sempre que os resultados obtidos com outros tratamentos não se mostrarem satisfatórios na eliminação das ocorrências ou se a presença deles estiver em desacordo com as características operacionais da rodovia.

Quando são avaliados os benefícios de contramedidas, normalmente se parte dos números oficiais, que deixam de fora os mortos fora do local do acidente. Existe aí uma subestimativa da ordem de 45% (55% das mortes foram no local) para a BR-101, na área de influência da Grande Florianópolis. Além disto, são computados os custo diretos e a perda de produção, mas não há nenhum valor imputado à perda da vida ou qualidade de vida. Em países altamente motorizados, os valores relativos à perda da qualidade de vida apresentam um valor bem mais elevado que a soma da outras duas parcelas (ver Quadro 4.2).

PAIS	PERDA DA CAPACIDADE PRODUTIVA	C. DIRETOS	PERDA DA QUALIDADE DE VIDA	TOTAL (US\$)
Suíça	932.690,00	5.560,00	1.535.950,00	2.474.200,00
Usa	530.000,00	130.660,00	1.779.200,00	2.440.840,00
Finlândia	628.890,00	1.390,00	988.290,00	1.616.570,00
Suécia	139.000,00	6.950,00	1.466.450,00	1.612.400,00
Inglaterra	76.450,00	1.390,00	1.011.920,00	1.089.760,00
Brasil*	-	-	-	168.347,00

QUADRO 4.2 - Custos para fatalidade de trânsito (Elvik- 1995). *(Custo do acidente com morto, valor aproximado em setembro de 95, R\$ 168.347,00 (DEST, 1995).

¹⁵ Este valor é uma média (desvio padrão = R\$ 477,00), do custo de 8 passarelas construídas, ou em construção, na BR-282/SC e na BR-381/MG (Fernão Dias) - (20/05/98 - 1 Real = U\$ 0,84 -

A utilização de faixas de pedestres é adequada apenas às instalações de fluxo interrompido, com um fluxo de veículos reduzido ou que utilize controle semaforizado com uma fase destinada à travessia de pedestre.

Uma medida de segurança simples e eficiente é manter sempre bem dimensionados e regulados os semáforos. Segundo um estudo realizado pelo Greater London Council (GLC), o tempo que um semáforo fica fechado influi diretamente no comportamento de quem espera na calçada, e, à medida que o tempo de espera cresce, aumenta a percentagem de pessoas que se expõem ao risco atravessando entre as brechas deixadas entre um carro e outro (AMBRÓSIO, 1997).

A maioria das pessoas considera que um tempo de espera de 15s é indesejável, e de 30s altamente indesejável, sendo que com esta espera 60% destas decidem tentar atravessar. O estudo do GLC aponta 2 min (tempo utilizado na prática em muitos semáforos) como sendo inaceitáveis, onde é quase impossível reter algum pedestre na calçadas.

A localização de facilidades de pedestres como a faixa de segurança e os semáforos se restringe a ruas e avenidas urbanas ou suburbanas com fluxo interrompido. Os locais adequados são determinados pelos interesses e tendência de fluxo dos pedestres (acessos a escolas, edifícios onde funcionam serviços públicos, na continuidade de calçadas de grande fluxo de pedestres) e pelas condições de visibilidade para os condutores (junto às esquinas e com sinalização ostensiva).

Nas instalações urbanas de fluxo descontínuo, além das faixas de pedestres e juntamente com a aplicação destas, podem ser alocados tempos especiais para pedestres em semáforos destinados à travessia dos mesmos, com tempo adequado à paciência e necessidades do pedestre. Se não for possível incluir no ciclo do sinal um tempo fixo adequado ao pedestre, então que inclua ao menos um tempo acionado manualmente (por botão).

Em todos os casos onde ocorrem atropelamentos ou existe a possibilidade que estes venham a ocorrer, deve se pensar efetivamente na

construção de um túnel ou passarela, pois uma única vida salva, pode pagar o custo de uma instalação deste tipo.

Na análise de implantação de faixas de pedestres, túneis ou passarelas, devem ser previstas formas de induzir os usuários à utilização do sistema, pois a simples presença da facilidade não paga por si o investimento, é preciso que ele salve cada vida que pode ser salva. Algumas considerações mínimas que devem ser observadas para a solução de conflitos entre veículos e pedestres:

- as faixas de pedestres podem ter sua eficiência incrementada pelo ganho de confiança no sistema por parte dos usuários através de medidas como a temporização correta dos semáforos e a fiscalização intensiva, inclusive eletrônica;
- as instalações (túneis, faixas...) devem ter sua utilização estimulada através de boas condições de acesso (rampas suaves, deslocamentos extras mínimos, conforto, sinalização, informação), e, se possível penalizando a travessia fora dela (através de cercas, canteiros, muretas e similares);
- uma parcela importante da população apresenta algum tipo de limitação física ou necessita transportar algum veículo ou equipamento (bicicletas, carrinhos de mão...) e isto deve estar presente no projeto;
- os túneis costumam exigir menor esforço dos usuários (menores deslocamentos verticais);
- as passarelas são mais seguras quanto à ocorrência de assaltos, devido à iluminação natural e à visibilidade a partir da via pública;
- os túneis geralmente necessitam de menor área e não interferem na estética ambiental, mas se mostram menos seguros em regiões com alta taxa de criminalidade (favorece assaltos);
- a segregação dos fluxos através de túneis ou de passarelas, deve ser obrigatoriamente a solução para os conflitos entre pedestres e veículos, quando a instalação operar em fluxo contínuo (vias expressas, rodovias rurais, auto-estradas, etc..).

Os conflitos entre veículos automotores e bicicletas guardam alguma semelhança com os conflitos entre veículos e pedestres, devido à semelhança das relações físicas entre as massas e entre as velocidades. Além daquelas facilidades utilizados pelo pedestre, que podem servir também a um pedestre empurrando uma bicicleta (passarelas, túneis, faixas), devem ser oferecidas ciclovias sempre onde os fluxos reais ou potenciais assim determinarem (AASHTO, 1990, HCM, 1994). Onde os conflitos forem de menor importância, pode se aumentar a segurança através da do alargamento do acostamento e demarcação de uma ciclovia no mesmo. Neste caso a rodovia deve ser devidamente readaptada, corrigindo elementos que podem oferecer risco ao ciclista (bocas de lobo, sarjetas, desníveis e etc.) e adequando a sinalização.

A bicicleta é um importante elemento a ser considerado no desenvolvimento de um projeto rodoviário. A sua utilização vem crescendo muito, e apresenta um excelente potencial de crescimento, devido a fatores como:

- baixo custo e fácil acomodação aos espaços no trânsito ou em estacionamento;
- custo compatível com o baixo padrão de renda da população do país;
- a valorização da necessidade de exercícios físico e preservação do ambiente;
- clima adequado o ano inteiro na maior parte do território nacional (Brasil).

A demanda para este tipo de transporte deverá continuar crescente, principalmente se for estimulado através da oferta de instalações adequadas. Hoje, a maior parte da quilometragem de vias disponível para este veículo esta inserido dentro próprio sistema viário tradicional, sem qualquer adaptação no projeto das ruas e estradas existentes. Porém com a aplicação de capital considerada de baixa intensidade pode-se incrementar a segurança e a capacidade deste modal através de medidas tais como:

- pavimentação de acostamento¹⁶;
- reservar uma largura de faixa de no mínimo 4,5 metros, quando não houver um espaço demarcado para o ciclista (AASHTO, 1990, HCM, 1994);
- adoção de sistema de drenagem de rua segura ao ciclista;
- manutenção das superfícies deixando-as suaves e limpas.

Em certos corredores mais importantes será necessário suplementar a infra-estrutura viária com a construção de ciclovias. O detalhamento de projetos deste tipo pode ser obtido no Capítulo 14 do HCM (1994), e no trabalho “Guide for development of New Bicycle Facilities da AASHTO” apud AASHTO (1990).

4.5.4 Tratamento dos conflitos entre veículos

O tratamento de uma interseção vai ser determinado de certa forma pelo custo agregado dos tempos perdidos pelos veículos parados na interseção, custos relacionados às perdas em acidentes e aos danos ambientais. Estes tratamentos vão desde as simples regulamentação através de placas do tipo “pare” ou “dê a preferência”, passando pelo tratamento em nível, semaforizado ou não, e indo finalmente até o tratamento em desnível ou tridimensionais (elevados, túneis).

A solução para os problemas no âmbito da engenharia de tráfego e civil, encontram-se devidamente expostos na literatura técnica, com soluções adequadas para cada volume e característica do fluxo (SENÇO, 1980; AASHTO, 1990; HCM, 1994). Nestes trabalhos são encontrados todos os subsídios para o tratamento dos conflitos, não cabendo aqui reproduzi-los. Procura-se, em vez disso, mostrar que o que ocorre em nossas estradas é um problema previsível e evitável. Quando está disponível o conhecimento e, existe até uma reserva de tecnologia disponível a ser transferida, a questão passa a ser de opção, seja ela consciente ou não. A questão não é construir o maior número de quilômetros com

¹⁶ Este tratamento está associado a reduções significativas também em acidentes envolvendo ultrapassagens, colisões traseiras e perdas de controle (OGDEN, 1997)

determinada importância e sim obter a melhor retorno de benefícios da aplicação daquela importância.

À medida que os tratamentos saem da simples placa de regulamentação, intensifica-se a necessidade de aplicação de capital. Quase sempre tem que ser feito um balanço entre a redução na taxa de risco e a soma necessária à execução do projeto. Esta importância, conforme o tipo de tratamento, pode ser necessária para realizar desapropriações, construções, contratação e/ou treinamento de mão-de-obra especializada, aquisição e operação de semáforos, sensores, sistemas de monitoramento, execução e conservação de obras de arte, e desenvolvimento ambiental.

O retorno dos investimentos em segurança são obtidos de forma indireta, isto é, através da redução da taxa de ocupação de emergências hospitalares (onde mais de 60% dos ocupantes são acidentados do trânsito), do número de pensões pagas, de indenizações pagas, de perda de produção e outros. Estes retornos, infelizmente são benefícios prováveis mas não tão palpáveis, ou seja, não podem ser filmados, fotografados ou ser utilizados promocionalmente. Embora a principal parcela, em termos financeiros, seja a correspondente à perda de qualidade de vida, ela é ainda menos palpável, sendo necessário que se faça um trabalho de base, que conscientize a população.

O valor da vida ou da perda da sua qualidade não tem sido adequado, e mesmo com utilização de metodologias mais justas e economicamente mais adequadas, ainda têm sido constatadas incoerências. HAUER (1994) mostra um caso de um tratamento numa interseção onde os anos potenciais perdidos (por mortes), valiam menos que o mesmo tempo perdido no trânsito. Ou seja, é considerado melhor que se percam 30 anos potenciais de vida, do que se perder 30 anos em congestionamento (soma dos tempos perdidos de todos os veículos), fazendo Hauer ironicamente concluir que *"vale mais a pena morrer do que ficar preso em um congestionamento"*.

Uma sugestão imediata é que jamais se pondere a perda da vida ou da qualidade de vida, com uma importância menor que a atribuída ao valor do tempo perdido. Seja qual for a metodologia aplicada para determinar as perdas relativas à qualidade de vida (decisões judiciais, disposição de pagar, perda de produção

mais custos subjetivos, tetos de indenizações de seguro) (ELVIK, 1995), mas o valor unitário estabelecido deve ser maior que o do tempo perdido no trânsito.

As tentativas de relacionar, matematicamente, a presença ou ausência e a qualidade de certos elementos com o número de ocorrências não tiveram muito sucesso. Isto não significa que certos fatores como curvas inadequadas ou má sinalização, não tenham influência sobre a acidentalidade. Ela pode ser até bem grande, mas o número de repetições tem que ser relativamente elevado, para que se possa perceber isto em um fenômeno raro como o acidente de trânsito. Por outro lado, as condições de tráfego, meteorológicas e de luminosidade, bem como as oscilações eventuais de humor e comportamento podem ter uma influência tão grande nos dados estatísticos de acidentes, a ponto de mascarar a influência de um tratamento à sinalização ou geometria da via, funcionando como uma variável "confounder" (ver Capítulo III). Muitos fatores externos a um tratamento podem influenciar na ocorrência de acidentes num determinado ponto, como por exemplo:

- presença ocasional de uma viatura no trecho e no período em análise;
- degradação ocasional de características climáticas e ambientais (chuvas, ofuscamento, neblina, barro e etc..);
- presença de defeitos na pista, manchas de óleo ou outra substância;
- mudanças de comportamento devido à interferência de influências psicossociais de ocasião;
- mudanças de comportamento devido a comemorações de caráter regional;
- falta de adaptação dos condutores e pedestre a mudanças no sistema viário.

A presença comum de interferências, a própria raridade do eventos e a inadequação da base de dados normalmente disponíveis, tornam muito difícil a modelagem do fenômeno para conclusões ou projeções de curto prazo, tão necessárias à avaliação. A participação do elemento humano é sempre decisiva, quer reagindo positivamente a uma pobreza da segurança viária em determinado

trecho, redobrando a vigilância, ou negativamente, compensando uma estrada mais larga com a utilização de velocidades incompatíveis.

Na avaliação do problema de segurança, parece bastante promissora a idéia de se utilizar sistemas de informações, referenciando os principais elementos de projeto que possam ser do interesse da segurança. No Capítulo V, é utilizado um programa em Delphi 3.0, para demonstrar a importância de se utilizar técnicas alternativas para a avaliação de contramedidas de acidentes. Elas devem oferecer o máximo de informação (acidentes, rodovia, cidades, acessos, etc.), para que se possa analisar no tempo e no espaço um problema onde o modelo tradicional muitas vezes não oferece soluções confiáveis.

4.5.5 Medidas de caráter geral para melhorar a segurança nas rodovias

Em qualquer deslocamento realizado dentro do sistema viário nacional, por menor que seja, é relativamente fácil identificar situações de risco. São curvas sem a superelevação adequadas, barreiras ausentes ou inadequadas, falta de instalações para pedestres e ciclistas, sinalização ausente ou deficiente, fiscalização ausente ou deficiente, falta de acostamentos, pontes estreitas, conflitos de fluxo mal resolvidos.

Embora o interesse desta seção seja o sistema viário, deve considerar que é muito raro que um acidente seja o resultado de uma causa única. Existem influências que podem ser organizadas segundo três grupos: do elemento humano, do elemento veículo e do elemento rodovia

Um erro de julgamento ou percepção ou ainda um ato falho de condutor pode levar a um acidente. As estradas devem ser projetadas de modo que ele necessite tomar apenas uma decisão de cada vez, e informado através de sinais bem visíveis, não seja surpreendido por uma situação onde não tenha tempo ou espaço suficiente para decisão segura. SCARIGELLA (1995) sugere uma metodologia composta por alguns itens, selecionados a partir de uma ampla compilação de uma ampla compilação de estudos internacionais, sugere uma metodologia composta dos seguintes itens:

- utilização de um formulário adaptado ao cenário em estudo, orientando a análise de cada tópico (checklist);
- treinamento da equipe técnica, selecionada entre os especialistas ou pessoas mais afins com a engenharia de tráfego;
- vistorias aos locais de cada projeto ou parte, identificando e registrando no campo alguns fatores só perceptíveis no local;
- emissão de parecer técnico, consistindo na emissão de um laudo com as conclusões e recomendações da perícia sobre cada elemento ou seção do objeto de perícia;
- interação com as equipes de projeto, com a discussão detalhada com os projetistas, permitindo enriquecer o projeto.

O risco de um acidente ocorrer é minimizado quando são oferecidos aos usuários sistemas onde o número e complexidade de decisões é menor, por exemplo, substituindo um cruzamento semaforizado por um elevado. Os grandes conflitos portanto, quase sempre exigem soluções de capital intensivo. Então é altamente recomendando que se adotem medidas que visem a preservar a capacidade e segurança das vias, minimizando os gastos futuros.

4.5.5.1 O controle de acessos e a manutenção da capacidade

O número de conflitos devido a interseções, travessias de pedestres, ciclistas e animais, está diretamente relacionado com o número de acidentes (MIAOU, 1994; NAVIN e outros, 1995; MOUNTAIN e outros, 1997). Este fato torna o controle de acesso a medida mais eficiente para a redução dos acidentes (AASHTO, 1990). O controle total de acesso é caracterizado pela priorização do fluxo principal, com acesso seletivo a certas vias pública importantes, e pela proibição dos cruzamentos em nível e com a adoção de critérios seguros e não perturbadores da fluidez no fluxo principal.

O controle total de acessos é de difícil implementação, devido a resistências naturais, dos proprietários à divisão física de sua propriedade, por

uma rodovia, onde ele terá um custo de acesso provavelmente elevado¹⁷. Porém é uma medida que preserva a capacidade e mantém o traçado original, permitindo o acesso somente em locais e situações especiais, com uma geometria que minimize as perturbações ao fluxo e a segurança. Com isto há uma organização do processo de urbanização, que terá mais estímulos para se estabelecer ao longo das rodovias de acesso do que da principal.

A velocidade, já amplamente debatida nas seções anteriores, é um importante fator contributivo para os acidentes, mas não parece totalmente adequado dizer que uma determinada velocidade é mais segura do que outra para qualquer combinação de condutores, veículos, fluxo, via e ambiente. Se uma estrada oferece condições adversas, é claro que uma velocidade média mais baixa deve gerar menos acidentes, mas isto também diminui a capacidade da rodovia. Portanto, nem todo o risco oferecido pode ou deve ser compensado, através da limitação da velocidade.

A preservação da estabilidade do fluxo contribui decisivamente para a manutenção da capacidade da via e para a sua segurança. As perturbações de fluxo, caracterizadas por impactos na distribuição de velocidades, aumentando a sua variância, tem grande influência sobre a segurança. Então, as soluções que segregam os fluxos tais como, pontes, passarelas, túneis e elevados, ou que ajudam a compatibilizar as velocidades, como as faixas de aceleração e desaceleração, reduzem as perturbações nos fluxos, contribuindo para elevar os níveis de segurança. (SENÇO, 1980; AASHTO, 1990; HCM, 1994).

4.5.4.2 As bases da identificação e do controle ou eliminação de elementos de risco em rodovias

Para a identificação de elementos de risco, devem ser analisadas as principais variáveis que podem influir nas probabilidades de ocorrência dos eventos, tais como fluxos, condições do tempo ou qualquer outra que possa ser

¹⁷ O custo é dito elevado porque o proprietário terá acesso a rodovia somente em determinados locais, escolhidos em função do equilíbrio da distribuição de acessos a pontos geradores de fluxo, e não para atender aos seus anseios.

controlada¹⁸. Desta análise, onde deve ser possível utilizar níveis de agregação diferentes (acidentes, acidente com morto, mortos, atropelados, colisão frontal e etc.), e onde pode se distribuir os tipos de acidentes resultantes sobre o mapa do cenário, constituindo um mapa temático específico. O cruzamento das informações de cada segmento, possibilita relacionar diretamente o detalhe em planta com o tipo de acidente (ver Capítulo VI).

O processo proposto, de desagregação e superposição em planta, permite identificar melhor não só as variáveis do tratamento, como também a auxiliar no controle das "confounders" (ver Seção 1.4), que podem responder por grande parte da variação nos números de ocorrências. A seguir serão enumeradas algumas das principais fases presentes em análises de segurança de um segmento rodoviário qualquer.

1. Análise das séries históricas das taxas de acidentes, dos fluxos e dos incidentes, em segmentos com características diferentes de fluxo e capacidade. O ideal seria poder dispor de informações, para cada ocorrência, sobre o volume médio de tráfego no momento da ocorrência, das condições do tempo, condições de ofuscamento, assim como eventos que possam elevar o consumo de álcool.

2. Avaliação dos resultados numéricos dos acidentes utilizando várias formas diferentes de agregação de dados (ex: atropelamentos (B), colisões frontais (CF), colisões traseiras (CT)), e distribuição das ao longo de uma representação conveniente do traçado e seu ambiente. Com isto pode ser construído um mapa temático, associando cada trecho com os tipos de ocorrência mais frequentes (ver Capítulo VI). Esta técnica facilita a percepção das relações entre o tipo de ocorrência e o conjunto geometria/desenvolvimento ambiental.

3. Procurar identificar possíveis alterações no processo de urbanização ou de mudança do uso do solo na margem da rodovia, para prevenir conflitos. A simples instalação irregular de barracas de venda de produtos junto ao acostamento, pode dar início a um processo de ocupação, que por iniciar de forma clandestina, não costuma ter acessos adequados.

¹⁸ Diz-se que ela é controlada quando pode ser isolado o seu efeito.

4. Investigar o local das ocorrências utilizando inclusive câmaras fotográficas e de vídeo, buscando encontrar elementos menos óbvios ligados ao cenário real, recolhendo o máximo de informações possível da geometria, pavimento e sinalização, desenvolvimento ambiental e etc.

5. Verificar se existem, no entorno das margens da rodovia, áreas livres. Estudos indicam que mesmo em pistas de alta velocidade, 80% dos condutores que perdem o controle dos veículos, conseguem retomá-lo quando existe uma disponibilidade de mais de 30 pés (9,15 m) de espaço livre após a margem da rodovia. (AASHTO, 1990),

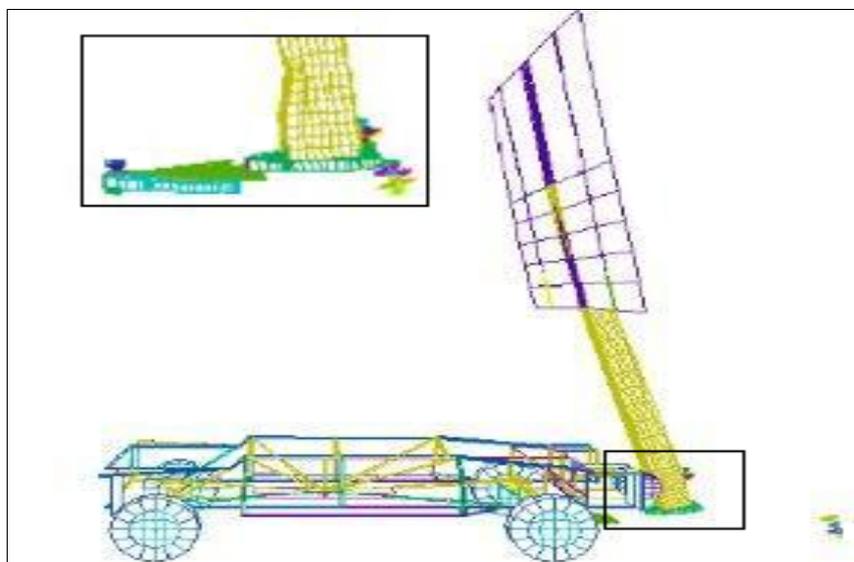


FIGURA 4.6 Modelo tridimensional de um suporte deformável com a base desmontada pelo choque sobre base frágil, com o detalhe acima.

6. Identificar e remover objetos fixos removíveis, tais como taludes perigosos, árvores e postes, pedras suportes de sinalização. No caso de suportes, eles devem ser colocados a uma distância superior a 9 ou 10m do acostamento, ou então serem montados sobre bases frágeis e com estrutura menos rígida, conforme o modelo desenvolvido pelos engenheiros do Instituto de Transportes do Texas e aprovado pelo TRB (Transportation Research Board; MARION, 1998) (ver Figuras 4.6 e 4.7). Na verdade, eles consistem em simples perfis de aço, relativamente leves e que oferecem pouca resistência em caso de colisão, montados sobre uma base de fixação. Esta base em caso de impacto

forte (da colisão de um carro), libera o perfil da base, não oferecendo resistência ao movimento do veículo. Isto reduz sensivelmente os danos aos veículos e riscos de ferimentos aos seus ocupantes



FIGURA 4.7 - Foto-seqüência de um teste de colisão do Ford Fiestiva contra um suporte deformável a 60 mph (96,5 km/h), resultando apenas em danos materiais superficiais.

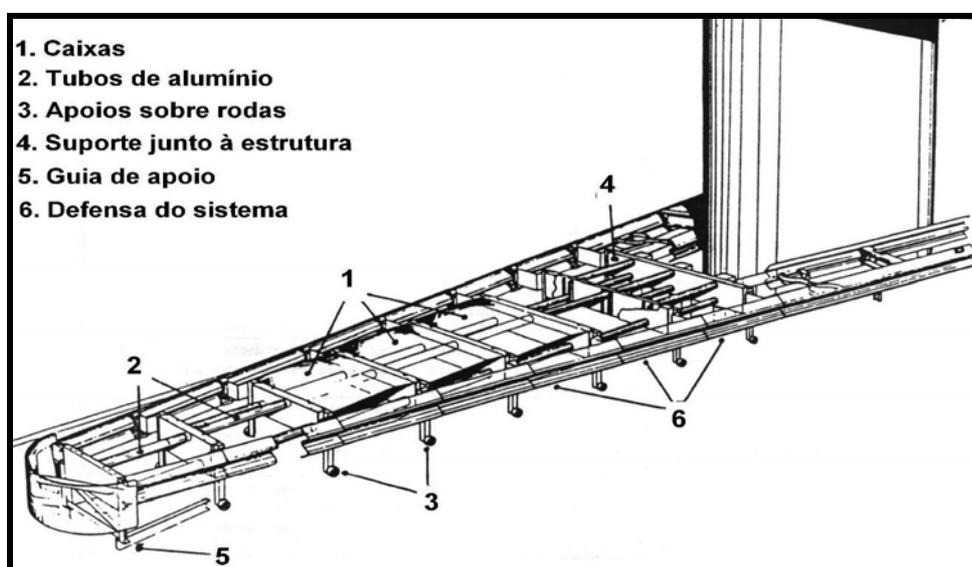


FIGURA 4.8 - Atenuador de impacto colocado junto a um pilar (ELVIK, 1995a).

7. Tratar adequadamente os conflitos entre veículos e entre veículos e pedestres (ver Seções 4.5.3 e 4.5.4).

8. Proteger objetos que não possam ser removidos, com a utilização de atenuadores de impacto ou de defensas (ver Figuras 4.8 e 4.9).

A seguir serão descritos os tipos básicos de defensas, e em seguida serão apresentadas as relações de discrepância, utilizadas por ELVIK (1995a) para estabelecer os níveis de risco de cada tipo de defesa.

As defensas utilizadas na lateral do atenuador, são do tipo deformáveis suaves. Elas também podem ser construídas nas versões rígidas (barreira de concreto), deformáveis em base rígida (sustentadas por postes de aço pouco espaçados), deformáveis em base suave (sustentadas por postes de madeira afastados).



FIGURA 4.9 - Colocação de defesa em base suave, numa curva da BR-101

Existem ainda as dóceis (tipo mureta de baixa resistência).

Segundo estudo realizado por ELVIK (1995a), a colocação de barreiras e defensas no centro de rodovias de 4 faixas, aumenta o número de incidentes, diminuindo porém a severidade das ocorrências. A avaliação deve ser feita portanto, através de uma relação de discrepância, onde se mede a mudança na probabilidade de um acidente fatal (MPAF), conforme a equação 4.1.

$$M P A F = \frac{N A F C D / N T A C D}{N A F S D / N T A S D} \quad (4.1)$$

onde:

NAFCD, NTACD, NAFSD e NTSD, são respectivamente os números de acidentes fatais e o número total de acidentes para as situações “com” e “sem” defensas.

A mesma ferramenta pode ser utilizada na avaliação de outros tipos de contramedidas, utilizando o número de acidentes segundo a distribuição de uma dada severidade, e que tenham uma relação forte com a medida adotada, por exemplo, a adoção de barreira intransponível, impossibilita a colisão frontal entre veículos de faixas opostas. Neste caso, o número de acidentes tende a ser um pouco maior, enquanto a severidade diminui.

Muitas vezes os condutores de veículos fora de controle valem-se do espaço oferecido pelo canteiro central ou até faixas opostas para reassumir o controle do seu veículo, logo a colocação de uma barreira limita este espaço. Com isto tem-se uma pequena tendência de aumento do número de ocorrências. Por outro lado, há uma redução na severidade das ocorrências, devido à eliminação das colisões frontais, acidentes graves devido as velocidades relativas no choque serem dobradas. A situação ideal seria utilizar um canteiro central amplo (ver Figura 4.10), 20 m no mínimo, e ainda colocar uma barreira central intransponível, similar à apresentada na Figura 4.5.

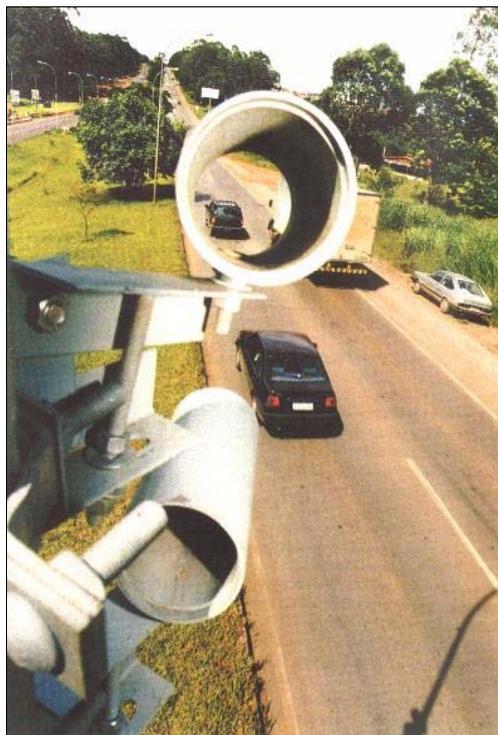


FIGURA 4.10 - Rodovia de 4 faixas separada por canteiro, equipada com pardais¹⁹

As soluções localizadas, pontuais devem ser vistas com algum cuidado. Segundo demonstra a experiência de outros países, a implementação da segurança de um sistema, deve buscar o ótimo global, do todo, evitando que o problema apenas troque de lugar (BOYLE & WRIGHT, 1984, MacGUIGAN, 1985; PERSAUD, 1987; MAHER, 1987).

As contramedidas necessárias ao sistema viário nacional são mais ou menos óbvias no que tange à engenharia rodoviária. Na BR-101, durante um rápido passeio numa espécie de reportagem investigativa de uma emissora local, em menos de 2000m (entre os quilômetros 211 e 212) foram encontrados vários elementos de alto risco, entre eles um muro de contenção de concreto colocado rente ao acostamento, contíguo ao mesmo, duas muretas de ponte, nos dois casos, sem qualquer tipo de sinalização ou defensas.

¹⁹ Pode ser visto em primeiro plano o detalhe de um pardal vandalizado numa rodovia de 4 faixas em Brasília

Ainda considerando o trajeto anterior, avançando mais 6 quilômetros, existe um cruzamento onde o fluxo excede à capacidade regularmente há alguns anos, provocando uma fila no fluxo secundário que se estende por mais de 3 km. Além da taxa de fluxo exceder a capacidade em muitos períodos, existe uma forte presença de pedestres e ciclistas, que não encontram a sua disposição passarelas ou ciclovias. Complementando, a avaliação do trecho, pode se dizer que a sinalização vertical e horizontal, ou não apresenta a conspicuidade adequada ou está ausente.

Este segmento de rodovia se encerra dentro de um trecho de cerca de 218 km que felizmente está tendo sua capacidade aumentada, pela construção de uma pista adicional. A obra em curso não pode servir de justificativa para a desatenção com a segurança, pois independente deste fato, continuam passando no trecho visitado (km 212 ao 218), mais de 25.000 veículos ao dia. Há um tempo total de exposição total²⁰ muito elevado, a um risco bastante evidente, para ser ignorado.

Esta situação pode ser tomada como geral, levando em consideração a pesquisa anual publicada pela CNT (1998a), que considera a sinalização do trecho entre o km 200 e o km 252 como possuindo uma sinalização considerada boa, o pavimento ruim e a engenharia deficiente. A avaliação global do trecho foi “ruim” numa escala ótimo, bom, deficiente, ruim e péssimo, o que pareceria acertado se não fosse o conceito “bom” atribuído à sinalização.

Deste modo, mesmo que a sinalização considerada seja boa relativamente a outras BRs, em muitos trechos, ela praticamente inexiste. Salvo em alguns trechos, sobre obras de arte, a sinalização é totalmente ineficiente à noite, principalmente sob baixas condições de visibilidade (chuva ou neblina).

4.6 Considerações finais do Capítulo

Neste Capítulo foram abordados alguns tópicos relativos à questão da segurança viária mostrando através de dois tipos básicos de instalação, os problemas desde sua origem (planejamento) até os processos que levam à

descaracterização da instalação e degradação da nível de serviço e suas consequência sobre as características de operação e segurança. O próximo Capítulo tratará na primeira parte, da segurança veicular e no final, é analisada a participação do homem (infra-estrutura humana) na segurança viária, participação esta, que já vem sendo gradualmente revisada e comentada ao longo dos Capítulos III e IV.

²⁰ O tempo de exposição total é a somatória dos tempos de utilização de todos os usuários do trecho.

CAPÍTULO V

5. ASPECTOS FUNDAMENTAIS DO CONTROLE DOS FATORES VEICULARES E HUMANOS PRESENTES NA SEGURANÇA DO TRÂNSITO

5.1 Introdução

Este Capítulo relaciona a velocidade, descrita até aqui como uma variável de projeto, à energia envolvida durante o deslocamento dos veículos automotores. Esta relação é necessária, a princípio, à avaliação das contramedidas de caráter passivo e passivo no âmbito da segurança veicular, facilitando o entendimento dos limites das tecnologias disponíveis ao modelo homem/automóvel adotado atualmente. Então, a partir deste entendimento, podem ser discutidas as questões comportamentais e sua conseqüências.

Na Seção 5.2, é feita uma avaliação da posição social e cultural do trânsito brasileira, traçando um paralelo entre a evolução das sociedades altamente motorizadas e o processo de motorização acelerado que atravessa o Brasil. São realçadas as diferenças, refletidas pelas taxas de acidentes, e, principalmente, as semelhanças apresentadas em séries mais longas, o que permitem que se possa inferir a respeito de alguma medidas adotadas em outras nações e sua aplicabilidade nas sociedades motorizadas emergentes.

A partir da Seção 5.3, são apresentadas as principais características e é feita uma análise sintética do CTB (Código de Trânsito Brasileiro), sob uma ótica multidisciplinar. Este instrumento que pode, pelo menos potencialmente, contribuir para a melhoria das condições de segurança no trânsito do país, deverá no entanto sofrer aperfeiçoamentos. Como qualquer contramedida de acidente, mesmo de caráter global, deve ser continuamente avaliada e aperfeiçoada para que atinja seus objetivos.

5.2 O veículo e a segurança viária

O primeiro acidente rodoviário ocorrido no Brasil, que se tem notícia, foi protagonizado em 1901 pelo ilustre condutor Olavo Bilac. Ele perdeu o controle do veículo e chocou-se contra uma árvore a 3 km/h, velocidade baixa o suficiente para garantir que, nem ele nem José do Patrocínio, proprietário e passageiro do automóvel, se ferissem (JOÃO DO RIO apud MAGALHÃES, 1972). De lá para cá, os veículos ganharam velocidade e muitos atingem velocidades bem superiores à 200 km/h. Estas velocidades só podem ser praticadas com segurança por pilotos profissionais e em pistas especiais, pois nas rodovias normais existem os limites impostos pela velocidade de projeto e, principalmente, pela interação com outros veículos e usuários (ver Seções 3.4.3 à 3.4.3.2).

Com a evolução dos projetos rodoviários e de veículos, e, com o conseqüente aumento das velocidades médias, os veículos automotores foram se transformando em armas letais pela simples ação das leis da Física. Os veículos de um modo geral (carros, motos, ônibus e caminhões) são relativamente pesados e velozes, obrigando os condutores a controlar uma quantidade de energia muito grande. De acordo com o que Newton enunciou há cerca de 300 anos, quanto maior for a massa de um corpo, é necessária mais força tanto para movê-lo quanto para pará-lo (ver Equações 3.3 e 3.4).

Para um veículo qualquer se movimentar, ele necessita de uma fonte de energia (combustível, eletricidade...) que, devidamente transformada, produz o deslocamento desejado. Uma vez em movimento, ele pode ser parado, adequadamente, através do freio, pela transformação gradual da energia cinética produzida durante o movimento do veículo em calor, através do atrito. Se o veículo, eventualmente, for parado pela colisão frontal contra um poste ou um ônibus, há transformação energética violenta, produzindo ruído intenso, calor e uma deformação na lataria, que tende a diminuir o seu comprimento inicial, graças as forças atuantes durante a colisão (ver Quadro 5.4)

Quando algum elemento compromete a segurança ativa do sistema, os freios, por exemplo, isto pode resultar em uma colisão, fazendo com que, durante algumas frações de segundo, atue sobre o veículo, uma grande desaceleração.

Se ele desenvolve, por exemplo, uma velocidade de 80 km/h e colide contra bloco rígido de concreto, tem sua velocidade reduzida de 80 a 0 km/h num espaço de tempo ínfimo, de 120 a 150m, durante os quais é deformado um certo comprimento do veículo. Os ocupantes e cargas, que acompanhavam o movimento do veículo, tendem a ser arremessados, devido à inércia, contra o interior do veículo.

Para reduzir a velocidade de um carro sem que isto provoque danos ou transtornos aos seus ocupantes, é necessário que a força que se opõe ao movimento seja aplicada de uma forma controlada, que não estanque o movimento bruscamente ou desestabilize o veículo. Isto é feito através do sistema de frenagem, num processo que inicia com a pressão sobre o pedal de freio. Em seguida, esta pressão é transmitida através das tubulações de um sistema hidráulico, que transmite a pressão até as pastilhas ou lonas, que atiram com o disco ou tambor (ver Figura 5.1). Assim, a velocidade de giro das rodas é reduzida retendo o veículo, se as condições de atrito entre pneu e pavimento permitirem.

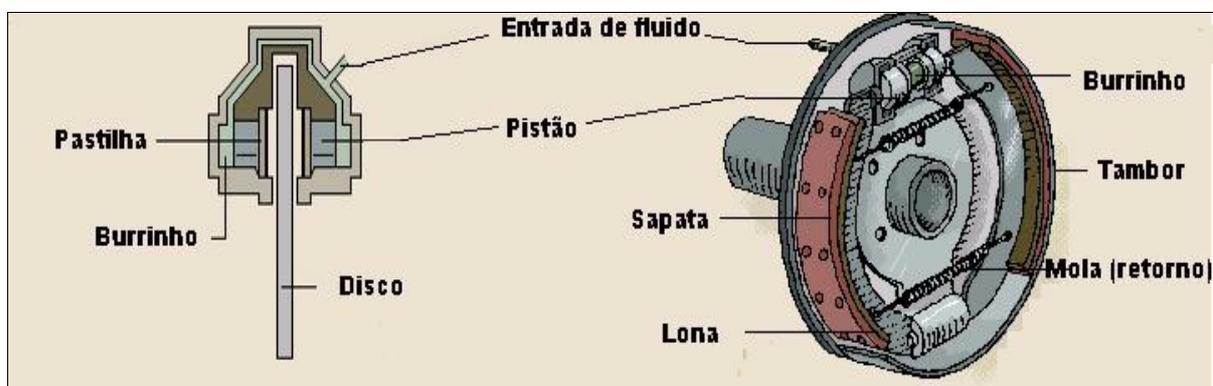


FIGURA 5.1 - Esquema básico de um freio a disco (esquerda) e a tambor (direita)

A distância necessária para reduzir a velocidade de um veículo a zero é proporcional à massa e velocidade do veículo. Os ônibus urbanos¹, por exemplo, são projetados para circular a um pouco mais do que 50 km/h. Então, o espaço necessário para um condutor imobilizar este tipo de veículo de forma segura, deve

¹ O exemplo proposto é de um ônibus com uma massa total (incluindo passageiros sentados) de 16.000 Kg (Mercedes-Benz, 1995)

ser algo entorno de 50 metros, isto sob condições ideais². Quando estes veículos desenvolvem 100 km/h, no entanto, a necessidade de espaço para que possam ser parados sobe para cerca de 150 m (ver Quadro A1- Anexo).

O esforço realizado pelos freios para deter o veículo, não depende apenas da velocidade, mas da energia cinética do veículo, uma grandeza física proporcional à massa do mesmo, e ao quadrado da sua velocidade (ver Seção 3.4.3.2 e Equação 3.3). Para um mesmo veículo (mesma massa) quando a velocidade dobra, a energia cinética quadruplica. Se um ônibus de 16.000 Kg acelera de 50 para 100 km/h, sua energia cinética que era de aproximadamente 1.544.000 joules passa para 6.173.000 joules. A quantidade de energia envolvida em um desastre é uma variável fundamental ao desenvolvimento de contramedidas no âmbito da engenharia, tanto as de carácter ativo, evitando acidentes, como as de carácter passivo, buscando a redução das injúrias.

5.2.1 Os veículos e a segurança ativa

A força de aderência que neutraliza a inércia e mantém o carro na pista em curvas, depende da capacidade dos pneus de "grudarem" no asfalto ou do seu coeficiente de atrito (ver Quadro 3.1). Quanto maior o coeficiente de atrito, menor a possibilidade de escorregamento. O valor máximo deste coeficiente atinge 0,8, para condições ideais, ou seja, pneus novos, asfalto em bom estado, superfície tratada e seca e velocidade menor do que 30 km/h. Por outro lado, rodando com pneus lisos (gastos) sobre o asfalto molhado, a uma velocidade de 110 km/h, o valor do coeficiente pode ser tão baixo quanto 0,2. À medida que as condições se degradam, é preciso reduzir a inércia, baixando a velocidade.

Embora a alta velocidade seja a variável que tem maior influência potencial sobre os níveis de risco, não devem ser negligenciados alguns avanços tecnológicos que têm tornado os veículo significativamente mais seguros. À medida que a potência dos carros aumenta, torna-se necessário aperfeiçoar os dispositivos de segurança. Os freios, por exemplo, até a Segunda Guerra

² Pneus e freios em plenas condições e asfalto com superfície, limpa, seca e em bom estado

funcionavam à base de precários sistemas hidráulicos, repletos de elementos mecânicos, exigindo que o condutor aplicasse uma força relativamente elevada sobre o pedal para que o veículo parasse. Esse problema começou a ser resolvido na década de 50, com o acréscimo de um pistão movido a vácuo que multiplicava a força aplicada pelo pé sobre o pedal (D'AMARO, 1992).

A energia cinética deve ser convertida principalmente em calor para deter o veículo, logo a eficiência do processo de frenagem vai depender do processo de dissipação de calor. Se o condutor ficar pressionando o pedal do freio de forma continuada, o sistema tende a superaquecer, e o fluido que transmite a pressão do pé às pastilhas ou lonas (ver Figura 5.1), aquece junto. Se o fluido ferve, a pressão é dissipada devido à presença das bolhas de gás nas tubulações, formadas com a fervura (BECKMAN, 1994; ROSA, 1996). Com isto a pressão que chega no pistão não é suficiente para provocar o atrito com as pastilhas ou lonas superaquecidas e o veículo fica sem freios.

Os freios a disco (ver Figura 5.1), criados originalmente para os aviões, são mais eficientes quanto à dissipação térmica por possuírem uma superfície maior e mais livre (aberta) para a troca de calor. São utilizados hoje no eixo dianteiro dos automóveis, agindo por pressão de uma pastilha sobre um disco de metal solidário às rodas, que permite a passagem do ar frontal do veículo pela superfície dos discos. Sua utilização reduziu sensivelmente as falhas súbitas e também o espaço necessário para frear. Hoje, um carro médio, a 50 km/h, consegue parar em cerca de 20 metros, contra muitas dezenas de metros, anteriormente.

A perda de controle em freadas bruscas, sobretudo em pista molhada, começa a ser de certo modo solucionada. Em situações de emergência, quando o condutor pisa fortemente no freio, pode haver o bloqueio da roda, que então subitamente perde a aderência e provoca o descontrole. A solução nesse caso exigiu intervenção da eletrônica, com um sistema que, em vez de atender ao comando equivocado do condutor, analisa a sua intenção e as condições de aderência, e então responde ao comando. Na Europa e nos Estados Unidos, boa parte dos carros já saem de fábrica armados com o Antilock Braking System (ABS). Trata-se de um sistema de freios que utiliza sensores para verificar a cada

fração de segundo, se há travamento de alguma das rodas. Se isso ocorre, o sistema libera automaticamente a roda e em seguida recomeça a freá-la na medida certa, de forma que ela não arraste.

Um sistema ABS pode compensar as diferenças de aderência entre os pontos de contato, as rodas do veículo e o pavimento. Estas diferenças tendem a provocar o giro do veículo, por exemplo, quando se freia o mesmo a uma certa velocidade e as rodas de um lado estão sobre asfalto seco, e as do outro sobre asfalto com manchas de óleo. Se as rodas da direita estiverem sobre o asfalto seco, a tendência seria de o veículo girar no sentido horário. Isso acontece porque desse lado há uma reação adequada entre o pneu e superfície do asfalto. Os pneus da esquerda no entanto, não encontram atrito suficiente sobre a superfície lubrificada, ficando bloqueados, e, desta forma, deslizam sobre o óleo. Com o ABS, esse descontrole tem mais chances de não vir a ocorrer: ele “percebe” em frações de segundos o travamento e diminui adequadamente a pressão sobre o disco ou tambor, e o carro é imobilizado suavemente.

Os freios ABS vem sendo complementados em alguns modelos de veículos europeus pelo controle eletrônico de tração EDS (Elektrische Differenzial Sperre), que utiliza os sensores do ABS para checar as condições de tração, controlando o giro da roda conforme as condições de aderência, recuperando estas condições (Quatro Rodas, 1997).

A tendência da tecnologia automotiva é chegar ao veículo DWIM (Do what I mean). Num veículo equipado com freios ABS, que é uma espécie rudimentar de DWIM, um processador interpreta o pisão forte como uma intenção do condutor de parar o veículo. Ele "sabe" que o condutor não deseja perder o controle do veículo, então transmite uma pressão à pastilha do freio de forma que a aderência com o solo é mantida.

De certo modo, pode ser dito que, o ABS, o EDS e o ASR (Controle de perda de aderência na aceleração), são de certo modo, DWIMs primitivos, já em produção, corrigindo ações do condutor, baseadas na sua suposta intenção (BECKMAN, 1995). Esta tecnologia poderá num futuro próximo, se assim for desejado, analisar o padrão de frequência emitido pelo pensamento e através deste perceber a intenção do motorista e, até mesmo julgar se o motorista está de

alguma forma inapto à condução de automóveis (cansado, bêbado, sonolento) e impedir a utilização do veículo.

Alguns experimentos utilizando o controle automático do veículo na via, com sensores, câmaras e um computador de bordo, que analisa as informações destes dispositivos, e assim calcula a distância segura, situando o veículo dentro da sua faixa e controlando o espaço entre os veículos na mesma faixa. (ver Figura 5.2).

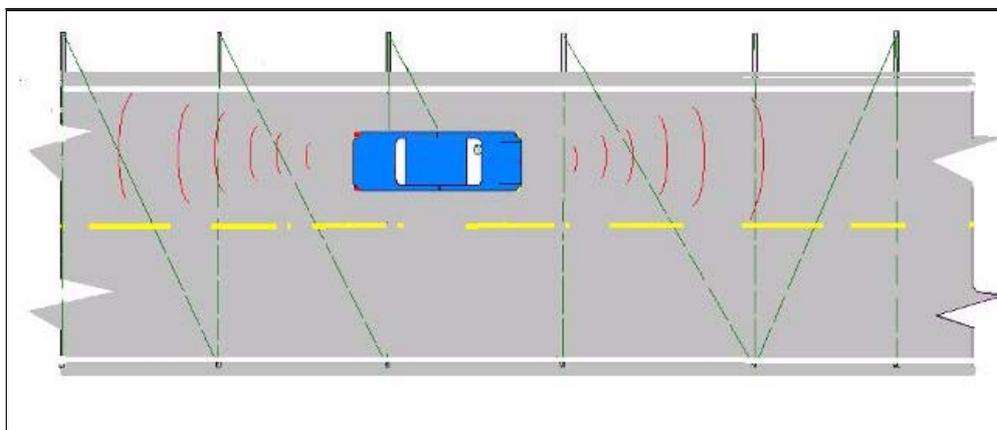


FIGURA 5.2 - Esquema do experimento realizado na Califórnia

BENOUAR (1998) coordenou o experimento descrito no esquema da Figura 5.2 numa rodovia da Califórnia (EUA) e o sistema implantado nos veículos foi capaz de garantir a distância segura entre os veículos, através da análise da informações vindas dos sensores e câmaras. O alinhamento longitudinal exigiu a colocação ao longo do trajeto de pequenos ímãs junto as estacas reflexivas. Semelhante a ação das estacas de sinalização reflexivas, que chamam a atenção do condutor sobre os limites da rodovia através de sinais luminosos (reflexos), estes dispositivos geram um campo magnéticos que é percebido pelos sensores do veículo. As informações vindas dos sensores são analisadas pelo computador de bordo, que mantém o veículo rodando de maneira segura, corrigindo o posicionamento do veículo em relação às bordas da pista e aos outros veículos ou obstáculos.

Até os anos 1960, os pneus não possuíam uma resistência lateral adequada, quando muito solicitados, em curvas, eles tendiam a se dobrar,

diminuindo repentinamente sua área de contato com o solo. A solução veio com os pneus radiais. Com uma malha de aço entre as camadas de borracha, apresentam estrutura lateral reforçada, mais resistente aos esforços perpendiculares. Ultimamente os pneus vêm melhorando a sua performance em relação à capacidade de drenar a superfície de contato, diminuindo assim a tendência à "aquaplanagem"³, quando o pneu perde totalmente a aderência à pista, deslizando sobre a película de água.

A suspensão também sofreu grandes avanços em relação aos primeiros automóveis. Os amortecedores foram um passo importante, pois controlam a ação de impulsos que desestabilizam o carro. Em outras palavras, garantem a estabilidade da força normal, reação do pavimento ao peso do veículo. Esta força é que mantém juntas as superfícies, do pneu e do pavimento, permitindo a ação do coeficiente de atrito.

Assim, quando a roda passa por uma "lombada", por exemplo, as molas da suspensão são comprimidas e reagem ao impacto tentando jogar o carro para cima. Os amortecedores disciplinam até certo ponto esta reação impedindo que as rodas, mais leves, sejam puxadas do solo junto com o veículo, anulando por um instante a ação do peso e, conseqüentemente, impedindo a aderência à pista. A adoção da suspensão ativa pode contribuir para a estabilidade e capacidade de frenagem de um veículo. Ela é capaz de responder às necessidades dinâmicas de estabilidade para o veículo, a partir da interpretação dos deslocamentos experimentados pelo sistema de suspensão.

Estes avanços em relação ao modelo inicial do automóvel passaram a permitir, teoricamente, incrementos na velocidade. A interface entre a máquina e o homem, no entanto, precisava também ser melhorada. O primeiro dispositivo que buscou facilitar a percepção do condutor, aumentando a sua probabilidade de reagir em tempo hábil, foram as luzes de freio. Em 1927 estes dispositivos começavam a ser instaladas nos carros que saíam de fábrica nos Estados Unidos (Superinteressante, 1992), como forma de avisar o motorista de trás que o veículo

³ Aquaplanagem, em jargão automobilístico, é a perda do contato efetivo entre a superfícies do pneu e do pavimento, devido à incapacidade do pneu de romper a película de água acumulada na pista devido a imperfeições do pavimento ou chuva muito forte. A capacidade de ruptura é influenciada também pela velocidade, desenho do pneu e desgaste do mesmo.

da frente estava reduzindo a velocidade. Nos últimos anos a eficiência desses dispositivos foi reforçada, com a adoção da lanterna de freio elevada, conhecida no Brasil pelo nome de *brake light*.

A adoção da luz de freio central elevada, parece promissora no Brasil, onde a frota entre 1971 e 1974 cresceu 7,8 vezes enquanto o sistema rodoviário rural expandiu-se em apenas 2,74 vezes (ver Quadro 1.1). Esta desproporção tende a provocar uma redução do *headway* médio entre veículos e um aumento da freqüências de colisões traseiras. Em alguns trechos da BR-101/SC, ocorre um VMD entre 17.000 e 28.000⁴ veículos, a proporção de colisões traseiras é de 30% do total de acidentes.

Experiências realizadas nos Estados Unidos, onde todos os veículos vêm de fábrica com este dispositivo desde 1986, mostraram uma redução de 17% nas colisões traseiras, durante a frenagem entre os que passaram a usá-lo. Nas primeiras experiências, o índice chegou a 53%, depois, quando o número de veículos com BL (*brake light*) se generalizou, e a avaliação começou a ser feita sobre toda a população, os valores foram se tornando mais modestos. Isto se deve, em grande parte, à maior dificuldade de controlar do experimento, hoje envolvendo toda a população, e por um presumível efeito de novidade. Os veículos pioneiros na utilização dos BL constituíam-se numa minoria e, provavelmente, chamavam mais a atenção e além disto os primeiros experimentos envolviam grupos de veículos de empresas de serviços, facilitando o controle (EVANS, 1991).

De qualquer forma, a BL tem potencial de reduzir o tempo que o motorista de trás leva para perceber a desaceleração do veículo da frente, dando a ele mais espaço/tempo para frear ou desviar. Uma pessoa sóbria e atenta pode perceber e reagir a um bom estímulo visual em apenas 0,2s. Em condições opostas, ou seja, com o condutor cansado ou bêbado e ainda, sem um estímulo adequado (luz de freio queimada), esse tempo de resposta pode aumentar até nove vezes (1,8s) (EVANS, 1991), durante o qual o veículo a 80 km/h percorre mais de 35m.

⁴ Estes volumes são muito elevados para a instalação, provocando freqüentes congestionamentos.

PESQUISADOR/ANO	PAÍS	TIPO DE ACIDENTE	REDUÇÃO (%)
Anderson e outros (1976)	Finlândia	veículo/pedestre/ciclistas	21
Anderson e Nilsson (1981)	Suécia	múltiplos (vários veículos)	11
Elvik (1993)	Noruega	múltiplos (vários veículos)	6
Elvik (1993)	Noruega	conversão à esquerda	34
Aurora (1994)	Canadá	colisões não traseiras	11
AVIS (1994)	EUA	Todos	69 ⁵

QUADRO 5.1 - Redução do número de acidentes pela utilização dos faróis ligados durante o dia.

Além da BL, uma outra medida ligada à conspicuidade que vem sendo cada vez mais utilizada no mundo, são os dispositivos que liga o farol baixo do veículo quando o motor é acionado. A utilização de faróis ligados⁶ durante o dia demonstrou ser eficaz (ver Quadro 5.1), e isto se deve às seguintes características:

- facilita a visualização do veículo em situações de baixa luminosidade;
- melhoram a conspicuidade de veículos de cores semelhantes a do pavimento ou ambiente;
- chamam mais atenção, propiciando ganhar frações de segundo preciosas na tomada de decisão;
- evita que o condutor esqueça de ligar o farol quando indispensável (ao anoitecer, sob nevoeiro).

Existem outras condições, mesmo quando a luminosidade não é baixa, as quais o aumento da conspicuidade obtido com o uso dos faróis ligados pode fazer a diferença. Eles tornam mais visíveis aqueles veículos com cores de pintura

⁵ Este estudo considerou como variável de avaliação o custo comparativo de danos de uma frota de 3000 veículos, sendo metade operando com faróis acessos.

⁶ Está sendo considerado que o farol é perfeitamente adaptado ao uso não provocando ofuscamento.

que podem ocasionalmente funcionar como uma espécie de "camuflagem" em relação ao pavimento ou ao ambiente, principalmente em momentos onde a incidência dos raios solares é desfavorável a percepção dos contrastes.

Apesar das contestações à obrigatoriedade do uso dos faróis durante o dia aqui no Brasil, parece um tanto óbvio que o brilho de um farol ligado, torne qualquer veículo e em qualquer condição mais conspícuo. Além do mais os custos adicionais (redução da vida das lâmpadas) são muito baixos, de tal forma que, mesmo se os benefícios obtidos (redução de acidentes) forem mínimos, a medida é válida.

O ver e o ser visto a tempo é indispensável à segurança no trânsito; portanto, a utilização de elementos que atraiam mais a atenção do usuários da via (pedestres ou outros condutores) para um risco potencial, agiliza a percepção, diminuindo a probabilidade de que venham ocorrer perdas humanas, materiais e psicológicas em consequência da presença do objeto de risco (ex: carro com farol baixo, pedestre com colete reflexivo).

Os veículos de carga e ônibus oferecem um risco muito elevado aos veículos menores, sendo que nas colisões traseiras, os veículos pequenos costumam entrar sob os ônibus ou caminhões (ver Figura 5.3), geralmente provocando vítimas entre seus ocupantes. Portanto a traseira destes veículos maiores deve ter a conspicuidade proporcional ao risco oferecido aos ocupantes de veículos menores que venham a colidir contra os precários e inseguros pára-choques traseiros destes veículos, isto quando eles estão presentes.

SCHMUTZER (1998), sugere modificações na resolução nº 805, de 24 outubro de 1995, que estabelece os requisitos técnicos mínimos para os pára-choques traseiros de caminhões. Além de modificações para melhorar a segurança passiva (ver Seção 5.1.2), ele sugeriu também a colocação de fitas reflexivas sobre os pára-choques traseiros. Estas fitas atendem às atuais exigências das normas americanas, sendo visíveis à noite, a cerca de 500m, quando iluminadas pelo farol de um carro.



FIGURA 5.3 - Testes de colisão com o pára-choque atendendo à resolução 805/95 - (Projeto impacto, 1998)

5.2.2 Os veículos e a segurança passiva

É sempre melhor investir em evitar acidentes do que em diminuir os danos provocados por estes, mas é certo que mesmo sob as melhores condições de segurança, os acidentes acontecem. Então, a idéia também passa a ser melhorar o projeto do carro e dotá-lo de equipamentos de proteção, buscando minimizar os ferimentos provocados aos seus ocupantes durante os desastres.

Como o tempo que o veículo tem para parar durante um colisão está diretamente ligada à deformabilidade da estrutura, a dureza das carrocerias foi um conceito revisto, embora ainda sejam comuns os comentários sobre "os bons tempos quando os carros batiam e não amassavam". Naqueles tempos, a

estrutura entre o habitáculo e o ponto de colisão deformava menos durante a colisão, consumindo menos energia e tempo. Então os ocupantes daqueles veículos experimentavam desacelerações muito mais elevadas durante as colisões do que experimentariam nos veículos atuais. O automóvel antigo, menos deformável, desacelerava totalmente em frações de segundos, e o motorista e passageiros eram jogados violentamente contra a direção, o painel ou pára-brisa. Essa segunda colisão era a fatal.

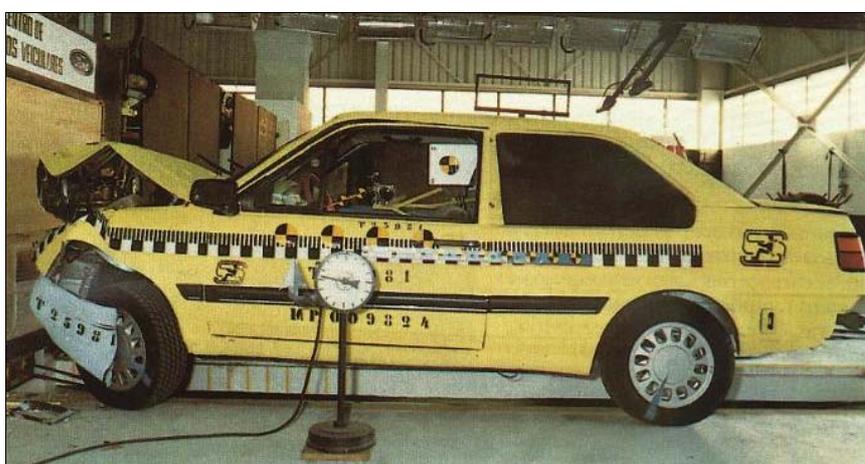


FIGURA 5.4 - Teste de colisão (crash test)

Quanto mais tempo as carrocerias consumirem se deformando (absorvendo energia), mais tempo sobra para que os corpos em movimento (ocupantes) possam desacelerar. Os cintos, por sua vez, além de evitarem que as pessoas sejam arremessadas contra o painel ou através do pára-brisa, também se deformam muitos centímetros, absorvendo uma boa porção de energia. Nos carros atuais, a deformação conjunta da estrutura veicular e do cinto reduzem a desaceleração que seria de 100g para cerca de 15g ($15 \times 9,8 \text{ m/s}^2$).

Em testes de colisão (ver Figura 5.4) realizados a 48 km/h utilizando bonecos antropométricos instrumentados (com sensores de desaceleração), ROBERTS (1983) determinou as acelerações do corpo provocadas pela (des)aceleração experimentada pelo veículo (ver figura 5.5). No estudo das interações entre os ocupantes bancos traseiro e dianteiro, ele encontrou uma desaceleração média de 15g no habitáculo. Isto provoca um pico de aceleração

máximo para os ocupantes, variando entre 33g (peito do ocupante dianteiro, quando ele, e o passageiro atrás de si, utilizam cinto) até mais de 280g (cabeça do ocupante traseiro sem restrição, quando o dianteiro usa o cinto).

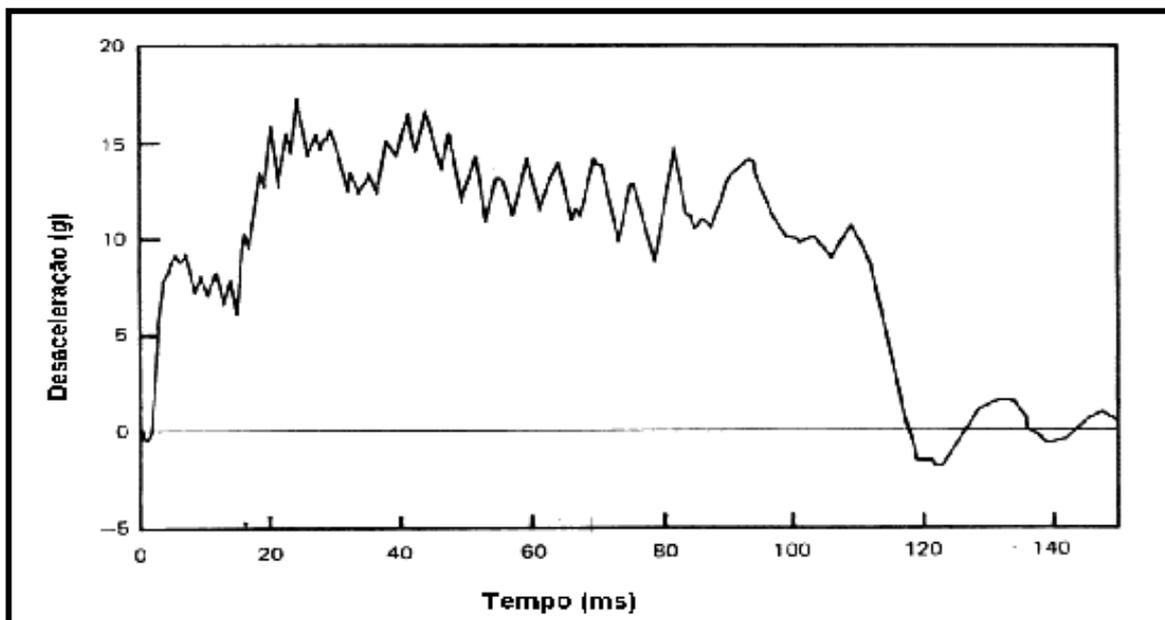


FIGURA 5.5 - Pulso típico de desaceleração para uma colisão frontal com veículos parcialmente sobrepostos (crash test)⁷ (ROBERTS, 1983)⁸.

Normalmente em vez do pico, utiliza-se como referência somente aquelas acelerações que agem durante um intervalo de tempo superior a 3 ms. As pesquisas demonstram que um nível de aceleração de 80g, durante um tempo igual ou superior a 3m, é representativo do limite de ferimento na cabeça para a maior parte da população (WOOD, 1997). Deste modo, tem-se que para os mesmos passageiros anteriores, acelerações de 31,3g e mais de 182,5g, agindo durante mais de 3m, mostrando claramente a importância do uso do cinto para todos os passageiros.

⁷ Em testes apresentados em de colisões com objetos fixos entre veículos, o tempo entre o início da deformação e a velocidade zero, foi atingido em 130m e 146m respectivamente. (VOLVO, 1989),

⁸ A NHTSA. (1997b), adotou recentemente um pulso típico de 125m para os testes em *air bags*, substituindo o anterior de 143m, para simular a redução de potência dos dispositivos.

Na fase final do amassamento, depois de decorridos cerca de 120m do início do contato, o veículo sofre um recuo, que tende a atirar a cabeça dos ocupantes contra o banco. Neste ponto, assim como nas colisões traseiras o encosto de cabeça evita muitas lesões graves, reduzindo o giro da cabeça de 120° para 30°.

Os ferimentos são causados por forças que atuam no corpo. A suscetibilidade do indivíduo é um fator de variabilidade importante, e está relacionado com a saúde, idade, sexo e estado (sóbrio ou não) da vítima. Os impactos podem ser contra as partes internas do carro ou impostas pelo próprio sistema de restrição de movimento (cinto, *air bag*).

Durante a colisão, entre veículos ou entre um veículo e um objeto fixo, inicialmente tem-se o contato com o pára-choque e a seguir a lataria vai sendo enrugada (amassada), até que não exista mais movimento relativo entre a parte amassada e a que não sofreu deformação (velocidade = 0), e com isto a energia cinética é anulada pelo trabalho realizado durante a deformação, conforme estabelece a equação 5.1.

$$E = (m \cdot v^2)/2 = F \cdot d_a \quad (5.1)$$

onde E, é a energia cinética, m, é a massa, v a velocidade, F é a força aplicada e d_a é o comprimento da deformação resultante.

A relação entre a massa do veículo e a segurança foi estudada entre outros, por EVANS e BLUMENFELD (1982), que estabelecem uma relação entre a utilização preferencial de veículos de uma determinada massa (Kg) e a redução de expectativa de vida (ver Quadro 5.2). A redução da expectativa de vida média para uma pessoa que ocupa regularmente um automóvel é de 158 dias, mas na verdade este valor varia de 257 dias, para um veículo de 900 Kg (pequeno), até 129 dias para um veículo de 1800 Kg (grande).

CARRO UTILIZADO	REDUÇÃO NA EXPECTATIVA MÉDIA DE VIDA EM DIAS		
	HOMENS	MULHERES	TODOS
valores médios	158	89	127
carro de 1800 Kg	129	73	104
carro de 1400 kg	175	99	141
carro de 900 Kg	257	145	207
troca de 1800 para 900 Kg	128	72	103

QUADRO 5.2 - Redução da expectativa de vida (dias), em função do tipo de veículo ocupado regularmente. (EVANS e BLUMENFIED, 1982)

Mais tarde, EVANS e WASIELEWSKI (1987) utilizam uma técnica para tentar incluir o efeito da exposição ao risco, utilizando o número de veículos envolvidos em acidentes de cada categoria como medida de exposição (número de feridos graves e/ou mortos por número de envoltimentos de cada categoria em acidentes), e chegam à conclusão que um veículo de 1800 Kg, oferece aos seus ocupantes um risco de morte ou ferimento grave cerca de 2 vezes menor, do que um veículo de 900 Kg. GRANDALL e GRAHAM (1989) apud EVANS (1991), sugerem que a redução da massa dos veículos nos 10 anos subsequentes a crise do petróleo (1974-1984), foi responsável pela morte de 2200 a 3900 americanos.

WOOD (1995) relaciona a severidade global com a aceleração média do corpo (amc), através da equação:

$$is = (amc)^{2,5} \quad (5.2)$$

O risco relativo dos veículos está relacionado a sua aceleração⁹ média durante a fase de impacto, e no caso de colidirem dois carros de massas diferentes, o primeiro chamado de "caso" e o segundo de "parceiro", a razão entre as suas acelerações é dada por:

⁹ A aceleração média sofrida pelo veículo durante a colisão é a rapidez de variação da sua velocidade com o tempo, e neste caso, onde a velocidade final é zero, a aceleração é negativa (desaceleração).

$$\frac{\bar{a}_c}{\bar{a}_p} = \left(\frac{\bar{M}_p}{\bar{M}_c} \right) \left(\frac{dp}{dc} \right) \left(\frac{E_c}{E_p} \right) \quad (5.3)$$

onde “ \bar{M}_c ” e “ \bar{M}_p ”, são a massas das porções não amassadas dos carros caso e parceiro, dc e dp são os respectivos deslocamentos sofridos pelos habitáculos (deformação), e E_c e E_p são as energias absorvidas pelas estruturas dos carro caso e parceiro

A razão entre as acelerações e portanto do risco relativo de injúrias em colisões frontais entre veículos de massas diferentes, é função da relação de massas entre as partes não amassadas dos veículos e das propriedades estruturais de absorção (ver Equação 5.3).

Por outro lado, a colisão ocorrida entre veículos de mesma massa, ou de um veículo com um objeto fixo, tem seu risco relacionado com a velocidade e as propriedades de absorção de energia do veículo. A aceleração experimentada pelo habitáculo devido ao impacto é dada por:

$$\bar{a}_c = \frac{1}{2} \left(\frac{M_c}{\bar{M}_c} \right) \left(\frac{V_c^2}{dc} \right) \quad (5.4)$$

onde \bar{a}_c é aceleração imposta ao compartimento dos ocupantes (habitáculo), M_c e \bar{M}_c são as massas total e da parte não amassada do carro, V_c é a velocidade de aproximação e dc é a deformação do carro.

Conforme foi abordado, os ocupantes de carros menores experimentam um risco maior que os dos carros maiores, mas esta situação pode ser melhorada pela alteração da forma dos veículos, aumentando a distância entre o ponto de impacto frontal e dos ocupantes, e ao mesmo tempo aumentar a rigidez do habitáculo. RICHTER e outros (1994) apud WOOD (1997) mostram que a combinação de uma estrutura com melhor assimilação de impacto e a utilização de equipamentos de restrição podem melhorar a segurança dos carros mais leves.

Para testar a ação conjunta da restrição de ocupantes e da absorção de impacto da carroceria, as indústrias automobilísticas destróem anualmente

dezenas de protótipos, ocupados por bonecos antropométricos (bonecos dotados de sensores de aceleração e impacto). Durante os *crash tests* (ver Figuras 5.2, 5.3 e 5.4), como são chamadas estas colisões simuladas, os sensores e câmaras especiais captam tudo o que acontece dentro e fora do automóvel. Assim, é possível melhorar também a proteção oferecida por itens, que geralmente passam despercebidos pelos usuários dos automóveis.

Os testes de colisão de automóveis novos contra paredes rígida foram, até o começo da década de 80, a única fonte segura de informação para melhoria da segurança veicular. Atualmente, os programas computacionais de simulação dinâmica permitem mudar rapidamente as dimensões e os materiais de qualquer parte do carro entre um teste e outro. Esse recurso, baseada na teoria dos elementos finitos¹⁰, reduziu a necessidade dos testes de colisão tradicionais à metade.

O cinto de segurança é o principal dispositivo de segurança passiva utilizado em automóveis, e ultimamente sua ação vem sendo complementado com o *air bag*. Estes são bolsas de gás que inflam rapidamente (menos de 0,15s) ao ser detectado um impacto frontal ou quase frontal, e evitam choques dos passageiros contra o painel. Eles podem aumentar a proteção oferecida pelo cinto de 3 pontos, mas, conforme será demonstrado, não podem prescindir do uso deste. Vêm sendo ultimamente utilizados ainda os *air bags* laterais¹¹, que buscam minimizar os danos provocados aos ocupantes pelos abalroamentos transversais, reforçando a ação das barras laterais.

Os *air bags* são dispositivos ativados através de sensores posicionados na dianteira do veículo. Eles são projetados para serem acionados em impactos fronto-oblíquos de no máximo 30° em relação ao eixo longitudinal do veículo, e para acelerações acima de 7g (impacto de 20 km/h num objeto rígido) (MARTELLO, 1997). Detectada a (des)aceleração um detonador aquece uma cápsula de Nitreto de Sódio (NaN₃), que reage liberando Nitrogênio, que se

¹⁰ Através desta teoria é possível obter um modelo matemático capaz de descrever o comportamento dos materiais e estruturas numa colisão. O protótipo é descrito através de uma malha de elementos que se encaixam formando o todo.

¹¹ Este tipo de dispositivo ainda não possui dados suficientes para uma avaliação mais profunda.

expande. A bolsa se infla a uma velocidade de 320 km/h, gastando cerca de 0,15s (150m) no processo e chegando a uma distância de 40 cm do volante.

A reação que infla a bolsa é na verdade uma explosão controlada, produzindo um ruído de 140 db, que aliada ao aumento súbito de pressão pode provocar sérios danos ao ouvido humano. Além disto a própria forma de funcionamento, aliada a um mal posicionamento na hora da expansão, pode acarretar choque dos membros superiores contra o rosto provocando ferimentos, razão pela qual a adoção do air bag como item de fábrica tem sido contestado nos EUA.

SISTEMA DE RESTRIÇÃO UTILIZADO	TIPOS DE ACIDENTES	
	TODOS	FRONTAIS
Cinto de 3 pontos (cintura/ombro) e air bag	59%	69%
Air bag sozinho	7%	- 8%
Cinto automático (2 e 3 pontos)	37%	33%
Cinto manual de 3 pontos (cintura/ombro)	60%	74%
*os valores em caracteres itálicos não diferem significativamente (com ou sem air bag)		

QUADRO 5.3 - Eficiência estimada dos sistemas de proteção de ocupantes para evitar ferimentos graves (\geq MAIS 3) (NHTSA, 1997b).

Até novembro de 96, entre 1986 e fevereiro de 1997 o uso air bag provavelmente¹² salvou 1828 vidas nos EUA, mas provocou a morte indevida de 20 adultos e 32 crianças (MARTELLO, 1997; DOT, 1997; NHTSA, 1997). Apesar disto o air bag tem mostrado alguma eficiência, complementando a ação do cinto (ver Quadro 5.3). Todos os veículos americanos, desde os modelos 96, são equipados de fábrica com air bag e, a partir do modelo 1998, com duplo *air bag*.

A lei americana não permite desativar o air bag, exceto através de licença especial para acomodar crianças que não possam viajar no banco traseiro, devido ao espaço do banco traseiro ser insuficiente, ou adultos com alguma característica física especial que torne o uso do dispositivo mais perigoso do que

¹² A palavra provavelmente foi utilizada porque não existem dados suficientes para uma avaliação empírica, na prática é difícil avaliar o que se deve só ao cinto e o que se deve a contribuição do *air bag*.

útil (baixa estatura¹³, gravidez, obesidade). Recentemente, para minimizar os riscos de ferimentos durante a expansão do air bag, foi recomendada uma redução na potência do dispositivo da ordem de 35%, uma medida que provavelmente tira um pouco da eficiência do dispositivo mas deixa a sua utilização mais segura (DOT, 1997; NHTSA, 1997).

Os *air bags* são dispositivos complementares dos cintos de segurança, sendo muito difícil determinar exatamente a sua eficácia, uma vez que os próprios fabricantes advertem que a sua eficiência pressupõe a utilização conjunta do cinto de segurança, preferencialmente o cinto de 3 pontos (EVANS, 1991; MARTELLO, 1997; OLIVER, 1997). Isto se deve em grande parte ao fato de a eficácia do dispositivo estar limitada por certas características de projeto dos air bags, que devem ser cuidadosamente avaliadas para que se entendam as reais vantagens e funções do mesmo. Os air bags de um modo geral apresentam as seguintes características:

- só são acionados (inflam) em colisões frontais ou quase frontais;
- oferecem a mesma proteção do cinto de 3 pontos para impactos contra o interior do veículo;
- não influenciam no risco de ejeção (ver Figura 5.6).
- quando utilizados corretamente, aumentam a eficiência do cinto, por oferecerem uma superfície maior para a distribuição do impacto, aumentando a tolerância a valores mais altos de aceleração (NHTSA, 1997).

Cabe ressaltar que a utilização conjunta com o cinto é imprescindível por oferecer uma proteção mais abrangente evitando a ejeção e agindo em vários tipos de impacto onde o air bag não atua. Além disto, deve ser considerado que a quase totalidade dos ferimentos provocados por estes dispositivos se deveram a proximidade excessiva do ocupante em relação a bolsa no momento da expansão, o que seria bastante improvável de ocorrer com a utilização correta do cinto.

¹³ A estatura mínima recomendável é compatível com uma criança de 12 anos.

Baseado nos pontos acima e de posse das completas séries históricas de dados americanos, EVANS (1991) inferiu a eficácia do air bag, utilizando a proporção de mortes por ponto de impacto e a proteção oferecida pelo cinto, para cada impacto, mostrando a proporção de vidas salvas por evitar a ejeção (ver Figura 5.6). Assim, ele considerou, os pontos de impactos onde o air bag pode ser efetivo, frontal ou aproximado, e descontou as mortes por ejeção evitadas.

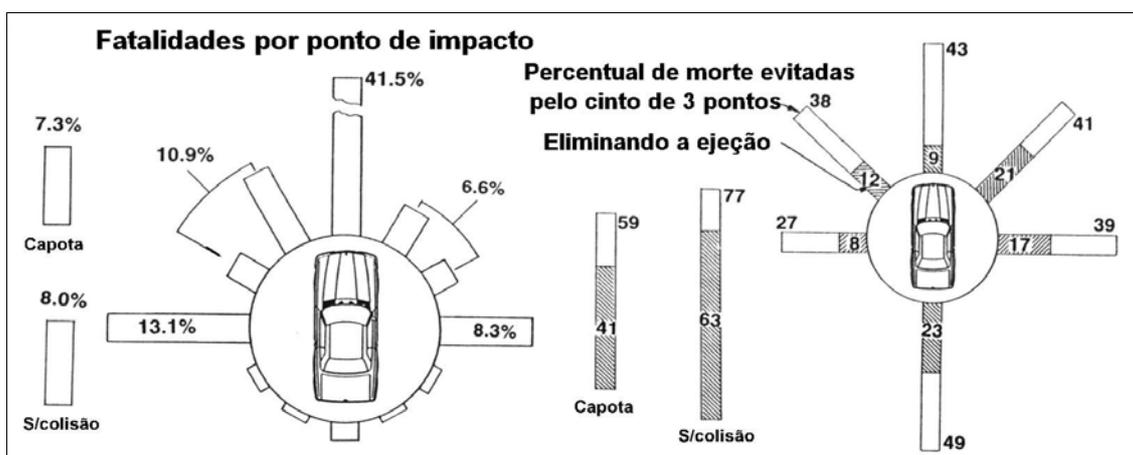


FIGURA 5.6- Distribuição de fatalidades por ponto de impacto e a eficiência do cinto de 3 pontos (EVANS, 1991)

Da figura 5.6, pode ser obtida a eficiência teórica do air bag para cada ponto de tipo de impacto (na capota, sem colisão, colisão frontal, fronto-oblíqua, abalroamento lateral e colisão traseira), descontando o percentual representado pela porção sombreada. Então, sobre as fatalidades provocadas pelas colisões frontais, 41,5% do total, 43% podem ser evitadas com a utilização do cinto de 3 pontos, sendo que 9% se devem ao fato de o ocupante não ter sido ejetado. Deste modo, estima-se que o air bag possa evitar sozinho, 34% deste tipo de fatalidades.

A utilização de capacetes, oferece uma proteção comprovadamente eficiente para prevenir fatalidades entre usuários de motos em $(28 \pm 8)\%$ (EVANS, 1991). Ultimamente cresce o número de países desenvolvidos que vêm adotando o uso obrigatório do capacete também para ciclistas. Nestes países, a exemplo do que ocorreu com os motociclistas no passado, vem se registrando uma redução

acentuada na incidência de traumatismo craniano, principalmente entre os grupos etários de ciclistas mais atingidos pela campanha de intensificação de uso¹⁴, implementada paralelamente a campanha (EKMAN e outros, 1997).(ver Seção 2.10.4).

A adoção de pára-choques nos ônibus e veículos de carga que sejam compatíveis com o formato e altura dos veículos pequenos, e que possam resistir adequadamente aos esforços gerados pela colisão (ver Quadro 5.4), pode salvar muitas vidas. SCHMUTZER (1998) realizou uma série de testes de colisão contra pára-choques construídos segundo os padrões da resolução 805, e ficou comprovada a sua inadequação. Conforme pode ser observado na Figura 5.3, a altura do pára-choque não é adequada, o veículo quase passa por baixo desta estrutura. Além disto, mesmo a uma velocidade relativamente baixa, 50 km/h, ele não ofereceu qual quer resistência ao avanço do automóvel sob o caminhão.

MASSA DO CARRO	VELOCIDADE	MASSA DO CAMINHÃO EM TONELADAS (T)				
		3,5	5	10	20	40
(Kg)	(km/h)					
900	50	11,5 t	12,3 t	13,3 t	13,8 t	14,1 t
	60	16,6 t	17,7 t	19,1 t	19,9 t	20,4 t
1200	50	14,4 t	16,6 t	17,2 t	18,2 t	18,7 t
	60	20,7	22,4 t	24,8 t	26,2 t	27,0
1600	50	16,9 t	18,5 t	21,0 t	22,4 t	23,2 t
	60	24,3 t	26,7 t	30,2 t	32,3 t	33,6 t

QUADRO 5.4 - Forças envolvidas na colisão entre veículos leves e a traseira de veículos pesados. (RECHNITZER e outros, apud SCHMUTZER 1998)

SCHMUTZER (1998) desenvolveu um modelo que atende satisfatoriamente às cargas surgidas durante a colisão. Os resultados dos estudos e ensaios sugerem a adoção de um modelo modificado, colocado mais na

¹⁴ Os ciclistas em idade escolar, que foram alvo de uma intensa campanha, experimentaram uma redução deste tipo de injúria da ordem de 50%, enquanto os ciclistas mais velhos experimentaram no mesmo período um pequeno mas significativo aumento da ordem de 4% neste tipo de ferimento.

retaguarda do veículo grande, rebaixado a 30 cm do solo e reforçado. Além disto, fica clara a necessidade do uso do dispositivo também para caminhões pequenos (3,5 t), porque mesmo neste caso as forças envolvidas já são consideráveis. Devido à proximidade do solo o dispositivo deve funcionar como balança permitindo que o caminhão não tenha prejudicada sua capacidade de transpor ondulações transversais (ex: lombadas naturais ou não), e ao mesmo tempo funcione como pára-choque numa posição compatível com o projeto dos automóveis menores.

Os últimos anos representaram um avanço para a tecnologia de segurança veicular, mas muitos destes avanços, principalmente os relacionados com a segurança passiva, se tornam inócuos perante situações como a discutida anteriormente. As carrocerias com deformação programada¹⁵, que visam a manter os ocupantes numa espécie de célula de sobrevivência, o cinto, o air bag, as barras laterais (ver Figura 5.7) e outros dispositivos, não apresentam qualquer eficiência perante uma situação como a apresentada, na Figura 5.3, pois o ponto de impacto está situado na altura do capô do motor do veículo, já próximo ao pára-brisa. A resistência nesta altura é mínima, e, mesmo a uma velocidade relativamente baixa, 50 km/h, a força de impacto para um veículo pequeno, de 900 Kg, é de 11,5 t (ver Quadro 5.4), suficiente para, segundo SCHMUTZER (1998) cortar fora a capota do carro e com ela os pescoços dos passageiros do banco da frente.

Embora tenha se aplicado uma quantidade significativa de esforços para produzir veículos mais seguros, pela crescente aplicação de tecnologias que buscam reduzir a aceleração a que são submetidos seus ocupantes, a absorção de energia na deformação programada das carrocerias, ou na ação dos cintos e air bags e etc. obviamente tem limites. Então, a escolha de velocidades muito elevadas ou a negligência em relação aos dispositivos de segurança passiva necessários à interação segura entre veículos grandes (caminhões e ônibus) podem tornar todo o esforço de segurança nulo.

¹⁵ A rigidez da estrutura é dimensionada para absorver a maior quantidade da energia nas extremidades do veículo, mais deformáveis, procurando manter uma espécie de célula de segurança, mais rígida, para os ocupantes.



FIGURA 5.7 - Detalhes das barras de reforço lateral colocadas no interior das portas do veículo e apoiada sobre as colunas

5.3 A evolução da infra-estrutura humana nas sociedades motorizadas

As condições relacionadas com a infra-estrutura de engenharia, de um modo geral, no Brasil, são bem inferiores à encontrada em alguns países desenvolvidos. Mas, pode se dizer que aqui, assim como naqueles países, o homem é o elemento chave da segurança viária. Do mesmo modo, o comportamento macroscópico das taxas de acidentes é bastante similar em todos os países, ficando a diferença maior por conta da magnitude. Alguns índices encontrados em países como o Brasil, por exemplo, são tão elevados, que nunca foram registrados nos países desenvolvidos (ver Seção 2.5 a 2.7).

PERÍODO	VÍTIMAS FATAIS	MÉDIA ANUAL
60-69	51.125	5.113
70-79	139.689	13.969
80-89	229.254	22.925
90-96	165.673	23.666

QUADRO 5.5 - Evolução das mortes no trânsito nas últimas décadas (GEIPOT: 1996,1997)

Todas as sociedades ditas modernas experimentaram um processo de motorização que seguiu uma trajetória muito semelhante (ver Seção 2.5 à 2.7). A medida que o automóvel se torna mais disseminado, os subprodutos indesejáveis deste, em números absolutos, começam a se tornar aparentes. Deste modo, as sociedades percebem a extensão do problema e reagem de maneira mais ou menos eficiente, conforme seu grau de conscientização e recursos. No Brasil o processo não foi diferente e nos últimos anos a sociedade, pressionada pelo número crescente de acidentes, iniciou um processo que culminou com a Lei 9503 de 23 de setembro que institui o Código de Trânsito Brasileiro CTB (1998).

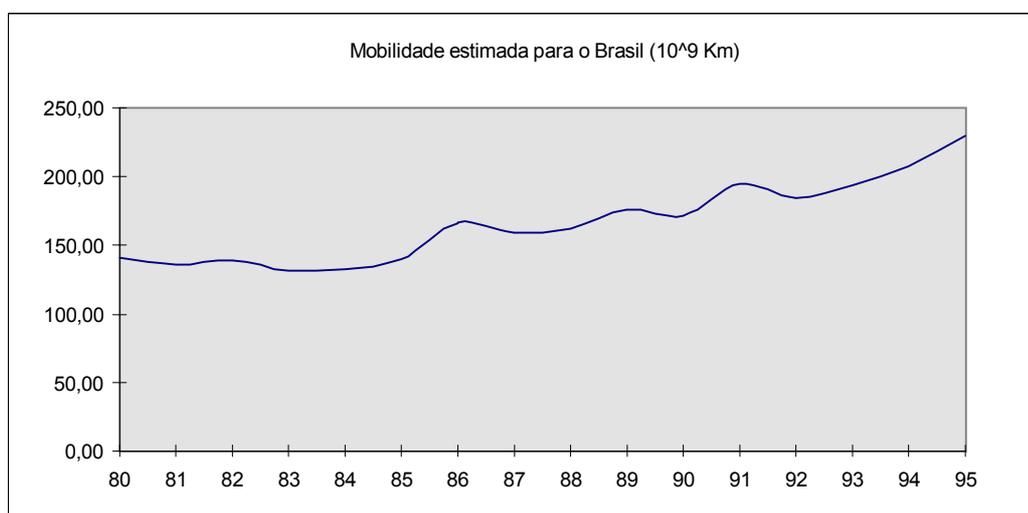


FIGURA 5.7 - Mobilidade em 10⁹ km, estimada com base em dados de consumo de álcool, óleo diesel e gasolina automotivos (GEIPOT, 1997)

5.3.1 O processo de motorização e o comportamento das taxas de acidentes

No Brasil, um país relativamente jovem ainda, que atravessa um momento crítico do seu processo de motorização, o automóvel vem se tornando acessível a uma parcela maior da população, ou pelo menos vem aumentando o número de veículos per capita. A frota atinge hoje (1998) quase 30 milhões de veículos, tendo dobrado nos últimos 10 anos. A utilização do automóvel vem experimentando um crescimento acelerado, sendo acompanhado por um aumento dos números absolutos de vítimas fatais e não fatais (ver Quadro 1.1, Quadro 5.5 e Figura 5.8).

Apesar do aumento do número de acidentes e vítimas, o risco real do transporte rodoviário vem diminuindo nos últimos anos, ou seja, o número de acidentes em relação à exposição ao risco vem diminuindo. O número de vítimas aumentou muito, mas não na mesma proporção que aumentou a frota¹⁶ e principalmente a distância total viajada. Esta tendência, no caso do Brasil, não parece ter sido fruto de uma ação sistemática programada para reduzir acidentes, mas sim quase um processo de evolução natural dentro do contexto globalizado do mundo moderno, obtendo mais avanços na segurança devido à cópia das tendências verificadas no exterior do que através da evolução sistemática da consciência

Alguns fatores que provavelmente influíram na queda das taxas de mortos por distância viajada, registrados no Brasil, são listados abaixo:

- utilização crescente do cinto de segurança;
- evolução da segurança veicular (passiva e ativa);
- incremento da percepção de risco dos sujeitos pelo medo gerado pelo próprio impacto dos desastres que chegam ao seu conhecimento diretamente ou através da sua repercussão¹⁷ na imprensa;
- estagnação dos investimentos nas obras de pavimentação e mesmo construção viária, que é obrigado a dar vazão a um fluxo de veículos crescente, provocando a queda das velocidades médias (ver Seção 2.2, Quadro 1.1 e Seção 4.5.1)
- incremento da percepção de risco pelo ganho de informação específica.¹⁸

¹⁶ O índice de mortos por veículos é normalmente utilizado no país, embora não represente adequadamente a mobilidade real, pois o custo generalizado de utilização do automóvel pode ser um limitante.

¹⁷ Esta repercussão é um tanto limitada e mesmo a imprensa do estado de Santa Catarina que tem dado um tratamento especial ao tema "acidentes na BR-101" devido ao evento da duplicação da rodovia, apenas uma parte dos acidentes com morte tem uma ênfase adequada, sendo que algumas nem chegam aos jornais.

¹⁸ O efeito deste item é provavelmente muito pequeno, pois até 1995, nunca houve um programa permanente de controle dos acidentes de trânsito, e mesmo depois de 1995, o Programa PARE, não teve até a implantação do CTB (1998) o prestígio nem o instrumental necessário para mudar as tendências.

De um modo geral, pode se dizer que a medida que o automóvel se torna mais acessível em determinada sociedade, o número de viagens e de acidentes cresce e com eles o número de vítimas. Mas com o tempo a sociedade acaba reagindo. Esta reação, devido ao envolvimento de toda a sociedade, acaba tendo caráter multidisciplinar, e buscando modificar o comportamento individual e a infra-estrutura de engenharia. Isto acaba por repercutir sobre as normas sociais e finalmente nos mecanismos legais. A velocidade e eficiência da reação da sociedade está altamente relacionadas com fatores culturais específicos, que determinam a capacidade média dos indivíduos de perceber e aceitar determinados padrões de riscos, e com a eficiência dos mecanismos legais para garantir o respeito às normas e padrões éticos desejados pela maioria.

5.3.2 A reação da sociedade brasileira e seus mecanismos

A percepção do risco e a sua aceitação, por parte dos sujeitos, têm um efeito fundamental sobre a segurança (ver Seção 2.3). Então, à medida que for possível melhorar o nível de conhecimento da população de forma que ela consiga perceber adequadamente o risco, automaticamente estarão sendo incrementados os níveis de segurança. Além disto o convívio social equilibrado exige que se estabeleçam mecanismos de proteção que garantam o respeito às normas sociais. Portanto, existe a necessidade de tratar de forma integrada, da educação específica e da implementação de uma legislação eficiente e ágil, que incorpore continuamente os anseios da sociedade, realimentando, deste modo, o processo evolutivo da motorização.

A educação para o trânsito deve buscar conscientizar os condutores e pedestres das suas responsabilidades de cidadão. Ela não deve se limitar a cursos de direção defensiva, tem que ser ampla, ao ponto de gerar massa crítica para influenciar a lei de maneira consistente, e que ao mesmo tempo, prepare o sujeito para entender a lei e seus benefícios. O conhecimento dos benefícios atenua a marca da proibição presente na lei, e este conhecimento, no atual estágio evolutivo do País, deve ser priorizado.

Depois de alguns anos de espera, em 22 janeiro de 1998, o Código de Trânsito Brasileiro CTB (1998) entra em vigor. Ele, com seus 341 artigos, veio substituir o Código Nacional de Trânsito CNT (1966), que era um tanto mais sintético, com apenas 131 artigos, embora ele tenha sido regulamentado pelo Decreto-lei 62.127/68, contendo 264 artigos e 10 anexos. Já o código atual não será regulamentado, e qualquer norma complementar será esclarecida através de resoluções do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN).

Deste modo, determinados detalhes como por exemplo, transporte de menores de 10 anos, utilização dos bafômetros, dispositivos de segurança veicular, campanhas educativas e outros tantos, têm seu detalhamento esclarecido através das resoluções e seus anexos, com seus conceitos, definições e a descrição do sistema de sinalização (normas, desenhos e detalhes). Resta saber se este mecanismo trará mais agilidade e independência que o anterior, através do qual não foi possível obrigar os veículos grandes (ônibus e caminhões) a utilizarem um pára-choque que garanta a segurança dos veículos menores, garantindo a sobrevivência de milhares de cidadãos.

Embora o CTB (1998) seja bastante analítico, com 341 artigos, que incluem muitas vezes detalhes de natureza técnica tornando-o pesado, é um instrumento que se aplicado tem potencial de reverter a situação atual do trânsito no País, provocando uma queda exponencial dos índices de acidentes. Isto é esperado, ou pelo menos foi o que aconteceu e ainda acontece em alguns países onde um conjunto de contramedidas de acidentes mais ou menos semelhantes foi aplicado.

Na verdade o novo Código pode ser visto, nesta fase de implantação, como um grande conjunto de contramedidas de caráter interdisciplinar, constituindo uma espécie de projeto nacional de redução de acidentes. Como um todo, o código é um instrumento com idéias avançadas que buscam promover a segurança através da melhoria da infra-estrutura humana e de engenharia, ajustando-se à tendência mundial de valorização da qualidade de vida, no sentido de privilegiar a segurança em detrimento da mobilidade, se for o caso.

5.4 As modificações presentes no CTB (1998) e seu papel como uma medida global de contenção de acidentes

O código, implantado em fevereiro de 1998, traz como principal mudança a inversão de prioridades em relação ao código anterior, passando a dar mais ênfase a segurança em vez da mobilidade. Outra importante característica é a municipalização, que passa o papel de controle do sistema viário, a quem já o administrava. Deste modo, o planejamento do uso do solo e o de transportes têm mais chances de funcionarem de forma integrada, como se faz necessário. Além disto, os recursos oriundos de multas serão aplicados, ao que parece, no próprio município, devendo ser investido em tecnologia e mão de obra dentro do próprio sistema de trânsito (ex: campanhas, semáforos, computadores, sinalização e pessoal).

Serão analisadas, nesta seção, as principais modificações e seus prováveis benefícios, considerando os aspectos gerais da segurança de trânsito (macroscópicos) e sua interação com o controle, comportamento e normas sociais. Nunca foi aplicado simultaneamente, através de uma lei única, um conjunto tão grande de contramedidas, pelo menos em um país das dimensões do Brasil. Embora não apresente nenhuma inovação em relação ao que existe em outros países, mas é um instrumento dos mais avançados e pode produzir bons resultados. É claro que ele apresenta imperfeições, mas que devem e podem ser corrigidas, e estas também serão comentadas nos itens a seguir.

a) A municipalização do trânsito

O município, que já implantava e mantinha as vias urbanas, passa agora assumir a responsabilidade pela operação e segurança de trânsito. O artigo 24 do CTB passa todas as atribuições relacionadas ao trânsito urbano aos municípios, que para tanto deverão estar integrados ao Sistema Nacional de Trânsito¹⁹. Então, de acordo com a população residente, extensão territorial e

¹⁹ É um conjunto de órgãos e entidades da União, D.F, estados e municípios, que tem por finalidade o exercício das atividades de planejamento, administração, normatização, pesquisa, registro e licenciamento de veículos, formação e habilitação e reciclagem de condutores, educação, engenharia, operação do sistema viário, policiamento, fiscalização, julgamento das infrações e recursos e aplicações de penalidades (GARCIA e outros, 1998).

tamanho da frota²⁰, deve haver um órgão de trânsito com funções específicas (secretaria, superintendência, departamento...).

Embora a municipalização não seja uma ação direta sobre a segurança de trânsito, ela tem um potencial muito bom pois faz prevalecer a lógica da descentralização das decisões, trazendo a responsabilidade da operação e manutenção da segurança para quem já implantava e mantinha, agilizando e fortalecendo o planejamento e diminuindo as perdas relativas aos repasses de multas e na transferência de informação entre estado e município.

A lei aprovada estabelece que as multas de trânsito aplicadas por infrações cometidas dentro dos limites do município e que forem de competência deste, ficam nos cofres locais para aplicação dentro do sistema trânsito local (Artigo 320)²¹. A forma de obtenção de recursos não deve se encerrar assim, pois, supondo a implantação efetiva do CBT, haverá uma tendência de redução do número de infrações, o que fatalmente deve trazer redução de arrecadação. Isto é, há um antagonismo entre os objetivos gerais do código, ou seja a melhoria do comportamento (redução de infrações) e a necessidade de uma fonte mais ou menos estável de recursos.

Por outro lado, deve ser considerado que há um avanço considerável neste aspecto, uma vez que a curto prazo as multas podem oferecer sem necessidade de repasses, pelo menos parte dos recursos necessários a implantação de formação de pessoal (técnicos) e implantação de alguma tecnologia (câmaras, radares, etc.) imprescindíveis hoje em dia ao controle e fiscalização do trânsito.

A fiscalização de trânsito deve, segundo o CTB, ser exercida por uma espécie de agente ou guarda municipal de trânsito. O estado, além de continuar cuidando do trânsito dos municípios menores, deve se responsabilizar pelo cumprimento da lei, e portanto responde através dos órgãos e entidades do Sistema Nacional de trânsito, pelos danos causados aos cidadãos em virtude de

²⁰ Em municípios menores, onde não for possível estruturar um órgão específico, deverão ser firmados convênios com os estados (DETRAN, Polícia ou Brigada Militar)

²¹ O Artigo determina que a receita arrecadada deve ser aplicada exclusivamente em sinalização, engenharia de tráfego, trabalho de campo, policiamento, fiscalização e educação de trânsito..

sua omissão (DENATRAN, 1998). Este aspecto é importante pois denota a valorização da vida, através de um mecanismo, que tanto pode ser aplicado de cima para baixo (sobre o cidadão), como de baixo para cima (pelo cidadão), garantido o direito individual e coletivo à segurança e qualidade de vida. O motorista, o condutor e o pedestre, também têm direitos e, acima de tudo, responsabilidades sobre a nova lei (DENATRAN, 1998).

b) A ampliação das normas relacionadas à educação para o trânsito

O Capítulo II, na Seção 2.7, mostra uma breve analogia entre o processo de motorização com a evolução geral da saúde pública nas sociedades que sugere que o hábito de dirigir de maneira responsável deve que ser "ensinado" da mesma forma que foram ensinadas as medidas de higiene indispensáveis ao combate das grandes epidemias que a humanidade já enfrentou e ainda enfrenta. A educação para o trânsito deve utilizar a estrutura e o tempo do sistema educacional básico, por se constituir numa necessidade cultural básica para o escolar, aumentando suas chances de sobrevivência, bem como contribuindo para a qualificação das gerações futuras de cidadãos.

Existe uma previsão legal de que 5% do valor das multas de trânsito arrecadadas será depositado mensalmente na conta de fundo de âmbito nacional destinado à segurança e educação de trânsito (Artigo 320). Os Ministérios da Educação e do Desporto, do Trabalho, dos Transportes e o da Justiça devem desenvolver através do CONTRAN, programas específicos destinados à prevenção de acidentes, com recursos provenientes de uma cota de 10% dos totais arrecadados através do Prêmio do Seguro Obrigatório de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores (DPVAT), destinados à Previdência Social (Artigo 78).

A educação é, pelo menos declaradamente, uma das prioridades do novo código e está prevista a inclusão da disciplina nos currículos escolares desde o jardim de infância até o terceiro grau. As autoridades de trânsito e o Ministério da Educação vão trabalhar em conjunto, sendo que o MEC determinará o conteúdo do curso, a formação e o treinamento dos professores (ABDETRAN, 1998). Segundo Roberto Sacramento, consultor da ABDETRAN, "a principal meta

é infiltrar nos conteúdos das disciplinas básicas, informações que familiarizem os estudantes, o mais cedo possível com a questão do trânsito, evitando que os futuros condutores só venham a ter contato com o assunto às vésperas de tirar habilitação". A delimitação e a qualidade dos conteúdos a serem ministrados deve ser competência dos educadores, mas como o desconhecimento em segurança de trânsito parece generalizado, é necessário que, primeiramente, se capacite os educadores para que tenham condições de orientar adequadamente seus alunos.

Além da questão dos educadores, há uma necessidade de que seja suprida a carência de técnicos de todos os níveis, sobretudo de nível médio. Estas necessidades, considerando as dimensões do país e a urgência das soluções, exigem a utilização de todas as tecnologias disponíveis, desde que sejam eficientes técnica e economicamente. A utilização de um programa de ensino à distância parece promissor. A partir de um centro de excelência em transportes e segurança no trânsito pode ser criado um programa piloto para a produção de cursos específicos, destinados à capacitação de técnicos em trânsito, educadores e outros profissionais afins. Com base na avaliação e aperfeiçoamento deste projeto piloto, a idéia poderia ser expandida com a criação de outros pólos regionais, possibilitando um tratamento homogêneo, respeitando as diferenças regionais e ainda com uma excelente perspectiva quanto à relação custo-benefício.

c) A habilitação dos condutores

A principal novidade estabelecida foi a criação da "Permissão para Dirigir", que concede ao candidato aprovado uma licença para dirigir com validade de um ano, funcionando como estágio probatório, e se o candidato neste período não cometer nenhuma infração grave ou gravíssima ou 2 médias, obtém sua licença definitiva. Esta medida não obteve resultados muito significativos onde foi aplicada. É provável que os seus efeitos benéficos se devam mais a sua ação sobre fatores comportamentais do que sobre a melhoria da capacidade dos condutores (ver Seção 3.5.2).

De um modo geral, espera-se que entre os candidatos à primeira habilitação existam muitos condutores com comportamento provável de alto risco

(muito jovens), e a utilização deste “estágio probatório” pode trazer, em países com a infra-estrutura humana mais pobre, benefícios relativamente maiores que nos países onde os condutores já trazem de casa e da escola uma formação e uma consciência um pouco maior em relação ao trânsito.

Entre os novatos há sem dúvida uma tendência um pouco maior ao envolvimento em acidentes com culpa, devido à inexperiência e baixa capacitação inerente a ela. Porém também parece haver entre os novatos um cuidado maior devido à "insegurança do iniciante". Os jovens, de 19 anos, com mais de um ano de condução, apresentaram um envolvimento bem maior em acidentes, principalmente os associados à culpa, do que os novatos de 16 anos no seu primeiro ano de condução (ver Seção 3.5.2). Portanto, a influência da idade, ou do comportamento provável associado a esta, é mais determinante de risco do que a falta de habilidade, o que sugere que o alargamento do intervalo do "estágio probatório" para os condutores novatos menores de 21 anos, para pelo menos 2 anos, pode ampliar os efeitos benéficos da "Permissão para Dirigir".

Os exames de habilitação, exceto a prova de direção, poderão ser aplicados por entidades públicas ou privadas, credenciadas pelo órgão executivo de trânsito. O exame deverá ser prestado perante uma comissão de três examinadores, sendo que um deles deverá ter habilitação de categoria igual ou superior à pleiteada. O nome dos examinadores deve constar no prontuário do novo motorista, ficando estes sujeitos a advertências, suspensão e cancelamento da licença para o exercício das suas atividades, dependendo da gravidade do fato gerador.

Serão credenciados centros de habilitação de condutores, que deverão ser credenciados de acordo com os moldes do CBT. Segundo uma experiência piloto realizada no Rio Grande do Sul, onde foram credenciados cerca de 300 centros, estes substitutos das auto-escolas, realmente ministrarão aulas aos candidatos à habilitação. Neste sistema, que deve ser implantado brevemente também em Minas Gerais, Brasília e Mato Grosso do Sul, o condutor passará por um curso com duração de 20 horas/aulas, divididas em cinco módulos de 4 horas (ABDETRAN, 1998).

O condutor condenado por um delito de trânsito deverá ser submetido a novos exames antes de voltar a dirigir, e mesmo que não haja condenação, as autoridades poderão exigir novos exames em caso de envolvimento em acidente grave.

A Carteira Nacional de Habilitação, a exemplo do que já ocorre em outros países, passa a conter fotografia, CPF, identificação do condutor valendo como documento de identidade, que tenta dar ao documento uma credibilidade maior, já que um controle efetivo deste documento pode ser bem mais promissor do que o controle efetivo do porte de armas, uma vez que são perdidos mais anos de vida em potencial no trânsito do que com armas de fogo. Esta transformação na aparência, parece ser uma forma de tentar cristalizar este conjunto de medidas que buscam tentar moralizar e fortalecer este documento tão desgastado pelas denúncias de fraudes ao longo dos anos.

d) Os novos limites de velocidade

A elevação do limite de velocidade para 110 km/h parece razoável, pois conforme foi mostrado na Seção 3.4.4.4, o risco está relacionado com as velocidades médias, que não estão obrigatoriamente atreladas aos limites legais. Por outro lado, se o novo limite for compatível com a geometria da via, e é mais realista, ou seja, se aproxima mais da expectativa dos usuários, requer menor esforço de fiscalização.

O novo código guarda alguma semelhança com a legislação canadense, em alguns aspectos, sistema de pontos, a carteira provisória (permissão) e limites de velocidade entre outros. Em relação aos limites porém o detalhe está no critério a ser adotado em caso de omissão do limite (ausência ou deficiência de sinalização). No Brasil, admite-se que a velocidade é a máxima permitida e no Canadá, ao contrário utiliza-se um critério mais conservativo, a favor da segurança. Isto é, na ausência de uma indicação explícita, onde o limite é 110 km/h, valem os limites de 50 km/h na área urbana e 80 km/h na área rural.

O Brasil é um país com uma infra-estrutura humana e de engenharia, bem menos desenvolvida que a do Canadá, que jamais apresentou índices de acidente por distância viajada tão altos quanto os nossos. Além disto, apenas uma

porção insignificante do sistema viário nacional é capaz de suportar uma velocidade de 110 km/h, portanto, a revisão do critério adotado em caso de omissão deve ser reavaliado, até porque, mesmo que a sinalização das rodovias melhore sensivelmente, ela vai sempre estar sujeita à depredação e furtos, o que pode expor muitas pessoas a um risco intolerável. Este procedimento na prática tem grande probabilidade de ser interpretado como "em caso de omissão pise fundo", o que certamente conduz a um aumento da velocidade média, variável chave da accidentalidade.

Deste modo, deve ser oferecida e exigida uma formação que garanta ao condutor um conhecimento mínimo da influência do seu comportamento sobre o risco da condução. Paralelamente a isto, deve experimentar conseqüências desagradáveis de seus desvios das normas de conduta segura no trânsito. Estas conseqüências desagradáveis devem ir das advertências às multas e penalidades, de forma que os sujeitos sejam desestimulados a se comportar de modo que ofereça risco aos demais.

As contramedidas para cada estágio do processo de motorização não apresentam a mesma eficácia, pois a capacidade de fazer as normas sociais evoluírem vai depender da aceitação das leis como forma de protegê-las. Do mesmo modo, o retorno de determinada ação, como por exemplo a adoção de multas mais elevadas, será decrescente se a multa já atingiu um determinado patamar elevado em relação a renda dos usuários. À medida que são obtidos avanços da segurança com uma determinada ação, é esperado que os avanços posteriores ocorram com custos cada vez mais elevados, assim como o comportamento de uma curva "S".

e) As novas infrações de trânsito e suas conseqüências

O CTB (1998) classifica as infrações em quatro categorias de acordo com a gravidade. Os valores das multas correspondentes a cada categoria são um tanto mais elevados que os adotados durante a legislação anterior e também foi modificado o sistema de pontuação (ver Quadro 5.6), substituindo o sistema anterior, que jamais foi posto em prática. Pelo antigo código, as infrações deveriam somar entre 3 e 8 pontos ao prontuário do condutor, conforme a

gravidade da mesma. Este sistema não chegou a ser aplicado, ou melhor dizendo “não pegou”, pela ausência na época de condições práticas de aplicação. Atualmente as condições tecnológicas são mais favoráveis, permitindo a aplicação da pontuação e a otimização do sistema de arrecadação de multas de um modo geral.

CATEGORIA	MULTA	PONTOS
GRAVÍSSIMA	180 Ufir	07
GRAVE	120 Ufir	05
MÉDIA	80 Ufir	04
LEVE	50 Ufir	03

QUADRO 5.6 - Categorias de infrações e suas conseqüências (CTB, 1998)

Na legislação atual, cada vez que um condutor atingir 20 pontos, terá suspenso seu direito de dirigir por um prazo que varia entre 1 mês e 1 ano, de acordo com o julgamento das autoridades, tendo ainda que freqüentar um curso de reciclagem. Deve haver um julgamento muito criterioso nesta questão da pontuação, que diferencie uma soma de 21 pontos a partir de 7 infrações leves, do mesmo valor oriundo de 3 infrações graves. A retirada de um condutor de circulação deve atender a critérios relacionados ao risco que a liberdade do sujeito acarreta aos demais cidadãos. Este tipo de medida visa principalmente à busca de mais segurança, pela retirada de condutores perigosos aos demais cidadãos. Deve ser ressaltado que os condutores profissionais devem ser mais atingidos pela limitação da pontuação, devido a sua maior exposição ao trânsito.

A facilidade de se criar atualmente uma rede de informação nacional, funcionando como um sistema de cadastro único, e as tecnologias de fiscalização automática, como câmaras, radares e etc., viabilizam plenamente o sistema de pontuação. A lei precisou ser modificada para permitir que a autuação fosse efetuada eletronicamente, retirando-se do texto, a exigência da presença do infrator. Deste modo, quando o infrator não for identificado, a notificação será expedida ao proprietário do veículo (art. 257, §7º)

A adoção de uma única placa para um único veículo em todo território nacional, facilita a identificação do condutor, de forma indireta, através do seu veículo. Mas esta identificação indireta exige a criação de mecanismos muito eficientes a fim de que permitam amplo direito de defesa e que, ao mesmo tempo, não retirem a força dos dispositivos legais, tão necessários ao estágio do processo de motorização que o Brasil atravessa, quando o veículo vem se tornando cada vez mais acessível a um número maior de condutores, na maior parte sem uma consciência real da função e dos riscos da sua atividade.

Se um proprietário de um veículo recebe uma notificação sobre uma ocorrência, por exemplo, em que o seu veículo era conduzido por outra pessoa, há um prazo de 15 dias para que possa comunicar as autoridades, quem dirigia o veículo no momento. Isto o desobriga ao pagamento da multa e evita os pontos no seu prontuário, mas não retira automaticamente responsabilidade econômica pelos danos causados, a propriedade, hospitalização e etc. Este mecanismo faz com que a entrega do veículo a terceiros seja uma ação que mereça muita ponderação por parte do seu proprietário. Então, se for aplicado, deve coibir ou pelo menos acrescentar responsabilidade ao ato de entregar o veículo ao filho adolescente, e isto, pode potencialmente reduzir os acidentes de fim de semana.

O código novo, traz algumas adequações em relação ao CNT(1998). O Quadro 5.7 mostra algumas das novidades do CBT(1998). Muitas são apenas reedições de dispositivos já presentes no antigo código e que não “pegaram”. Este fato se torna preocupante à medida que já se nota um esfriamento da lei e aos poucos a situação vem retornando ao estado em que se encontrava antes da lei 9503. As faixas de pedestre na capital catarinense, Florianópolis, de um modo geral são praticamente inexistentes como um todo, não havendo a mínima possibilidade de se aplicar uma multa a um pedestre (ver art. 254, Quadro 5.7), além disto não é observado qualquer incremento na fiscalização.

INFRAÇÃO	ARTIGO	GRUPO	MULTA ²²	M. ADMINISTRATIVA
(1) Dirigir veículo automotor com uma concentração de álcool no sangue de 6 dg/l ²³	165 276	Gravíssima	(5 X)	Retenção do veículo Recolhimento da CNH
(2) Não utilização do cinto em qualquer via pública	65	Grave	(1 X)	Retenção do veículo
(3) Atirar objetos ou substâncias na via pública	172	Média	(1 X)	
(4) Reparo do veículo em via pública				
- via de trânsito rápido	179 (I)	Grave	(1 X)	Retenção do veículo
- demais vias	179 (II)	Leve	(1 X)	
(5) Falta de combustível em via pública	180	Média	(1 X)	Retenção de veículo
(6) Dirigir o veículo				
- Com braço para fora	252 (I)	Média	(1 X)	
- Com fones de aparelho de som ou telefone celular	252(V)	Média	(1 X)	
- Calçado inadequadamente	252(VI)	Média	(1 X)	
(7) Usar alarme ou aparelho de som indevidamente	229	Média	(1 X)	Retenção do veículo
(8) As bicicletas com aro superior a 20 deverão possuir após 01/01/2000, campainha, espelho, sinalização noturna.	105			
(9) Atravessar fora da faixa de pedestres	254	Leve	(1/2 X)	
(10) Os instrutores e examinadores estarão sujeitos à advertência, suspensão e cancelamento de autorização.	153			

QUADRO 5.7 - As novas infrações de trânsito presentes no CTB (GARCIA e outros, 1998)

Certas novidades como a proibição do uso do celular ao volante, vão ao encontro das pesquisas que mostram ser a divisão da atenção entre o trânsito e o telefone, mesmo o “viva voz”, perigosa por afetar negativamente o tempo de reação e a velocidade de condução (MacKNIGHT e MacKNIGHT, 1993; ALM e

²² A multa é dada em número de vezes o valor da multa do grupo (ex: 5 X multa para infração gravíssima) (ver Quadro 5.3)

²³ O artigo 165 cita como infração gravíssima “dirigir sob a influência de álcool, em nível superior a seis dg./l” enquanto o artigo 276 fala que “a concentração de 6 dg./l comprova que o condutor se acha impossibilitado de dirigir”

NILSON, 1994; 1995). Apesar do que diz a lei, é muito fácil se constatar o uso destes aparelhos nas rodovias do estado de Santa Catarina. A mesma constatação pode ser feita em relação ao mau uso dos aparelhos de som e dos alarmes.

Ao que parece, o declínio aparente que mostraram as taxas de acidentes nos meses subseqüentes à entrada em vigor do código foram mais motivadas pelo destaque dado pela imprensa à nova lei, que criou uma expectativa positiva em relação a mesma, do que devido ao sua aplicação. Este efeito da divulgação, pode ter sido significativo sobre os condutores que costumam dirigir alcoolizados, e que comprovadamente são responsáveis pela maior parte dos acidentes considerados graves e, embora não existam dados neste sentido, por uma proporção ainda maior de acidentes de menor gravidade.

f) Os crimes de trânsito

Antes da entrada em vigor do atual código de trânsito (CTB, 1998), haviam duas condutas tipificadas como crime e duas como contravenção. O código penal previa o homicídio culposo e a lesão corporal culposa (2 crimes) e a lei das contravenções penais previa a condução sem habilitação e a condução perigosa (2 contravenções). No código atual existem 11 condutas consideradas como crime de trânsito (ver Quadro 5.8).

O aumento do rigor da lei é importante mas realmente o que a torna efetiva é sua aplicabilidade. Para tanto é necessário que ela seja coerente, justa e portanto que disponha de todos os recursos necessários à ampla defesa do cidadão e que seja coerente. Deste modo, são necessários ajustes urgentes em alguns aspectos, sob pena de haver um grande número de reclamações procedentes sob o ponto de vista jurídico.

A embriaguez ao volante é citada em quatro artigos (art. 165, 276, 291 e 306). O artigo 165 considera infração administrativa o ato de “dirigir sob a influência do álcool, em nível superior a 6 dg/l de sangue ou qualquer substância entorpecente ou que determine a dependência física ou psíquica”. Por outro lado o artigo 276 do CTB, estabelece que estará impedido de dirigir veículo automotor o indivíduo com uma concentração de seis decigramas de álcool por litro de

sangue. O artigo 306, no entanto, considera crime conduzir veículo automotor na, via pública, sob a influência do álcool ou substâncias de efeitos análogos.

ARAÚJO (1998) aponta algumas incongruências do parágrafo anterior e cita que o artigo 291 se refere à “embriaguez ao volante” como crime, e por isto deve estar se referindo ao artigo 306, do Capítulo XIX, dos crimes de trânsito, alegando que tal crime não pode ser visto como sob a “influência do álcool, que se manifesta à medida que o BAC for maior que zero” (ver anexo álcool). Por outro lado, afirma também que apesar de constar no artigo 277 do CTB, não existem meios legais de fazer o indivíduo assoprar o bafômetro ou permitir a coleta de sangue. Segundo ele entende, não há infração administrativa ou civil de desobediência não sendo cabível pois o crime de desobediência.

Por outro lado, AGAMENON (1998) contrapõe-se à afirmação de ARAÚJO (1998), entendendo que um certo segmento da doutrina nacional, geralmente com suporte em disposições legais de códigos estrangeiros, rejeita a obrigatoriedade de submissão ao teste do bafômetro. Ele cita que “se a norma objetiva determina que a autoridade mande, a pessoa tem que atender o mando, ou comete o delito de desobediência por ter sido a uma ordem legal, amparada em norma vigente (TACRIM-SR, RJD 5/90) APUD ARAÚJO.

A questão da obrigatoriedade de todo condutor de se submeter ao teste do bafômetro é considerada como ilegal pela maioria dos juristas, uma vez que ninguém é obrigado a produzir provas contra si. Esta interpretação da lei precisa ser revista pois todo cidadão tem direito a preservar a sua vida, dirigindo em rodovias livres de condutores sob os efeitos deletérios do álcool. Além do mais, se o indivíduo estiver sóbrio, não produzirá contra si qualquer tipo de prova. Ou se preserva o direito à vida e qualidade de vida ou o direito de dirigir embriagado, colocando em risco a sua própria vida e a dos demais (ver Anexo 1).

O álcool é o principal fator de risco relacionado ao ser humano (condutor ou pedestre) e, conforme pode ser constatado no anexo do álcool, seus efeitos deletérios começam a partir do BAC 0%. Se a lei não permite que se pesquise a presença de álcool ou outra substância de efeito análogo no organismo, ela deve ser mudada

CRIME DE TRÂNSITO	ARTIGO	PENA
Homicídio culposo na direção de um veículo automotor	302	Detenção de 2 a 4 anos e suspensão ou proibição de obter permissão ou habilitação para dirigir.
Lesão corporal culposa na direção de um veículo automotor	303	Detenção de 6 meses a 2 anos ²⁴ e suspensão ou proibição de obter permissão ou habilitação para dirigir
Deixar de prestar socorro à vítima na ocasião do acidente ou solicitar auxílio às autoridades se não for possível o socorro direto	304	Detenção de 6 meses a 1 ano, ou alternativamente multa, se o fato não constituir crime mais grave
Fuga após acidente	305	Detenção de 6 meses a 1 ano, ou multa
Embriaguez ao volante em via pública ou sob a influência de substância de efeitos análogos	306	Detenção de 6 meses a 3 ano, multa (5 X) e suspensão ou proibição de obter permissão ou habilitação para dirigir.
Violar a suspensão ou proibição de obter permissão ou habilitação para dirigir veículos automotores	307	Detenção de 6 meses a 1 ano e multa, com nova imposição adicional de idêntico prazo de suspensão ou proibição.
Participar de "racha" (disputa de corrida não autorizada que resulte em dano potencial a incolumidade pública)	308	Detenção de 6 meses a 2 ano e multa, com nova imposição adicional de idêntico prazo de suspensão ou proibição.
Dirigir sem permissão ou habilitação ou com o mesmo cassado ou suspenso, gerando perigo de dano	309	Detenção de 6 meses a 1 ano ou multa
Entregar a direção de veículo a pessoa não habilitada, com habilitação cassada ou direito de dirigir suspenso ou ainda a quem por seu estado físico ou mental, não esteja em condições de dirigir	310	Detenção de 6 meses a 1 ano ou multa
Trafegar de forma perigosa, em velocidade incompatível com a segurança nas proximidades de escolas, hospitais, terminais de passageiros, logradouros estreitos ou com grande concentração de pessoas	311	Detenção de 6 meses a 1 ano ou multa
Inovar artificialmente, no caso de acidente com vítimas, na pendência do respectivo procedimento policial reparatório, inquérito policial ou processo penal, o estado de lugar, de coisa ou pessoa, a fim de induzir a erro o agente policial, o perito ou juiz.	312	Detenção de 6 meses a 1 ano ou multa

QUADRO 5.8 - As condutas tipificadas como crime no CTB (1998)

²⁴ A pena pode ser aumentada entre um terço e metade, se ocorrer alguma das hipóteses do art. 304 a 305

A questão da detecção a partir de um limite não parece adequada, pela variabilidade e relatividade dos resultados, que por dependerem de reações de oxidação, que estão presentes, tanto na metabolização do álcool pelo organismo como nos princípios de funcionamento dos bafômetros. Estas reações podem facilmente ser influenciadas pela presença de oxidantes ou redutores, presentes por exemplo em alguns alimentos. Além do problema da detecção, existe também a questão do cruzamento do álcool com drogas legais ou não. Isto recomenda que seja adotada uma tolerância zero de álcool, eliminando o risco de cruzamento e facilitando a detecção (ver Anexo A). Deve ser lembrado que a presença de drogas proibidas quase sempre é encontrada junto com o álcool (ver seção 3.5.3.2).

CONDUTORES ACIDENTADOS	ÍNDICE
Apresentam BAC > 0,8 g/l	61%
Apresentam BAC > 0,6 g/l	27,2%
Haviam fumado maconha	7,3%
Haviam usado cocaína ou crack	2,3%
Haviam utilizado tranqüilizantes	3,4%

QUADRO 5.9 – Substâncias tóxicas encontrada no sangue de condutores ABDETRAN (1998).

A detecção de outros tipos de drogas freqüentemente utilizadas (ver Quadro 5.9), requereria, até pouco tempo atrás, quase sempre procedimentos invasivos, como coleta de sangue ou urina. A disponibilidade de testes considerados não invasivos vem crescendo e são encontrados no mercado testes capazes de detectar na saliva a presença das principais drogas utilizadas, em poucos minutos (menos de 5 minutos), com um custo de cerca de R\$ 20,00 a unidade. O grande avanço esperado é o uso da cromatografia, que utilizando a saliva, pode detectar com bastante precisão a presença de uma grande variedade de drogas em poucos minutos. Esta última tecnologia tem grande potencial futuro embora atualmente ainda seja muito caro.

Independente do controle da utilização de drogas por parte dos condutores em geral, nas empresas de transporte deveria ser efetuado o controle

nos motoristas profissionais, para incrementar a segurança, trânsito e a qualidade do serviços prestados. O controle interno, na empresa, é perfeitamente viável, podendo ser efetuado de forma programada e aleatória, a um custo mínimo.

Um outro aspecto falho importante no novo código é a não inclusão dos crimes dolosos que porventura venham a ocorrer ao volante de um veículo automotor. Para CARRARA (1956) apud SILVA (1998), dolo é a intenção mais ou menos perfeita de praticar um ato que se sabe contrário à lei, devendo haver previsão do dano e vontade dirigida a produzi-lo.

O artigo 18 do Código Penal, diz que ocorre crime doloso “quando o agente quis o resultado (dolo direto) ou assumiu o risco de produzi-lo (dolo indireto)”. Segundo FERRI (1996) apud SILVA (1998), a culpa consiste, inegavelmente, num estado de desatenção e imprevidência, sendo um erro a exclusão da previsibilidade do acontecimento final da noção de culpa. Assim, no caso de dolo, é aplicado o Código Penal, gerando aí a ambigüidade uma vez que a pena prevista, por exemplo, para lesões graves culposas na condução de automóveis ser mais severa do que a pena prevista para a lesão dolosa, o que fere o princípio da proporcionalidade das penas. Assim, se um condutor provocar lesões num pedestre devido a um atropelamento, é mais vantajoso admitir que provocou os ferimentos com a intenção de fazê-lo de propósito, assumindo o dolo e reduzindo a pena a metade²⁵.

g) A multa reparatória

Esta penalidade, prevista pelo art. 297, consiste no pagamento, mediante depósito judicial, em favor da vítima ou seus sucessores, sempre que houver um prejuízo material resultante de crime. Esta multa pode ser aplicada somente por um Juiz, e tem o seu valor estipulado através do processo penal. É esperado que venha agilizar a solução dos conflitos jurídicos, colocando nas mãos do magistrado um instrumento eficaz para aplicar a justiça no caso concreto

²⁵ O novo Código de Trânsito Brasileiro (CTB) confere pena de seis meses a dois anos para responsáveis por acidentes que envolvam lesão corporal culposa, pena maior que a estipulada pelo Código Penal para crimes dolosos (6 meses a 2 anos)

(GARCIA e outros, 1998). Existem muitas críticas que apontam falhas legais que incluem a violação ao direito constitucional do contraditório e de ampla defesa.

Quando ocorrer um crime de trânsito a partir do qual resultem danos materiais, a multa reparatória é aplicável, mesmo na ausência de danos pessoais. Então ela é aplicável a crimes como fuga do local do acidente, embriaguez ao volante, participação em rachas e outros (ver Quadro 5.8), juntamente com o ilícito civil de danos materiais (danos a outros veículos, residenciais, prédios e equipamentos públicos, etc.). O acusado é condenado pelo crime e tem que pagar a multa reparatória.

h) Recursos

A lei (código) tem sido elogiada pelo seu rigor (valor da multa, pontuação, suspensão), que parece ser a princípio uma medida adequada e necessária, mas não está isenta de riscos. Se, por um lado, espera-se que o rigor da lei coíba as infrações e as ocorrências, por outro pode servir de estímulo à corrupção e conseqüentemente à impunidade seletiva (ARAÚJO, 1998). Esta forma de corrupção tende a ser minimizada sempre que são oferecidas aos cidadãos todas as oportunidades de defesa.

Deste modo é importante que se criem mecanismos que garantam o respeito à lei. Segundo ARAÚJO (1998), a defesa prévia é um destes mecanismos e, portanto, deve ser garantida. Quem autua é o agente da autoridade (ex: polícia) e quem aplica a penalidade é a própria autoridade (diretor do DETRAN), entre a autuação e a penalidade, deve haver a oportunidade de recurso. O condutor deverá receber portanto duas notificações, segundo está implícito no CTB (1998). A primeira deve ser recebida na autuação (em flagrante ou via postal) e a segunda quando da aplicação da penalidade. Depois de aplicada a penalidade, cabe ainda o recurso a JARI (Junta Administrativa de Recursos de Infrações).

As JARI são órgãos colegiados com regimento próprio que devem funcionar junto a cada órgão ou entidade executiva de trânsito ou rodoviária. Assim, em todos os órgãos que aplicam multa, seja da União, estados e municípios, deve haver uma junta para julgar os recursos interpostos. Não é necessário que se pague o valor da multa para recorrer a JARI, mas se houver um

pedido posterior de recurso contra a decisão do CONTRAN ou ao CETRAN a multa já deve estar paga. O valor deve ser atualizado pela Ufir ou outro índice legal de correção de débitos fiscais.

Os recursos contra a ação da polícia rodoviária federal, que também possui sua JARI, devem ser feitos ao CONTRAN, para os casos de suspensão de habilitação por mais de seis meses, cassação e infrações de natureza gravíssima. Em última instância ainda existe o recurso a CETRAN (Conselho Estadual de Trânsito), com a multa já recolhida. O CETRAN é a última instância de recurso administrativo, estando sujeito a estes os órgãos estaduais e municipais.

5.5 Conclusões do Capítulo V

- A tecnologia veicular permitiu consideráveis avanços, no campo da segurança ativa dos veículos, tornando-os mais estáveis, mais confiáveis, mais ergonômicos, mais visíveis;
- a segurança ativa, que tenta evitar a ocorrência dos acidentes, deve ser o primeiro objetivo a ser buscado, por isto as estradas devem ser devidamente pavimentadas, sinalizadas e fiscalizadas, garantindo um tráfego seguro entre veículos com a manutenção adequada e dirigido por condutores em plenas condições;
- a aceleração experimentada pelo habitáculo (compartimento destinado aos passageiros) durante uma colisão é o mais importante fator na segurança passiva dos veículos; influenciando severamente no risco de ferimentos;
- a deformação programada da estrutura é uma importante ferramenta para aumentar o tempo de deformação e garantir que sua progressão seja decrescente com a aproximação do espaço destinado aos ocupantes;
- a segurança passiva, que atua apenas quando um acidente não pode ser evitado, teve seu maior avanço na introdução do cinto de

segurança de 3 pontos, e atualmente a ação do cinto vem ganhando um aliado, através dos air bags;

- quando as condições sociais, culturais e econômicas são favoráveis, as sociedades experimentam em dado momento, um processo de motorização “explosivo”, que é acompanhado por um crescimento das taxas de acidentes;
- as sociedades reagem ao crescimento acelerado das taxas adotando medidas multidisciplinares para coibir a violência no trânsito e, no caso do Brasil, esta reação pode ser materializada pelo código;
- o CBT (1998) é o instrumento resultante dos anseios da população por um trânsito mais humano e limitado pelo estágio evolutivo da democracia brasileira;
- o novo código deve ser aperfeiçoado para que possa garantir sua aplicabilidade pois ele só será satisfatório se chegar a ser aplicado na sua plenitude;
- a educação para o trânsito e a divulgação da lei, como parte desta educação, deve ser o principal objetivo do governo, seguido, é claro, da adequação tecnológica e da fiscalização;
- os condutores do País estão completamente despreparados, desconhecendo o código, tanto o novo como o anterior, e até mesmo as placas de regulamentação básicas ou as necessidades de manutenção do veículo o qual dirigem;
- os novos valores de multas são bem elevados, o que parece ter maior eficiência, em agrupamentos onde o nível de renda é mais baixo (ver Seção 3.5.4.1);
- O novo código traz no seu conteúdo a marca de uma legislação mais severa, com multas muito pesadas, proporcionalmente²⁶ muito mais elevadas que as aplicadas em países desenvolvidos, mas terá pouco efeito se não houver uma aceitação por parte da sociedade, que deve conseguir enxergar na lei um avanço, algo a seu favor e de

²⁶ Em relação ao nível de renda médio.

toda sociedade e não mais uma forma de ver seus recursos drenados;

- a coerência deve ser a marca de uma legislação, porque isto parece influir na credibilidade e na força ou efeito das leis, portanto elas devem ser exaustivamente explicadas aos cidadãos.

Nos próximos dois capítulos, VI e VII, é apresentado um modelo de análise, que utiliza um índice de risco para avaliar cenários globais e detalhados. No Capítulo VI, onde é avaliado um cenário regional, o controle do movimento de veículos é suficiente para modificar totalmente os resultados da análise e os modelos aplicáveis. Na análise de um cenário mais específico, apresentada no Capítulo VII, além do controle do fluxo, foi necessário desagregar a informação, organizando-os segundo alguns tipos de acidentes significativos.

CAPÍTULO VI

6. A AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS A PARTIR DA INVESTIGAÇÃO DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE DADOS AGREGADOS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO

6.1 Introdução

Neste capítulo, será apresentada a avaliação dos dados agregados de acidentes de trânsito. Esta é útil na avaliação da situação da segurança do trânsito em nível regional (por exemplo, um município, um estado, um país), que geralmente lança mão da comparação com outras regiões de referência.

Quando o interesse de uma avaliação está relacionado à eficiência de uma determinada intervenção de caráter global (como, por exemplo, a aplicação de um novo código de trânsito), via de regra são avaliadas as diferenças entre as séries de dados coletadas antes e depois da intervenção. Do mesmo modo, na avaliação do risco oferecido por um cenário ou da qualidade de uma intervenção, é indispensável que se utilize um índice que não seja influenciado pelas dimensões do sistema ou pelo seu nível de utilização, a fim de que se trabalhe sempre com valores que descrevem o nível de risco oferecido pelo sistema. O índice aqui proposto utiliza um denominador que representa aproximadamente a distância total viajada (estimativa).

Depois de calculados os índices de acidentes, mortos e feridos (por bilhões de quilômetros viajados), para o Brasil, para o conjunto das rodovias federais brasileiras, para os estados das regiões Sul/Sudeste e para as rodovias federais catarinenses, estes são avaliados juntamente com outros dados (dados estes relacionados à geometria da via e ligados a aspectos operacionais) quanto às correlações apresentadas, principalmente com o tempo, devido ao interesse de modelar as tendências. Estabelecidas as correlações e modelos de tendências, são apresentadas as comparações e conclusões obtidas a partir dos índices por bilhões de quilômetros viajados (BKMV), e sua comparação com os outros índices tradicionalmente utilizados.

6.2 A adequação das taxas aos propósitos da avaliação

A utilização dos números de mortos e feridos nos acidentes de trânsito nem sempre é capaz de representar de forma adequada o risco oferecido pelo sistema de trânsito. Alternativamente, as autoridades utilizam índices, tais como número de acidentes por veículo registrado ou por habitante, que como na expressão clássica de SMEED (1968) apud HAIGHT (1987) e JADAAN (1990), tentam desta forma considerar as diferenças de maior ou menor exposição ao risco entre regiões. Assim, a afirmativa, por exemplo, de que no Brasil e nos EUA morrem 50 mil pessoas em acidentes de trânsito não daria uma indicação consistente sobre a relação de risco no trânsito entre os dois países, se não fossem dadas outras informações a respeito, pelo menos sobre as dimensões das frotas, populações e tamanho da malha rodoviária.

Mesmo dois países que possuam a mesma população, frotas e malhas rodoviárias equivalentes e, por hipótese, o mesmo nível de segurança no trânsito em geral, eles, ainda assim, podem apresentar uma diferença substancial em relação aos números de mortos e feridos, se a quilometragem rodada em cada país for substancialmente diferente. Então, mesmo de posse dos chamados indicadores tradicionais (população, frota, número de condutores, etc.), ainda assim, deve se observar um viés, se a acessibilidade ao automóvel em um dos países considerados for maior do que no outro. Considerando a comparação entre EUA e Brasil, a população americana é 1,73 vezes maior, a frota, cerca de 9 vezes maior, enquanto a distância média total anual viajada é cerca de 15 vezes maior do que a brasileira (EVANS, 1991; GEIPOT, 1997; MME, 1998).

Não parece ser possível, então, estimar o risco oferecido aos usuários por determinado dispositivo ou sistema, simplesmente a partir dos números de mortos e feridos, e no caso de se utilizar um índice, este deve tentar espelhar o risco real, considerando o grau de utilização do sistema. De outra forma, não há como estabelecer comparações, nem no espaço (entre regiões), nem no tempo. As questões ligadas à política de salários, de preços de automóveis, de combustíveis, câmbio, turismo, comércio e outras capazes de interferir nos níveis de consumo, têm forte influência sobre a quilometragem viajada e,

conseqüentemente, sobre o consumo dos combustíveis no setor rodoviário. Assim, as variações temporais, no grau de utilização dos sistemas e que estão presentes nas séries reais, devem e podem ser “controladas” através da consideração dos níveis de consumo de cada combustível automotivo.

Deste modo, parece bastante provável que as taxas observadas de acidentes, mortos e feridos tragam, em si, parcelas consideráveis de variação devidas às interferências de ordem econômica (circunstanciais ou não) e que podem influir sobre a acessibilidade à “utilização” dos veículos automotores. Neste caso, torna-se necessária a adoção de uma taxa que seja menos sensível às flutuações no volume de tráfego, o que pode ser feito pela utilização deste volume ou movimento no denominador, normalmente descrevendo as condições de segurança ou de insegurança de um sistema através de índices como, por exemplo, de acidentes, mortos ou feridos por bilhões de quilômetros viajados ou outra forma de representar o movimento de veículos (BRÜHNING e ERNST, 1988; MURATA, 1989; LOURENS e VLEK, 1992; T.R.B./N.P.A., 1992; N.M.A, 1998) .

A ausência ou indisponibilidade de índices de acidentes por distância viajada, aliada à baixa confiabilidade ou disponibilidade de dados para todas as regiões do país, tem-se constituído num grave obstáculo à comparação adequada de estatísticas entre as diversas regiões do país e do mundo motorizado de modo geral.

6.3 A importância de um índice por distância viajada e a sua obtenção

As oscilações, nos níveis de atividades provocadas pelas crises econômicas, têm sido uma importante “confounder” na avaliação de contramedidas de acidentes. A presença do efeito “confounding” pode ser identificada, pela mudança significativa na avaliação dos resultados pela consideração ou não de uma variável que está fora da avaliação, por hipótese a idade do condutor. Estima-se que a associação entre a campanha e os resultados é significativamente diferente quando a idade é considerada.

Na década de 1970 a crise no setor de combustíveis provocou a redução das velocidades médias praticadas nas rodovias americanas e da distância total viajada. Além disso, esta necessidade de diminuir o consumo, provocou também uma tendência à fabricação e utilização de veículos menores (“confounder” potencial). Nesta interação de fatores, pode se perceber a complexidade do fenômeno, que acaba sendo descaracterizado através da análise de dados agregados e absolutos. Enquanto alguns fatores como, por exemplo, a diminuição das velocidades médias, reduz o risco de acidentes e a severidade dos ferimentos, outros, como a adoção de veículos menores, tende a aumentar o risco de ferimentos (ver Seções 3.4.3, 3.4.3.2, 3.4.4 e 5.1.2).

Dentro de uma certa faixa de fluxo¹ e sob um sistema basicamente inalterado, existe provavelmente uma forte relação entre o fluxo e o número de ocorrências (VEH, (1937) e LUNDY (1965) apud HALL e PENDLETON, 1990; HAUER e JERRY, 1990). O efeito desta variação de fluxo tem se mostrado consistente ao longo do tempo, afetando o risco de acidentes e de injúrias, e sua desconsideração, portanto, constitui-se numa importante “confounder”. Sob a predominância de determinadas condições pode se dizer que, quanto maiores forem os fluxos, maior a probabilidade de que ocorram colisões. Portanto, a utilização de uma taxa de ocorrências por distância viajada parece ser a mais adequada para avaliar as condições de risco, isolando, com razoável eficiência, a influência das variações do fluxo (EVANS, 1991; NMA, 1996b).

Diferentemente do que pode acontecer quando analisamos um subsistema de transportes isolado (um serviço de ônibus ou uma rodovia, por exemplo), onde podem ser obtidas as quantidades de utilização do sistema diretamente (contagens de fluxo, leitura de odômetros, etc.), na avaliação de um sistema global de trânsito (normalmente regional ou nacional), o movimento de veículos dificilmente pode ser estimado a partir de contagens diretas. Nestes casos, onde os dados estão altamente agregados, tais como o número de feridos e mortos de uma dada região, e existe a disponibilidade de dados de consumo de

¹ Este intervalo de fluxo vai de zero até o ponto onde a velocidade média começa a ser afetada pelo congestionamento. Segundo afirmação de VHE (1937) reproduzida por PENDLETON & HALL (1990), o número de acidentes cresceria, até o VMDA limite de 7000 veículos.

combustíveis para tal região (município, estado, país), estes dados podem ser utilizados juntamente para estimar a distância total viajada.

Para efeito de situar o cenário que será aprofundado nesta seção (qual seja a BR-101/SC) foi necessário lançar mão dos dados de consumo de combustíveis automotivos no Brasil para compor ou estimar a distância total viajada. Deste modo, podemos criar uma série de elos de referência para os diversos contextos, onde o cenário se insere: estado, região, país e, assim, criar uma base de comparação. Desta forma, com a utilização de duas fontes diferentes de informação foi possível dispor de informações sobre o consumo de combustíveis automotivos entre 1980 e 1996 (GEIPOT, 1997; M.M.E., 1998) e de estimativas dos consumos médios da frota nacional entre 1980 e 1996 (ver Quadro 6.1).

Na estimativa dos consumos médios veiculares por categoria de veículo e tipo de combustível (ex: caminhão pesado a diesel, comercial leve à gasolina), procurou-se inferir as médias de forma que representassem as condições de utilização reais do tráfego encontradas no País, nos 17 anos que se encerraram em dezembro de 1996. Na época desta totalização, os automóveis, por exemplo, contavam em média com mais de 7 anos de uso e os caminhões médios com mais de 11 anos (PRFSC, 1996).

Segundo levantamentos realizados pelo INST (SCARINGELLA, 1998) em São Paulo (SP) e em inspeções voluntárias, 85% dos veículos inspecionados apresentavam-se em péssimas condições de conservação, com reflexos na segurança e no consumo. Uma outra característica importante a ser colocada sobre a relação de consumo é a crescente urbanização. Segundo o censo de 1996, mais de 78% da população do País reside e, portanto, realiza a maior parte das suas viagens em áreas urbanas. Além disto, cerca de 30% acumula-se em apenas 10 regiões metropolitanas, com uma média populacional em torno dos 4,5 milhões de habitantes cada. Nestas regiões as velocidades médias, durante os períodos no entorno dos picos, variam entre 25 a 32 km/h, segundo divulgação do IPEA (Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicada) em 1998.

A pesquisa, aqui conduzida, foi orientada à obtenção de dados de consumo de veículos, levando em consideração as características reais médias

da frota e dos tipos de viagem onde são consumidos os 3 principais tipos de combustíveis utilizados no transporte rodoviário no Brasil. As médias de consumo para veículos de carga e passageiros foram obtidas, inicialmente, a partir de estudos publicados e informações de fabricantes (Mercedes-Benz, 1995; R.F., 1993) e, em seguida, a fim de respaldar ainda mais estas informações, através de entrevistas telefônicas com responsáveis pelo departamento de trânsito ou órgãos similares de empresas de transportes de carga e passageiros. As informações referentes a outros tipos de veículos foram obtidas junto a oficinas de regulagens, motoristas autônomos e de empresas e entidades.

Devido à natureza das informações requeridas, tiveram que ser entrevistados preferencialmente indivíduos que fossem profissionais do volante ou encarregados de frota. Além disso, eles foram previamente instruídos sobre o objetivo da pesquisa, qual seja o de obter valores médios de consumo que sejam representativos para os veículos da frota nacional. Pedia-se, então, o consumo médio regular por eles obtidos no uso normal, circulando em áreas urbanas, rurais e mistas, congestionadas e de fluxo livre. Não havia interesse no consumo do veículo sob condições ideais, como, por exemplo, no momento em que ele sai de uma regulagem, andando por uma rodovia pavimentada, com fluxo livre, e isenta de lombadas, buracos, semáforos ou faixas de pedestre, mas sim em condições que fossem representativas da frota nacional.

Foram entrevistados taxistas e/ou encarregados de frotas de quatro capitais brasileiras (Belo Horizonte, São Paulo, Florianópolis e Porto Alegre). A pesquisa envolveu duas empresas públicas e seis empresas de transportes que atuam ou têm sede na Grande Florianópolis (Expresso Mercúrio, Reunidas, Fabiano Mudanças, Transportes Burigo, Expresso Joaçaba, AB Costa Transporte) e três oficinas de regulagem de motores em Florianópolis-SC. Nas empresas pequenas e com motoristas autônomos, o contato foi feito diretamente com os proprietários e, no caso das empresas públicas e nas de maior porte, o contato foi com o encarregado de frota ou trânsito.

Durante a pesquisa inicial realizada junto às oficinas de regulagem de motores, foi relatada uma mudança acentuada (redução) no consumo dos veículos mais recentes, marcadamente os fabricados a partir de 1994. Porém,

isto, dentro do horizonte da pesquisa (1996), não chegou a provocar um impacto significativo no consumo da frota Nacional, até então de mais de 27 milhões de veículos. A frota que circulava na BR-101, a principal rodovia catarinense, até 1996, contava com uma idade média de 7,4 anos para automóveis e de 11,06² para veículos de carga, com desvios padrão 6,4 e 6,8 respectivamente, conforme o perfil levantado com dados obtidos nas rodovias federais de Santa Catarina (PRFSC, 1996).

Conforme o quadro descrito até aqui, fica caracterizada a necessidade de uma pesquisa (qualitativa), que possibilite uma constante realimentação de informações entre entrevistador e entrevistado e, também, alguma flexibilidade. Entre as fontes citadas anteriormente houve uma boa colaboração por parte de todas, e algumas até possuíam cálculos automatizados dos consumos, por tipo de veículo e por ano de fabricação. Depois de explicar, de maneira sucinta, os objetivos da pesquisa, eram colocadas as seguintes questões:

1. Quais os veículos que você já dirigiu e/ou que dispõe de informações sobre o consumo?
2. Qual o consumo destes veículos (ou similares), se possuírem a idade aproximada de anos e forem dirigidos em regiões urbanas ou mistas?
3. Obtivemos em outras fontes (outros entrevistados ou publicações) os seguintes consumos para estes mesmos veículos. O que você pensa destas médias?
4. Qual sua opinião sobre o consumo dos veículos (veículos que ele disse não dispor de informações)?

As respostas foram bastante aproximadas entre si, embora alguns respondentes tenham modificado a sua resposta após a apresentação da terceira questão. Assim, com base nestas respostas foi montado o Quadro 6.1, que permitiu chegar aos valores estimados para o movimento geral de veículos ou distância total viajada.

² Segundo as estatísticas apresentadas pela CNT (1998b) a idade média da frota de veículos era de 9,86 anos em 1995.

TIPO DE VEÍCULO	COMBUSTÍVEL	IDADE	% NA FROTA	CONSUMO (KM/L)
Ônibus	Diesel	6,18	13	2,0-3,2
Caminhões médios e leves	Diesel	10,36	35	2,0-3,6
Caminhões pesados	Diesel	11,35	19	0,4-1,7
Comerciais leves ³	Diesel	7,4	23	3,5-5,5
Automóveis	Gasolina	7,4	100 ⁴	4-11

QUADRO 6.1 – Consumos médios em condições reais de trânsito segundo o tipo de veículo idade média e combustível empregado até 1996 – Dados compilados a partir de informações obtidas junto a empresas e trabalhadores autônomos do transporte de cargas e passageiros e informações do GEIPOT (1989, 1997), CNT (1998b)

As médias de consumo foram inferidas a partir de dados de campo, com os veículos enfrentando as condições adversas de carga e fluxo presentes, numa situação que aparentemente representa as condições reais da frota, condutores e do trânsito nacional. O consumo de gasolina médio considerado foi de 7,5 km/l e o de álcool hidratado foi de 70% deste valor (5,25 km/l), considerando o menor rendimento apresentado por este último combustível nos veículos disponíveis até então.

A participação percentual do diesel no consumo energético nos transportes rodoviários é de aproximadamente 50% (M.M.E., 1998). Assim, foi possível montar diretamente o Quadro 6.1 e a Figura 5.7, onde estão dispostos, além do movimento nacional estimado de veículos, o número de acidentes e as taxas de acidentes pela distância viajada estimada ou movimento de veículos estimado.

Os valores obtidos são compatíveis com o que normalmente é atribuído através das revistas especializadas em automóveis, situando a quilometragem média rodada por veículo no Brasil em torno dos 10.000 km/ano. Tomando o ano de 1996, por exemplo, com base na estimativa deste trabalho, teríamos uma média de 10.437 km rodados por veículo (ex: 7 viagens casa-trabalho-casa por

³ Os veículos comerciais leves utilizam gasolina como combustível em $\frac{3}{4}$ dos casos, ou seja 2,1% do total da frota, e estes valores entram na composição da média de consumo

⁴ Este percentual inclui os comerciais leves a álcool e gasolina (8,5% da frota) e são desprezados os automóveis de passageiro a óleo diesel, até 1996 em número pouco significativo.

semana de 20 km e mais 310 km mensais em viagens de lazer). O total de quilômetros viajados para este ano (1996) no Brasil, 285 bilhões, é compatível com os níveis de movimentos registrados na antiga Alemanha Ocidental ou no Japão em meados dos anos 70 (ERNST e BRÜHNING, 1988; MURATA, 1989).

6.4 O comportamento dos índices de acidentes do Brasil ao longo do tempo

Na análise de fenômenos como os acidentes, seja qual for a ótica ou ramo do conhecimento humano que for empregado, é de grande relevância encontrar uma descrição matemática para o seu comportamento ao longo do tempo. A descrição de um comportamento através dos parâmetros de uma dada curva conhecida, ajuda a compreensão do fenômeno e permite estabelecer comparações no tempo e no espaço, facilitando a comparação entre cenários, salientando características como a ordem de grandeza dos índices e taxas de variação em cada caso (ver Anexos B, D e E)

Primeiramente, são verificadas as correlações entre todas as variáveis, embora o interesse principal recaia sobre a correlação com o tempo. Em seguida são utilizados 11 modelos: um linear e mais 10 não lineares. Eles são selecionados entre os mais utilizados para modelagens de tendências em séries anuais, sendo que o linear é o modelo de referência geral, por ser o mais simples e a partir dele e dos resultados de sua análise, já é possível ter uma boa idéia sob a necessidade e, se for o caso, do tipo de ajuste não linear (CHATTERJEE e PRICE, 1977; VIEIRA, 1992; Estatística, 1993).

A análise dos gráficos de dispersão e de resíduos permitiu projetar algumas curvas que poderiam se ajustar àqueles pontos. Deste modo, em alguns casos acabou havendo uma redundância e um modelo se ajustou a uma determinada série, sem uma diferença significativa nos percentuais de variância explicada. Nestes casos, o critério de escolha passa a ser a maior aplicabilidade prática do modelo e o equilíbrio mostrado na distribuição de resíduos.

Às séries globais utilizadas neste estudo (ver, Quadro 6.3 e 6.7), foram aplicados todos os modelos de curvas presentes no Quadro 6.2. A regressão

não-linear freqüentemente apresenta dificuldades computacionais, razão pela qual tiveram que ser utilizados algoritmos⁵ diferentes de acordo com o caso. Estes métodos ou algoritmos convergiram de maneira mais ou menos eficiente, conforme será comentado ainda nesta seção, devido às características do conjunto de pontos e do modelo matemático utilizado.

O método primeiramente utilizado foi o Quasi-Newton, que converge rapidamente na maioria dos casos. Porém, para algumas séries ele não convergiu ou chegou a inconsistências, nem sempre contornáveis pela modificação do valor inicial de busca ou tamanho do passo na iteração inicial. Às vezes, foi necessário utilizar alternativamente o “Simplex e Quasi-Newton” e o “Rosenbrok e Quasi-Newton”. Este último foi o único capaz de convergir para os modelos logístico, exponencial e S, bem como para ajustes mais pobres ($R^2 < 85\%$). Ao que parece, cada algoritmo tem as suas vantagens e desvantagens, e deve ser utilizado aquele que melhor se adapte ao problema em particular que se quer resolver, em termos de número de iterações (tempo), aproximação e veracidade dos resultados e, em alguns casos, qualidade dos resíduos.

Dos 11 modelos do Quadro 6.2, apenas o modelo Cúbico (polinômio do 3º grau), foi capaz de se ajustar à trajetória descrita pelas séries “Mortos” e “Feridos” ao longo do tempo. Este modelo, que é bastante flexível graças ao número de parâmetros, ainda assim conseguiu explicar apenas cerca de 47% da variância na distribuição do número de mortos e a potência explicou 54% da variação do número de mortos, sendo que no primeiro caso o ajuste não foi significativo (ver Quadro B1 do Anexo B).

Muitas vezes os ajustes pouco significativos podem ocorrer principalmente devido a interferências micro e macroeconômicas que ciclicamente aumentam e diminuem a acessibilidade ao automóvel na fronteira analisada. O volume sofre variações em função desta maior ou menor acessibilidade provocando o efeito “confounding” (HALL e PENDLETON, 1990; ELVIK, 1995; 1997), identificado pela capacidade de alterar as relações entre

⁵ Os algoritmos utilizados foram: Quasi Newton; Simplex; Simplex e Quasi-Newton; Hook-Jeeves pattern moves; Hook-Jeeves e Quasi-Newton, Rosenbrok Pattern Search, Rosenbrok e Quasi-Newton.

variáveis numa regressão (KLEINBAUM e outros, 1987). Portanto, sendo estas interferências passíveis de serem estimadas, podem ser controladas.

1. Linear	$y = b_0 + b_1 t$
2. Logarítmico	$y = b_0 + b_1 \ln(t)$
3. Inverso	$y = b_0 + b_1 / t$
4. Quadrático	$y = b_0 + b_1 t + b_2 t^2$
5. Cúbico	$y = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3$
6. Potência	$y = b_0 t^{(b_1)}$
7. Combinado	$y = b_0 b_1^t$
8. S	$y = e^{(b_0 + b_1 / t)}$
9. Logístico	$y = 1 / (1 / u + b_0 + b_1 t)$
10. Crescimento	$y = e^{(b_0 + b_1 t)}$
11. Exponencial	$Y = b_0 e^{(b_1 \cdot t)}$

QUADRO 6.2 – Modelos normalmente empregados para o ajuste de tendências a séries históricas de acidentes

Deve ficar claro que o principal objetivo do controle da interferência do fluxo não é a melhoria do comportamento da série ou sua melhor previsibilidade sob o ponto de vista matemático. O que realmente justifica a utilização do volume na determinação dos índices de acidentes, de um modo geral, é que este artifício garante que estes índices estão representando adequadamente as condições reais de risco do sistema e devem ser, portanto, empregado sempre que se queira avaliar as condições de segurança, tanto no tempo (dentro do próprio sistema) quanto no espaço (na comparação entre sistemas).

Na análise de números de trânsito agregados, como o número de mortos e feridos no trânsito no Brasil, o isolamento da variável “distância total viajada” pela sua inclusão no denominador do índice “Mortos por bilhões de quilômetros viajados”, facilitou o processo de modelagem, devido à minimização dos impactos provocados pela variação do fluxo na variação apresentada por cada tipo de ocorrência. Isto pode ser importante, pois, numa análise racional, não é muito provável que os acidentes aumentem radicalmente de um ano para outro na ausência de intervenção, se não houver uma alteração substancial no fluxo (NICHOLSON, 1991).

Ano	Feridos	Mortos	gas (l)	alcool (l)	diesel (l)	Km X 10 ⁹	mortos /km x 10 ⁹	feridos/km x 10 ⁹
80	249406	20217	1,4E+10	4,07E+08	1,80E+10	158	128	1577
81	243001	19762	1,3E+10	1,32E+09	1,77E+10	152	130	1594
82	285619	20291	1,3E+10	1,59E+09	1,83E+10	155	131	1840
83	293398	20210	1,2E+10	2,80E+09	1,75E+10	148	137	1988
84	299488	21010	1,0E+10	4,34E+09	1,82E+10	149	141	2009
85	326679	21016	1,0E+10	5,77E+09	1,89E+10	157	133	2075
86	399404	27306	1,2E+10	7,96E+09	2,16E+10	186	147	2144
87	357086	26071	1,0E+10	8,45E+09	2,23E+10	179	145	1991
88	313780	25358	9,9E+09	9,25E+09	2,26E+10	182	139	1721
89	320347	27013	1,1E+10	1,05E+10	2,36E+10	198	136	1618
90	298562	22550	1,0E+10	1,01E+10	2,46E+10	194	116	1539
91	248885	23222	1,3E+10	1,05E+10	2,60E+10	219	106	1138
92	274268	21387	1,2E+10	9,70E+09	2,55E+10	208	103	1320
93	337576	22393	1,3E+10	9,48E+09	2,65E+10	218	103	1548
94	304725	23705	1,5E+10	9,76E+09	2,75E+10	233	102	1307
95	321110	25513	1,7E+10	9,95E+09	2,83E+10	257	99	1248
96	349739	26903	2,1E+10	9,79E+09	3,01E+10	285	94	1227

QUADRO 6.3 – Taxas de ferimentos e fatalidades por 10⁹ km viajados no Brasil, elaborada com base nos dados do GEIPOT (1997); MME(1998) e da pesquisa resumida no Quadro 6.1.

As séries “Mortos por bilhões de quilômetros viajados” (MBKMV) e “Feridos por bilhões de quilômetros viajados” (FBKMV), por exemplo, obtiveram uma melhoria considerável em relação à série “Mortos” e “Feridos”. Os índices MBKMV e FMKMV puderam ser ajustados através de polinômios do 3º grau, com uma variância explicada (R^2) de 90% e 85% respectivamente e com todos os parâmetros significativos no nível de 99% (ver Figuras 6.1 e 6.2).

O modelo cúbico foi o único, entre os 11 propostos, capaz de acomodar a inflexão apresentada pelas curvas⁶ correspondentes às séries MBKMV e FBKMV, a partir do 6º ano (1986). Deste ponto em diante, foram 10 anos de queda exponencial, resultante de um crescimento mais acelerado da

⁶ Os pontos de inflexão teóricos, determinados a partir de $y' = 0$, seriam respectivamente em $x = 5,7$ e $x = 4,7$.

distância total viajada, do que dos números de mortos e feridos em acidentes de trânsito. A análise de regressão completa para este caso pode ser avaliada no modelo 7 do Anexo B, tanto para a série completa como para a truncada, onde foram retirados os valores até 1986.

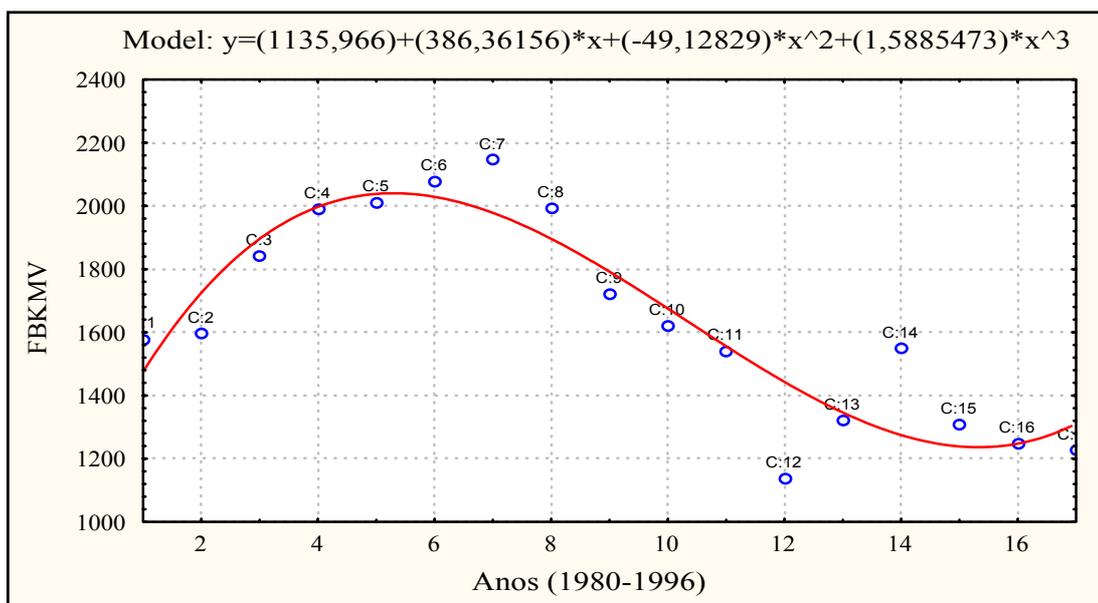


FIGURA 6.1 – Modelo ajustado à série “Mortos por 10^9 km viajados no Brasil”

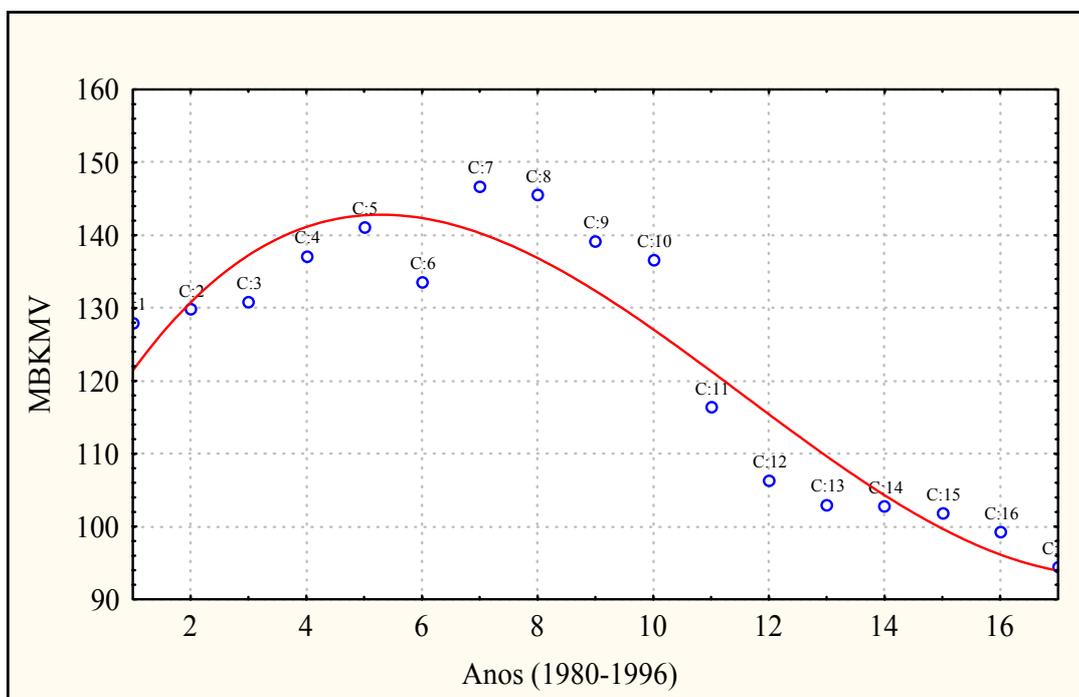


FIGURA 6.2 – Modelo ajustado à série “feridos por 10^9 km viajados no Brasil”

O procedimento acima reduz o número de pontos e a validade do modelo, embora seja um procedimento relativamente comum na área de segurança de trânsito (GOLDSTINE, 1991; RABBANI e outros, 1994; Mac DOWELL, 1995). Sob o ponto de vista prático, ele forneceu alguma indicação de que, assim como ocorreu no passado nos países desenvolvidos, o número de fatalidades por movimento de veículos no Brasil começa a decair exponencialmente. Existem duas fases distintas no fenômeno: a fase de crescimento dos níveis de risco, início do processo de explosão da motorização, e a segunda fase, quando ocorre a reação da sociedade, que faz com que o crescimento do número de acidentes não acompanhe o crescimento da quilometragem total viajada. (ver Seção 5.2.1 e 5.2.2).

A partir de 1986, a série histórica de mortos por movimentos do Brasil, entra em fase descendente, característica já apresentada pelos 20 países que tiveram suas séries históricas analisadas por EVANS (1991). O número de fatalidades de trânsito por bilhões de quilômetros viajados (mortos/BKMV), no Brasil, vem experimentando um decréscimo exponencial. Neste intervalo reduzido, de 1986 a 1996, registrou-se um decréscimo exponencial⁷ ao longo do tempo com um parâmetro “ β ” igual a -0,0507 e um tempo estimado para que a taxa se reduza a metade, de 20,6 anos, demonstrando uma grande lentidão no processo em relação aos países mais motorizados, indicando quem sabe a menor atenção dada aqui a esta epidemia (ver Quadro 2.2 e Modelo 7 do Anexo B).

A análise de séries globais agregadas envolve os resultados regionais (município, estado, país) das ocorrências num dado intervalo de tempo (mês, semestre, ano), devendo-se procurar estimar os impactos do movimento geral de veículo nestes resultados. Isto pode ser feito, conforme está se propondo aqui, através dos dados de consumo para a mesma região, ou através de um indicador como a renda per capita, intrinsecamente associado ao consumo de um modo geral (WONNACOTT & WONNACOTT, 1987). É claro que, neste caso, perder-se-ia provavelmente em precisão devido à maior elasticidade da relação renda/consumo.

⁷ O modelo exponencial “ $y=(213,02)*exp((-0,0507)*x)$ ” foi ajustado a série “mortes por 10⁹ km viajados”.

Conforme foi apresentado ao longo Seção 6.3, quando se está interessado numa avaliação dentro de um contexto mais amplo (como um estado ou país por exemplo), o movimento total de veículos pode ser estimado através da somatória dos produtos das quantidades consumidas de cada combustível, pela média de consumo por quilômetro dos veículos que o utilizam. Este procedimento é perfeitamente viável para análises deste tipo, onde os dados estão agregados em níveis compatíveis, ou seja, utiliza-se o consumo de combustíveis para estimar o movimento dentro da mesma região, onde ocorrem as fatalidades. Na avaliação de uma rodovia, entretanto, este tipo de raciocínio não é aplicável e os volumes devem ser obtidos diretamente.

Em instalações rodoviárias a avaliação utiliza informações mais específicas e, portanto, o volume adequado deve ser medido, devido ao fato de que as variações de fluxo, numa instalação, estão mais relacionadas a fatores locais, alternando períodos de alta utilização (picos) com outros de baixa utilização. Neste caso, assim como ocorre no caso de dimensionamento de rodovias, a distribuição do fluxo dentro do período analisado é importante. De posse das informações específicas de fluxo médio, para um determinado trecho e período, pode-se calcular um índice chamado de veículo.km/ano (RABBANI, 1991), que na verdade é um estimador da distância total viajada, e que aqui neste trabalho será dado em 10^9 km viajados.

As variações no volume do fluxo têm forte influência sobre o número de ocorrências, (HAUER e JERRY, 1989; PENDLETON e HALL, 1990; ELVIK 1996), o que recomenda que se implemente o sistema de contagem de veículos nas rodovias. Parece provável que, com o processo de privatização da operação de Rodovias e a conseqüente proliferação das praças de pedágio, se tornem disponíveis mais informações sobre os fluxos. Para que isto ocorra, entretanto, é necessário que haja alguma forma de cobrança e de controle público sobre estes dados e informações. A informação é a base da pesquisa e esta parece ser o investimento de maior retorno em termos de segurança de trânsito, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil.

Numa avaliação em um nível de agregação mais baixo, como um enfoque sobre uma rodovia, por exemplo, a informação a respeito do fluxo deve

ser mais específica. Cada registro do trecho em análise deve possuir também informação sobre os volumes de fluxo. Seria desejável que estes fluxos fossem coletados em cada segmento homogêneo das rodovias e de forma continuada. Assim, seria possível captar de forma adequada a influência do fluxo no volume de ocorrências, pois este último está restrito ao local e momento em que ocorre, não sendo, pois, bem representado por médias diárias.

6.5 O sistema nacional de rodovias federais

O sistema de rodovias federais brasileiras, na qual o trecho objeto de estudo se insere, dispõe de uma série histórica bem mais longa (ver Anexo C). Este aspecto tende a facilitar o ajuste de um modelo devido à influência do tamanho da amostra nas condições de normalidade das variáveis e dos resíduos (WONNACOTT & WONNACOTT, 1978). Por outro lado, não foi possível obter informações confiáveis sobre o movimento de veículos para o intervalo inteiro de observação (DNER/MT, 1995). A inexistência deste estimador confiável para o movimento de veículos, nas rodovias federais, deve-se ao fato da disponibilidade de dados de contagem volumétrica estar restrita aos últimos anos e, na maior parte dos casos, a apenas alguns segmentos importantes do sistema rodoviário, tornando muito difícil a elaboração de uma estimativa confiável do movimento geral.

A disponibilidade de uma série mais longa para estas ocorrências permitiu modelar o crescimento destes números (mortos e feridos) ao longo do tempo, através de polinômios quadráticos, com 93% da variância explicada para ambas as séries⁸ (ver Anexo C). Apesar da relativa facilidade para adaptar um modelo à série, ainda assim ela mostra um crescimento aproximadamente exponencial, com 88% da variância explicada para ambas as séries. Este fato, em princípio, não está expressando necessariamente uma deterioração nas condições de segurança do sistema condutor-veículo-via, estando muito mais

⁸ Os modelos ajustados foram: Feridos = $(61,47) \cdot x + (2,30) \cdot \text{tempo}^2$ e mortos = $(420,72) \cdot x + (17,76) \cdot \text{tempo}^2$

relacionado com o aumento do volume de tráfego e o conseqüente aumento do número e importância dos conflitos de fluxo.

6.6 O sistema estadual de rodovias federais de Santa Catarina

Depois de analisar o contexto externo regional através das séries históricas dos dados globais do país, gerais e relativos às rodovias federais, continuar-se-á, nesta seção, buscando um nível de agregação cada vez mais baixo. O objetivo é atingir um nível onde os acidentes sejam diferenciados segundo uma tipologia associada, não a causas, mas a características geométricas e/ou operacionais da instalação (ver Seções 4.5, 4.5.1, 4.5.2., 4.5.3). Nesta seção, será avaliada, inicialmente, a situação do estado de Santa Catarina em relação aos demais Estados das regiões Sul e Sudeste quanto aos seus dados globais e, em seguida, serão comparados os índices relativos às principais rodovias federais catarinenses.

A existência e disponibilidade de dados de volumes e de acidentes, para os estados e a relativa homogeneidade de desenvolvimento apresentada pelos estados das regiões Sul e Sudeste, foram os critérios seletivos do grupo. Os diversos índices, que se disponibilizam a partir dos dados de cada um dos estados, permitem caracterizar os cenários e servem ao mesmo tempo para mostrar a fragilidade dos índices que utilizam denominadores de crescimento vegetativo (frota, condutores, população e etc.), comparados com os que utilizam o movimento de veículos observado ou estimado como denominador.

Para o Estado de Santa Catarina, a disponibilidade de informações estende-se a várias seções do sistema de rodovias federais (SRF). Deste modo, existem condições favoráveis para situar o cenário de estudo (BR-101/SC) dentro do contexto estadual e nacional, específicos (dados de rodovias federais) e gerais (dados globais) através dos estados da região Sul/Sudeste e mundial. Considerando-se para efeito de comparação os anos de 94 e 95⁹, Santa Catarina

⁹ Estes dois anos foram escolhidos por apresentarem dados reais, coletados para os estados e não estimativas.

encontra-se numa posição relativamente desconfortável comparativamente à média dos índices de fatalidade destes estados, que estão entre os mais desenvolvidos do País, apresentando um índice de 26% acima da média (ver Quadro 6.4).

Estado	1994			1995			Média	desvio
	Mortos	BKMV	MBKMV	Mortos	BKMV	MBKMV		
Minas Gerais	2174	38,3	56,8	2597	41,3	62,8	59,8	-24%
Espírito Santo	498	7,4	67,2	518	6,5	79,1	73,2	-7%
Rio de Janeiro	2435	21,4	113,7	2493	21,6	115,4	114,6	46%
São Paulo	6024	88,8	67,8	5421	91,4	59,3	63,6	-19%
Paraná	2012	29,7	67,7	2154	29,8	72,3	70,0	-11%
Santa Catarina	1268	13,2	95,7	1407	13,7	102,9	99,3	26%
Rio Grande do Sul	1582	24,6	64,3	1867	24,4	76,4	70,3	-11%

QUADRO 6.4 – Índice de mortos ou 10⁹ km viajados (MBKMV), elaborada a partir de dados do Quadro 6.1, da ABDETRAN (1998) e do GEIPOT (1997).

A partir dos dados do Quadro 6.5, pode ser construída uma tabela comparativa (o Quadro 6.6), onde estão dispostos os principais índices de interesse na avaliação da segurança de trânsito, sob a forma de desvios percentuais da média do grupo. As duas primeiras colunas apresentam os índices de mortos por 10.000 habitantes ou veículos. Estes índices, muito utilizados nas comparações entre regiões nem sempre traduzem as condições reais de risco, nem mesmo dentro de um conjunto relativamente homogêneo de estados.

A posição relativa de cada estado na Quadro 6.5 pode-se alterar, considerando a ordem em que os estados estão dispostos nesta tabela. Para o índice “mortos por 10.000 habitantes” tal ordem seria (1,3,4,2,6,7,5) onde o número 1 indica o estado com índice mais baixo (MG), o número 3 indica que o estado do Espírito Santo ocupa o terceiro lugar, e assim por diante. Já considerando o índice “mortos por 10.000 veículos”, tem-se uma nova ordem na posição relativa, representada segundo o critério anterior por (3,4,5,1,6,7,2). Este

pequeno ensaio de ordenação mostra a inconsistência destes índices para fins de comparação.

Estado	População	Frota	Mortos	Mortos/10 ³ hab.	Mortos/10 ³ Veic.	BKMV	MBKMV
Minas Gerais	16.673.097	2.524.695	2.386	1,56	10,29	39,8	59,9
Espírito Santo	2.802.707	422.874	508	1,85	12,25	7,0	72,8
Rio de Janeiro	13.406.379	2.023.713	2.464	1,86	12,32	21,5	114,6
São Paulo	34.120.886	8.682.994	5.723	1,59	6,24	90,1	63,5
Paraná	9.003.804	1.716.134	2.083	2,39	12,55	29,8	70,0
Santa Catarina	4.875.244	844.969	1.338	2,89	16,65	13,5	99,4
Rio Grande do Sul	9.637.682	2.062.539	1.725	1,94	9,05	24,5	70,3

QUADRO 6.5 – Índices comparativos médios para o estados das Regiões Sul e Sudeste no período 1994/1995 – Elaborada a partir do Quadro 6.4 e GEIPOP (1997).

O Estado de Santa Catarina ocupa o último lugar (7º) quando são considerados os denominadores de crescimento vegetativo (mortos por veículo e mortos por habitante). Esta situação grave se repete quando utilizamos o índice "mortos por bilhão de quilômetros viajados", porém o Estado já não ocupa a última posição, sendo superado pelo Rio de Janeiro. Esta mudança de posição é resultado da grande mobilidade apresentada por SC, explicada pela sua localização geográfica (grande fluxo de passagem) e pela importância econômica da região.

O movimento turístico relativamente forte, principalmente no verão, parece ser um fator contributivo importante para os elevados índices de acidente do Estado. Ele introduz uma parcela considerável de sazonalidade no fluxo, fazendo com que ele varie de cerca de 0,7 até aproximadamente 1,3 vezes a média anual, do mês menos carregado para o mais carregado (PNCT, 1996), sendo que o excedente é composto na maioria por condutores não familiarizados com a rodovia e seu ambiente.

Estado	Mortos / Veic.	Mortos / hab.	Veic. / hab.	Mobilidade / hab.	MBKMV
Minas Gerais	-9%	-23%	-18%	-2%	-24%
Espírito Santo	8%	-8%	-18%	-8%	-7%
Rio de Janeiro	9%	-7%	-18%	-36%	46%
São Paulo	-45%	-21%	39%	6%	-19%
Paraná	11%	19%	4%	30%	-11%
Santa Catarina	47%	44%	-6%	11%	26%
Rio Grande do Sul	-20%	-4%	17%	0%	-11%

QUADRO 6.6 – Desvios em relação à média do grupo para os índices comparativos médios para os estados das Regiões Sul e Sudeste no período 1994/1995 – Elaborada a partir do Quadro 6.5 e GEIPOT (1997).

Excetuando-se SC e RJ, os demais estados apresentam uma condição de risco mais ou menos similar considerando o número de “mortos por 10⁹km viajados”. Um aspecto interessante a ser ressaltado é que, em dois destes estados, PR e RS, são encontrados índices por distância viajada iguais, e, no entanto, diferem significativamente em relação aos índices com denominadores fixos ou de crescimento vegetativo. A vantagem para o RS nestes índices se dilui rapidamente devido à maior mobilidade apresentada pelo PR (ver Quadro 6.6).

Um aspecto fundamental sobre o risco do automóvel é que ele está associado à operação do veículo, surgindo a partir do momento que ele entra em movimento. O carro na garagem ou no estacionamento oferece pouco ou nenhum risco aos pedestres ou aos seus potenciais condutores, pelo menos no âmbito do trânsito. Entretanto, quando um veículo de determinado modelo e estado de conservação, é posto em movimento, ele vai oferecer um determinado nível de risco aos seus ocupantes e aos demais usuários do sistema, que será proporcional ao tempo que ele ficar em movimento e à forma como for conduzido.

Concentrando o enfoque, agora, nas rodovias federais, cujos índices de fatalidade por 10⁹km viajados são apresentados no Quadro 6.6. Estes, embora calculados a partir do volume de tráfego medido, podem conter no seu valor

algum viés, devido a uma cobertura incompleta da malha rodoviária na coleta de dados para a estimativa dos VMDA. Na verdade, a escolha dos pontos de contagem prioriza os segmentos mais críticos, onde existe mais fluxo (DNER/MT, 1995; PNCT, 1995; 1996; 1996a; 1997). Seria necessário adotar uma distribuição de pontos de contagem mecanizadas que cobrisse toda a malha rodoviária onde houvesse entrada e saída, de forma que permitisse dividir as rodovias em um número maior de subtrechos, deixando as médias mais representativas..

Estado	Dados absolutos para o transporte em rodovias federais						
	Pop.	Rod. (Km)	Frota	Acidentes	Mortos	BKMV	MBKMV
Minas Gerais	16.673.097	9.126	2.524.695	12245	1292	6,54	197,41
Espírito Santo	2.802.707	767	422.874	3287	198	1,50	132,23
Rio de Janeiro	13.406.379	1.582	2.023.713	8305	683	5,67	120,51
São Paulo	34.120.886	1.146	8.682.994	8958	663	6,88	96,41
Paraná	9.003.804	3.115	1.716.134	4080	392	4,61	85,03
Santa Catarina	4.875.244	2.037	844.969	7351	707	3,99	177,19
Rio Grande do Sul	9.637.682	5.032	2.062.539	6016	420	6,07	69,19

QUADRO 6.7 – Índices gerais para os estados, incluindo distância viajada (BKMV), e acidentes, e índice de mortos por (BKMV), elaborada a partir de dados do: DNER/MT (1995); GEIPOT (1998) e PNCT (1995)

No Quadro 6.7, são apresentados os dados correspondentes às rodovias federais para o ano de 1995. Este Quadro é um resumo da situação para este ano, embora não sejam prováveis mudanças radicais sem intervenção. Já os valores para os anos de 1994 e 1996, parcialmente calculados, não mostraram diferenças substanciais. Nas rodovias federais, MG ocupa a última posição e SC a penúltima, e são dois estados cujos dados oficiais de mortes no trânsito ocorrem em aproximadamente 50% dos casos em rodovias federais.

Estados	% movimento	% mortes.
Minas Gerais	15,8%	49,7%
Espírito Santo	22,9%	38,2%
Rio de Janeiro	26,2%	27,4%
São Paulo	7,5%	12,2%
Paraná	15,5%	18,2%
Santa Catarina	29,2%	50,2%
Rio Grande do Sul	24,8%	22,5%

QUADRO 6.8 – Participação relativa das BRs no movimento geral e nos óbitos no trânsito – Elaborada a partir dos Quadros 6.5 e 6.7

O estado de Minas Gerais, com uma malha federal bastante extensa, 180% acima da média do grupo, uma população 29% acima da média (ver Quadro 6.8), apresenta um movimento geral de veículos relativamente baixo. A proporção do movimento gerado em rodovias federais é 16%, para os quase 50% do total de mortes. Assim, a grande parcela de mortes ocorridas em acidentes em rodovias federais e o fluxo médio relativamente baixo destas rodovias proporciona um índice de acidentes por movimento bastante elevado

A importância da malha rodoviária federal dentro do sistema rodoviário estadual pode ser avaliada pelo percentual de participação no movimento geral de veículos e pelas condições relativas de segurança, através da proporção de mortes no trânsito devido a ocorrências nas rodovias federais (ver Quadro 6.8).

Para SC não se observa uma inversão em relação às condições gerais de segurança do estado como no caso de MG. Até porque estas condições gerais já não são satisfatórias, mas o índice é significativamente maior (ver Quadros 6.5 e 6.7). Há, neste caso, também uma grande influência da participação das rodovias federais nas mortes do trânsito, mas que é até certo ponto compensada pela grande participação das rodovias na geração de movimento, chegando a 29% do total. Nos casos onde há um equilíbrio entre fluxos e fatalidades (RJ, RS, PR), não há uma diferença pronunciada entre os índices gerais do estado e os específicos das rodovias federais.

Estado	Desvios relativos a médias para as rodovias federais						
	Pop.	Rod. (Km)	Frota	Acidentes	Mortos	BKMV	MBKMV
Minas Gerais	29%	180%	-3%	71%	108%	30%	57%
Espírito Santo	-78%	-76%	-84%	-54%	-68%	-70%	5%
Rio de Janeiro	4%	-51%	-22%	16%	10%	13%	-4%
São Paulo	164%	-65%	233%	25%	7%	37%	-23%
Paraná	-30%	-4%	-34%	-43%	-37%	-8%	-32%
Santa Catarina	-62%	-37%	-68%	2%	14%	-21%	41%
Rio Grande do Sul	-25%	54%	-21%	-16%	-32%	21%	-45%

QUADRO 6.9 – Desvios em relação às médias, para os valores do Quadro 6.6

As três primeiras colunas no Quadro 6.7 apresentam alguns indicadores utilizados como denominador na comparação de dados entre estados.

Como pode ser constatado a partir do Quadro 6.9, eles servem mais para dar uma idéia do tamanho do sistema de trânsito de cada estado do que para estabelecer comparações entre os riscos de cada um. No entanto estas informações são úteis na elaboração de um quadro comparativo, situando a importância relativa do trânsito de cada unidade no grupo.

6.7 O isolamento de fatores na avaliação de contramedidas de acidentes aplicado a um cenário específico: BR-101/SC

O trecho catarinense da BR-101 tem cerca de 465 km, com seu quilômetro zero na divisa com o Paraná, ao norte, e estende-se até a divisa com o Rio Grande do Sul, ao sul. A rodovia cruza algumas regiões altamente urbanizadas, como nas travessias de Balneário Camboriú, Itapema e os municípios da Grande Florianópolis. O segmento entre a divisa com o Paraná e a Grande Florianópolis (km 0 - km 218) se encontra, desde 1997, em obras de duplicação para ajustar a capacidade da instalação à demanda.

A rodovia opera com volume médio diário (VMD) de mais de 15 mil veículos e, em alguns trechos da Grande Florianópolis, com cerca de 30 mil veículos. Naturalmente estes fluxos produzem um grande número de mortos e feridos, mas isto não significa necessariamente que os usuários experimentam um risco mais elevado do que em outras rodovias do Estado. No caso da BR-101, conforme foi discutido nas Seções 1.2, 4.5.1, parece que o congestionamento exagerado, entre outros fatores, provocou um aumento do número de acidentes, mas diminuiu a sua severidade, reduzindo assim o risco de ferimentos. Até mesmo em situações de alto fluxo sem congestionamento, é possível que a redução do espaço livre disponível, provoque um aumento na cautela e uma redução da velocidade (HCM, 1994). A seguir é apresentado o Quadro 6.10, com dados comparativos para as BRs de Santa Catarina.

BR	Acidentes	Feridos	Mortos	VMDA	ABKMV	MBKMV	FBKMV	Mortos/Acidente
BR-101(465 km)								
95	4772	3102	418	13800	43724	178,46	1324,39	0,09
96	5783	3517	422	15456	49104	160,87	1340,69	0,07
97	6907	3669	345	15600	62659	130,30	1385,73	0,05
BR-116 (311 Km)								
95	-	-	-	-	-	-	-	-
96	688	440	81	3700	47854	192,85	1047,61	0,12
97	713	437	77	4370	49996	155,22	880,94	0,11
BR-153 (118 Km)								
95	-	-	-	-	-	-	-	-
96	238	150	18	2554	193483	163,64	1363,63	0,08
97	200	111	10	2684	257720	86,51	960,21	0,05
BR-158 (148 Km)								
95	-	-	-	1962	-	-	-	-
96	60	55	2	2209	509071	16,76	460,91	0,03
97	62	39	8	2456	90244	60,30	293,96	0,13
BR-280 (211 Km)								
95	-	-	-	3267	-	-	-	-
96	823	583	58	3300	130516	228,21	2293,93	0,07
97	921	652	64	3615	132279	229,88	2341,88	0,07
BR-282 (653 Km)								
95	-	-	-	2697	-	-	-	-
96	1384	1001	92	3105	45650	124,31	1352,59	0,07
97	1541	1207	86	3415	58885	105,67	1483,04	0,06
BR-470 (352 Km)								
95	-	-	-	-	-	-	-	-
96	1964	1619	115	8676	109576	103,17	1452,42	0,06
97	2071	1413	124	10642	88692	90,69	1033,44	0,06

QUADRO 6.10 – Dados comparativos das rodovias federais catarinenses, elaborado com base em dados da PRFSC e PNCT (1995; 1996; 1996a; 1997)

A BR-101 é tida como uma estrada perigosa devido à magnitude dos seus números, gerados a partir de volumes médios bem mais elevados que as demais rodovias similares. Sem mudar a sua adjetivação, mas considerando os dados apresentados no Quadro 6.10, pode ser constatado que, apesar da BR-101 responder por cerca de 60% das fatalidades ocorridas em BRs catarinense, ela oferece um risco 17% menor que o da BR-116 e 37% menor que o da BR-280.

Isto parece um tanto surpreendente a princípio, devido ao impacto que podem provocar os números absolutos quando se trata de “mortos e feridos”. Porém, uma inspeção visual nas 3 instalações, permite claramente constatar que estas duas instalações oferecem um risco maior que a BR-101 devido a questões de concepção geométrica, sinalização, relevo e até climáticas.

As condições operacionais da rodovia também têm uma influência considerável sobre a segurança. A análise conjunta do Quadro D3, Anexo D, que apresenta alguns elementos relacionados às rodovias em estudo, e que freqüentemente tem servido como parâmetros em relação à segurança deste tipo de instalação. Na comparação do objeto deste estudo (a BR-101), com a BR-280, vários aspectos podem influir, contribuindo para o risco mais elevado desta última. Um deles é o fato de ela trabalhar com mais folga, operando em nível de serviço D (ver Seção 3.4.2), ainda longe do limite superior deste nível, oferecendo, portanto, mais liberdade de escolha de velocidade do que na BR-101, que opera no nível “E” ou próximo e, em alguns casos, aproximando-se do nível “F” (trecho 4050). Neste caso, o aumento do tempo que a rodovia opera sob congestionamento, limita muitas vezes a livre escolha de velocidade, trazendo como consequência à diminuição da violência dos desastres.

Nas Seções 3.4.2 e 3.4.3, foram avaliadas sinteticamente algumas características operacionais e de projeto que têm grande influência sobre a segurança das rodovias. Determinadas características das instalações rodoviárias são determinantes do risco operacional oferecido. Numa rodovia, por exemplo, existem elementos ligados a sua geometria, que aumentam o grau de dificuldade oferecido aos seus usuários. A exemplo do que ocorre em jogos eletrônicos envolvendo simulação de direção, existem condições que determinam um grau de dificuldade maior e que exigem um nível mais alto de habilidade por parte do condutor.

Deste modo, as faixas e acostamentos estreitos, o traçado sinuoso, as rampas acentuadas, a falta de um espaço livre maior próximo as margens da rodovia, a presença de curvas (principalmente as curvas sem transição, sem superelevação e com raios muito reduzidos) aumentam potencialmente o risco

oferecido aos usuários, exigindo deles mais atenção, habilidade e bom senso
Seções 3.4.3.1 e 3.4.3.2.

Ano	Acidentes	Mortos	Feridos	Vol. Trafego	ABKMV	MBKMV	FBKMV	Mortos/acid.	Feridos/acid.
81	1960	172	1444	3347	3450,28	302,78	2541,94	0,09	0,74
82	2086	189	1557	3550	3462,10	313,68	2584,13	0,09	0,75
84	2160	187	1714	3692	3447,04	298,42	2735,29	0,09	0,79
83	2326	210	1781	3982	3441,62	310,72	2635,22	0,09	0,77
85	2301	215	2060	4001	3388,46	316,61	3033,56	0,09	0,90
88	2825	305	2383	5018	3316,97	358,12	2798,00	0,11	0,84
87	2905	277	2176	5144	3327,36	317,27	2492,37	0,10	0,75
89	3004	360	2538	5569	3178,17	380,87	2685,15	0,12	0,84
86	3307	335	2962	5809	3354,18	339,78	3004,26	0,10	0,90
90	3043	314	2374	7786	2302,72	237,61	1796,12	0,10	0,78
91	3223	328	2449	10003	1898,38	193,20	1442,77	0,10	0,76
92	3113	356	2553	12220	1500,94	171,65	1230,77	0,11	0,82
93	2832	301	2294	12400	1345,63	143,02	1089,96	0,11	0,81
94	3970	337	2954	13000	1799,29	152,74	1338,67	0,08	0,74
95	4772	418	3102	13800	2037,40	178,46	1324,31	0,09	0,65
96	5783	422	3517	15456	2204,50	160,87	1340,69	0,07	0,61
97	6907	345	3669	15600	2608,67	130,30	1385,73	0,05	0,53

QUADRO 6.11 – Exemplos de índices descritivos para as condições de risco predominantes na BR-101-SC

O número elevado de veículos grandes, caminhões e ônibus, aumenta o risco para os ocupantes dos veículos menores (ver Seção 5.1.2). Do mesmo modo, a falta de continuidade entre a pista e o acostamento (desnível), a falta de um pavimento adequado no acostamento e a presença de obstáculos sem atenuadores de impacto (ver Seção 4.5.4.2) próximos à margem da pista, constituem-se em elementos que aumentam o risco oferecido por uma instalação.

A BR-280 apresenta um fluxo constituído de 50% de caminhões (semelhante ao da BR-101) e desenvolve-se sobre um terreno relativamente acidentado (terreno ondulado). Apenas isto já justificaria seus elevados índices de

acidentes por distância viajada. Mas, além destes fatores, existe a questão da largura: as suas faixas são de apenas 3,3 m e seus acostamentos de apenas 1,2 m, muitas vezes sem qualquer revestimento além do material do terreno natural ou do terrapleno da estrada. Este conjunto de condições, abaixo das ideais, é freqüentemente associada a uma maior acidentalidade e, exige, portanto, a utilização de velocidades bem mais baixas (AASHTO, 1990; GOLDSTINE, 1991; HCM, 1994; RABBANI e outros, 1994).

6.8 O comportamento das taxas de acidentes na BR 101

Nesta seção serão avaliadas as séries de acidentes disponíveis para a rodovia entre os anos de 1980 e 1996, repetindo-se os procedimentos aplicados aos dados gerais do país e aos seus comportamentos ao longo do tempo. Até a seção anterior, tratou-se de avaliar contextos mais amplos, nos âmbitos nacional, regional e estadual. Aqui, nesta seção, será discutido o comportamento das séries de ocorrências disponíveis para a BR-101. O Quadro 6.11 apresenta os dados globais (agregados) para toda a extensão da BR-101 em território catarinense.

Ao proceder à investigação de séries como as do Quadro 6.11, parece interessante utilizar como ponto de partida a análise de correlação entre os índices, usando-se gráficos comparativos, colocando sob o mesmo par de eixos coordenados, as séries e os totais viajados ou movimento geral (BKMV). Deste modo, é possível levantar algumas questões sobre a “trajetória ou rastro” das séries, cujas soluções trazem em si importantes informações sobre o estado da segurança no cenário e, conseqüentemente, sobre as estratégias de intervenção (ver Anexo D). Deste modo, a simples observação das séries do Quadro 6.11 (ver Figuras D1 a D5, Anexo D), permite que se chegue a algumas conclusões, que embora sejam parciais, são relevantes neste ponto da análise:

- o movimento médio aumentou (mais veículos circulando) e o número de acidentes também aumentou (mais acidentes), sendo que depois de 1994, num ritmo mais acelerado que o do movimento;

- a severidade dos acidentes, ao que parece, vem diminuindo, conforme indicam os índices de mortos e feridos por acidente, que vem apresentando esta tendência há cerca de 9 anos;
- o número de mortos e feridos, quando tomados em relação ao movimento médio durante o período examinado, vem apresentando uma tendência predominantemente decrescente nos últimos 8 anos.
- O número de acidentes por movimento (BKMV), primeiramente teve um decréscimo (como no caso anterior) e em seguida tornou a aumentar, quase se aproximando do patamar anterior a 1989.

NG e HAUER (1989) e HALL e PENDLETON (1990) trabalharam com dados de trechos de rodovias rurais de duas faixas americanas e encontraram as mesmas tendências. Um dos precursores do estudo da segurança de trânsito, VEH (1937) apud HALL e PENDLETON (1990), examinando na época (1937) a acidentalidade em seções de rodovias de duas faixas nos EUA, concluiu que, “o número de acidentes, por milhões de veículos-quilômetro¹⁰, acompanha o crescimento do fluxo até aproximadamente 7000 veículos”. Ainda segundo ele, “a partir deste ponto, devido à redução da velocidade e da flexibilidade de movimento”, há um gradual decréscimo na taxa de acidentes, apesar do crescimento do tráfego.

No entanto estes estudos, realizados na América do Norte, não utilizaram rodovias de duas faixas com volumes de tráfego relativamente baixos, se comparados com a BR-101/SC. Deste modo, não foi constatado que, depois de extrapolada a capacidade da via, se aumentado ainda mais o fluxo, o número de acidentes torna a crescer novamente (ver Figura D2). Este fenômeno ocorre devido às peculiaridades do comportamento da rodovia, em função da evolução da relação volume capacidade (V/C), que define os níveis de serviço da rodovia.

O comportamento de uma instalação deste tipo, está intimamente ligado ao comportamento dos condutores na corrente de tráfego. Este, por sua

¹⁰ Neste trabalho, foi admitido que “o número de bilhões de veículos.km por ano numa determinada seção de via”, pode ser utilizado como um estimador do movimento geral anual de veículos nesta via, dado em 10⁹km viajados, uma unidade de medida mais adequada ao entendimento interdisciplinar.

vez, é influenciado pela distância entre os veículo, liberdade de manobra ou escolher sua velocidade de viagem, fatores que são afetados pela relação V/C. No caso da BR-101, enquanto a rodovia operou com folga de capacidade, o número de acidentes por movimento acompanhou o crescimento do fluxo. Em seguida, para fluxos entre 7.000 até 13.000, houve um decréscimo do número de acidentes, para em seguida tornar a crescer.

O comportamento aparentemente anômalo das taxas de acidentes está relacionada com o conceito de nível de serviço. Nos níveis de serviço onde há uma liberdade de escolha de velocidade, A, B, C, D, o crescimento dos volumes diários é acompanhado pelo aumento nas ocorrências. A partir do nível E, a redução excessiva do *headway* médio e o caos gerado pelos bloqueios intermitentes e freqüentes provocam um aumento das taxas.

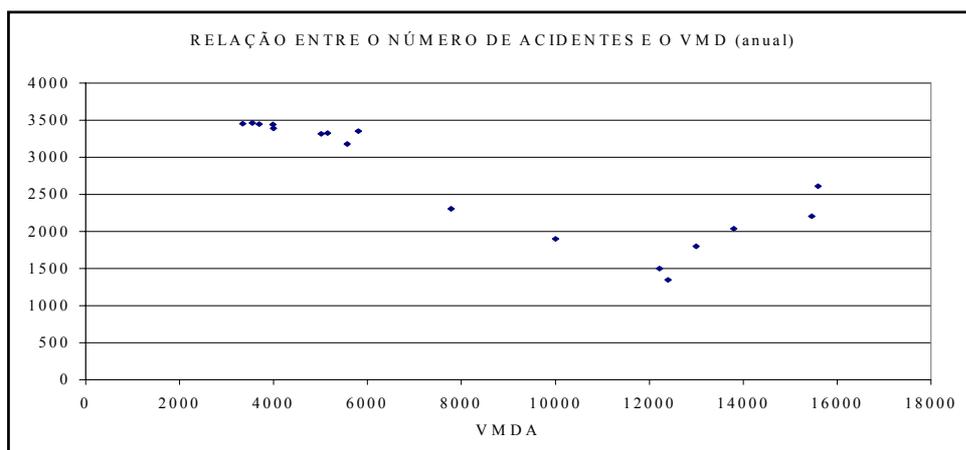


FIGURA 6.3 – Comportamento do índice de acidentes por distância viajada em função do aumento do VMD. Elaborada com dados da PRFSC.

A tendência de declínio nas condições de risco aparece nas correlações com a variável “ANO” do Quadro D1 do Anexo D. Os índices de acidentes, mortos e feridos, por bilhão de quilômetros viajados, apresentaram uma correlação de -83% no primeiro caso, e de -91% nos outros dois. A partir de 1989, teve início um período de crescimento acelerado do movimento geral de veículos, que se estabilizou entre 92 e 93, e então novamente voltou a crescer, mas já sem o ímpeto anterior. Nesta fase, o risco de acidentes diminuiu até o ano

problema, buscando a multidisciplinaridade tanto na fase de tratamento dos problemas como, no caso, na fase de avaliação.

Durante esta última fase de crescimento acelerado do fluxo, iniciado em 1989, existe uma correlação negativa para os índices ABKMV, MBKMV, FBKMV, MAC, FAC, em relação ao tempo, conforme pode ser visto na última coluna do Quadro D1. O volume médio diário anual (VMDA) na BR-101 e conseqüentemente o movimento geral, vem crescendo constantemente ao longo dos anos (ver Anexo E).

O número de acidentes, fatalidades e ferimentos está atrelado de certa forma ao fluxo e tende a aumentar quando este cresce. Pelo menos é isto o que acontece num primeiro instante, em seguida há uma tendência à redução da taxa de crescimento relativo (relativo ao fluxo) destes números. A partir de 1989 e até 1993, o crescimento do número de acidentes não consegue mais acompanhar o crescimento volume de tráfego. De 1994 em diante o número de acidentes volta a crescer, principalmente devido aos constantes congestionamentos, que aumentam o risco das pequenas colisões mas a queda no número de mortos e feridos por movimento mantém a tendência decrescente desde 1989 (ver Anexo E, Modelos E3 e E4).

Apesar do aumento do número de acidentes, a redução das velocidades devido à falta de capacidade, que provoca constantes congestionamentos, e a melhoria nas condições de segurança passiva dos veículos, principalmente devido ao aperfeiçoamento e implementação da utilização do cinto de segurança, tem provocado uma tendência de queda nos índices de acidentes. É provável que as campanhas desenvolvidas pelas autoridades e a própria ênfase dada a esta rodovia ao longo dos anos devido à magnitude dos fluxos envolvidos, tenham exercido alguma influência nos índices, assim como a redução gradual da rigidez das estruturas dos veículos.

Inicialmente a redução da rigidez da estrutura dos veículos deu-se pela necessidade de economizar matéria-prima e combustíveis e, mais recentemente, pela aplicação de conceitos de segurança, como a deformação programada da carroceria e da transformação do habitáculo em célula de sobrevivência (ver Seção 5.1.2). De qualquer forma, as tecnologias de segurança passiva

disponíveis, tais como cinto, *air-bag*, barras de reforço, estrutura com deformação programada e outras, tratam de diminuir a quantidade de energia que age sobre (o)s ocupante(s).

As colisões em rodovias como a BR-101, quando com fluxo livre, ocorrem em velocidades bem acima das velocidades utilizadas nos “crash tests”, em torno dos 60 km/h”. A rodovia, dentro do horizonte da pesquisa até 1996, dispunha de uma única pista, e ocorriam 21% colisões frontais ou quase frontais (ver Figura 6.3). Estas colisões se dão normalmente em velocidades relativas da ordem de 160 km/h, tornando grande parte dos esforços para aumentar a segurança passiva de rodovias e veículos praticamente sem efeito.

A questão da má adaptação entre os desenhos dos veículos de passeio de modo geral e os veículos de grande porte (ônibus e caminhões), constitui-se num grave problema de segurança. A busca por carros aerodinâmicos e menos rígidos (para absorção de impacto), não encontra uma contrapartida por parte do desenho dos veículos pesados, que funcionam como verdadeiras armadilhas no caso de abalroamentos transversais e colisões traseiras (VIEIRA e PASSAGLIA, 1997; SCHMUTZER, 1998). Nestes tipos de acidentes, que respondem por 22% e 30% das ocorrências respectivamente, os veículos menores entram por baixo da estrutura, quase sempre com graves conseqüências (ver Seção 5.1.1).

Os veículos maiores devem ter um desenho adequado ou pelo menos um pára-choque que evite que o veículo menor entre por baixo da sua estrutura, sendo atingido em regiões muito frágeis e que não oferecem resistência alguma (a altura do pára-brisa) (ver Figura 5.3 e Seção 5.2.1). Isto expõe os ocupantes dos veículos menores a um risco elevado de morte ou lesões irreversíveis, mesmo a velocidades tão baixas quanto 30 ou 40 km/h.

É claro que, a uma taxa média de renovação da frota nacional de 7,55% ao ano, e com a aplicação, apenas parcial¹¹, e recente das tecnologias de

¹¹ As novas tecnologias têm sido introduzidas lentamente, primeiros em modelos especiais de algumas marcas, e só com o tempo vai se generalizando (ex: *air bags* e duplo *air bag*).

segurança veicular no Brasil, não é esperado que os outros fatores veiculares de segurança passiva, que não o cinto, possam ter tido uma influência muito pronunciada. As melhorias vêm se dando de forma lenta e gradual, inicialmente a partir de da presença de alguns modelos importados e outros poucos nacionais e, até 1997, não houve tempo suficiente para um interferência maior.

Observando as diferenças entre os índices de severidade disponíveis (índice de mortos e de feridos por acidente) para três subtrechos da rodovia (ver Figura D6, do Anexo D) percebe-se claramente a tendência de declínio para todos os trechos. Porém, os comportamentos não foram homogêneos. Enquanto os dois trechos mais carregados, km (0-104) e km (104-298), apresentam um comportamento um tanto similar, o trecho sul, operando ainda dentro da capacidade na maior parte do tempo (ver Quadro 6.9), apresenta um índice mais elevado e com movimentos cíclicos diferenciados dos trechos ao norte, indicando que existem outros fatores robustos independentes da tecnologia veicular influenciando nestes índices.

Existe uma série de outros fatores que podem influenciar nas condições de risco de uma rodovia, que necessitam de uma visão mais aproximada, que possa obter outros diferenciais de análise. Esta análise, num nível mais “microscópico”, não dispõe de dados já sistematizados e resumidos para análise e então foi necessário delimitar uma região ou trecho da instalação a um intervalo de tempo (no caso, o ano de 1996), o último ano completo antes de se iniciar as obras de duplicação.

6.9 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo, foi levada a efeito uma avaliação em nível “macroscópico” (usando dados agregados). Nela, foi mostrada a importância das variações do movimento geral de veículos sobre os índices de acidentes, e foi adotado um procedimento robusto para eliminar seus efeitos óbvios ou diretos¹².

¹² Existem efeitos indiretos provocados pela perda de liberdade de manobrar e escolher a velocidade de viagem com a queda do nível de serviço.

Assim, pode-se avaliar as condições globais de segurança no trânsito no país, no estado e nas rodovias federais.

O Brasil começa a apresentar uma redução nos índices por distância viajada, demonstrando um início de amadurecimento dentro do processo de motorização, mas com valores tão altos, que alguns países desenvolvidos só atingiram tais índices nos primórdios da motorização e outros nunca chegaram a atingir tais patamares. Embora o comportamento da série brasileira seja similar à apresentada no passado pelos países desenvolvidos, não apresenta a mesma taxa de queda exponencial daquelas, indicando uma intervenção menos efetiva que a aplicada nestes países para tentar controlar a “epidemia”.

Em seguida, numa aproximação maior na análise, avalia-se a situação do estado dentro de um contexto nacional, através de sua posição relativa dentro de um grupo relativamente homogêneo, constituído pelos estados das regiões Sul/Sudeste. O estado catarinense encontra-se dentro do grupo numa situação relativamente desconfortável, oferecendo aos usuários do seu sistema rodoviário de transportes um risco 26% maior que a média dos estados Sul/Sudeste e, quando são consideradas apenas as rodovias federais, o risco oferecido é de 41% a mais do que a média do grupo. Nos dois casos, Santa Catarina ocupa a penúltima posição (oferecendo a segunda maior taxa MBKMV).

A variação da importância do sistema de rodovias federais é relevante em relação ao risco. Em Minas Gerais e Santa Catarina, as rodovias federais respondem por cerca de 50% das mortes, porém em Santa Catarina elas são responsáveis por cerca de 30% do movimento, enquanto em Minas Gerais, por apenas 16%. Este tipo de distorção também parece não afetar o índice MBKMV, que mostrou uma taxa de risco relativamente 11% maior para as rodovias federais do estado mineiro.

A redução da severidade dos acidentes nas rodovias federais é um fato e parece mais provável, que esteja relacionada, em ordem crescente de importância, à melhoria da tecnologia veicular de segurança (passiva) e melhoria das condições de resgate e atendimento de urgência, como também a redução involuntária da velocidade (congestionamento) e à gradual implementação do uso do cinto de segurança.

No próximo Capítulo, (VII), será aprofundada a análise da BR-101, com uma busca mais minuciosa nos Boletins de Ocorrência (BO), procurando identificar os tipos de acidentes e podendo assim descrever este modelo em um nível mais baixo, com mais riqueza de detalhes, conforme foi descrito preliminarmente no Capítulo I, Seção 1.7.2. Além disso, será feito um cruzamento de dados, buscando levantar os tempos de internação e curvas de sobrevivência das vítimas, a fim de montar um quadro realístico para a descrição de cada tipo de ocorrência, quadro este imprescindível à avaliação de contramedidas de acidentes.

CAPÍTULO VII

7. A AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS A PARTIR DOS SEUS ACIDENTES CARACTERÍSTICOS: UM ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR

7.1 Introdução

Neste capítulo, será apresentado um modelo de análise aplicável a avaliação de cenários rodoviários, capaz de elucidar os principais aspectos relacionados ao trabalho de avaliação dos impactos à segurança na instalação. Com este objetivo, foi escolhido para o estudo um trecho de rodovia, entre os quilômetros 104 e 298 da BR-101 no estado de Santa Catarina, que apresenta uma geometria variada e um ambiente complexo, envolvendo uma série de travessias urbanas, que atravessadas por um volume elevadíssimo de veículos, fazendo com que opere entre os níveis D e F, grande parte do tempo de operação.

Os acidentes ocorrem devido a uma falha em um ou mais componentes do sistema condutor-veículo-via. A intervenção adequada em qualquer destes componentes pode evitar que um acidente ocorra (HALL e PENDLETON, 1990). Então, pode se afirmar que, numa rodovia sob intenso fluxo de veículos, a correção de problemas críticos de geometria (ex: introdução de curvas de transição), pode evitar que alguns acidentes ocorram, ou seja, reduz a probabilidade de ocorrência destes eventos naquele trecho¹. Dadas as características parcialmente randômicas dos acidentes (ver Seção 1.7.2) e a qualidade dos dados disponíveis, é necessário que se adote um modelo de análise, que possibilite aos operadores de rodovias, identificar e corrigir problemas de maneira segura.

¹ No entanto, como os acidentes dependem outros fatores, eles podem ocorrer num trecho não tratado, subsequente ou anterior, num fenômeno registrado na literatura como “migração” (WRIGHT e BOYLE, 1984; McGUIGAN, 1985; MAHER, 1987; PERSAUD, 1987).

Os modelos de avaliação desenvolvidos no Capítulo VI foram concebidos a partir de dados agregados (ex: acidente com morto). Eles representavam porções relativamente amplas do sistema global (rodovias federais de um estado, estado, país...), agregando portanto, uma série de características distintas em relação à segurança viária. Eles são ferramentas úteis para auxiliar as decisões de decisão de alto nível, como as aplicadas no planejamento de médio e longo prazo, acompanhamento de medidas de contenção de acidentes, comparações regionais e outras avaliações de caráter global, onde a distinção entre os tipos de acidente não é significativa ANDREASSEN (1992).

O modelo proposto deve auxiliar nas decisões de natureza mais técnica, tais como, decidir que contramedidas de acidentes implementar e como avaliar a se sua implementação foi ou não efetiva. Nestas decisões, de natureza eminentemente técnica, nas quais é preciso determinar onde e como intervir, é necessário trabalhar com uma descrição mais detalhada do sistema, necessária tanto ao sucesso das intervenções como à confiabilidade da avaliação dos resultados. Normalmente, é necessário saber, no menor espaço de tempo possível, se as medidas adotadas atingiram o objetivo ou se devem ser aperfeiçoadas. Nestes casos, o número de acidentes com mortos, feridos ou danos materiais, não reflete adequadamente a parcela do risco mais sensível a medidas de contenção de acidentes específicas.

O tratamento que será detalhado nas próximas seções destina-se à avaliação de cenários descritos em baixo nível ou nível microscópico, que se caracteriza pela utilização de taxas de acidentes específicas para cada tipo de acidente entre os mais freqüentes para a instalação, e para cada seção homogênea de uma dada rodovia². Deste modo, conceitos, até aqui úteis, de acidente com morto ou ferido leve e grave, neste caso, são substituídos por outros conceitos, que não estão apenas relacionados à severidade, mas também às condições que podem ter contribuído para a ocorrência do desastre (ANDREASSEN, 1989; 1989; 1992; 1992b; 1994).

2. Via destinada ao tráfego de veículos autônomos que se deslocam sobre rodas (AURÉLIO, 1996)

Além do aspecto da relação de causa e efeito, esta tipologia deve ser utilizada principalmente pela sua capacidade de diferenciar os acidentes também em relação aos seus custos. Os diferentes tipos de acidentes geram números médios diferentes de acidentes, mortos, feridos, veículos envolvidos e, portanto, acarretam custos também diferenciados. Isto melhora muito as condições da avaliação, pois as variáveis (tipos de acidentes) são mais relacionáveis às medidas avaliadas. Com isto os seus benefícios podem ser mais precisamente determinados.

As sociedades modernas mais desenvolvidas vêm estabelecendo um peso cada vez maior ao valor da perda da vida ou da qualidade de vida em decorrência dos acidentes de trânsito (HAUER, 1994; ELVIK, 1995a). Este fato aumenta ainda mais a necessidade de que se avalie o nível de subregistro das mortes decorrentes da definição de “morto no trânsito” adotada no País (ver seção 1.2), que considera morto no trânsito aquele que morre no local do acidente

A subnotificação das mortes no trânsito tem sido um entrave à investigação epidemiológica ou à avaliação de medidas de contenção de acidentes, embora os esforços da Organização Mundial da Saúde a fim de que padronizasse o conceito de “morto em trânsito” para “morto em consequência de um o acidentes de trânsito”, adotando este conceito mais realístico e uniforme, permitindo o acompanhamento da verdadeira condição de risco de cada país (W.H.O., 1981; BANGDIWALA e outros, 1985; TRINDADE, 1988).

A fim de buscar um fator de correção para os índices de severidade, que envolvem o número de mortos e feridos, se encerrará este capítulo com a síntese de um trabalho de acompanhamento de 374 vítimas de trânsito. A pesquisa multidisciplinar, investigou o histórico das vítimas, após a remoção da cena do acidentes, até chegar a uma condição definitiva de alta ou óbito da vítima.

O acompanhamento teve origem nos registros da PRFSC, e seguiu-se com o exame dos registros da emergência e de internação dos hospitais e por no IML local. Ao todo, foram 4 meses de acompanhamento, envolvendo 374 vítimas, resgatadas no trecho selecionado (Km 104-298). Assim, foi possível corrigir os índices de mortos e feridos por acidente, pela inclusão das mortes ocorridas no

intervalo compreendido entre o acidente e os 30 dias subseqüentes, conforme recomendou a O.M.S (1981) há quase 20 anos. Esta determinação é muito importante, pois afeta os índices médios de mortos por acidente típico, o que provoca um impacto importante no custo de cada acidente (ANDREASSEN, 1992; 1992b; ELVIK, 1995).

7.2 A importância da desagregação dos dados segundo uma tipologia característica do cenário

A avaliação das condições de segurança de rodovia, seja para o planejamento de contramedidas ou julgamento destas ações, está vinculada a algum tipo de análise custo-benefício. Este tipo de análise tem a sua eficiência condicionada à fidelidade descritiva das variáveis utilizadas na análise, ou seja, se a unidade de custo medida é representativa do que se busca avaliar. A utilização de uma tipologia, onde cada tipo de acidente está mais relacionado a determinados tipos de intervenções e que, ao mesmo tempo, propicia uma diferenciação maior de custos entre eles, pode ampliar sensivelmente a capacidade e eficiência da análise (ANDREASSEN, 1992).

Normalmente são utilizadas, nas análises, o número de mortos e feridos ou acidentes com mortos ou feridos. No entanto, existem acidentes com mortos, de vários tipos (AL, AT, B, CF, CT, PC), cada um produzindo médias diferentes de veículos envolvidos, feridos e mortos, portando provocando perdas diferenciadas. Por isto, muitas vezes se torna necessário recorrer a fontes multidisciplinares, como no caso da avaliação da entrada em vigor de uma lei que obrigava o uso do cinto dentro da região de Florianópolis. Neste caso (ver Seção 6.8) não foi possível ser conclusivo através apenas da avaliação na variação do número de acidentes com mortos e feridos.

Por outro lado, se forem utilizadas, por exemplo, as variações dos índices de severidade de acidentes como colisões frontais e abalroamentos laterais, as chances de se obter alguma indicação a cerca da influência do cinto é maior, uma vez que a tendência nestes acidentes é de que os ocupantes sejam ejetados do carro, passando através do pára-brisa, ou que se choquem contra as

partes internas do veículo. E é justamente, para evitar estas situações, que o cinto é mais eficiente (ver Figura 5.5).

Nas análises de nível técnico (detalhadas), o efeito “confounding” pode e deve ser controlado de uma forma mais abrangente, uma vez que as decisões devem ser tomadas, e seus resultados devem ser avaliados no menor espaço de tempo possível. A agregação ou organização adequada dos dados contribui para a construção de um modelo mais robusto, menos sensível às influências externas ao tratamento. Além disto, a disposição da massa de dados sob uma forma mais desagregada, permite que se criem mais possibilidades de controle, oportunizando o estabelecimentos de “casos controle” internos (com os outros tipos de acidentes) e externos (com os outros trechos da rodovia).

A importância de se utilizarem referências de controle pode ser ilustrada através de um exemplo simples. Se é implementada uma medida de segurança ativa em relação às colisões traseiras (CT), por exemplo, como a colocação de placas de advertência sobre os riscos do desrespeito à distância de segurança e fiscalização ostensiva. Supondo que a contramedida foi adequada, isto deverá se refletir na proporção destas colisões em relação aos demais acidentes.

Por outro lado, o mesmo não deverá acontecer em outros segmentos não tratados, pelo menos não da mesma forma e intensidade. A utilização de segmentos rodovia, que não foram tratados e mesmo de outros tratados, pode fornecer evidências da relação entre a medida e a intervenção, mesmo sob a presença de “confounders” (ELVIK, 1995a, 1997).

Com a finalidade de facilitar a investigação dos acidentes típicos em rodovias, foi desenvolvida uma versão demonstrativa de um programa capaz de estabelecer uma superposição entre um banco de dados contendo um mapa digitalizado e um banco contendo os atributos de interesse, no caso todos os acidentes com vítimas ocorridos no trecho de uma rodovia EASTMAN (1995). Esta superposição entre banco e mapa (overlay), funciona como uma aproximação de um sistema de coordenadas geográficas, facilitando a utilização

de referências "intra e entre" os diferentes grupos de acidentes grupos de acidentes (tipos), através da análise temática³ do trecho.

Os recursos visuais têm sido utilizados para facilitar a análise de fenômenos, e representações mais ou menos complexas têm servido como ferramenta, tais como gráficos, plantas, maquetas, modelos reais ou virtuais etc. No caso da investigação dos acidentes, a utilização do "overlay" permite associar os trechos de rodovias descritos por sua características (relevo, urbanização, geometria ou fluxo), a sua acidentalidade. Com isto, a organização de grupos de controle fica facilitada pela visualização dos segmentos e pelas suas características básicas num mesmo mapa (EASTMAN, 1995).

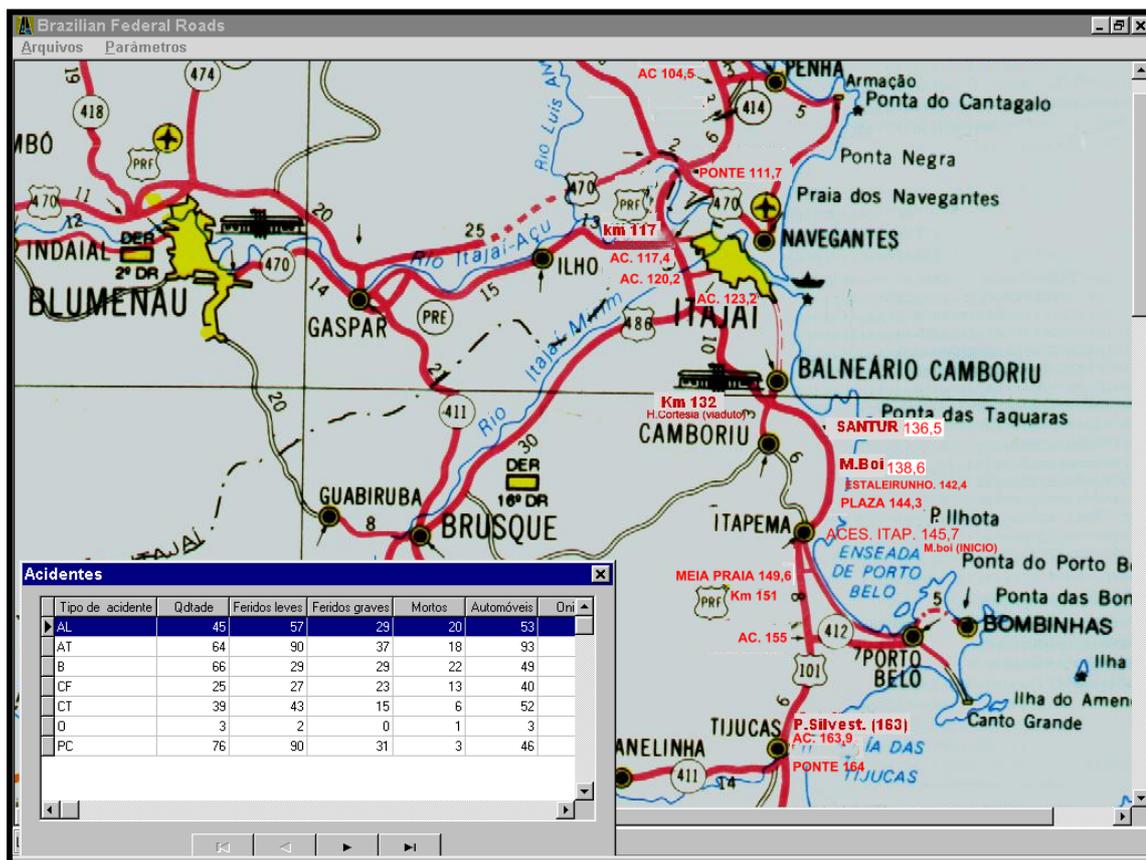


FIGURA 7.1.– Exemplo de uma pesquisa com o "overlay", mostrando a rodovia BR-101 entre os quilômetros 104 e 164, com a janela resumo dos acidentes típicos do trecho.

³ Análise feita a partir de um mapa temático do trecho, onde cada trecho se associa aos acidentes de cada tipo ali ocorridos.

A associação entre a descrição da rodovia (mapa) e o banco de dados de acidentes é bastante útil nas análises, principalmente por facilitar a familiarização com a acidentalidade da instalação. Ao posicionar-se a seta do mouse sobre um trecho da rodovia e pressionar o botão ativo, é oferecido um quadro resumo com a distribuição de cada tipo de acidente de interesse ocorrido em data e horário previamente solicitado (ver Figura 7.1). Estas características aumentam o potencial de avaliação acrescentando as informações de caráter quantitativo, obtidas através dos índices, informações mais qualitativas, obtidas através da representação visual da rodovia.

A utilização de uma representação da rodovia com referências significativas para segurança (ex: acessos, rios, área urbanizadas, trechos em serra), permite associar as distribuições de frequência de cada tipo de acidentes ao longo da via, as características da mesma e do ambiente que a envolve. Além dos seus recursos de filtragem de dados, o programa pode importar e exportar dados para planilhas do tipo Excell, permitindo utilizar os recursos estatísticos e de análise de dados destas planilhas. Deste modo, através da planilha, tem-se automaticamente disponibilizados os recursos de qualquer programa que rode em ambiente Windows.

7.3 A delimitação do cenário e a montagem do modelo de análise para um trecho da rodovia federal BR-101

O cenário do estudo é parte da rodovia BR-101, principal rodovia de Santa Catarina. Ela atravessa o litoral catarinense na direção norte/sul, com uma extensão de aproximadamente 465 Km, entre os limites do PR/SC e SC/RS. É a rodovia mais importante do Estado, seu traçado interliga o complexo portuário do mesmo, aos centros de produção industrial ao norte ao sul catarinense e as sua capital Florianópolis. Além disto, coleta, a partir de outras rodovias, e distribui a produção agrícola e industrial originada do centro e extremo oeste.

A rodovia atende ainda a um fluxo de passagem⁴ considerável e ainda sofre um forte impacto sazonal, devido à demanda turística do litoral catarinense. Isso tudo faz com que ela, atualmente (1999) em processo de duplicação, opere fluxo bem acima da capacidade (ver Figura D7 do Anexo D), chegando a atingir em alguns trechos uma média diária de cerca de 30 mil veículos (PRFSC, 1997; PNCT, 1997).

A partir do estudo piloto citado na seção anterior, foi possível chegar a uma delimitação definitiva do cenário, estabelecendo a área de influência dos hospitais da Grande Florianópolis através de um círculo com um raio aproximado de 100Km. Nesta região, ocorrem 99% dos acidentes que têm as suas vítimas removidas para os hospitais de Florianópolis.

A região da Grande Florianópolis foi uma escolha natural dentro do contexto global do trabalho. Era necessário dispor de dados de registros e também ter acesso ao sistema hospitalar e IML, para investigar o que aconteceu com as vítimas depois do acidente. Com a base de dados relativamente volumosa, e totalmente concentrada dentro de um raio de 10Km, ficou possível realizar um controle mais efetivo da pesquisa.

O volume de tráfego considerável da rodovia propiciou obter uma quantidade considerável de informação numa área relativamente pequena, pois em um raio menor do que 100km, ocorreram 3263 acidentes, sendo 1173 com vítimas. Deste modo, foi possível limitar o cenário, a área de influência dos hospitais da Grande Florianópolis

A partir destas informações e de um estudo piloto realizado em 1996 (ver Seção 1.7.2), constatou-se que o alto volume de atendimento de emergências de trânsito fez com que alguns Hospitais de Florianópolis se tornassem altamente especializados no atendimento de politraumatizados. Graças a este envolvimento com o problema, foi fácil fazer com que entendessem a importância e apoiassem a pesquisa, colocando as informações que dispunham

⁴ Das várias linhas de desejo que chegam ao estado, algumas atravessam o limite sul do Estado, ligando os estados ao norte de SC, com o RS, Uruguai e Argentina)

em seus registros, em disponibilidade. Esta condição foi fundamental à escolha e à concretização da pesquisa.

Deste modo, foi possível realizar o acompanhamento das vítimas dispondo de uma quantidade considerável de dados, que podiam ser checados quando necessário. Esta investigação foi centralizada apenas nos boletins (BO), correspondentes a acidentes com vítimas, mais confiáveis, uma vez que é menos provável que este tipo de acidente fique sem registro (IBRAHIM e SILCOCK, 1992). Esta simplificação pôde ser feita graças ao estudo piloto, que permitiu diferenciar as participações de cada tipo de acidente entre os acidentes com vítima e sem vítima. Deste modo, puderam ser utilizadas as informações obtidas, os relatórios padronizados produzidos pela PRFSC (Quadro Resumo), eliminando a necessidade de consultar, neste caso também, aos boletins. Isto foi muito importante para a viabilização da pesquisa.

O trecho da Rodovia selecionado, entre os quilômetros 104 e 298, que tem seu centro na Região da Grande Florianópolis, reúne nos seus 194Km, praticamente todas as características e problemas encontradas ao longo do eixo desta rodovia (BR-101/SC). O trecho apresenta travessias urbanas (Bal. Camboriú, Itapema e Grande Florianópolis), trechos com um relevo suave e trechos acidentados (Morro do Boi e Morro dos Cavalos). Esta seleção se deu depois de um longo processo hipotético dedutivo, que teve início a partir dos primeiros contatos com técnicos do setor e com a literatura especializada e envolveu ainda um estudo piloto.

Neste processo de delimitação do cenário, a necessidade de trabalhar com dados mais confiáveis foi um fator decisivo. Esta diretriz tornou indispensável a utilização de informações que só podiam ser obtidas junto aos profissionais responsáveis pelo Setor de Acidentes da Polícia Rodoviária e pelos Setores administrativos e/ou burocráticos dos Hospitais Celso Ramos (HCR), Hospital Regional de São José (HRSJ) e Hospital Infantil, todos na Grande Florianópolis.

Os dados coletados a partir dos Boletins de Ocorrência (BO), foram introduzidos na forma de uma lista ou tabela, numa planilha do tipo Excell. Deste modo, puderam ser utilizados os recursos de filtragem disponíveis neste aplicativo (DODGE e outros, 1995), que permitiram estabelecer critérios de seleção

simultâneos para todas as variáveis utilizadas no estudo (ver figura 7.1). A escolha de um determinado tipo de acidente, em determinada hora, proporciona automaticamente subtotais referentes a esta escolha (ex: médias por acidente, de mortos, feridos e etc.).

A separação dos acidentes de acordo com o tipo, permitiu elaborar histogramas que, dispostos através de uma escala apropriada ao longo de trecho de fluxo homogêneo de uma rodovia, mostraram o perfil de risco deste trecho. Deste modo, representando os 194Km num único histograma, foram avaliadas as distribuição de freqüência de cada tipo de acidentes. Estes gráficos podem representar trechos consideráveis de rodovias, em toda a sua extensão, e serem vistos em telas em escala adequada à análise e que podem ser roladas lateralmente, com subdivisões de 100 em 100m. Deste modo, quando a precisão dos registros permite, é possível efetuar análises pontuais, como sobre pontes, curvas ou outros “gargalos” das condições de segurança.

A partir do perfil de distribuição de freqüência levantado, foram planejadas algumas pesquisas de campo, onde foram levantadas as distâncias aproximadas (por odômetro) e as coordenadas geográficas de alguns pontos de referência importantes para a investigação de questões de segurança (ex: acessos, cruzamentos, trechos acidentados, pontes, curvas, postos da PRFSC, postos de combustíveis). Isto pode ser útil futuramente, uma vez que as coordenadas geográficas não serão afetadas com as eventuais transformações ocorridas durante as obras de duplicação da rodovia, hoje em andamento (1999), que vêm modificando as condições e referências predominantes em 1996.

A idéia inicial era levantar as coordenadas geográficas dos pontos de referência utilizados nos registros oficiais de acidentes, para gerar uma base de dados com o tema acidente, dentro de um sistema de informações geográficas (GIS). Para tal, seria necessário um banco contendo o eixo da rodovia e as informações relativas às obras de arte e outras características físicas e ambientais. Mas, a partir do trabalho de campo, foi constatado um erro sistemático na marcação quilométrica, que serve de referência para os registros de acidentes.

O padrão do erro encontrado tornou impraticável a correção das coordenadas dos acidentes, conforme pode ser avaliado no Quadro G1 e Figura G1, do Anexo G. Não haveria como estabelecer faixas ou bandas de correção, pois certos trechos onde a marcação quilométrica apresentou saltos, como entre os quilômetros 217 e 219, a localização dos acidentes teria de ser simulada. Isto tiraria todo o sentido da análise, introduzindo um erro aleatório na mesma, sem trazer qualquer benefício ao estudo. Este problema de referência também limita a qualidade das análises pontuais, previamente citadas, embora não pertença ao escopo deste estudo.

Durante o levantamento preliminar, foi utilizado com um GPS portátil⁵ de propriedade da REBIOMAR (Reserva Biológica Marinha do Arvoredo). Este levantamento foi realizado numa única viagem de ida e volta. A viagem de retorno foi utilizada para avaliação da precisão do aparelho e realizar, quando necessário, correções (ver Anexo G). As coordenadas levantadas foram introduzidas na base de dados com o eixo da rodovia, a fim de constituir uma base como tema “tipologia de acidentes”. Nesta etapa, foi constatado um viés na locação da eixo da rodovia em relação ao conjunto de pontos formados pelas leituras do GPS e das sedes de municípios, fornecidos pelo IBGE (ver Figura G1).

Devido à limitação de recursos e de tempo, a utilização do GIS foi abandonada e substituída por uma técnica alternativa, conforme descreve a Seção 7.2.1. Ela permite sobrepor uma base de dados a respeito de um tema, no caso os acidentes, sobre um mapa digitalizado através de um “scanner”. O tema e o mapa devem estar sobre a mesma escala, podendo utilizar o mesmo sistema de referências, no caso, o par (x, y) , onde x e y são dados em *pixels*. Deste modo, foi possível alcançar o objetivo de associação entre as características da rodovia/ambiente, com a distribuição de frequência dos acidentes, sem qualquer prejuízo para a robustez do modelo de análise. Esta foi garantida, graças à integração de alguns aplicativos que rodam sob o sistema Windows. Na próxima seção será iniciada a apresentação de um modelo de análise mais detalhada do trecho.

⁵ O aparelho utilizado foi o Apelco GPS 15Handheld/fixed GPS, com memória para 10 rotas e 200 pontos.

7.4 A elaboração de um modelo de análise de acidentes baseado em informação desagregada

A investigação de problemas ou características do trinômio homem-veículo-via, relacionáveis com estatísticas de trânsito em determinado sistema, é geralmente uma tarefa complexa, devido ao grande número de fatores que podem influir nas condições de segurança do mesmo. ELVIK (1995a) realizando uma metanálise⁶ com 2235 estudos antes/depois da colocação de defensas (guard rails), identificou 5 “confounders” relacionadas ao risco de acidentes, e 10 à severidade dos acidentes ou ao risco de ferimentos (ver Seção 2.4.1).

O efeito do VMD tem se mostrado como o mais importante e não pode ser desconsiderado (HALL e PENDLETON (1990); HAUER e NG, 1989; GOLDSTINE, 1991; NAVIN e APPEADU, 1995; MOUNTAIN e outros, 1996, ELVIK 1995a; 1997). O controle adequado dos efeitos do VMD e a utilização de uma informação mais desagregada, separando o “acidente com morto”, por exemplo, em colisão frontal com morto, traseira com morto e etc., pode facilitar a identificação de certas características físicas e operacionais da rodovia que podem ter contribuído para que os acidentes tenham ocorrido.

Além disto, uma outra possibilidade que se cria com o controle de fluxo, é a de comparar os dados dos vários trechos e de cruzar⁷ estas informações, permitindo que em os pontos de cada seção funcionem como caso controle, uns dos outros, ajudando a identificar e controlar as “confounders” ELVIK (1995 a; 1997).

O presente modelo dá continuidade da análise proposta no Capítulo VI, porém sob a ótica da avaliação de contramedidas específicas, necessária nas tomadas de decisão de nível técnico (detalhado). Neste caso, as variáveis utilizadas na análise devem possuir uma ligação mais efetiva com o que se procura avaliar. O número de mortos, feridos acidentes, ou de acidentes com

⁶ Avaliação e resumo das principais características dos trabalhos publicados, referentes a um determinado assunto, por vários autores, geralmente em vários países, a fim de pesquisar características de interesse.

⁷ A palavra cruzamento é utilizada no conceito de lista, quando se estabelecem restrições ou critérios, para a seleção ou filtragem dos dados (ex.: colisões frontais (tipo) x trecho da Grande Florianópolis (espacial) x noturnas (temporais) x ocorridas no verão (sazonal)).

mortos, feridos, nem sempre possui a sensibilidade adequada para que se possa medir o efeito de uma contramedida, apresentando com esta uma relação geralmente fraca, sendo portanto facilmente distorcida pela presença de “confounders” (ELVIK, 1995, 1997).

A classificação, utilizada neste estudo, incluiu somente os tipos de acidentes onde poderia ser estabelecido um critério para obter esta classificação, a partir das informações disponíveis nos relatórios resumo da PRFSC. Deste modo, não houve a necessidade de pesquisar as ocorrências com “danos materiais apenas”, o que inviabilizaria a coleta, devido ao tempo que demandaria dentro do Setor de Acidentes da PRFSC.

Os dados foram coletados com a utilização de um minigravador, acionado enquanto eram lidas as informações mais relevantes dos boletins. Como este trabalho tinha que ser feito dentro do próprio escritório, a presença física continuada de um estranho dentro de local deveria ser minimizada. Além do mais, o trabalho que deveria, conforme fora combinado informalmente com a PRFSC, se limitar a uma semana ou duas, acabou se estendendo por vários meses, para obter informações que, de certo modo, eram oferecidas pelos seus relatórios.

Assim, devido às questões abordadas anteriormente e às peculiaridades que envolvem as tentativas de descrição matemáticas de um fenômeno novo ou sob uma nova abordagem, procurou se atender a um princípio ou regra básica na modelagem matemática⁸, limitando-se o número de variáveis descritoras ou acidentes típicos de acordo com a sua representatividade na amostra e sua confiabilidade. Além disto, optou-se por uma tipologia onde a caracterização fosse de fácil interpretação, reduzindo o risco de introduzir erros sistemáticos, oriundos de ambigüidades no critério de classificação.

⁸ O princípio ou regra científica e filosófica do William Occam diz que a mais simples das teorias ou modelos deve ser preferido em relação aos mais complexos, quando se está tentando pela primeira vez definir um fenômeno não totalmente conhecido.

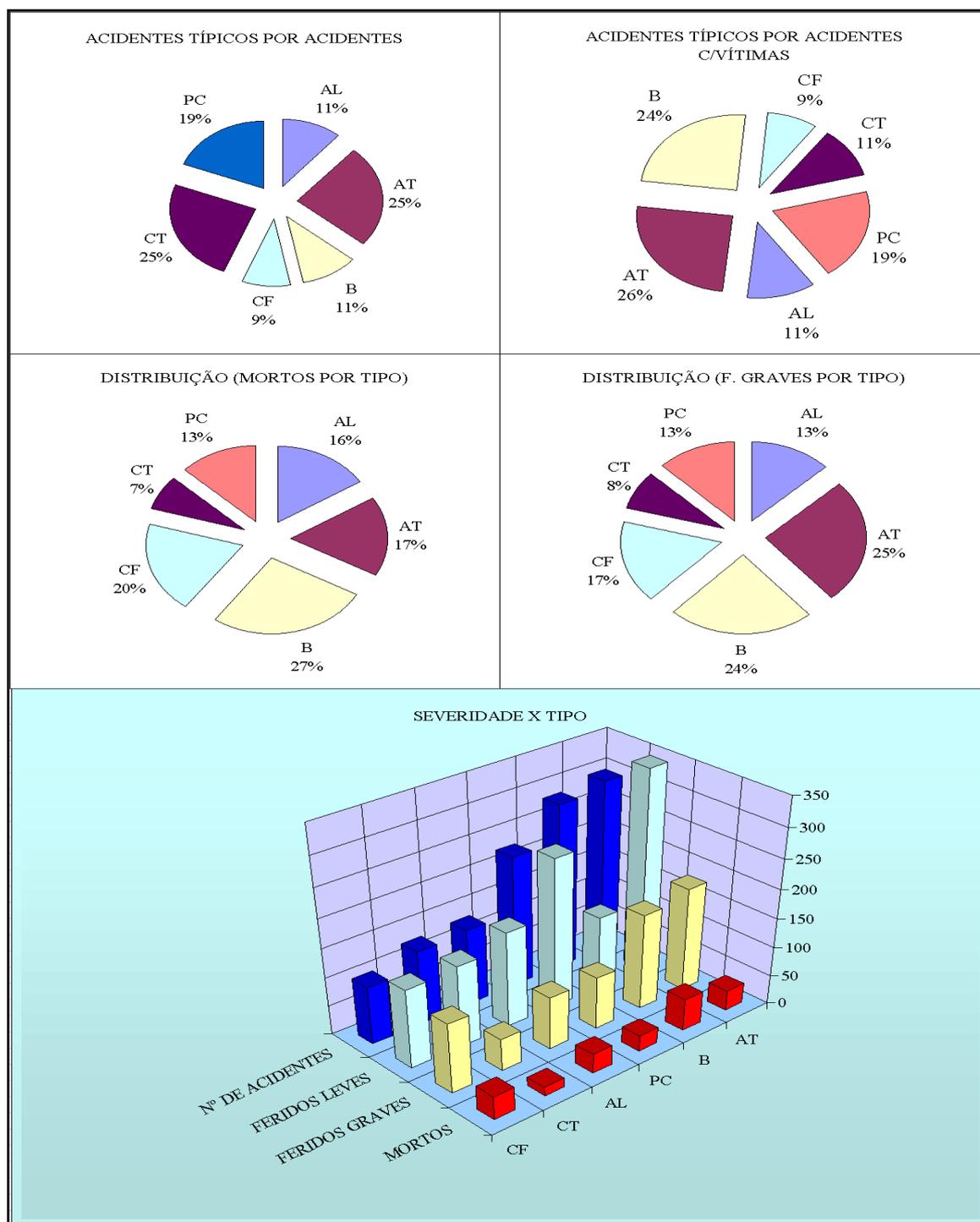


FIGURA 7.2 – Distribuição percentual dos acidentes típicos ocorridos na BR-101/SC (Km 104-298) e índices de severidade para cada tipo de acidente, elaborado com dados coletados junto a PRFSC

7.4.1 A tipologia adotada no estudo

Depois do estudo piloto (ver seção 1.7.2 e 7.4), pareceu mais indicada a organização dos dados de acidentes segundo seis tipos (ver Figura 7.2). Deste modo, foi obtida uma desagregação da informação, conforme a idéia defendida por ANDREASSEN (1989; 1992; 1992b; 1994), conseguindo-se ainda uma boa representatividade para cada tipo de acidente na amostra. Estes seis tipos de acidentes (ver Figura 7.2) que serão descritos a seguir, respondem juntos por cerca de 99,3% do total de acidentes com vítimas (0,7% são classificados como “outros”):

- a) **Abalroamento lateral (AL).** É uma colisão entre dois veículos no mesmo sentido ou em sentidos opostos, que não pode ser classificada como traseira ou frontal, devido ao fato de os veículos estarem sobre uma mesma linha. Com isto, o ponto de colisão estará dá predominantemente de um lado ou de outro de cada veículo (batida lateral).
- b) **Abalroamento transversal (AT).** É uma colisão entre dois veículos, que seguem rotas aproximadamente perpendiculares, em que a frente de um colide com a lateral do outro. Normalmente ocorre em cruzamentos ou acessos secundários e eventualmente em lugares utilizados irregularmente para realizar retornos. Sua importância cresce à medida que crescem os volumes envolvidos nestes conflitos.
- c) **Atropelamento (B).** São considerados como atropelamentos, para efeito deste, os choques ou colisões entre veículos automotores de qualquer espécie contra pedestres ou ciclistas. Se originam do crescimento dos conflitos entre pedestres e ciclistas, com os veículos automotores e, devido às diferenças de massa e velocidade entre os conflitantes, apresentam índices elevados de feridos e mortos
- d) **Colisão frontal (CF).** É uma colisão entre veículos que seguem sentidos opostos, e ocorre quando um dos veículos tenta utilizar a faixa oposta indevidamente, geralmente durante uma ultrapassagem, colidindo frontalmente contra o outro veículo que vinha na sua faixa e sentido de circulação. Este tipo de acidente, típico de rodovias de pista simples e duas faixas, costuma ser violento, devido à maximização das velocidades relativas;

- e) **Colisão traseira (CT)**. É uma colisão entre dois veículos que seguem no mesmo sentido e pela mesma faixa de circulação, que ocorre quando o condutor do veículo da frente necessita diminuir a velocidade ou imobilizar o veículo, e o condutor do segundo veículo não consegue perceber e reagir a tempo, devido às limitações humanas e tecnológicas. Assim, ocorre o choque entre a frente de um veículo contra a traseira do outro, o que faz este acidente particularmente perigoso, quando envolve veículos com massas e dimensões muito diferentes (ver Seção 5.2.2, Figura 5.4).
- f) **Perda de controle (PC)**. Foram enquadrados como PC, todos os acidentes envolvendo apenas um veículo, como capotagens, tombamentos e choques contra objetos fixos fora da pista. Estão normalmente associados à utilização, por parte do condutor, de velocidade ou atenção incompatível, com as condições, percebidas ou não, da pista, veículo e dele próprio.

7.4.2 As limitações da tipologia adotada e as causas registradas para as ocorrências

O número de tipos de acidentes adotado não foi o ideal, foi o possível dentro das condições oferecidas pelo banco de dados da PRFSC na ocasião da coleta. Não foi possível obter um método seguro que permitisse separar, com segurança os abalroamentos laterais (AL) em “AL no mesmo sentido” e “AL em sentidos opostos” (ALMS, ALSO), a partir do banco de dados disponível na PRFSC em 1996. Como a viabilidade da pesquisa proposta dependia da utilização destes dados, optou-se por aceitar esta limitação, uma vez que a pesquisa piloto, realizada ainda durante o exercício de 1996, indicava que este aspecto não prejudicaria a validade da pesquisa.

A utilização dos dados dos relatórios era indispensável à proposta da pesquisa, uma vez que limitava em muito a quantidade de informação a ser retirada dos boletins de ocorrência e a quantidade de boletins, eliminando a busca nos boletins de acidentes com danos materiais apenas. No entanto, nos relatórios resumos da polícia disponíveis até 1996, são registrados como “abalroamentos”,

os para os AL e AT. A separação dos AT pode ser feita através da causa provável citada “desrespeito a preferencial”, que permite identificar este tipo de ocorrência.

Por outro lado, a tentativa de classificar os AL em “no mesmo sentido” e “em sentidos opostos”, esbarrou numa certa ambigüidade. As causas prováveis citadas, tais com, “ultrapassagem força”, “excesso de velocidade”, “adormecer no volante”, “não manter a distância de segurança” e outros, não permitem identificar os sentidos dos veículos nos acidentes. Então não foi possível determinar exatamente a proporção exata para cada tipo.

A diferenciação apresentada na participação relativa de cada tipo de acidente de trecho para trecho, está relacionada às características do ambiente (ex: clima, urbanização, relevo), das características físicas e operacionais (ex: faixas, largura, acostamentos, acessos, fluxo) e com tipos de condutores presentes (motoristas profissionais, turistas, adolescentes). Quanto mais elementos são identificados, maior é a possibilidade de se obter sucesso num tratamento, que pode ser até mesmo a colocação de uma simples placa de advertência.

Existem outras informações que podem ser obtidas a partir de cada tipo de acidente, que refletem a influência de fatores veiculares, operacionais e de infra-estrutura de segurança. O número médio de mortos, feridos e veículos, envolvidos por tipo de acidente, sofre a influência de fatores como a(s) massa do(s) veículo(s), a tecnologia de segurança veicular presente (cinto, air bags, deformação programada), e a presença e qualidade de defensas e atenuadores de impacto na rodovia, principalmente a velocidade relativa das colisões (ver Seções 3.4.3 e 3.4.4). Depois, de ocorrido o desastre, ainda assim, o resgate e atendimento às vítimas, provavelmente, faça diferença (OKOMURA & OKOMURA, 1995; VIEIRA e outros, 1998).

Um acidente, visto como evento isolado, não deve nem pode ser associado a uma causa única, pois corre a partir de uma complexa interação de fatores desencadeadores (BRAGA, 1989; EVANS, 1991). No entanto, uma certa quantidade de acidentes pode ser associada estatisticamente a certos tipos de atitudes, que, quando tomadas, aumentam a probabilidade de que ocorram determinados tipos de acidentes. Alguns fatores, apresentados a seguir, são

normalmente associados à ocorrência de determinados tipos de acidentes, por aumentarem o risco de que estes venham a ocorrer:

- Excesso de velocidade (PC, todos⁹);
- Desrespeito à preferencial (AT, B)
- Ultrapassagem forçada (CF, AL).
- Não manter a distância de segurança (CT, AL)
- Imprudência nos conflitos entre veículos motorizados e pedestre/ciclistas (B)

Alguns tipos de acidentes como CF e, algumas vezes, os AL estão ligados às operações fracassadas de ultrapassagem. No entanto, a sua concentração em determinado local pode estar relacionada às características físicas e operacionais das rodovias. Pode acontecer, por exemplo, que um determinado trecho de rodovia apresente uma largura insuficiente, más condições de visibilidade, falta de 3ª faixa ascendente e um forte fluxo de veículos de carga (presença de veículos largos e lentos). Outros tipos de acidentes, como os atropelamentos (B) e abalroamentos transversais (AT), estão relacionados à existência de conflitos do fluxo principal com pedestres, e a veículos provenientes de vias perpendiculares secundárias (ver Seção 4.5.3)

Os abalroamentos transversais (AT) serão utilizados para ilustrar alguns aspectos relacionados à forma de representação dos acidentes típicos. O Abalroamento transversal (AT¹⁰) pode ser representado por um vetor característico da forma AT[feridos graves/n (FG/n); feridos leves/n (FL/n); mortos/n (MT/n), veículos/n; vítimas/n; ocupantes/n], onde “n” é o número de AT. Cada “upla” deste vetor descreve condições específicas de severidade dos acidentes e está relacionada intimamente ao custo deste acidente. A proporção de AT, em relação aos outros acidentes, expressa a qualidade do tratamento aplicado às interseções ou acessos ao longo do trecho.

A avaliação tem início com a utilização da ferramenta histograma. Ela permite dispor a frequência dos diferentes tipos de acidentes ao longo de trechos

⁹ A velocidade aumenta o risco de forma generalizada (ver Seção 3.4.4)

relativamente extensos, cerca de 200Km, possuindo recursos de rolagem de tela e de aproximação (zoom), que permitem mostrar a frequência de acordo com a precisão teórica dos dados (100m), em subtrechos ou na íntegra (ver Figuras F1 a F11, Anexo F), assim é possível associar a cada trecho relevante da rodovia, os seus acidentes típicos de interesse. Simultaneamente, é utilizado o “overlay”, sendo possível realizar um estudo mais aprofundado dos trechos selecionados anteriormente buscando nas características da via/ambiente, para refinar as hipóteses que o perfil de distribuição sugeriu.

Na representação da rodovia¹¹, podem ser adicionadas informações e referências significativas ao âmbito da segurança, tais como a presença de obras de arte (pontes, viadutos, túneis...) e de características geométricas ou ambientais importantes da rodovia. Deste modo, apontando a seta do mouse para um determinado ponto de interesse sobre o mapa da rodovia, aparece uma janela de opção de escolha do intervalo de pesquisa e, em seguida, é apresentado sobre o mapa, um quadro resumo dos acidentes típicos no trecho previamente selecionado (ver Figura 7.1).

Inicialmente se determinam as relações entre alguns segmentos característicos da rodovia e a seus acidentes típicos, ou seja, são examinados o comportamento dos índices e suas relações com as características físicas e operacionais do trecho. A forma de operação da rodovia é determinada em parte pelas suas características físicas (número e dimensões de faixas, acostamentos e etc..), mas também está relacionada às influências sazonais, através da quantidade e qualidade do fluxo. O transporte de safras e os movimentos turísticos têm impactos significativos sobre o volume de fluxo, características dos veículos e dos condutores presentes neste fluxo. Na seção seguinte serão apresentados os passos para a elaboração de um modelo de análise aplicado a BR-101/SC.

¹⁰ AT é uma colisão entre dois veículos, a frente de um contra a lateral do outro com um ângulo próximo aos 90°.

¹¹ A representação utilizada é um mapa rodoviário elaborado pelo DER/SC

7.5 A divisão do trecho de estudo em segmentos através da análise da distribuição dos acidentes

Esta análise busca identificar, preliminarmente, através do estudo das distribuições dos acidentes ao longo do eixo da rodovia, características físicas e operacionais, que possam ter contribuído para que os acidentes tenham ocorrido. Inicialmente foram construídos e analisados os histogramas (ver anexo F), para cada tipo de acidente e ao longo trecho. Em seguida, calculadas os índices médios para cada tipo de acidente. Estes índices descrevem a severidade das ocorrências através dos números médios de mortos, feridos, veículos envolvidos por acidentes.

A partir do exame das distribuições dos acidentes (ver Figuras F1 à F11), foram identificados segmentos que poderiam ser consideradas como homogêneas em termos de acidentalidade. Estes segmentos foram então explorados através do “overlay”, sendo estabelecidas seis regiões. Dentro destas regiões ou áreas de influência, foram selecionadas seções críticas para cada tipo de acidente, de acordo com seu histograma. Então, foram aprofundadas as investigações, através da superposição entre os tipos de acidentes e o eixo da rodovia. Definidos os segmentos relevantes, foram calculados os índices de severidade para cada tipo de acidente.

A relação entre os volumes médios diários (VMD) e a ocorrência de acidentes vem sendo pesquisada há muito tempo e até hoje ainda não é totalmente conhecida (VEH, 1937 apud HALL e PENDLETON (1990); HAUER e NG, 1989; GOLDSTINE, 1991; NAVIN e APPEADU, 1995; MOUNTAIN e outros, 1996). Qualquer esforço, para se determinar o maior número de segmentos possível com um fluxo considerado homogêneo, vai ao encontro das taxas reais de risco de acidentes e elimina uma importante fonte de “confounding” (EVANS, 1991; ELVIK, 1996; 1997).

A análise dos histogramas da Figura F1 e F2 do Anexo F deixou evidenciadas as diferenças entre as distribuições dos diferentes tipos de acidente ao longo da via. Existe aparentemente uma correlação positiva entre o fluxo e a frequência de todos os tipos de acidentes, conforme era esperado. No entanto, a influência do fluxo se dá de uma forma bastante complexa, devido às relações

entre fluxo, capacidade, velocidade e *headway* (HCM, 1994). O resultado desta interação na verdade, é que define o nível de serviço de uma instalação.

Apesar da importância do fluxo na operação das rodovias, as contagens, disponíveis para o ano de 1996, deixariam estabelecer apenas 3 seções homogêneas, contendo cada uma, algum dos 3 pontos de contagem existentes em 1996, nos quilômetros 170,9 (G.C. Ramos), 199,1 (Florianópolis) e 167 (P. Lopes). Esta divisão, conforme mostram os histogramas, não seria satisfatória devido à diversidade de ambientes e relevo existente e, conseqüentemente, da distribuição de frequência dos acidentes. Então, compilando os dados disponíveis de movimento (VMD) para os diversos subtrechos (PNCT: 1994, 1995, 1996, 1996a, 1997), e algumas contagens pontuais simultâneas (ver Anexo H), foi possível projetar, de forma aproximada, as relações encontradas em (STO/DER/APPE, 1993). Assim, foi possível estabelecer 8 segmentos apresentadas no Quadro H1 do Anexo H.

A rodovia compreende segmentos com situações bastante diferenciadas em relação ao fluxo e à capacidade. Muitos segmentos, principalmente nas travessias urbanas, apresentavam-se, em 1996, em situações bastante críticas, quase beirando ao caos. A parte norte e central do trecho, onde se situam as travessias, operavam em 1995, com volumes um pouco menores¹² do em 1996, em níveis de serviço críticos (ver Quadro D3, Anexo D). A situação se gravou em 1996, com deterioração do nível de serviço (STO/DER/APPE, 1993; PCNT, 1996a).

Para a parte sul do trecho, entre os quilômetros 217 e 298, existem dados de apenas um ponto de contagem. Ele se situa entre a Praia da Pinheira e o acesso principal a Garopaba (km 267). Embora não seja provável que o movimento seja tão regular ao longo da sua extensão, não há uma alteração substancial, que possa identificar uma modificação do nível de serviço. Alguns balneários, como a Pinheira, Guarda do Embaú, Praia do sonho, Garopaba (2º acesso), além de Paulo Lopes, que dependem de Florianópolis para compras e serviços e que utilizam obrigatoriamente a BR-101 e acabam gerando um fluxo considerável. Mesmo assim, o trecho em 1996 só apresentava

¹² Os VMD para os mesmos trechos em 1995, foram de 13.592, 23.930 e 9.153 veículos/dia.

congestionamentos ou mesmo bloqueios, entre os quilômetros 225 a 228, já na área de influência de Florianópolis.

7.6 A distribuição dos acidentes ao longo da via, o ambiente e as características operacionais

A maioria dos trabalhos, publicados na literatura internacional, sobre a relação entre o número e/ou tipo dos acidentes ocorridos, com o fluxo, em rodovias de 2 faixas, utiliza dados de rodovias que operam com uma certa folga, em nível de serviço “C” ou no máximo “D” (HAUER e NG, 1989; HALL e PENDLETON, 1990; EVANS, 1991). Estas seções de rodovias estão longe dos níveis de congestionamento apresentados pela maioria dos trechos da BR-101/SC (ver Quadro D). Isto fez com que fosse dada atenção especial a este aspecto durante as análises.

O comportamento das rodovias de duas faixas é bastante peculiar quanto a influência da razão volume/capacidade na acidentalidade, não sendo perfeitamente definida, principalmente do ponto que a capacidade começa a ser atingida. Esta relação define os diversos níveis de serviço de operação numa instalação, descrevendo as condições médias (ex: velocidade, *headway*, liberdade para manobras e fluidez), segundo as quais ela vai operar (ver Seção 3.4.2 e HCM, 1994).

7.7 O efeito do congestionamento sobre o risco oferecido pelas rodovias de duas faixas

Uma conseqüência imediata do aumento do fluxo é a gradual redução da liberdade de executar manobras de ultrapassagem. Com isto, há um impacto na liberdade de escolha da velocidade de viagem, e, quando a capacidade começa a ser atingida, o tempo de espera de uma oportunidade para ultrapassagem cresce, provocando a formação de filas atrás dos veículos lentos (HCM, 1994). Assim, cresce a probabilidade de que ocorram acidentes

relacionados a estas operações (ultrapassagens), uma vez que os condutores vão perdendo a paciência e se tornando cada vez mais ousados nas tentativas de ultrapassagem.

As seções analisadas estão entre os níveis D/E e F, níveis que diferem basicamente pelo número de horas que operam sob congestionamento. Mesmo o nível D, quase E experimentado pelo trecho sul (Km 228-298), experimenta momentos de “NS=E”, quando ocorrem bloqueios eventuais. No entanto, quando a rodovia opera muitas horas, e durante o ano inteiro em “NS=F”, o *headway* médio diminui, e a velocidade de operação cai sensivelmente. É provável que a falta de liberdade imposta aos condutores, aumente a agressividade destes, tornando-os mais incoseqüentes. Pelo menos, isto explicaria em parte o aumento do número de acidentes com o aumento do fluxo (NG e HAUER, 1989).

No entanto, a redução da velocidade, que sob condições normais tem relação inversa com o número de acidentes, nestas condições de congestionamento, só consegue amenizar a severidade das ocorrências, principalmente as colisões. No momento que a operação num trecho de rodovia se aproxima do nível de serviço F, descrito com sendo a pior relação V/C descrita em HCM (1994), começam a ocorrer bloqueios parciais ou totais, com congestionamentos que se estendem por várias horas além das horas de pico. Com isto, há um aumento do número de acidentes, mas, por outro lado, há uma redução da velocidade média operacional, fato que provoca uma diminuição da severidade dos acidentes.

A partir do momento que a operação na rodovia atinge o nível de serviço D (NS =D), a demanda por ultrapassagem excede a capacidade da via, começam a crescer o número e tamanho dos pelotões. Nestes, os condutores transitam mantendo uma distância menor entre si (*headway* reduzido), aumentando o risco de colisões, principalmente traseiras. Por outro lado, há uma redução acentuada da liberdade para manobras e aumento da velocidade, características que foram responsáveis por uma nas taxas de acidentes por movimento, até o ano de 1992, quando o VMD na BR-101, como um todo, ainda era de 12400 veículos/dia (Ver Quadro 6.7). Porém, a partir daí, as taxas começaram novamente a crescer com o fluxo.

Diante de tanta complexidade, parece pouco provável que se possa projetar ou até mesmo julgar a adequação de ações de segurança. A própria influência do fluxo médio se dá de maneira diferenciada, não tendo o mesmo peso para cada tipo de acidente. Esta influência deve ser considerada, portanto, mesmo com a utilização de dados desagregados, como é proposto aqui. A seguir, são comentadas a distribuição dos acidentes ao longo das seções e também as distribuições dos seis tipos de acidentes, ao longo dos 194 km, selecionados para este estudo e as contramedidas associadas a estes eventos.

7.8 A proliferação dos acessos não tratados, o processo de urbanização e as suas consequências sobre a acidentalidade

As rodovias funcionam como elo de interligação física mais importante no sistema produtivo e social vigente, principalmente em países como o nosso, onde o transporte rodoviário predomina. As rodovias principais, que cobrem vastas regiões, ligando principais pontos do sistema, têm no seu entorno um forte pólo de atração devido às boas condições de acessibilidade, baixo custo das terras e grande circulação de pessoas ou clientes em potencial. As vantagens oferecidas pela facilidade são tão grandes que se não são tomadas medidas restritivas, evitando que se estabeleçam acessos, pode iniciar-se, a qualquer momento, um processo de urbanização espontâneo (ver Seção 4.4).

Mesmo que o acesso não traga urbanização, ele, por si só, se constitui num elemento de perturbação do fluxo, gerando conflitos de alto risco e contribuindo para a deterioração do nível de serviço (AASHTO, 1990, HCM, 1994; MOUNTAIN e outros, 1996). Numa reportagem especial de um jornal local (Diário Catarinense, 31/05/95), o então chefe de operações do DNER, Ivo Hemmer afirmou: "há cerca de 10 anos, quando desistiram (o DNER) de cadastrar os acessos não tratados, eles chegavam a 1500. No entanto, existem certos segmentos na Grande Florianópolis que todo o acostamento aberto é na prática um acesso ou cruzamento".

O processo acima representa a deterioração de um patrimônio público, pois a rodovia não consegue mais desempenhar as funções que deveria, apresentando um aumento do consumo energético (congestionamento) e uma redução nos padrões de segurança. O número de interseções por quilômetro é fortemente relacionada ao número de acidentes, sobretudo em travessias urbanas (AASHTO, 1990; MOUNTAIN e outros, 1996). O tempo de viagem médio aumenta, sobretudo em rodovias de duas faixas e em períodos de pico, pois a existência de acessos, além de perturbar o fluxo, aumenta a extensão das zonas de proibição de ultrapassagem, e isto tudo leva a um esgotamento prematuro da sua capacidade, induzindo os condutores à irritação e, em alguns casos à direção perigosa.

As áreas urbanas ao redor do eixo da estrada são peculiares, uma vez que são cortadas por uma estrutura, que se interpõe entre os movimentos gerados, entre as porções situadas de um lado e de outro da estrada. A travessia desta barreira exige de cada cidadão uma tomada de decisão sobre algumas variáveis controláveis, que dependem apenas da sua capacidade de avaliar corretamente o risco, e, de variáveis que não podem ser controladas pelo mesmo, como, por exemplo, os riscos originados a partir do comportamento de outros elementos presentes no sistema e até mesmo da influência do tempo de espera sobre o seu comportamento.

Dentro deste quadro, o cidadão passa a conviver com uma fonte de perigo constante, e que ainda traz como subprodutos a poluição sonora, visual e aérea. O impacto social é maior quando não são providenciadas instalações adequadas a pedestres e ciclistas, e estes têm suas linhas de desejo cortadas pela rodovia. As soluções para os problemas, em áreas urbanas, muitas vezes são de alto custo devido à grande valorização e fragmentação dos lotes, envolvendo desde a simples ordenação de fluxos até as interseções em nível com canalização de fluxos e interconexões e interseções em tridimensionais (em vários níveis). Isto faz da prevenção, com o controle do uso do solo, uma necessidade (ver Seção 4.4).

7.9 A caracterização dos segmentos de acordo com o seu potencial de risco de acidentes

Os acidentes se distribuem ao longo de todo o trecho rodoviário, mas tendem a se concentrar junto as travessias urbanas e entroncamentos rodoviários. As junções e interseções são elementos relacionados freqüentemente à ocorrência de acidentes (ASSHTO, 1990; MOUNTAIN e outros, 1996; ELVIK, 1996). Analisando os Histograma dos acidentes (todos) na Figura F3 do Anexo F, pode se perceber a relação existente entre a distribuição (a esquerda no gráfico) e a presença de entroncamentos e cidades lindeiras (ver Figura 1).

O trecho em estudo foi dividido então em 8 segmentos, que, apesar de terem sido determinados pela sua própria distribuição, mostraram, já de início, uma tendência de concentração em determinados segmentos com características consideradas relevantes à segurança viária.

Certas características, como o fluxo, relevo, grau urbanização e a qualidade apresentada pelo pavimento e sinalização, podem interferir de maneira determinante na distribuição de freqüência dos acidentes. No entanto, a influência destas características se dá no campo das probabilidades, dentro de uma somatória de outros fatores também de natureza estocástica. Isto, torna indispensável associar a freqüência a uma variável que forneça um indicativo de exposição, para que se possa avaliar o risco.

Os VMD disponíveis foram utilizados para estabelecer uma referência de exposição ao risco de acidentes, na forma de um divisor para os índices de risco. Se assim não fosse feito, a sua influência deturparia os resultados, pois sua influência seria maior do que qualquer outra relacionada com a geometria, por exemplo. Muitas vezes, como no caso da BR-101/SC, o número de acidentes ou de mortos cresce firmemente, enquanto na verdade, o risco vem diminuindo, pois os números da acidentalidade não acompanharam o aumento do movimento.

Além das características do fluxo como “confounder”, abordadas no parágrafo anterior, o fluxo deve ser investigado na sua relação com o risco, principalmente em rodovias ou seções beirando o colapso. Este tipo de relação vem sendo estudado desde 1937, e está longe de se esgotar, devido à complexidade das relações e pela aparente carência de dados de rodovias

trabalhando além da capacidade, pelo menos em países onde se estimula este tipo de (NG e HAUER, 1989; HALL e PENDLETON, 1990; ELVIK, 1995a; 1997). A seguir serão descritas resumidamente, as características gerais de cada segmento. As características básicas, onde serão examinadas as relações, são apresentadas nos Quadros do Anexo H:

- A região 1 (Itajaí, Km [104-130]) apresenta algumas interseções importantes ao (ver Figura 1). Neste trecho, circula habitualmente um número elevado de caminhões em função do Porto de Itajaí. Por outro lado, ele não experimenta ainda um processo de urbanização acentuado como as travessias de Balneário Camboriú, Itapema e Grande Florianópolis. O relevo e curvatura são considerados moderados e não apresentam congestionamentos tão freqüentes com as travessias urbanas.
- A região 2 (Bal. Camboriú, [Km 130-139]) constitui-se numa travessia urbana, com grande densidade populacional, principalmente na “alta temporada”. Na ocasião que foram gerados os dados, em 1996, esta travessia já havia recebido um tratamento, com a construção de 2 rodovias marginais, uma de cada lado coletando e distribuindo o fluxo, através de seus 3 cruzamentos em desnível. O tratamento deixa a desejar devido à má sinalização e à carência de instalações para pedestres e ciclistas. No entanto, é um trecho plano e praticamente sem curvas, mas que, apesar de ser tratamento, apresenta um volume de tráfego muito elevado, principalmente em alta temporada.
- A região 3 (Morro do Boi, [Km 139-145]) é uma região rural, porém apresenta eventualmente pedestres e ciclistas, pelo fato de ligar duas áreas urbanas muito próximas (Itapema e Balneário), com um trajeto curto, possuindo alguns postos de trabalhos de baixa renda, como hotéis, residência (pequenos balneários) e quiosques de beira de estrada. É a porção mais acidentada do trecho, com rampas acentuadas, curvas fechadas, apresentando, quase que invariavelmente, de um lado um barranco e do outro um precipício.

Contudo, possui, em quase todo o percurso, uma 3ª faixa ascendente, o que contribui para que a rodovia mantenha o nível de serviço¹³ dentro de limites razoáveis em relação ao tipo de terreno. Este segmento apresentava, já em 1996, um fluxo instável no conjunto com as regiões, de Bal. Camboriú e Itapema, e quando qualquer destes segmentos enfrentava problemas de fluxo, eles se estendiam aos outros dois.

- A região 4 (Itapema, [Km 145-152]), é uma travessia urbana um tanto peculiar, pois assim como Bal. Camboriú, tem uma grande densidade populacional envolvendo o eixo da rodovia. No entanto, a rodovia nesta travessia, além de não contar com vias marginais, estava em 1996, fortemente “integrada” ao sistema viário do município. Grande parte das viagens urbanas eram feitas através da BR-101, que concorria com uma única avenida longitudinal disponível, com um trajeto algo mais sinuoso (mais longo) e com um pavimento irregular (muito ruim). Deste modo o segmento da BR entre os Km 150, acesso ao Bairro Meia Praia (o mais populoso), e o Km 145, acesso ao centro do município, recebia, na ocasião, uma forte contribuição do fluxo urbano. Quanto à geometria deste segmento, a exemplo de Bal. Camboriú, apresenta curvatura horizontal e greides suaves, embora a interferência dos cruzamentos e a capacidade reduzida dos trevos provoque congestionamentos.
- A região 5 [Porto Belo, Km 152-164), é tipicamente rural, com trechos retos e planos, possuindo 2 acesso importantes, a Porto Belo (Bombas, Bombinhas) e Tijucas (SC-40) onde os condutores imprimem grande velocidade, tentando compensar os trechos contíguos onde as oportunidade de ultrapassagem nem sempre surgem. Este é um trecho menos carregado da rodovia em estudo, mas, após o Km 160, não dispunha de acostamento pavimentado, o

¹³ O HCM (1994), não considera o efeito do de uma 3ª faixa sobre o cálculo da capacidade, resultando num valor baixo, 921 veic./h. Contudo, supondo que 50% dos veículos pesados (VP) utilizem a faixa extra, e refazendo os cálculos, para nova situação (s/ acostamento e com 50% VP), tem-se uma capacidade de 1175 veic./h.

que não só restringia a sua capacidade, como também provocava um certo impacto à sua segurança.

- A região 6 (G. Celso Ramos, [Km 164-193]) faz a transição de uma zona onde a curvatura e os greides são suaves, para uma onde eles são moderados, e, simultaneamente, de zona predominantemente rural para urbana. No início, é quase uma continuidade do ambiente anterior, com trechos retos e planos, mas que, em 1996, não contava com acostamento pavimentado, até o Km 180, próximo ao acesso de GCR. Entre os Km 190 a 193 o relevo muda, e a rodovia passa a apresentar curvas fechadas e *greides* mais acentuados, restringindo e dificultando as ultrapassagens. O final deste trecho, já se dá numa zona com características tipicamente urbanas, em Biguaçu, na região da Grande Florianópolis, e a rodovia começa a oferecer um nível de serviço algo mais deteriorado (congestionamentos mais freqüentes).
- A região 7 (Grande Florianópolis, km [193- 228]) se apresentou como a mais problemática no estudo, devido a sua densidade populacional elevada, com intenso movimento de pedestres, bicicletas e veículos automotores. Cerca de 50% do VMD, corresponde a viagens urbanas, e muitas vezes não era possível identificar a localização de alguns de seus múltiplos cruzamentos, muitos sem sinalização ou mesmo adequação técnica (ver Seção 7.8). Este quadro se reflete no risco de duas formas: diretamente e pela redução na capacidade da via. Até mesmo os AT (ver Seção 7.4.1) não se concentram tanto em torno dos trevos tratados (regulares), conforme mostra o seu histograma. Estes trevos localizavam-se nos quilômetros 195, 199, 203, 207, 209, 214, 217, e o acesso ao Shopping Itaguaçu, no km 206 (ver Anexo F), no entanto há uma grande dispersão em torno destes pontos. No início deste trecho, existem algumas curvas acentuadas, até o quilômetro 198, intercaladas com trechos retos e planos. Depois do Km 212, o relevo e curvatura são relativamente suaves até a altura do Km 228,

no final do trecho, quando novamente começa a se tornar mais íngreme.

- A região 8 (Sul, [Km 228, 298]), é o maior dos segmentos, e demonstra claramente a influência do congestionamento na segurança viária, mesmo sem aprofundar a análise. Através de uma simples visualização dos histogramas das Figuras F1, F2 ou F3, é perceptível o fato de que a relação entre o número de acidentes neste trecho para os demais, é menor que a dos volumes médios diários (VMD). Mesmo apresentando todas as características básicas presentes no trecho anterior, exceto as travessias, seus índices são, de um modo geral, mais amenos. Inicia numa transição para um relevo mais íngreme, atingindo o ápice entre os quilômetros 234 e 236, no local conhecido como morro dos cavalos, quase uma repetição em escala reduzida do ambiente do Morro do Boi. A partir daí, são longos trechos planos e retos até a altura do quilômetro 259, no Morro do agudo, tornando a conformação mais suave após este ponto.

7.10 A análise da acidentalidade nos segmentos de acordo com a tipologia proposta: conclusões e correlações

Nesta seção serão apresentados e comentados os índices de acidentes para os diversos segmentos do trecho em estudo, e para cada tipo de acidente definido na Seção 7.4.1. Estes índices ou taxas e outras características de cada seção estão resumidas nos Quadros do Anexo H. As 4 primeiras colunas correspondem aos índices de acidente, feridos leves, feridos graves e mortos por 10⁹Km viajados (ACDBKMV, FLBKMV, FGBKMV, MBKMV), para o tipo de acidente que estiver sendo descrito (ex: Quadro H1 = todos os tipos). Em seguida estão as colunas com o início e o fim do trecho selecionado (delimitação do acidente na seção), os volumes médios diários (VMD), o número de ocorrências e os percentuais de cada tipo de veículo envolvido no tipo de acidente e por fim o

nível de serviço. Iniciando o processo numa espécie de análise introdutória, serão feitos alguns comentários a respeito dos dados, e do que esperar a partir da análise destes.

Certos elementos de risco, como uma ponte estreita por exemplo, têm sua atuação restrita ao seu entorno imediato. A relação dos acidentes com elementos de risco com efeito aproximadamente pontuais, como uma curva ou uma ponte. Nestes casos, o risco só está presente se, por exemplo, a curva não é adequada aos padrões de velocidade admitidos no trecho ou se a ponte é mais estreita que a pista de rolamento. Desta maneira, utilização destes elemento sob a forma de variáveis definidas através de suas “densidades”, não qualifica estes elementos, ou seja, não diz muito a respeito da qualidade desta ponte ou curvas.

Uma curvatura média de 20 graus/km pode ser composta de curvas tecnicamente perfeitas (raios longos, com transição e superelevação) ou por curvas mal projetadas. De qualquer forma, se nos segmentos existe uma certa quantidade de curvas perigosas ou pontes estreitas (mais estreitas que a pista), isto provavelmente será refletido pela sua acidentalidade.

No caso do *greide*, a situação não é exatamente a mesma, uma vez que a distribuição das rampas, até por razões de projeto, se dá em seções mais extensas, não apresentando uma relação tão próxima da pontual como as curvas, abordadas anteriormente. No entanto deve se considerar que para que esta variável possa realmente influenciar as taxas, é preciso que tenha um valor médio bastante elevado, ou seja, que crie componentes gravitacionais do peso do veículo realmente prejudiciais à segurança.

A seguir serão apresentados os comentários e conclusões a respeito dos índices de acidentes, feridos leves, feridos graves e mortos por acidente, para os acidentes com vítima em geral e para cada tipo de acidente e suas relações com outros elementos relevantes. Para facilitar o acompanhamento, pode ser utilizado o recurso disponível nos Quadros do Anexo H, que na sua metade, a partir da linha 10, oferece as relações das médias de cada segmento com a média de todo trecho.

No final de cada avaliação, será apresentada uma análise de correlações, realizada paralelamente ao modelo desagregado proposto, descritas

pelas Figura H1 à H7. Estas figuras apresentam, uma matriz que, em vez dos coeficientes de correlação, apresenta a própria reta ajustada e os pontos, permitindo ao analista qualificar o que é quantificado através do coeficiente (o coeficiente é a tangente do ângulo), tornando possível a visualização de “outliers” e padrões não lineares quiçá presentes nas relações.

A) Acidentes com vítimas (todos) – dados agregados

No Quadro H1 do Anexo H, podemos observar na 1ª coluna a taxa de acidentes por bilhões de quilômetros viajados (ACDBKMV). Os trechos de maior accidentalidade foram a região 7 (GFP), seguida pela região do Morro do Boi (MB), com Balneário Camboriú (BC) e Itapema (ITP), num patamar um pouco mais baixo. É importante observar que os índices de severidade não mostraram a mesma relação. As taxas da região 7 (GFP) foram as mais altas para os acidentes em geral, acidentes com feridos leves e com feridos graves, com taxas, 1,84/1, 1,67/1, 1,70/1, respectivamente, em relação a média do trecho. Observe-se a tendência decrescente das proporções à medida que aumenta a severidade do acidente. Curiosamente a proporção, entre a accidentalidade e volume de tráfego do segmento da GFP, para as respectivas médias do trecho foram exatamente as mesmas 1,84/1

Por outro lado, em relação ao risco de mortes em acidentes, a situação foi completamente diferente. O Morro do Boi (MB), Bal. Camboriú (BC) e Porto Belo (PB) apresentam os índices mais elevados respectivamente, 2,65/1, 1,5/1, 1,25/1, em relação à média do trecho, enquanto a taxa de GFP foi de apenas 0,89/1. Isto parece confirmar a influência do congestionamento sobre o riscos dos acidentes e ferimentos, aumentando a frequência dos acidentes e diminuindo a sua intensidade.

Pode haver também, alguma influência da qualidade do resgate e do atendimento às vítimas, mas este assunto será retomado ainda, durante a análise dos atropelamentos, tipo de acidente onde a influência da velocidade não é tão decisiva¹⁴. (pode ser mortal, mesmo a velocidades tão baixas como 25 ou 30

¹⁴ Neste caso a velocidade seria uma “confounder”, interferindo na influência da qualidade do resgate/atendimento às vítimas medido, por hipótese, através da relação morbidade/mortalidade

Km/h). À medida que forem apresentadas as análises subseqüentes, sobre cada tipo de acidentes, as conclusões irão ganhando mais consistência.

Na travessia urbana de Itapema (ITP) e de BC, ocorreu um fenômeno similar ao da GFP, porém em menores proporções. Na seção da rodovia sobre a travessia de ITP, não existem as vias marginais, como ocorre em BC, porém os estrangulamento do fluxo provocado pelos seus trevos de baixa velocidade, funcionando como um gargalo, fez com que a redução da severidade ali fosse maior. Nas regiões de PB e Governador Celso Ramos (GCR) as taxas MBKMV foram ligeiramente mais elevadas do que nas regiões mais congestionadas, pois apesar de apresentarem um VMD elevado, ainda assim, era possível em 1996, desenvolver velocidades elevadas mais elevadas do que em GFP.

O segmento sul operou em 1996, com a relação fluxo/capacidade mais folgada de todo o trecho, não experimentando praticamente o efeito do congestionamento¹⁵ com um nível de serviço melhor, o que faz com que apresentasse uma baixa acidentalidade, e portanto é importante sob o ponto de vista da avaliação de uma relação ou de uma média de contenção de acidentes, funciona como uma referência.

A seção Sul, em média, apresentava as mesmas características geométricas dos trechos ao norte (ver Seção 7.4.4). No entanto, não haviam nela travessias urbanas e nem mostrava os níveis de congestionamento das demais seções. Se desenvolvia na ocasião, sobre um ambiente tipicamente rural, como fora previsto no seu projeto e apresentava ainda, um número mais reduzido de interseções, sem as travessias urbanas e o nível de congestionamentos dos demais segmentos. Estas qualidades, são importantes, porque fazem com que o segmento funcione como uma referência interna que, no entanto, pode ser comparada a outras rodovias (referências externas). Isto se deve ao fato dela apresentar uma relação volume/capacidade mais comum (“normal”).

As condições operacionais mais próximas às do projeto, apresentadas pela seção Sul do trecho, fizeram dela uma espécie de caso controle. Os índices ACDBKMV, FLBKVM, FGBKVM, MBKMV foram respectivamente, 0,57/1, 0,64/1,

¹⁵ No dia 1º de janeiro de 1996, um “engarramento” se estendeu da Grande Florianópolis até as proximidades dos Morro dos Cavalos (Km 234), atingindo portanto o segmento sul, mas foi uma exceção.

0,79/1, 0,80/1, da média do trecho todo (ver Quadro H1, Anexo H), o mais baixo em relação ao total de acidentes. Porém, mostrou, obviamente uma tendência, oposta aos trechos congestionados. Quanto mais grave o evento, maior a sua média em relação aos outros trechos, fazendo com que apresentasse, ao mesmo tempo, uma baixa acidentalidade e taxas de feridos leves, graves e mortos mais elevadas do que outras seções.

Trecho	Extensão	VMD	ACD	ACD/10 ⁹ Km	ACD/10 ⁶ Km
ACIDENTES (todos)					
Itajaí – Imbituba*	194	15054	3263	2979	2,98
B. Horizonte – Vitória	499	4578	2448	4003	2,93
Aracaju – Salvador	381,3	10051	1596	1139	1,14
Belém – Goiânia	2007,8	3691	2746	1014	1,01
B. Horizonte – Uberaba	468,5	3973	2429	3598	3,60
POA – Pelotas	256,7	8848	716	862	0,86
R Janeiro – Parati	185,1	1806	787	6440	6,44
ACIDENTES (c/vítimas)					
Região 1 – Itajaí*	26	14839	122	865	0,87
Região 2 – Bal. Camboriú*	9	17711	72	1236	1,24
Região 3 – M.Boi*	6	16761	43	1298	1,30
Região 4 - -Itapema*	7	15811	39	964	0,96
Região 5 – P. Belo*	13	13910	45	681	0,68
Região 6 – G.C. Ramos*	27	13790	97	713	0,72
Região 7 - G.Fpolis*	28	27726	583	2019	2,02
Região 8 - Sul (até o Km-298)*	78	10171	182	628	0,63
B. Horizonte – Vitória	499	4578	766	917	0,92
Aracaju/Salvador	381,3	10051	460	328	0,33
Belém/Goiânia	2007,8	3691	1019	376	0,38
B. Horizonte/Uberaba	468,5	3973	710	1044	1,04
POA/Pelotas	256,7	7261	330	484	0,48
R.Janeiro/Parati	185,1	1806	387	3167	3,17

QUADRO 7.1 – Taxas de acidentes (acima), e de acidente com vítimas para alguns trechos de rodovias no Brasil, elaborado com base nos dados das PRFSC (1996)* e DENATRAM (1995).

No Quadro 7.1, foram colocados alguns índices de acidentes para alguns trechos de rodovias federais do Brasil. Deve se tomar algum cuidado, no entanto, quanto às conclusões, porque alguns trechos podem possuir mais de duas faixas em parte da sua extensão. Isto deve gerar um certo “confounding”, devido à expectativa de uma acidentalidade menor neste subtrechos (ver Seção 4.5.2). No entanto, estas “duplicações” constituem trechos relativamente curtos (menos de 10% dos percursos) nas saídas de Belo Horizonte, Porto Alegre e do Rio de Janeiro.

Existem efeitos mais graves que podem estar “embutidos” nos índices, como o provocado pelo sub-registro, ou pior, pela falta de um padrão na conceituação de “morto no trânsito” (ver seção 1.2). Algumas vezes, são agregados dados de locais que consideram a “morte em decorrência do acidente de trânsito”, acompanhando 30 dias a vítima, com dados de outros locais onde consideram só a morte ocorrida no local (s/acompanhamento). Algumas capitais de alguns estados, por exemplo, faziam desde 1995 o acompanhamento das vítimas, enquanto o interior não (DENATRAN, 1998b). Este tipo de conduta, além de mascarar os resultados, dificulta ou até impossibilita obtenção de um fator de correção adequado.

As iniciativas no sentido de resolver a questão das mortes posteriores devem ser generalizadas, não devem se restringir a cidades ou mesmo estados. A padronização dos registros é fundamental, pois o tratamento dos problemas envolvendo risco, envolve, geralmente, um processo de comparação. O número de mortes posteriores pode variar de 50 a 100% das mortes ocorrida no local, dependendo da presteza e qualidade do resgate e primeiros socorros (ver Seção 1.2). Quanto mais rápido o atendimento, diminui o tempo de permanência da vítima no local e conseqüentemente a probabilidade de venha a morrer ali. Desta forma, sem a utilização de um fator, não faz sentido, por enquanto, a utilização de referências externas estrangeiras, uma vez que os países com dados adequados, utilizam o conceito de morto em conseqüência do acidente de trânsito, computando as morte ocorridas de 30 dias ou em alguns casos até 1 decorridos do acidentes.

Na análise da correlação das taxas de acidente e de severidade com as variáveis presentes no Quadro H1, não eram esperadas relações fortes, pois conforme será visto a seguir (nesta Seção), os fatores de risco não afetam a probabilidade de cada tipos de acidentes com a mesma intensidade. No entanto, a Figura H1 mostra uma relação consistente entre as taxas de acidentes e feridos para os acidentes em geral (agregando todos os tipos), com o VMD.

A taxa de mortes relacionou-se positivamente com o percentual de ônibus e de caminhões envolvidos (com os caminhões a relação existe, mas não é significativa ao nível de 5%), com a curvatura média e com o *greide* médio. Estas relações foram totalmente lógicas e eram esperadas, contudo, no caso da curvatura e do greide, as relações podem ter sido influenciadas pela presença de “outliers”, que parece ter “puxado” a reta, aproximando-a dos 45°, posição correspondente a um ajuste pleno (ver Figura H1 e Quadro H8).

A seguir serão analisados os outros tipos de acidentes, baseados nos índices e proporção das figuras e quadros do Anexo H. Nesta análise, irão sendo aos poucos complementados aspectos ainda não abordados até aqui, dando-se ênfase as relações que não ficam tão evidenciadas através de estudos que utilizam dados agregados de forma inadequada.

B) Abalroamentos Laterais

Os abalroamentos laterais (AL) podem ocorrer principalmente em curvas, sobretudo quando um dos veículos, pela ação força centrífuga, não consegue manter-se na sua faixa de circulação, invadindo a faixa oposta. Esta situação pode ocorrer, por exemplo, quando as curvas são precedidas por faixas em declive, onde os veículos pesados não conseguem reduzir a velocidade a tempo. Nos trechos acidentados, com aclives e declives acentuados, ainda há outros fatores que podem contribuir para aumentar a probabilidade de que os AL venham a ocorrer, como as freqüentes entradas e saídas de veículos das terceiras faixas ascendentes.

Semelhante processo também pode se verificar em pistas que sofrem estreitamentos ocasionais, como por exemplo, quando se utiliza o recurso do acostamento pavimentado para favorecer a fluidez, e não há um alargamento das

pontes. Alguns defeitos apresentados pelo pavimento (ex: a presença de trilhas¹⁶), largura insuficiente das faixas ou a simplesmente a falta ou inadequação da demarcação¹⁷ da margem da rodovia, podem aumentar significativamente a ocorrência dos AL, principalmente em locais com um percentual significativo de veículos largos (ônibus e caminhões).

Estes acidentes mostraram uma tendência de se concentrar em subseções dentro do segmento, indicadas nas colunas “Início” e “Fim”, no Quadro H2 do Anexo H. Na 2ª coluna, está o índice de acidentes por bilhões de quilômetros viajados (ACDBKMV). Embora todas as subseções selecionadas tenham apresentado médias mais elevadas do que o trecho todo, particularmente, as sobre as região 6, de Governador Celso Ramos (GCR), seguido de perto pela da região 3 (MB), com 4,85 e 3,69 vezes a média do trecho inteiro. Embora estes acidentes tenham ocorrido em número reduzido (Ver coluna “Acidentes” no Quadro H2), seus índices parecem indicar a necessidade de um tratamento localizado, naquela ocasião.

A região de relevo mais acidentado, correspondente a um trecho próximo a São Miguel (povoado), entre os quilômetros 184 e 187, apresentava, em 1996, muitas curvas fechadas em aclave, algumas com superelevação insuficiente para velocidade. Estas características provocavam invasões a faixa oposta, principalmente por parte de veículos maiores (ônibus e caminhões), mais difíceis de controlar (ver Seção, 3.4.3.1). A seção oferecia, de um modo geral, dificuldades de ultrapassagem, devido às condições de visibilidade, e algumas tentativas resultaram em AL.

O segmento compreendido entre os quilômetros, 139 e 143, o mais sinuoso do MB (km 139-145), e da rodovia toda, mostrou uma mortalidade maior, 13,19 vezes a média do trecho, contra 8,24 vezes a de GCR. Estes dois subtrechos mostraram uma grande participação de ônibus, no caso do MB (2,94 vezes a média do grupo) e de caminhões GCR (1,45 vezes a média do grupo),

¹⁶ Defeito no pavimento, normalmente originado da falta de capacidade mecânica do solo ou aterro, ou revestimento, que, não suportando a carga transmitida rodas dos veículos pesados, provocam afundamentos paralelos longitudinais na superfície de rolamento (trilhas).

¹⁷ A sinalização horizontal inadequada, pode acentuar, principalmente à noite, a sensação de atrito lateral, fazendo com que os condutores se aproximem do centro da pista, condição que favorece as colisões (HCM, 1994).

mais largos e pesados, que exigem mais largura de pista, principalmente na curvas, onde a falta de largura e de superelevação podem ser decisivas. O NS oferecido nestas duas regiões não foi discrepante, uma vez que a presença da 3ª faixa no MB, compensa parcialmente a maior aspereza do seu relevo.

Duas regiões com uma acidentalidade importante, Itajaí (ITJ) e GFP, apresentavam curvatura e greide, moderados, no entanto, ou contavam com uma grande participação de caminhões no fluxo, como o caso de ITJ, ou estavam sujeitas a constantes congestionamentos, como a GFP. No trecho sul, a falta de sinalização em um trecho entre os quilômetros 280 e 294 pode ter contribuído para que os seus índices ACDBKMV, FLBKVMV e FGBKVMV tenham ficado acima da média em 1996.

Na análise da correlação das taxas de acidente e severidade e as variáveis presentes no Quadro H2, foram encontradas relações positivas entre acidentes (AL) e a curvatura e greide médios (não significativas ao nível de 95%) e entre o índice de mortes e a curvatura média (ver Figura H3 e Quadro H8, no Anexo H)

C) Abalroamentos Transversais (At)

Estes acidentes ocorrem principalmente junto a cruzamentos em nível sem as características técnicas apropriadas (boa visibilidade e sinalização, e projeto compatível com os tipos de veículos e volume de tráfego (AASHTO; 1990). Foram selecionadas seções onde se localizam as maiores densidades de acessos e cruzamentos por quilômetro, a partir das próprias frequência dos acidentes (ver Figura F5, do Anexo F). O número de interseções ou junções não tratadas e os volumes em conflito nestes pontos parecem ser os principais coadjuvantes neste tipo de ocorrência (ver Seção 7.8 e 7.9).

O número de AT acompanha o crescimento do número de conflitos em cruzamentos ou acessos, cresce com o volume dos fluxos e com o número de interseções sem um tratamento adequado. Aliás o número de interseções tem sido utilizado como variável explicativa para a ocorrência de acidentes de um modo geral (AASHTO, 1990). Nas regiões que o processo de urbanização são acelerados, há uma tendência à proliferação do número de interseções,

acompanhadas quase sempre por um afrouxamento nos critérios de aprovação destes dispositivos.

Nas travessias da Grande Florianópolis (GFP) e de Itapema (ITP), travessias urbanas sem um tratamento efetivo até 1996, por exemplo, a rodovia foi absorvida, passando a ser parte vital, do sistema viário local dos municípios, servindo a um fluxo urbano que, no mínimo, dobra o movimento normal da rodovia, dependendo das densidades populacionais envolvidas e do grau de dependência dos sistemas viários locais, em relação à rodovia (ver Seção 7.9).

No caso de GFP, o conglomerado formado por Florianópolis (pop. 271.281 h.), São José (pop. 147.559 h.), Palhoça (pop. 81.176 h.), Biguaçu (pop. 40.047 h.), Santo Amaro da Imperatriz (pop. 14.569 h.), Paulo Lopes (pop. 5.589 h.) e Águas Mornas (pop. 4.840. h.), perfaz um total de 565.000 h. (IBGE, 1998). Uma boa parte dos usuários, cerca da metade, utilizou (e utiliza) a rodovia como uma espécie de arterial urbana, que além de conduzi-los para o sul ou para norte do estado ou até para outros estados, os conduzia ao trabalho, estudo ou lazer em municípios e até bairros vizinhos.

No ano que foram gerados os dados, 1996, não havia um bloqueio das ligações entre um lado e outro da pista, em toda a extensão do segmento da GFP. No segmento sobre ITP, havia uma limitação dos acessos, mas sem um tratamento efetivo (ver Seção 7.8 e 7.9). Não havendo controle, os cruzamentos acabavam ocorrendo em qualquer ponto onde era viável. Se o condutor não for limitado em suas intenções, vai buscar sempre a solução de menor custo, não ponderando muito a respeito do risco (EVANS, 1991).

A proliferação dos acessos, geralmente mais grave junto às travessias, acaba sendo responsável por situações de alto risco, principalmente sob fluxo intenso. À medida que o número de acessos cresce, aumentam as dificuldades no controle da sua qualidade, e no controle do processo de geração de novos acessos. As más condições de visibilidade e a baixa conspicuidade da sinalização ou até a sua ausência começam a se tornar freqüentes. Com isto, podem advir situações, onde os condutores não tenham condições de reagir a tempo, passando do acesso ou cruzamento, efetuam retornos em locais impróprios,

contribuindo para aumentar a dispersão destas ocorrências (AT) em torno dos piscos de frequência (ver Figura F9, Anexo F).

Ao longo do trecho analisado, foram encontrados alguns pontos de acumulação de AT, sempre nas proximidades de cruzamentos ou entroncamentos importantes. As subseções selecionadas correspondem a interseções ou conjuntos de interseções, com uma acidentalidade mais elevada, e a sua delimitação pode ser vista nas colunas “Início” e “Fim”, no Quadro H2. A região GFP apresentava na ocasião (1996), o maior o maior número de interseções formais e informais, parecendo em certos pontos não haver um limite definido entre a rodovia e o terreno contíguo.

A falta de um tratamento adequada às interseções se refletiu nos índices mostrados no Quadro H3 do Anexo H. A ocorrência de AT na GFP foi 2,4 vezes maior que a média do trecho todo. Nos outros dois segmentos de maior risco, ITJ e ITP, os índices sequer atingiram a média (0,93/1 e 0,86/1 da média). No entanto, a severidade dos acidentes foi maior em MB e PB (4,42/1 e 3/1 vezes a média), o que estabelece até aqui um paradigma na relação entre o aumento do fluxo, congestionamento, aumento das ocorrências e redução da severidade.

As correlações entre as variáveis do Quadro H3, correspondente aos AT, mostrou uma relação significativa entre o risco de acidentes, de ferimentos leves e graves (ACDBKMV, FLBKMV, FGBKMV) e com o volume médio diário (VMD). A relação entre o risco de morte por distância viajada (MBKMV) relacionou-se positivamente com a participação de caminhões nas ocorrências e com os ambientes de relevo mais íngreme, com rampas mais acentuadas. Isto parece refletir a interferência da massa do veículo, nas relações com a inércia e a gravidade (g.), advindas dos trechos em rampa, e nas relações de impacto com outros veículos, principalmente os menores, que tendem a ser mais severas para os ocupantes do veículo menor (grande mortalidade).

D) Atropelamentos

Estes acidentes, na BR-101/SC, se concentram nos locais onde os conflitos entre os fluxos de pedestres/ciclistas se tornam importantes, e não são tratados. Há basicamente uma tendência de concentração semelhante à dos AT,

estando portanto relacionado aos mesmos processos de urbanização não planejada. A mesma demanda que gerou o fluxo veículos automotores e que estabeleceu o acesso ou interseção, espontâneo ou não, acaba gerando mais cedo ou mais tarde, um fluxo de pedestres e bicicletas, através de suas calçadas ou acostamentos. Com a paulatina urbanização, começam a se estabelecer as linhas de desejo viáveis para viagens a pé ou de bicicleta para viagens a pé.

Nos segmentos em estudo, até o ano de 1996, não existia um tratamento formal para este problema uma vez que estes conflitos inexisteriam quando a rodovia foi projetada e entregue ao tráfego. Então, como já é praxe no Brasil, as soluções são adiadas para as obras de capital intensivo, como a duplicação. Faltaram iniciativas no sentido de preservar características ambientais segundo as quais a estrada foi concebida (ver 3.4), mantendo a sua capacidade. Uma rodovia rural de duas faixas (RRDF), normalmente é projetada para atender à uma demanda estimada para o fim da vida útil do projeto (10 a 20 anos) e às imposições da geografia (ver Seção 3.4.2 e 3.4.3).

No caso da BR-101, portanto, não foi e nem poderia ter sido previsto, que ela se desenvolvesse num ambiente modificado. No entanto, se existissem tratamentos adequados para pedestres ciclistas e para o fluxo marginal, que não deveria utilizar a rodovia, ela estaria necessitando da duplicação efetivamente, mas certamente, não estaria operando em nível de serviço F, com uma perda de combustível descabida e com um volume de acidentes muito mais elevado que a média (ver Quadros H1 à H7).

As condições de projeto, dificilmente se mantêm numa rodovia, principalmente no Brasil e nos países do 3º mundo de um modo geral. Com a BR-101, não foi diferente, ao contrário, o ambiente a sua volta se modificou rapidamente (se urbanizou), como já foi dito, sem que nada fosse feito para adaptá-la ao processo. No caso dos conflitos entre veículos e pedestres, este descaso se refletiu na proporção exagerada de mortes por atropelamento; cerca de 27% das mortes ocorridas em 1996, foram por atropelamento (60% destes, ou 16% do total, entre os km 193 e 217, na GFP).

As características dos conflitos entre o fluxos de pedestres ou ciclistas com o de veículos automotores (ver Seção 4.5.3) recomendam a segregação,

sempre que estes conflitos se tornam significativos, principalmente em instalações de fluxo contínuo, como as rodovias rurais. A construção de passagens inferiores (túneis) e passarelas é a única forma segura de evitar ou reduzir os atropelamentos, quase sempre com conseqüências graves para o atropelado. Entretanto deve ser considerado que este tipo de providência está relacionado à evolução social do país e, conseqüentemente, ao valor que se atribui à vida anônima ou estatística (JONES-LEE, 1985; ELVIK, 1995). Este aspecto é refletido pelos percentuais elevados de atropelados entre os mortos no trânsito nos países em desenvolvimento (JACOBS e SAYER; 1983; JADAAN, 1989; THOMAS, 1992; LOURENS e VLEK, 1992; TB/NPA, 1992; DENATRAN, 1995).

Os direitos naturais, como o de caminhar ou respirar, nascem com o indivíduo e devem ser preservados a qualquer custo, e mostram o grau de civilidade de uma nação. O baixo percentual de atropelados entre as vítimas é uma característica dos países com o processo de motorização mais consolidado. Os indivíduos não devem arcar com um custo surgido em função de situações que poderiam ter sido previstas e evitadas pelas autoridades. Elas tinham o dever de ter coibido o processo de urbanização descontrolado envolvendo a rodovia.

Portanto, em situações como a desta rodovia, não existem argumentos que possam substituir a construção de passarelas (ou túneis), distribuídas de tal forma, que não aumentem excessivamente o custo das viagens de pedestres e ciclistas entre as áreas divididas pela rodovia. Assim como no mercado, o usuário faz uma relação custo/benefício, onde o benefício lhe é algo vago e aparentemente distante. Embora teoricamente um automóvel possa ser mais mortal do que um rifle, capaz de matar com um único impacto, 6 ou 7 pedestres e ainda os seus ocupantes, numa situação hipotética extrema, nós, os seres humanos, não temos parâmetros naturais claros para avaliar o risco. Então, cabe às autoridades educar o cidadão para o trânsito (fornecendo-lhe os parâmetros), para que não tenhamos, todos, que pagar esta conta, advinda, não de um investimento mal feito, mas da sua falta. A alegação de que não adianta construir passarelas porque as pessoas não as utilizam é no mínimo criminosa.

Segundo o AASHTO (1990), para se buscar a eficiência no planejamento e projeto de instalações, é necessário considerar as características

do pedestre típico. O americano anda em média menos de 800m para pegar uma condução e 80% das viagens é menor do que 1000m (MUTCD, 1978; AASHTO, 1990). No Brasil, é provável que estes valores sejam os mesmos, pelo menos entre as pessoas de renda mais elevada, no entanto entre as classes mais pobres, é provável que as pessoas se submetam a trajetos um pouco maiores.

Na busca de soluções, deve se ter em mente o fato de que a distância considerada razoável para o pedestre se deslocar, por exemplo, para atravessar uma rodovia, é, teoricamente, cerca de 24 vezes¹⁸ menor que a de um automóvel. Há uma tendência por parte do pedestre também, de utilizar sempre o menor caminho entre 2 pontos (AASHTO, 1990). Na comparação estabelecida por um pedestre em relação o cruzamento da pista direto, ele já parte de um custo inevitável imposto pela rampa de acesso à passarela, então devem ser minimizados outros custos que podem ser originar da localização imprópria. Muitas vezes, pode ser utilizado o recurso de impossibilitar ou aumentar muito o custo das travessias efetuadas fora da passarela através de cercas, por exemplo.

Os critérios que podem ser utilizados para estabelecer a localização de uma passarela podem ser os mesmos utilizados para localizar os pontos de parada de ônibus, lembrando sempre de considerar os pontos já costumeiramente utilizados para as travessias. Segundo os estudos do DNER (DENATRAN, 1995), o custo de um acidente com morto seria de R\$ 209.150,36¹⁹, o que em alguns casos, pode garantir, o retorno do investimento com uma única vida salva (ver Seção 4.5.3).

A análise dos histogramas recomendou a avaliação em especial de algumas seções sobre a regiões ITJ, MB e GCR, junto aos acessos, e nas travessias urbanas BC, ITP e GFP (ver Figura F6, Anexo F). Os índices apresentados para estes segmentos destes trechos, todos acima das médias do referido trecho, foram dispostos no Quadro H4 do Anexo H.

O índice de atropelamentos por distância viajada apresentado em 96, na GFP, foi 2,44/1 em relação à média do trecho todo. Os números de feridos

¹⁸ Para chegar a este valor foi utilizada a velocidade de projeto da rodovia (80 Km/h) e a velocidade de 3,3 Km/h para o pedestre (ASSHTO, 1990; HCM, 1994)

¹⁹ Este valor resultou da aplicação de um índice mensal de inflação (INPC/IBGE), sobre o valor de setembro de 1995, pelo DNER/MT (1996). (Dólar em 05/98 – venda – Comercial, 1,15; *Paralelo, 1,19; Turismo, 1,18)

leves, feridos graves e de mortos por 10⁹km viajados foram respectivamente 2,67/1, 2,57/1 e 1,37/1 em relação à média do trecho todo. O índice de mortos por movimento (MBKMV) nesta seção, foi pequeno em relação aos índices registrados em ITP, PB e GCR, seções que individualmente apresentaram um número reduzido de atropelamentos em 1996. Neste caso, não era esperada, a princípio, uma redução tão drástica, em função da velocidade (congestionamento), pelo fato de probabilidade de óbito em atropelamentos ser elevada, mesmo a baixas velocidades.

Não pode ser descartada, entretanto, que tenha ocorrido alguma influência da qualidade e rapidez no resgate e atendimento às vítimas na região GFP, na menor mortalidade relativa deste segmento. Florianópolis por ser a capital do Estado e um pólo regional, concentra em torno de si, uma série de serviços, apresentando uma estrutura hospitalar e de resgate, superior à que seria provavelmente esperada em outros segmentos do trecho (ver Seção 7.1).

A qualidade do atendimento pode influir de forma significativa nos índices de mortalidade. Pode ocorrer, por exemplo, que alguns óbitos sejam evitados pelo pronto atendimento; enquanto outros, que ocorreriam no local e seriam registrados, passem a ocorrer no transporte ou nos hospitais e, na atual conjuntura, contribuam para aumentar o sub-registro das mortes no trânsito. Contudo, a diferença dos serviços não parece ter tão expressiva, pelo menos não a ponto de mascarar os resultados das perdas de controle (PC), onde os riscos devidos ao ambiente ainda puderam ser detectados, levando a crer que o principal motivo desta menor mortalidade esteja relacionado também ao congestionamento e às baixas velocidades.

Entres as variáveis dispostas no Quadro H4, correspondentes aos atropelamentos, também foi encontrada uma relação consistente entre o índice de atropelamentos, feridos leves e graves por distância viajada, com o volumes médios diário de veículos na seção (ACDBKMV, FLBKVMV, FGBKVMV, com o VMD).

E) Colisões Traseiras (Ct)

A probabilidade de que estes acidentes ocorram pode ser influenciada pelas condições de visibilidade da rodovia (eventuais ou não), pela conspicuidade dos veículos, pelas dificuldades provocadas pela presença de rampas acentuadas e interferências ao fluxo (pedestres, cruzamentos, acessos). Os bloqueios de fluxo são comuns nas rodovias, quer sejam devido a acidentes, restaurações na pista ou mesmo congestionamentos. Durante estes eventos, a falta de sinalização, aliadas as más condições de visibilidade e excesso de velocidade, têm feito com que alguns condutores, principalmente de veículos pesados, não consigam imobilizá-lo a tempo. Isto tem contribuído para estas ocorrências, sobretudo as mais graves, venham a ocorrer.

A influência da redução do “headway” médio sobre o aumento do risco de acidentes, aparece provável, particularmente nas CT. Este “headway”, definido como o intervalo de tempo entre veículos sucessivos, reduz-se à medida que começa a aumentar a restrição na liberdade de ultrapassar. Com isto, os veículos lentos começam a reter aos que lhes antecedem, impondo-lhes a sua velocidade. Os condutores dos veículos retidos, começam a aproximar-se dos veículos a sua frente, na expectativa de uma oportunidade para transpô-los. Com isto, começam a se formar extensos pelotões com *headways* cada vez menores. Se acontece um imprevisto qualquer com um dos integrantes da fila, há uma grande possibilidade de que pelo menos um dos que o seguem não consiga reter o veículo a tempo de evitar a colisão.

No trecho em estudo, estes acidentes (CT) se concentraram nas proximidade de alguns acessos e nas regiões urbanizadas; em ambas as situações, o fluxo experimenta perturbações mais ou menos freqüentes na sua fluidez. Os trechos julgados mais importantes quanto a este tipo de ocorrência, estão em ITJ, BC, MB, ITP, PB, GFP. Destas seções, a que apresentou a maior incidência destes acidentes foi a da região GFP, com 46% do total destas ocorrências.

A maior acidentalidade na GFP está provavelmente relacionada ao reduzido “headway” médio entre os veículos sobre este segmento. Ela apresentou uma freqüência 1,92/1 em relação à média de colisões traseiras do trecho todo.

No entanto, a severidade foi proporcionalmente menor; o risco de ferimento graves desta seção foi 1,60/1 em relação à média, sendo superado em violência pelas CT da região Sul (2,61/1 em relação à média). Os riscos de morte para BC, MB, PB e GFP, são respectivamente, 2,44/1, 4,30/1, 2,15/1 e 1,12/1 em relação à média do trecho todo.

A grande concentração deste tipo de acidentes na GFP parece ter relação com o excesso de fluxo (congestionamento). Esta é a única justificativa para a concentração deste tipo de acidente numa região que não é a mais sinuosa, não possui as curvas mais difíceis nem as rampas mais íngremes. Os principais fatores que perturbam o fluxo são os conflitos junto a acessos (veículos e pedestres), inerentes a operação das rodovias através de áreas urbanizadas. A relação volume/capacidade na região da GFP, é de longe a mais crítica, e em 1996, a maior parte do volume anual foi escoado em condições de fluxo forçado, com sensível redução da velocidade média.

As correlações entre as variáveis do Quadro H6, correspondente aos CT, mostraram alguma força na relação entre o índice de acidentes por 10^9 Km (ACDBKMV) com a variável “%ônibus” e entre índice de mortes por 10^9 Km (MBKMV) e a curvatura e *greides* médios. Estas relações, indicando uma participação acentuada de veículos pesados (potencial elevado de provocar vítimas em ocupantes de veículos menores) e com muitos ocupantes (muitas vítimas em potencial). A presença de curvatura e *greides* elevados normalmente restringem a visibilidade e dirigibilidade. No entanto, nenhuma das relações comentadas foi significativa ao nível de 95%.

A utilização de uma subdivisão excessiva para a quantidade de informação disponível no caso deste acidente contribuiu para a avaliação direta, pela desagregação em um número maior de trechos, mas restringiu a força das análises estatísticas. No entanto, a comparação direta do índice de colisões traseiras (ACDBKMV), com as características deste tipos de acidente, resumidas na Seção 7.4.1 e com os fatores relacionados com o sistema rodovia/ambiente (Ver Seção 7.9 e Quadro H6), permitiram, como nos casos anteriores, chegar a relações importantes. Os quadros, por terem sido elaborados a partir dos riscos reais, relacionados a um indicador de exposição (distância total viajada)

permitiram estabelecer relações mais seguras, livres pelo menos do efeito “confounding” provocado pelas diferenças de VMD.

F) Colisões Frontais (Cf)

As colisões frontais estão associadas principalmente as operações de ultrapassagem mal sucedidas. Entretanto, existem características que determinam que as ultrapassagens em determinadas seções sejam mais numerosas e, em outras mais violentas, como aconteceu com os acidente até aqui avaliados. Conforme já foi dito, a falta de oportunidade de ultrapassar retém os veículos na fila, atrás de veículos muito lentos. Com o tempo, os condutores começam a se irritar, e um número crescente deles, começa a se expor a riscos cada vez maiores.

A demanda reprimida por ultrapassagens num trecho, também pode aumentar a acidentalidade no início um segmento subsequente, onde é facilitada a ultrapassagem (trecho reto e nivelado). Isto pode ocorrer quando se tem, por exemplo, um trecho plano e reto logo depois de um longo trecho onde a ultrapassagem é limitada por congestionamentos ou pela topografia. Neste caso, as colisões frontais ocorrem em seguida de um segmento crítico e não nele próprio.

Nas operações de ultrapassagem, são utilizadas normalmente velocidades mais altas. É necessário dividir o espaço com o veículo ultrapassado e ainda imprimir uma velocidade que limite o tempo da operação, realizada na faixa oposta, logo qualquer defeito na pista pode ser fatal. Neste tipo de ocorrência a importância da sinalização, principalmente horizontal, é fundamental. Ela indica, onde as condições de visibilidade permitem ou não uma ultrapassagem segura, havendo uma dependência total da sinalização para este tipo de operação, portanto ela deve ser precisa e bem visível, principalmente à noite, o que dificilmente ocorre em qualquer dos trechos (ver Figura 4.2)

Por outro lado, é provável que a sinuosidade e as ondulações excessivas, que dificultam a visibilidade e manobrabilidade de um modo geral, tendam a aumentar o risco destes acidentes. A falta de acostamento ou a largura insuficiente das faixas também pode dificultar as ultrapassagens, diminuindo o

espaço disponível para abortar uma ultrapassagem, por exemplo (ver Seção 4.5,1), e aumentando a sensação de atrito lateral, devido à proximidade excessiva entre os veículos durante a operação (HCM, 1994).

As ultrapassagens são uma das operações mais complexas na condução de automóveis (EVANS, 1991), e algumas vezes, algum condutor não consegue analisar a tempo as distâncias e velocidades relativas, se dando a CF. Se além destas dificuldades, se somarem outras, como ter que controlar o veículo sobre uma faixa estreita, sem acostamento e com a presença de trilhas (ver subseção B - AL), pode fazer com que um número maior destes acidentes aconteça.

É interessante registrar que, muitas vezes, quando se realizam melhoramentos num determinado trecho, quanto a sua sinalização, geometria ou pavimento, diminui o risco durante as ultrapassagens, por exemplo, e no entanto, os acidentes passam a ocorrer num trecho similar mais adiante, não tratado, num fenômeno chamado de migração (WRIGHT e BOYLE, 1984; McGUIGAN, 1985; MAHER, 1987; PERSAUD, 1987). Aparentemente alguns fatores, veiculares e humanos presentes, ficam inativos, até que um terceiro fator, da combinação rodovia/ambiente, se some a eles, desencadeando o acidente. Se o problema for corrigido, parece lógico que o somatório crítico dos fatores deva atingir o seu limite, num trecho subsequente não tratado.

A delimitação dos locais, obtida através da histograma da Figura F5, do Anexo F, se mostra bastante específica para algumas regiões. No caso da região ITJ, por exemplo, a subseção, problemática, corresponde ao entorno do cruzamento com a BR-470, e da descida e subida do vale do rio Itajaí-Açu (ver Figura 7.1). As colisões frontais, na região Sul, se concentraram sobre um segmento vai ficando gradualmente mais íngreme a partir do quilômetro 228 na altura da Enseada do Brito, e que culmina com o Morro dos Cavalos (km 233-236), uma longa rampa descendente (sentido norte-sul), com uma curva muito fechada e perigosa (pouca superelevação) e que termina numa outra curva, quase sobre uma longa ponte estreita (Rio Maciambú/km 135,6).

Dos demais segmentos, dois estavam sobre travessias urbanas com alto volume de tráfego, BC e GFP, sendo esta última, altamente congestionada, e

outra, sobre o trecho subsequente a GFP, na região de GCR. Este segmento, além de aliviar a demanda reprimida de ultrapassagem da região da GFP, congestionada, apresentava um traçado relativamente perigoso, com curvas acentuadas, oferecendo um risco elevado aos seus usuários. As regiões MB e PB ofereciam um risco relativamente pequeno para este tipo de acidente (CT); no primeiro caso devido à disponibilidade de 3ª faixas ascendentes, e no segundo, por constituir-se num longo trecho em reta, pouco congestionado, e entre segmentos sem problemas de congestionamentos graves, PB e GCR.

Os índices de acidentes (ACDBKMV) nos segmentos ITJ, BC, GCR, GFP, Sul, foram todos maiores que a média do trecho todo, condição utilizada neste caso para que os segmentos fossem incluídos na análise, e apresentaram respectivamente as relações 3,15/1, 1,48/1, 2,33/1, 1,87/1, 3,69/1. As taxas foram mais baixas nas regiões de maior fluxo e de menor velocidade, como nas travessias urbanas.

Nos dois segmentos urbanos, principalmente sobre a região 7 (GFP), as oportunidades de ultrapassar eram muito limitadas. No entanto, a restrição de velocidade foi muito mais severa, acarretando os índices de feridos graves e mortos por 10⁹Km (FLBKMV, MBKMV), mais baixos entre os segmentos; o primeiro mostrou uma relação 1,21/1 com a média do trecho todo; o segundo, 0,96/1 (menor que a média). Neste tipo de ocorrência, a ação do cinto pode influir decisivamente (ver Seção 4.5.1 e Figura 5.3, Seção 5.2.2). Portanto, é provável que tenha havido uma influência dos debates e campanhas sobre o uso do cinto, fomentados desde 1995, e que culminaram com a adoção da sua obrigatoriedade em alguns municípios da GFP, a partir de 1996.

A veiculação do assunto na imprensa de Florianópolis teve abrangência regional, já que a mesma imagem e som gerados são capitados diretamente em todos os municípios da região (GFP). Além deste aspecto, o próprio número elevado de condutores que circulam na estrada e dentro do município de Florianópolis e de outros municípios da região. Isto provavelmente contribuiu para a redução da severidade média deste tipo de acidente (ver Quadro 6.12, Seção 6.8.), uma vez que muitos usuários desta seção habituaram-se a

utilizar o cinto nas cidades, onde a fiscalização é mais próxima, e passaram a utilizá-lo com maior frequência nas rodovias²⁰.

Os trechos mais acidentados, com um maior percentual de veículos pesados envolvidos, apresentaram uma severidade mais elevada nos acidentes, o que era esperado. O segmento sobre o Morro dos Cavalos (na seção Sul), sobre GCR e ITJ, registraram índices FGBKMV, com relações de 5,86/1, 3,2/1 e 2,98/1, com a média do trecho todo. Para o índice de fatalidades (MBKMV), as relações foram de 3,08/1, 4,77/1, 295/1.

A conclusão a respeito das seções de um modo geral, devem considerar que uma quantidade pequena de eventos, por hipótese, menor do que 30 por exemplo, pode ser influenciada severamente por um evento ocasional, envolvendo um veículo de alta capacidade ou com grande massas, como um ônibus, pode alterar os resultados. Este parece ser o caso de BC e até mesmo do Morro dos Cavalos (MC), ambos com um número reduzido de ocorrências e pelo menos um ônibus envolvidos.

As correlações entre os índices de acidentes e severidade, com os elementos dispostos no Quadro H5, para as CF, mostraram-se significativas, entre as variáveis ACDBKMV, FLBKVMV, FGBKMV e a curvatura média, e entre o greide médio e o percentual de caminhões com a variável FGBKMV. No entanto, não foi confirmada a relação entre feridos graves e o percentual de ônibus envolvidos, sugerida durante análise do Quadro H5 (ver Quadros H5 e H9 e Figura H5, do Anexo H).

G) Perdas de Controle (Pc)

A análise do histograma para as PC mostrou uma uniformidade aparentemente maior do que a dos demais acidentes. Neste tipo de acidentes, envolvendo um único veículo, é mais provável que fatores veiculares e principalmente pessoais, possam ser responsáveis por um número relativamente maior de ocorrências.

²⁰ Os condutores de viagens urbanas, dentro da GFP, não necessitaram mais lembrar de colocar o cinto antes de entrar na BR.

Já a influência da rodovia/ambiente, pode se dar, neste caso, de duas formas. Através da dificuldade oferecida ao controle do vínculo (efeito ativo) e através do potencial de risco de ferimento oferecido pelo ambiente, quando o acidente ocorre (efeito passivo). A correção do traçado de uma rodovia, com a suavização das curvas, pode evitar que os acidentes ocorram (medida de segurança ativa) e a colocação de defensas pode diminuir a severidade dos ferimentos nos acidentes que não puderem ser evitados.

Na análise dos índices do PC (ver Quadro H7), pela primeira vez, parece não haver uma influência pronunciada do VMD, nem sobre o risco de acidentes, nem sobre o de ferimentos. Os fatores determinantes deste parecem estar mais relacionados, de forma mais direta, à combinação relevo/geometria, uma vez que a probabilidade de perder o controle de um veículo sobre um trecho acidentado tende a ser maior do que nas retas. Depois de ocorrido o acidente, as rampas, taludes e precipícios, mais comuns nos trechos acidentados, podem aumentar o risco de ferimentos ou morte. Estes acidentes ocorreram em MB, BC e GCR, com os índices FLBKMV, mostrando relações de 2,44/1, 1,55/1 e de 1,24/1, com a média do trecho todo; e o índice FGBKMV, mostrou relações 2,28/1, 1,65/1 1,39/1.

A análise do risco de morte (MBKMV) não permitiu estabelecer qualquer relação com o traçado. O MB e GCR são segmentos, já definidos como sendo de alto risco de acidentes, devido às dificuldades oferecidas pelo traçado. A região de BC apresenta uma taxa elevada de mortes, com uma grande participação de caminhões. É provável que os caminhões tentem compensar a restrição de velocidade imposta pelos segmentos contíguos mais acidentados, principalmente o MB. Em Itapema a compensação não era possível devido à existência de trevos de baixa velocidade, neste caso, a mortalidade está associada à presença de motos, veículos com características, que predispõe as perdas de controle, e que aparecem quase todas as vezes entre os acidentes com vítimas.

Os índices ABKMV, FLBKMV e FGBKMV mostraram relações significativas com a curvatura e *greide* médios dos trechos; quanto maior a sinuosidade e mais íngremes as rampas, maior a acidentalidade e o risco de

ferimentos de um modo geral. O risco de morte apresentou uma relação inversa com a curvatura e o greide (não significativos ao nível de 95%), indicando quem sabe, uma maior participação do excesso de velocidade nestas ocorrências nos trechos retos e planos.

7.11 A avaliação de medidas de contenção de acidentes e os acidentes típicos

A vantagem de buscar a utilização dos dados numa forma de agregação de nível mais baixo vão além do ganho de capacidade de análise, proporcionada pela escolha de formas de descrição dos acidentes mais provavelmente associáveis a fatores da geometria e ambiente. A capacidade de avaliação é muito beneficiada da mesma forma, pois a descrição oferecida por um vetor simplificado de custo como na equação (7.1), nem sempre é sensível às intervenções no âmbito da segurança viária (ANDREASSEN, 1989; 1992; 1992b; 1994):

$$\text{Custo} = [\text{veic/acidente; feridos/ acidente; mortos/ acidente}] \quad (7.1)$$

Normalmente são feitas tentativas de avaliar contramedidas de acidentes através deste custo unitário. No entanto ele não é adequado para a avaliação delas, pois muitas vezes, a ação que elas apresentam está restrita a alguns tipos de acidentes. A eficiência do uso do cinto, por exemplo, pode ser mais facilmente comprovada através da variação de severidade de um determinado tipo de acidente, para o qual este sistema de restrição apresenta a maior eficiência, no caso, as CF (ver Figura 5.5).

A utilização de um índice adequado, pode eliminar uma série de interferências externas aos interesses da avaliação, conforme já tem sido demonstrado. Um exemplo bastante claro pode ser obtido a partir da duplicação do trecho norte da BR-101. Qual seriam os ganhos reais com a sua duplicação? Responder esta questão utilizando as reduções do número de acidentes com mortos ou com feridos, só chegaria a um bom termo por acaso.

A afirmativa de que os acidentes com mortos vão diminuir, depois da duplicação de uma rodovia, é uma hipótese aparentemente lógica (AASHTO, 1990; EVANS, 1991), mas que pode não se confirmar. Por outro lado, afirmar que as colisões frontais e frontobíquas (abalroamentos laterais em sentidos opostos) vão ser eliminados tem o respaldo de uma determinante física, imposta pelo bloqueio de concreto entre as faixas de sentidos opostos.

A questão da duplicação, a exemplo do caso do cinto, pode ser respondida pela seleção do(s) acidente(s), entre os tipos mais comuns no trecho, que possa mostrar de alguma forma, uma relação robusta com a medida de contenção adota. No caso da duplicação, existem acidentes que irão desaparecer, abalroamentos laterais em sentidos opostos, colisões frontais e, com o fim das interseções em nível, dos abalroamentos transversais outros deverão se tornar mais importantes relativamente, como as perdas de controle.

Tipo	Número	F. leves	F. graves	Mortos	Autos	Ônibus	Caminhão	Motos
C/Feridos	1173	1,00	0,59	0,18	1,07	0,04	0,36	0,23
AL	131	1,24	0,69	0,25	1,24	0,11	0,73	0,23
AT	297	1,16	0,60	0,12	1,35	0,02	0,32	0,39
CF	100	1,35	1,19	0,40	1,42	0,04	0,59	0,14
CT	127	1,10	0,43	0,12	1,43	0,07	0,58	0,31
PC	225	1,13	0,40	0,12	0,69	0,02	0,22	0,19
B	284	0,44	0,58	0,19	0,72	0,04	0,18	0,11

QUADRO 7.2 – Índices unitários por acidente típico, para os acidentes com vítimas

Os acidentes mais comuns no trecho estudado estão no Quadro 7.2, cada um está descrito através de seu vetor característico, que traz informação a respeito da severidade do acidente. As variáveis correspondentes aos custos humanos entretanto, devem ser corrigidas através do conhecimento do percentual de subregistro.

7.12 Levantamento do subregistro e correção da distribuição de severidade dos acidentes

Na avaliação de contramedida, vem ganhando força a consideração do elemento humano como parcela determinante na análise custo-benefício. Isto se faz através da determinação de um valor correspondente ao valor da perda da vida ou da redução da qualidade de vida (O'REILLY, D. 1994; ELVIK, 1995). Somando-se a este argumento a questão da perda de produção, função dos anos potenciais perdidos, torna-se obrigatório a determinação da subestimativa do número de vítimas de trânsito.

Esta seção sintetiza os resultados de uma pesquisa que buscou estabelecer o número de vítimas que evoluem em óbitos bem como determinar os tempos médios de permanência destes nos leitos hospitalares (curvas de sobrevivência). Foram ainda determinados os tempos de internação dos sobreviventes, e a proporção de ocorrências de trânsito nas emergências hospitalares e óbitos da Grande Florianópolis. A pesquisa acompanhou um total de 373 vítima selecionadas a partir dos boletins da PRFSC²¹, e partiu da distribuição apresentada no Quadro 7.3 abaixo:

TOTAL DE VÍTIMAS	373	100%
Feridos leves	236	63,3%
Feridos graves	112	30,0%
Mortos no local	25	6,7%

QUADRO 7.3 – Distribuição inicial da severidade dos ferimentos (PRFSC, 1997)

Dos feridos leves, 4,6% permaneceram em observação ou internados por mais de 24 horas (ver Quadro abaixo). Isso não significa necessariamente que este seja o percentual de erro de avaliação do pessoal de resgate uma vez que foi constatado que alguns profissionais de saúde adotam critérios próprios quanto ao prazo de observação de acidentados. A superestimativa na avaliação

²¹ A amostra foi selecionada por julgamento, isto é, coletou-se dados dos boletins onde constava que alguma das vítimas foi encaminhada aos hospitais designados, ou que foram para o IML.

da gravidade (considerar ferido grave o que na verdade é ferido leve) é provavelmente maior, devido ao critério adotado pela polícia para consideração da gravidade ser muito rigoroso, conforme apresentado no DNER Dr. Op. Rod (1995).

AMBULATORIAL	ATÉ 24 HORAS	MAIS DE 24 HORAS
83%	10,5%	6,5%

QUADRO 7.4 - Distribuição temporal dos feridos leves

A avaliação dos feridos graves também está sujeita a interferências de critérios médicos subjetivos e até de disponibilidade de leitos, quando ferimentos de alguma gravidade são tratados ambulatorialmente em épocas de pico e internados para observação em outros períodos.

ATÉ 24 HORAS	DE 1 A 3 DIAS	DE 3 A 10 DIAS	DE 10 A 30 DIAS
62%	10,1%	16,5%	11,4%

QUADRO 7.5 - Distribuição temporal dos feridos graves

Por outro lado, os dados necessários à correção do número de óbitos, ajustando-o a um conceito de ‘morto em decorrência do acidente em até 30 dias decorridos do acidente’, não sofrem este tipo de interferência e conduziram a resultados conclusivos quanto à subestimativa da amostra (ver Quadro 7.6).

Das vítimas avaliadas como feridos graves, 16,36%, foram a óbito, ou seja, dos 112 feridos graves acompanhados, 19 faleceram. Existiram ainda duas vítimas, mortas nas primeiras 24 horas não computadas pela polícia, deixando os mortos posteriores em 21, ou seja, 46% do total ou 84 % a mais que os números originalmente considerados.

NO LOCAL	ENTRE A REMOÇÃO E AS PRIMEIRAS 24 HORAS	DE 1 A 3 DIAS	DE 3 A 10 DIAS	DE 10 A 30 DIAS
25	13	2	3	1
56,8%	29,6%	4,6%	6,8%	2,3%

QUADRO 7.6 - Distribuição temporal dos óbitos, elaborada com base nos boletins de ocorrência da PRFSC (1996) e nos registros do HRSJ, HCR e HJG (infantil)

LESÃO	PERDA DE RENDIMENTOS (R\$)	CUSTOS MÉDICOS E HOSPITALARES(R\$)	TOTAL (R\$)
Leve	347,00	29,96	376,96
Graves	13864,00	3233,76	17097,76
Fatal	76629,00	922,32*	77551,00

QUADRO 7.7 Custos das lesões por severidade, elaborado com base nas estimativas do DNER/MT (1996)²²,

As estimativas dos custos unitários por tipo de lesão, elaboradas pelo DNER/MT (1996) estão dispostas no Quadro 7.7. No quadro seguinte, o Quadro 7.8, estão os custos unitários dos danos aos veículos em decorrência dos acidentes. O valores destes dois quadros foram atualizados de acordo com o INPC/IBGE.

VEÍCULO	ACIDENTE C/ MORTO (R\$)	ACIDENTE C/ FERIDO (R\$)	MÉDIA (R\$)
Passeio	7812,00	6572,00	7192,00
Carga	31124,00	23310,00	27217,00
Ônibus	23810,00	18848,00	21329,00

Quadro 7.8- Custo unitário dos danos à veículos em função da gravidade dos acidentes (DNER/MT, 1996)

ELVIK (1995) analisou a segurança viária em 20 países e concluiu que as nações que experimentam as situações mais confortáveis, com os índices mais baixos são justamente aquelas que atribuem à perda da vida ou da qualidade de vida o valor mais elevado. Deste modo, do fim dos anos 70 para cá, a avaliação de acidentes tem cada vez mais evoluído no sentido de valorizar sempre mais a vida ou qualidade de vida, fazendo com que esta seja a principal parcela na composição do custo de acidentes fatais, conforme mostra o Quadro 4.2 (JONES-LEE, 1985; 1987; ELVIK, 1995; McFADDEN e outros, 1996).

Alguns países vêm utilizando uma parcela correspondente à perda da vida ou qualidade de vida, que não tem relação com os custos diretos. Normalmente é realizado um “referendum”, baseado na teoria “willingness to pay” (WTP), que tenta inferir, através de um questionário, o valor atribuído pelos cidadãos, a preservação da vida ou da perda de qualidade de vida em função

²² Este valor resultou da aplicação de um índice mensal de inflação (INPC/IBGE), sobre o valor de setembro de 1995, pelo DNER/MT (1996). (Dólar em 05/98 – venda – Comercial, 1,15; *Paralelo, 1,19; Turismo, 1,18)

do acidente de trânsito. A dificuldade está no fato de que os respondentes estão na verdade respondendo quanto se dispõe a pagar pelo valor da "vida estatística", ou seja, pela variação do da taxa de risco, o traz alguma complexidade ao referendo (JONE-LEE e outros, 1985, 1987, McFADDEN e outros, 1996)

O assunto é polêmico, e a metodologia não está isenta de críticos. O artigo de HAUER (1994), entre outros (SOLSTICE, 1996), sugere que o valor obtido através do WTP, é subestimado HAUER (1994) discute estudos onde o valor do tempo perdido agregado, em função do congestionamento, foi maior que o valor do tempo potencial perdido, em função das mortes. ELVIK (1995) descreve algumas soluções alternativas, utilizadas na ausência de um "referendum" de abrangências nacional. Alguns países (desenvolvidos) utilizam o valor mais alto pago pela seguradoras, normalmente determinados através do WTP, outros utilizam indenizações pagas em decisões judiciais.

O trabalho de ELVIK (1995) encontrou evidências de que a qualidade de vida no trânsito está atrelada a um valor elevado da perda da vida ou qualidade de vida no trânsito. Com base nestas conclusões, e aceitando a idéia de HAUER (1994) que é inadmissível, que o tempo de vida valha menos do que o tempo perdido no trânsito, poder-se-ia sugerir a utilização do maior entre os dois valores, o "valor do tempo perdido agregado" na região em questão e o valor obtido por preferência declarada²³. No entanto, a elaboração e aplicação dos questionários nos moldes recomendados pela literatura de avaliação da qualidade de vida fugiria ao escopo desta tese (JONES-LEE e outros, 1985, 1987; McFADDEN e outros, 1996). Alternativamente, podem ser utilizados valores obtidos através de determinações que atendam as premissas da Seção 1.5 (JONES-LEE & outros, 1985; HAUER, 1994; O'REILLY, 1994; ELVIK, 1995):

- (a) que a decisão social deve, tanto quanto possível refletir os interesses, preferências e atitudes de risco daqueles que serão afetados pelas decisões;
- (b) que no caso da segurança, estes interesses, preferências e atitudes são mais efetivamente sumariados em termos das importâncias que os indivíduos

²³ A técnica de preferência revelada não é utilizada com esta finalidade por razões técnicas (JONES-LEE e outros, 1985; SOLSTICE, 1996)

tencionam pagar ou requerer em compensação por mudanças (geralmente pequenas) na probabilidade de morte ou ferimento durante o próximo período.

Deste modo, o valor de decisões judiciais sobre acidentes de trânsito ou o maior valor para o "capital segurado", pago por seguradoras no País. Este último valor, no caso do Brasil, seria de R\$ 900.000,00 (05/03/98) (MARÍTIMA, 1998; VIDAAP, 1998), e pode ser utilizado alternativamente, pois é um valor aceito pela sociedade como sendo um valor razoável e que as pessoas que podem se dispõem a pagar o prêmio correspondente. Aceitando este valor como sendo representativo do valor da perda da vida, o valor de um impacto a qualidade de vida (ferimento sério), segundo sugere O'REILLY (1994), deve estar entre 8,5 a 9,5% deste valor atribuído a evitação de uma morte, portanto R\$ 81000,00.

A avaliação de uma contramedida ou projeto que diminua ou evite a ocorrência de colisões frontais de automóveis em acidentes com vítima deve considerar o custo destas ocorrências, no caso específico em estudo, da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Custo} &= 0,40 \times (77551+900000) + 1,19 \times (17097+81000) + \\ &1,35 \times (377) + 1,42 \times (7192) + 0,04 \times (21329) + 0,59 \times (27212) \quad (7.1) \\ &=-\text{R\$ } 535.385,66 \end{aligned}$$

Os valores assim obtidos, a princípio, parecerão um tanto elevados, principalmente considerando o estágio evolutivo da sociedade brasileira, que ainda luta de forma muito incipiente pela sua cidadania. No entanto são valores relativamente baixos, se comparados com países desenvolvidos (ver Quadro 4.2), e devem ser utilizados nas análise custo/benefício, como uma forma de priorizados o respeito a vida e a sua qualidade, pois no caso do exemplo, se utilizarmos um valor mais alto para as CF, aumentaremos as chances de que uma medida de contenção destes eventos numa análise custo/benefício.

7.13 Conclusões do Capítulo

- O risco de acidentes, em geral (agregando todos os tipos de acidentes), variou diretamente com o VMD, mas a severidade foi decrescente: quanto maior o congestionamento, maior o número de acidentes e menor a severidade destes (ver Figura 6.3).
- A influência do VMD se deu de forma diferenciada em relação ao risco para cada tipo de acidente: aumentou para os AT, B, CT (não significativamente), não mostrou qualquer influência para as PC e AL e apresentou uma certa redução para as colisões frontais.
- O risco de ferimentos leves acompanhou o risco dos acidentes para todos os tipos de acidentes.
- Os ferimentos, considerados graves, não apresentaram a mesma robustez na relação; pois os lugares, onde o VMD foi mais elevado, tinham já, problemas de redução de velocidade; isto repercutiu na severidade dos ferimentos
- Quanto mais graves os acidentes, mais se faz sentir o efeito da queda na velocidade, chegando, no caso das CF, a apresentar uma relação negativa (pouco significativa): quanto maior o volume, menor o risco de morte nestes acidentes.
- A relação entre os tipos de acidentes e os fatores ligados à geometria e/ou ambiente também se deram de forma diferenciada entre os diversos tipos de acidentes: a curvatura e o greide médio influíram no risco de morte nos acidentes, em geral, explicando a relação fraca destes eventos com o fluxo.
- As PC e as CF foram influenciados, tanto pela curvaturas, quanto pelo *greides* médios (exceto no risco de morte), embora, no caso das CF, as relações com o *greide* tenham sido pouco significativas.
- O risco de morte foi influenciado pela curvatura e *greide* (pouco significativo), nos AL, pelo *greide* nos AT e pelo *greide* e curvatura no caso das CT, contudo com relações pouco significativas (confiança menor do que 95%)

- As relações entre os dados desagregados, segundo os tipos, permitiram uma análise muito mais consistente dos dados, uma vez que diferentes tipos de relações estavam agregados sob a denominação “acidentes”.
- A análise custo-benefício deve ser efetuada sobre variáveis de maior sensibilidade, obtidas a partir dos tipos de acidentes mais suscetíveis a mudanças, quanto ao número ou grau de severidade, pela implementação de uma medida.
- A utilização de variáveis mais desagregadas, além de introduzirem sensibilidade ao modelo, proporciona análises custo/benefício mais realísticas.
- A avaliação de medidas de contenção de acidentes deverá considerar sempre o caráter multidisciplinar do acidente de trânsito e buscar, quando necessário, a informação necessária em outras áreas do conhecimento. Médicos e cirurgiões, epidemiologistas, estatísticos, engenheiros, especialistas em saúde pública, físicos, economistas, psicólogos e outros profissionais devem ser integrados para desenvolverem uma sofisticada ciência de controle para este grave problema de saúde pública.

CAPÍTULO VIII

8. CONSIDERAÇÕES

8.1 Considerações finais

O desenvolvimento do modelo de análise aqui apresentado possibilitou a comparação, utilizando uma base de risco compatível, de um cenário, de forma detalhada e, ao mesmo tempo os cenários globais que o contém. Deste modo, a o trecho de rodovia, o segmento do qual faz parte, o sistema formados por estes segmentos, as rodovias do estado, da região ou do país puderam ser comparadas utilizando uma definição de risco mais apurada e, portanto, mais realística.

A partir dos temas revisados até o Capítulos V e do modelo de análise apresentado nos Capítulos VI e VII, foi possíveis estabelecer uma série de conclusões. A importância destes resultados está vinculada ao fato de ter sido aplicado o conceito de controle de confounding, o que viabiliza algumas conclusões, pela utilização de uma taxa de risco e qualifica outras pela descrição do cenário de uma forma mais detalhada e representativa. Nas próximas seções serão apresentadas conclusões de ordem geral e específicas.

8.2 Considerações gerais

As conclusões, relacionadas abaixo, são de caráter geral a respeito da segurança de trânsito de um modo geral.

- Os acidentes de trânsito passaram a ser vistos com mais atenção a partir da Segunda Guerra, quando houve a explosão da motorização nos EUA, e os números de acidentes, vítimas e mortos, tornaram aparente o problema em toda a sua extensão.

- No início, via-se por lá (EUA), um quadro semelhante ao atual quadro brasileiro; eram veículos de risco, conduzidos por condutores de alto risco, e havia também muita resistência às mudanças, principalmente por parte das grandes montadoras (Chrysler, General Motors e Ford), que sequer admitiam que se falasse sobre segurança viária, o que, segundo seus representantes, tirava a mística e o romantismo do automóvel, ou seja, podia prejudicar as vendas.
- Apesar da resistência inicial, a luta foi sendo ganha, pouco a pouco, tendo-se iniciado a virada justamente a partir de vitórias judiciais em ações de indenização contra as montadoras, devido a ferimentos e/ou mortes em decorrência da insegurança de certos modelos de veículos.
- A partir deste ponto, a mentalidade foi se modificando, e a idéia de que muitas pessoas estavam morrendo estupidamente passou a inquietar os americanos. Eram mortes em colisões à baixa velocidade, falhas mecânicas fatais, conflitos desiguais entre pedestres e automóveis, despreparo dos condutores e estradas inseguras; alguma coisa tinha que ser feita, começava a reação.
- Intensificava-se a pesquisa do tema nos EUA, enquanto na Europa, num primeiro instante, e em seguida no Japão, começa a acontecer o mesmo fenômeno americano. Com a recuperação do poder aquisitivo nos países antes arrasados pela guerra, em meados dos anos 60, começou a se popularizar o automóvel, com isto, cresceu a motorização e suas conseqüências indesejáveis e, como no caso anterior houve a reação.
- O Brasil, um dos países já chamados de emergentes, atravessa ainda um processo de motorização acelerado, com mais de 20 anos de atraso em relação aos países desenvolvidos, e começa, dentro de seus limites, a esboçar uma reação.
- No Brasil, repetindo o que aconteceu com os países desenvolvidos, embora os números de acidentes e vítimas continuem crescendo

continuamente, o risco de acidentes já vem caindo desde a segunda metade dos anos 80, com a mesma tendência (exponencial) dos países altamente motorizados, apenas com uma taxa de decréscimo bem menor.

8.3 Considerações específicas

As conclusões a seguir, chamadas de específicas, dizem respeito às medidas de contenção de acidentes e de sua avaliação.

- Na avaliação de medidas de contenção de acidentes, a complexidade das influências dos fatores desencadeadores destes eventos faz com que, os efeitos de um tratamento ou influência sejam de difícil constatação. No entanto, a escolha da tipologia de ocorrências adequada e o controle das variações do fluxo podem proporcionar a sensibilidade necessária a análise.
- A disponibilidade de séries históricas de consumo de combustíveis no Brasil e a colaboração de empresas e profissionais do volante permitiram estabelecer uma estimativa da distância total viajada (BKMV ou 10^9 Km), no Brasil e nos estados das regiões Sul e Sudeste. Com este artifício, foi possível determinar um índice de risco real, associado a uma medida de exposição. Deste modo, foi possível estabelecer uma comparação mais precisa, sem o “confounding” provocado pelas diferenças de mobilidade existentes entre os estados e regiões.
- Deste modo, foi possível isolar o principal efeito “confounding”, que é aquele gerado graças às diferenças de mobilidade entre as regiões. Este efeito foi plenamente comprovado através da modelagem matemática das séries de acidentes, feridos e mortos. O ajuste de curvas às tendências mostrou que, enquanto a taxa de fatalidade por distância viajada vem decaindo exponencialmente, os números absolutos ainda assim continuam crescendo.

- A modelagem da série “mortos por BKMV”, que normalmente é utilizada para estabelecer comparações entre os índices de países, mostra, no Brasil, uma tendência semelhante à apresentada no passado pelos países altamente motorizados, mas com uma taxa de redução ainda muito discreta. Isto parece refletir o esforço relativamente menor despendido aqui para controlar esta epidemia.
- Em rodovias, a distância total anual viajada, numa determinada seção, pode ser estimada pelo produto do volume médio anual de veículos no trecho, pelo seu comprimento. Deste modo, foi possível aplicar a mesma lógica de tratamento para o cenário (microscópico) e os demais âmbitos onde está contido (região, estado ou país).
- A desagregação dos dados de acidentes criou melhores condições para a análise. Uma vez que ficou demonstrado que, dos diferentes fatores de risco, nenhum deles mostrou a mesma força com todos os tipos de acidente. Além desta vantagem, puderam ser mais facilmente identificados, fatores de risco e mesmo “confounders”. Isto foi possível através da investigação dos efeitos observados através da distribuição de frequência e através da magnitude dos riscos de lesões leves, graves e fatais.
- Os principais tipos de acidentes ocorridos em 1996, no cenário do estudo, foram devidamente identificados e caracterizados, de acordo com os prováveis fatores coadjuvantes da sua ocorrência. Esta caracterização foi possível graças a análise dos histogramas de frequência e da avaliação desta distribuição sobre a representação gráfica da rodovia.
- Foram obtidas relações bastante relevantes entre as características do sistema rodovia/ambiente e determinados tipos de acidentes. A análise de correlação confirmou quase todas as relações esperadas e demonstrou a importância do modelo para avaliação e fez dele candidato, quem sabe, a servir de base para o desenvolvimento de um sistema, que possa ser alimentado com dados obtidos a partir de GPS, garantindo uma autonomia e precisão maior ao pesquisador.

- Nas avaliações dos níveis de segurança, em que são estudados os índices de severidade, é indispensável que se conheçam as dimensões do sub-registro na região do estudo. Constatou-se que, para as condições existentes na ocasião da pesquisa, entre março e agosto de 1997, o número de mortes posteriores era cerca de 45% do total e que o número real de mortes era 85% maior que o oficial. Portanto é indispensável que se adote um conceito único de morto em consequência do acidente de trânsito, com um acompanhamento da vítima por um período razoável (30 dias segundo OMS), para que se conheça a verdadeira extensão do problema.

8.4 Limitações e recomendações

A principal limitação deste trabalho está na forma como são coletadas, registradas e, principalmente, na forma como são disponibilizadas as informações no Brasil, e principalmente em relação ao fenômeno “acidente de trânsito”, que assim como outros problemas de saúde pública não tem recebido a devida atenção. Algumas limitações ou dificuldades encontradas para o desenvolvimento de pesquisas nesta área são sintetizados a seguir:

- O sistema de registros atualmente utilizado pelas autoridades de trânsito de um modo geral é subjetivo, complexo, possibilitando uma margem de erro considerável;
- Não há um padrão de registro, único, aplicado a todo registro de trânsito;
- A falta de racionalidade na forma do registro dificulta a introdução de toda a informação disponível num banco de dados eletrônico;
- A pobreza dos relatórios oferecidos pelos softwares disponíveis (quando disponíveis), que oferecem uma informação agregada de uma forma que não oferece uma aplicabilidade prática em relação a avaliação de contramedidas de acidentes, pelo menos no âmbito da engenharia;

- A pesquisa de trânsito, apesar de ser uma necessidade social, enfrenta uma série de entraves de ordem burocrática quanto as tentativas de se efetuar buscas em registros policiais e hospitalares, o que limita o tamanho das amostras utilizadas e acarreta consumo improdutivo de tempo e recursos.

Para a montagem deste modelo de análise, além da base de dados específica (polícia e hospitais), seria necessário dispor de informações a respeito do movimento de veículos relativo ao contexto avaliado (trecho, rodovia, região) e de suas características (geometria, população, quilômetros viajados). Neste caso, também não haviam informações disponíveis, com a confiabilidade pretendida.

Alguns índices foram calculado graças a utilização de uma série de projeções e fatores de expansão a fim de estimar os volumes nas seções homogêneas. A qualidade destes fatores de expansão pode afetar a robustez dos modelos, é necessário, portanto, que se realizem contagens permanentes em mais trechos de rodovia. Deve ficar claro que isto é indispensável, não só ao planejamento operacional, mas, principalmente, ao monitoramento das condições de segurança. As VMD mostram uma relação com a ocorrência dos acidentes, mas elas são mais fortes quanto mais aproximadas no tempo e no espaço das ocorrências (fluxo no local e na hora da ocorrência). Deste modo, é altamente recomendável que se façam esforços a fim de obter informações mais detalhadas em relação ao movimento de veículos nas rodovias.

A utilização de um sistema mais confiável para a localização das ocorrências parece ser indispensável. O uso do GPS no registro das ocorrências parece promissor, eliminando os erros decorrentes da falta de adequação demonstrada pelo sistema odômetro-marcação quilométrica. Com os dados referenciados através de suas coordenadas geográficas, o pesquisador fica apto para coletar informações razoavelmente precisas a respeito de aspectos relevantes da geometria de qualquer rodovia independente de qualquer órgão. No entanto a própria continuidade do trabalho é importante, uma vez que a avaliação feita sob a ótica do risco, traz um série de novas possibilidades. A própria

investigação do risco, em rodovias no limite da capacidade, tem se mostrado raro na literatura especializada.

A base de dados de acidentes de trânsito de um modo geral necessita ser reformulada urgentemente, com a adoção de um sistema de registro único para os acidentes de trânsito, com uma tipologia e sua definição padronizados, para utilização nas áreas urbanas e rurais. A utilização de um sistema inteligente, que facilite o registro, e disponibilize a informação registrada na sua totalidade parece indispensável. Os recursos de filtragem de dados devem ser adequados e é desejável que esteja integrado a rede (Internet), para facilitar o trânsito de informação entre as partes envolvidas na montagem do banco de dados (polícias, hospitais e órgãos de trânsito).

ANDREASSEN (1994) apresenta uma excelente base para a elaboração de um sistema inteligente para o registro de ocorrência, com uma classificação bastante completa, que no entanto, pode recolher todas as informações necessárias a pesquisa das relações entre a geometria da via e sua accidentalidade, por exemplo. Deste modo, diminuir-se-ia a margem de erro nos registros e, ao mesmo tempo, se teria uma descrição precisa de cada ocorrência, o que, sem dúvida, contribuiria muito para a busca de soluções para a questão dos acidentes de trânsito.

A busca de um valor mais específico para atribuir a perda da vida ou da qualidade de vida, também é um campo carente de pesquisas e a realização de um questionário nos de abrangências nacional para determinar a disposição do brasileiro de pagar por sua segurança no trânsito (WTP), conforme apresenta a literatura técnica sobre o assunto (JONES-LEE & outros, 1985; HAUER, 1994; O'REILLY, 1994; ELVIK, 1995; McFADDEN e outros, 1996.):

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (1990) *A policy on geometric design of highways and streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Washington - DC.
- ABDETRAN. (1998) *Conceito de trânsito para escolares*. Revista Trânsito. <http://www.abdetran.com.br/intertra/revista>.
- ACS. (1997) *Alcohol countermeasure system*. Manual de operação do modelo Alert J4X. <http://www.acs-corp.com/>.
- AGAMEDNON. (1989). *A obrigatoriedade do bafômetro no Código de Trânsito Brasileiro*. <http://www.geocities/tokyo/towers/8214>
- ALM, H. ; NILSON, L. (1994) *Changes in driver behaviour as a function of handsfree mobile phones – a simulator study*. *Accid. Anal. & Prev.* V26. Nº 4, p. 441-451. USA.
- _____. (1995) *The effects of a mobile telephone task on driver behaviour in a car following situation*. *Accid. Anal. & Prev.* V27. Nº 5, p. 707-715. USA.
- AMBRÓSIO, V. (1996) *Na corda bamba*. Revista Quatro Rodas. abril, maio de 1997. p. 104-110 São Paulo (SP).
- ANDERSON, K.; NILSSON, G.; SALUSJARVI, M. (1976) *The effect of recommended and compulsory use of vehicle lights on road accidents in Finland*. Report 102^a National Road and Traffic Research Institute Institute. Sweden.
- ANDERSON, K. ; NILSSON, G. (1981) *The effect of recommended and compulsory use of running lights during daylight hours in Sweden*. Report 102^a National Road and Traffic Research Institute Institute. Sweden.
- ANDREASSEN, D. C. (1986) *Some further observation on accident severity and casualty class*. Proceedings 13 th ARRB Conference. V. 13, part 9. p. 12-16. Australia.
- _____. (1989) *Some aspects of accident costing and costs in Australia*. Australian Road Research 19 (3), september, p. 205-215. Austrália.
- _____. (1992) *Hortations on the use of accident cost data*. Traffic Engineering + Control, May 92, p. 318-321. London.
- _____. (1992b) *Preliminary costs for accident-types*. Australian research report ARR 217. Australian Research Board. Austrália. 42 p.
- _____. (1994) *Model guideline for road accident data and accident-types*. Australian Research Board ATM 29, version 2.1. Austrália. 46 p.

- ARAÚJO. (1998). *O consumo de álcool e o código de crime de trânsito*. <http://www.geocities.com/tokyo/towers/8214>
- AURORA, H. (1994) *Effectiveness of daytime running lights in Canada*. TP 12298 (E). Transport Ottawa.
- AVIS. (1994) *Inc announced the results of traveler-safety study analyzing the incidence and degree of damage to cars equipped with daytime running lights*. Society of Automotive Engineers. Automotive Engineers Vol. 102. N° 8. p. 35.
- BANGDIWALA, S. ; ANZOLA-PEREZ, E. ; GLIZER, I. M. (1985) *Statistical consideratio for the interpretation of commonly utilized road traffic accident indicators : implications for developing countries*. And prev. Pergamon Press. Vol.17 n° 6. p. 1-20. USA
- BECKMAN, B. (1994) *The pysics of racing*. part 11: Braking. <http://members.home.net/rck/phor/11-Braking.html>.
- _____. (1995) *The pysics of racing*. part 12: CyberCar, Every Racer's DWIM Car. <http://members.home.net/rck/phor/12-Cybercar.html>.
- BENOUAR. (1998). *O carro do futuro*. Matéria apresentada pelo jornal da ECO – televisiva do México em janeiro de 1999.
- BLUET, J. C. ; FLEURY, D. (1990) *National and local road safety policies in France - Conditions and perspectivy es*. IATSS Research (International Association of Traffic and Safety Sciences).V14 n° 2. p. 16-42. Tokyo.
- BRAGA, M. G. C. (1989) *The vchile driver's perception of attributes of the road environment that influence safety at four-arm uncontrolled junctions*. Thesis for the degree of Doctor of philosophy of the University of London. London.
- BRAATHEN, P. C. (1997) *Hálito culpado : o princípio do bafômetro*. Química Nova na Escola. N° 5. p. 3-5. São Paulo (SP).
- BRINKMAN, C. P. ; SMITH, S. A. (1984) *Two-lane rural higway safety*. Public Roads set/84. Washington. DC.
- BRÜHNING, E. ; ERNST, R. (1989). *Road accidents in the Federal Republic of Germany*. IATSS Research. Vol. 13, n° 1.
- CABRAL, E. S. (1998) *Segurança no trânsito*. Ensino à Distância. FIESC/SENAI/Diário Catarinense. Florianópolis (SC).
- CARTY, D. ; PACKHAM, RHODES-DEFTY,N. ; SALTER, D. ; SILCOCK, D. (1993) *Attitudes and acceptability of countermeasures*. Traffic engineering+control. Jun. England.

- CARVALHO, M. (1996) *Curso de estradas*. Rio de Janeiro : Ed. Científica.
- CET. (1993) *Fatos & estatísticas de acidentes de trânsito*. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo (SP).
- CHARTTERJEE, S. ; PRICE, B. (1977) *Regression analysis by example*. John Wiley & sons. New York.
- CNT. (1996) *O inimigo corre nas veias*. Revista CNT. Ano I, Nº 10, fev/1996. Brasília (DF).
- CNT. (1998) *Código de sobrevivência*. Revista CNT. Ano III, Nº 34. fev/1998. Brasília (DF).
- _____. (1998a) *Pesquisa rodoviária 97 Porto Alegre - Curitiba*. [http:// www. cnt. Org. br. /pesquisa97.html](http://www.cnt.Org.br./pesquisa97.html).
- _____. (1998b) *Evolução da frota brasileira de caminhões economicamente ativos e estimativa de idade média 1979-1995*. [http:// www. cnt. Org. br. /carga.html](http://www.cnt.Org.br./carga.html)
- COMASTRI, J. A. ; CARVALHO, C. A. (1981) *Estradas: traçado geométrico*. Viçosa (MG) : Ed. Universidade Federal de Viçosa.
- COOPER, J. P. ; PINILI, M. ; CHEN, W. (1995) *An examination of the crash involvement rates of novice drivers aged 16 to 55*. *Accid. Anal. And Prev.* Vol. 27, Nº 1, p. 89-104. USA.
- CÔRTEZ, A . C. (1998) *Ouvidor da Associação dos Advogados*. Criminalistas do Rio Grande do Sul em entrevista ao Jornal Correio do Povo 15/02/1998. Porto Alegre (RS).
- CTB. (1998). *Código de trânsito brasileiro*. DF.
- D'AMARO, P. (1992) *A implacável dinâmica dos carros*. Revista Superinteressante. Ed. Abril, out. Ano 6, vol. 10.
- DANIELSSON, S. (1986) *A Comparisson of Two Methods For Estimating The Effect of A Countermeasure in Presence of Regression Effects*. *Accid. Anal. & Prev.* V18(1).
- DEJOY, D. M. (1989) *The optimism bias and traffic accident risk perception*. *Accid. Anal. & Prev.* V21. Nº 4 p. 333-340. London.
- DENATRAN. (1984) *Acidentes de trânsito série histórica 1960 - 1983*. Ministério da Justiça - Sistema Nacional de Estatística de Trânsito. Brasília (DF).

- DENATRAN. (1995) *Dados estatísticos de acidentes de trânsito*. Ministério da Justiça - Sistema Nacional de Estatística de Trânsito. Brasília (DF).
- _____. (1998) *Perguntas freqüentes acerca do Código de Trânsito Brasileiro*. Ministério da Justiça. <http://www.mj.gov.br/denatran/faq.htm>.
- _____. (1998b) *Acidentes de trânsito com vítimas fatais em 1996 nos estados*. <http://200.203.197.200/intertran/estatistica>
- DER/STO/SC. (1993) *Duplicação da BR-101 segmento Guaruva-Palhoça: Estudo de Viabilidade Econômica*. 113 p.
- DESHAPRYA, E. B. R. ; IWASE, N. (1996) *Are lower legal blood alcohol limits and a combination of sanctions desirable in reduction drunken driver-involved traffic fatalities and traffic accidents?* *Accid. Anal. And Prev.* Vol 28. Nº 6, p. 721-731.
- DEST. (1996) *A eficácia das melhorias de segurança - aspectos conceituais*. Informativo DEST. 18º edição.(jul).
- DNER/IPR. (1988) *Uma estimativa dos casos de morte, invalidez, e dos custos médico-hospitalares em acidentes de trânsito nas rodovias federais do Rio de Janeiro*.
- DNER/MT. (1988) *Manual de análise, diagnóstico, proposição de melhorias e avaliações econômicas dos segmentos críticos*. Rio de Janeiro (RJ).
- DNER/MT. (1996). *Anuário estatístico de acidentes de trânsito - 1995*. Diretoria de Operações Rodoviárias. Brasília (DF)
- Dodge (1995). *Excell – guia do usuário*
- DOT (1997) *Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration 49 CFR Part 571 [Docket No. 74-14; Notice 98] RIN 2127-AF30 Federal Motor. Vol. 61 No. 59 Tuesday, March 26, 1996 13108 (Rule)*. *atualizada em fevereiro de 1997.
- DOUGHER, R. S. ; HOGARTY T. F. (1994) *Paying for insurance at the pump: a critical Review*. Research study # 076. <http://api.org/pasp/pap.html>
- DULISSE, B. (1997) *Methodological issues in testing the hypothesis of risk compensation*. *And prev.* vol.29 /3. p. 285-292. Pergamon press. USA.
- EASTMAN, J. R. (1995) *Idrisi for Windows – User's Guide*. Clark University. Worcester. USA.

- EKMAN, R. ; SHELP, L. ; WELANDER, G. ; SVANTRÖM L. (1997) *Can a combination of local, regional and nacional information substantially increase bicycle-helmet wearing and reduce injuries? Experiences from Swedem.* Accident. Analisis and. Prevention vol.29 /3. p. 285-292. Pergamon press. London.
- ELVIK, R. (1993) *The effects on accidents of compulsore use of daytime running lights for cars in Norway.* Accid. Anal. and prev. V25 n^o 2. Pergamon Press. U.S.
- _____. (1995) *Analysis of official economic valuation of traffic accident fatalities in 20 motorized contries.* Accid. Anal. and prev. V27 n^o 2. Pergamon Press. U.S.
- _____. (1995a) *The safety value of guardrails and crash cushions : a metanalysis of evidence from evaluation.* Accid. Anal. and prev. V27 n^o 4. p. 523-549. Pergamon Press. U.S.
- _____. (1997) *Evaluations of road accident blakspot treatment : a case of iron low of evaluations studies.* Accid. Anal. and prev. V29 n^o 2. Pergamon Press. G.B.
- EVANS, L. ; WASIELEWSKI, P. (1987) *Serious or fatal driver injury rate versus car mass in head-on crashes between cars of similar mass (1991).* Accid. Anal. And Prev. Vol. 19, N^o2, p. 119-131. Pergamon Press. G.B.
- EVANS, L. ; BLUMENFELD, D. E. (1982) *Car occupnat life expectancy : car mass and seat belt effects.* Risk analysis, Vol. 2, N^o 4, p. 259-268 Washington D.C.
- EVANS, L. (1991) *Traffic safety and the driver.* Ed. Van Nostrand Reinhold. New York. 404p.
- FERREIRA, G. A. L. ; MÓL, G. S. S. ; RIBEIRO, R. (1997) *Bafômetro : um modelo demonstrativo.* Química Nova na Escola. N^o 5. p. 32-33. São Paulo (SP).
- FHA. (1996) *Effects of raising and lowerin speed limits on selected roadway sections.* Federal Highway administration. Final report. Report n^o FHWA-RD-92-084. June 1996.
- FITTS, P. M. ; POSNER, M. I. (1967) *Human performance.* Ed. Brooks/Cole. Belmont. USA
- FLEURY, D. (1990) *Accident analysis methods and research prospects.* IATSS Research (International Association of Traffic and Safety Sciences). V14 n^o 1. p. 43-49. Tokyo.
- FONTES, L. C. A. (1989) *Engenharia de estradas : projeto geométrico.* Centro Editorial e Didático da UFBA. Salvador (BA).

- FOSTER, R. (1988) *Inovação : a vantagem do atacante*. São Paulo : Editora Nova Cultural.
- FRAENKEL, B. (1980) *Engenharia Rodoviária*. Rio de Janeiro : Guanabara Dois.
- FRIDSTROM, L. ; IFVER, J. ; INGEBIGTSEN, S. ; KULMALA R. ; THOMSEN L. K. (1995) *Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts*. *Accid. Anal. And prev.* Pergamon Press. Vol .27 nº 1 p. 1-20. USA
- GARCIA, I. E. ; OLIVEIRA, M. L. ; CARVALHO, I. A. ; RESENDE, N. F. (1998) *Código de Trânsito : inovações*. Goiânia : AB.
- GARBER, S. ; GRAHAM, J. D. (1990). *The effects of the new 65 mile-per-hour speed limit on highway fatalities a state-by-state analysis*. *Accid. Anal. And prev.* Pergamon Press. Vol .22 nº 2 p. 137-149. USA
- GEIPOT. (1989) *Manual para cálculo de custos operacionais de veículos rodoviários*. Empresa Brasileira de Planejamento (GEIPOT). Ministério dos Transportes. Brasília (DF)
- _____. (1996) *Anuário estatístico dos transportes*. Empresa Brasileira de Planejamento (GEIPOT). Ministério dos Transportes. Brasília (DF).
- _____. (1997) *Anuário estatístico dos transportes*. Empresa Brasileira de Planejamento (GEIPOT). Ministério dos Transportes. Brasília (DF).
- GNT. (1999) *Grandes Séries : Batida*. Documentário educativo produzido por DarlowSmithson baseado nos arquivos das três grandes montadoras, com a participação dos principais consultores e pesquisadores das universidade de Birmingham, Cornell, Liverpool John Moores, Queen (Ontário) e dos institutos de segurança do Reino Unido e Estados Unidos.
- GOLDSTINE, R. (1991) *Influence of road width on accident rates by traffic volume*. *Transportation Research Record* 1318. USA.
- GOODMAN & GUILMAN. (1997) *As bases farmacológicas da terapêutica*. Rio de Janeiro : Guanabara Coogan.
- GREAT BRITAIN. (1987) *Road accidents – Great Britain – The casualty report*. UK.
- GREGERSEN, N. P. ; BERG, H. Y. (1994) *Lifestyle and accidents among young drivers*. *Accid. Anal. and Prev.* Vol 26, Nº 3, p. 297-303. USA

- GROSSMAN, D. C. ; MUELLER, B. A. ; KENASTON ; SAZBERG, P. ; COOPER W. ; JURKOVICH, G. J. (1996) *The validity of police assessment of driver intoxication in motor vehicle crashes leading to hospitalization*. *Accid. Anal. and Prev*, Vol. 28, Nº 4, p. 435-442. G.B.
- HAIGHT, F. A. (1987) *International cooperation in traffic safety*. IATSS Research (International Association of Traffic and Safety Sciences). Vol p. 11-17. Tokyo
- HALL, J. W. ; PENDLETON, O. J. (1990) *Rural accident rate variations with the traffic volume*. *Transportation Research Record* 1281. U.S.A.
- HANSEN, L. K. (1994) *Dautime running lights in Denmark - Evaluation of the safety effect*. Danish Council of Road Research. Copenhagen.
- HARMERTON, M. ; JONES-LEE, ABBOT V. (1985) The consistency and coherence of attitudes to physical risk. *Journal of Transport Economics and Policy* March. p. 237-247
- HAUER, E. ; NG, J. C. N. (1989) *Accidents on rural two-lanes roads : differences between seven states*. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, DC. U.S.A.
- HAUER, E. (1994) *Can one estimate the value of life or is it better to be dead than stuck in traffic?* *Accid. Anal. and prev*. V28A, nº 2, p. 109-118. Pergamon Press. Washington DC.
- HCM. (1994) *Highway Capacity Manual*. Special Report 209. Third Edition. National Research Council. Washington D.C.
- HESS, R. L. (1984) *Trends and factors in the evolution of traffic safety in U.S.* UMTRI Research Review. Jan-Feb. p. 1-16. London
- HOFFMANN, M. H. ; CARBONELL, E. ; MARTÍNEZ, T. (1996) *The scale of risk perception by Sivak and Soler*. *Anais of International Conference on Traffic and Transport psychology*. May, 1996. Valência.
- HOFFMANN, M. H. ; CARBONELL, E. ; MONTORO, L. (1996a) *Álcool e segurança : epidemiologia e efeitos*. *Psicologia - Ciência e Profissão*. Ano 16, Nº 1. Brasília (DF).
- IAROCINSKI, U. (1997) *Velocidade*. 5º Transviva Campinas - Conferência estadual sobre segurança e educação de trânsito. 23-24 de outubro de 1997.
- IBGE. (1998) *Características do Estado de Santa Catarina*. <http://www.ibge.gov.br>

IBRAHIM, K. ; SILCOCK, D. T. (1992) *The accuracy of the accident data*. Traffic Engineering Control. Vol 33, nº 9. p. 492-497.

IIHS. (1997) *Study* : Higher speed limits mean more deaths. Insurance Institute for Highway Safety [http:// www.insure.com/ auto/ speed.html](http://www.insure.com/auto/speed.html)

_____. (1997a) *Speed limits* Insurance Institute for Highway Safety. [http:// www.hwysafety.org/qanda/gas1.htm](http://www.hwysafety.org/qanda/gas1.htm)

_____. (1997b) *Speed law enforcement* Insurance Institute for Highway Safety. [http:// www.hwysafety.org/qanda/qalaw.htm](http://www.hwysafety.org/qanda/qalaw.htm)

_____. (1997c) *Alcohol enforcement* Institute for Highway Safety. [http:// www.hwysafety.org/qanda/qalaw.htm](http://www.hwysafety.org/qanda/qalaw.htm)

INC - Instituto Nacional do Câncer. (1996) *A epidemiologia do câncer*. Homepage do Ministério da Saúde.

Intoximeters. (1997) *Fuel cell technology applied to alcohol breath testing*. [http:// www. Intox. com/ products/ fuel_cell_wp.html](http://www.Intox.com/products/fuel_cell_wp.html)

IPPUC. (1977) *Acidentes de Trânsito*. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. 55p.

JACOBS, G. D. ; SAYER, L. A . (1976). *An analysis of road accidents in Kenya in 1972*. SR 227 UC. TRRL. Crowthorne. UK.

JADAAN, K. S. (1990) *An investigation into fatal accidents and their prediction*. IATSS Research. (International Association of Traffic and Safety Sciences). Vol. 14. Nº 2 pp 25-29. Tokyo.

JOHNSTON I. R. (1982) *The role of alcohol in road crashes*. Ergonomics. Vol. 25, Nº 10, p. 941-946.

JOHANSSON, P. (1996) *Speed limitation and motorway casualties* : a time series count data regression approach. *Accid. Anal. and prev.* V28A, nº 1, p. 73-87. Pergamon Press. U.S.

JONES-LEE, M. W. (1987) *Evaluating safety benefits* - an economic, social and policy audit. *Transport Policy Journals*. U.K. p. 87-92

JONES-LEE, M. W. ; HARMERTON, M. ; PHILIPS, P. R. (1985) *The value of safety: results of a national sample survey*. *The Economic Journal*. March. p. 49-72

KLEINBAUM, D. G. ; KUPPER, L. L. ; MULLER, K. E. (1987) *Applied regression analysis and other multivariable methods*. Second edition. PWS-KENT Publishing Company. Boston.

- LARANJEIRA, R. (1998) *Anfetaminas viciam e podem provocar alucinações*. Revista Superinteressante [Resposta do Dr. Ronaldo Laranjeira, Coordenador da Unidade de Álcool e Drogas da UFSP à pergunta: o que é o rebite?] São Paulo : Abril, jan.
- LARINI, L. ; SALGADO, P. E. T. (1987) TOXICOLOGIA III. São Paulo : Manole, 315 p.
- LIMA, D. D. (1998) *A velocidade não compensa*. Diário Catarinense [Artigo do Prof. da Universidade de Brasília, PhD em Segurança de Trânsito] 17/02/98. Florianópolis - SC.
- LIMA, M. L. P. ; VIEIRA, H. ; NUÑES, W. P. (1996) *Curso de Estradas*. [Apostila] Fundação Universidade do Rio Grande. Rio Grande-RS.
- LUM, H. ; REAGAN, J. A. (1995) *Interactive highway safety design model: - accident predictive module*. Public Roads. Winter.
- LUND, A. K. ; TEED, N. (1997). *The effect of laser speed - measuring devices on speed limit law enforcement in Charleton, South Carolina*. Acc. Anal. E Prev. Vol. 25, nº4. USA
- MaC DOWELL, F. (1995) *Concessão da SC-401 : Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica*. 125p.
- MAGALHÃES, J. (1972) *A vida turbulenta de José do Patrocínio*. Rio de Janeiro : Institutuo Nacional do Livro.
- MAHER, M. J. (1987) *Accident migration - a statisitcal explanation?* Traffic Engineering + Control. London.
- MANN, R. E. ; VINGILIS, E. R. ; GAVIN, D. ; ADLAF, E. ; ANGLIN, L. (1991) *Sentence severity and the drinking driver : relationships with the traffic safety outcome*. Accid. Anal. And Prev. Vol. 23, Nº 6, p. 463-491. London.
- MARASCIULO, A. C. ; NASSAR, S. M. (1998) *Conceitos Básicos em Bioestatística e em Epidemiologia Clínica*. In: DRUMMOND, José Paulo; SILVA, Eliézer. Medicina Baseada em Evidências – Novo Paradigma Assistencial e Pedagógico. Cap. 2, Ed. Atheneu.
- MARÍTIMA. (1998). *Manual do segurador*. [http:// www. advice. com. br /vida](http://www.advice.com.br/vida).
- MARTELLO, V. R. (1997) *Air bag salva vidas e causa mortes*. [http:// www. mandic. com. br/ dynamics/airbag.htm](http://www.mandic.com.br/dynamics/airbag.htm).

- MASCIARELLI, E. (1995) *Experiência en la actualizacion de los códigos nacionales y sus impactos sociales*. Anais da Conferência Internacional de Segurança Viária para Países da América Latina e Caribe. São Paulo.
- MASSIE, D. L. ; CAMPBELL, K. L. ; WILLIAMS, A. F. (1995) *Traffic accident involvement rates by driver age and gender*. *Accid. Anal. And Prev.* Vol. 27. Nº1, p. 73-87. USA.
- MASSIE, D. L. ; GREEN, P. E. ; CAMPBELL, K. L. (1997) *Crash involvement rates by driver gender and the role of average annual mileage*. *Accid. Anal. And Prev.* Vol. 29. Nº5, p. 675-685. GB.
- MATHIAS, R. (1996) *Marijuana impairs driving-related skills and workplace performance*. http://www.nida.nih.gov/NIDA_Notes/NNNVol111N1/Marijuana.html
- MAYHEW, D. R. (1995). *Young driver and the intervention when driving drunk*. Anais da Conferência Internacional de Segurança Viária para Países da América Latina e Caribe. São Paulo.
- MAYORA, J. M. P. (1996) *Un nuevo enfoque de los programas de seguridad vial. Tratamiento de tramos con concentración de accidentes y actuaciones preventivas*. Revista Rutas nº 53. Abril 1996. Madri.
- McFADDEN, D. ; KHNEMAN, D. ; GREEN, D. (1996) *Referendum contingent valuation, anchoring, and willingness to pay for public goods*. 63p. (http://emlab.berkeley.edu/wp/mcfadden1195/readme_1st.html)
- McKNIGHT A. J. ; MCKNIGHT A. S. *The effect of cellular phone use upon driver attention*. *Accid. Anal. And Prev.* Vol. 25, Nº3, p. 259-265. USA
- McGUIGAN, D. R. D. (1985) *Accident "migration - or a flight of fancy?* *Traffic engineering+control*. Abril 1985. England.
- MERCEDES BENS. (1995) *Dados técnicos (ônibus, caminhões leves, pesados e extra pesados)*. São Paulo-SP.
- MERCER, W. G. ; JEFFERY, W. K. (1995) *Alcohol, drugs, and impairment in fatal traffic accidents in British Columbia*. *Accid. Anal. And Prev.* Vol. 27. Nº3, p. 335-343. USA.
- MIAOU, S. ; LUM, H. (1993). *Modelling vehicle accidents and highway geometric design relationships*. *Accid. Anal. and prev.* V25 nº6. Pergamon Press. U.S.
- MILLER, T. R. (1993) *Costs and functional consequences of U.S. roadway crashes*. *Accid. Anal. and prev.* V25 nº2. Pergamon Press. U.S.

- MILLER, T. R. ; BLINCOE, L. J. (1994) *Incidence of alcohol-involved crashes in United States*. *Accid Anal. And Prev.* Vol 26, Nº 5, pp 583-591. G.B.
- M. M. E. (1998) *Balanço energético nacional - 1997*. Ministério das Minas e Energia. <http://www.gov.br/orgãos/energia.htm>
- MONTAIN, L. ; FAWAZ, B. ; JARRETT, D. (1996) *Accident Prediction models for roads with minor junctions*. *Accid Anal. And Prev.* Vol 28, Nº 5 p. 583-591. G.B.
- MOSKOWWITZ, H. (1985). *Marihuana and driving*.
- MSC. (1998) *The Marion Steel Company Homepage*. <http://www.marionsteel.com/>
- M.T.O. (1996) *Obey the speed limit*. Minister of Transpotation Office. Ontario. Canada. <http://www.gov.on.ca/MTO/english/safety/speed.htm>
- _____. (1996a) *Obey the speed limit*. Minister of Transpotation Office. Ontario. Canada. <http://www.gov.on.ca/MTO/english/safety/sbab.htm>
- _____. (1998) *Ontarios's 90-day Administrative Driver's License Suspencion Program*. <http://www.gov.on.ca/MTO/english/safety/adls.htm>.
- MURATA, T. (1989) *Japan's struggle for traffic accident reduction*. Tranportation Research. Pergamon Press. Vol 23 nº 1. pp 83-90. Grã-Bretanha.
- MUTCD. (1978) *Manual on Uniforme Traffic Control Devices*. U.S. Departament of Transportation Federal Highway Administration. USA.
- NAVIN, F. ; APPEADU, C. (1995) *Estimating vehicle accidents on British Columbia Roads*. *Accid Anal. And Prev.* Vol 19, Nº 5, p. 45-62. G.B.
- NESTHLEHHNER, W. ; PRADO, R. (1995) *O perigo é uma carga pesada*. Revista Superinteressante. V8.
- NHTSA. (1996) *Effectiveness of Occupant Protection Systems and Their Use*. Third Report to Congress. National Highway Traffic Safety Administration. U. S. Department of Transportation. Washington, D. C
- _____. (1997) *Questions & answers regarding air bags*. Department of transportation. <http://www.nhtsa.dot.gov/cars/rules/rulings/airbagqa.html1#Q1>
- _____. (1997b) *Final regulatory evaluation*. Actions to reduce the adverse effects of air bags FMVSS No. 208 DEPOWERING.. <http://www.nhtsa.dot.gov/cars/rules/rulings/80g/80g.html>

NICHOLSON, A. J. (1987) *The estimation of accident rates and countermeasure effectiveness*. Traffic engineering+control. october 1987. England.

_____. (1991) *Undertanding the stochastic nature of accident occurence*. Australina road research, 21(1). March 1991. Austrália.

NG, J. C. N. ; HAUER, E. ; (1989) *Accidents on rural two-lanes.roads* : differences between seven states. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, DC. U.S.A.

NIDA. (1998) *Introduction to drugs of abuse: Cocaine, opiates (heroin) and marijuana (THC) - Section III - National Institute on Drugs Abuse*. <http://www.nida.nih.gov>

NMA. (1994) *Motorist guide to state and provincial traffic law*. Nacional Motor Association. [http:// www. Motorists. Com/ nhtsa. Htm](http://www.Motorists.Com/nhtsa.Htm)

_____. (1996) *NHTSA admits faultuy autobahn statistics Nacional Motor Association*. [http:// www. Motorists. Com/ nhtsa. Htm](http://www.Motorists.Com/nhtsa.Htm)

_____. (1996a) *How speed limits are set Washington State Departament of Transportation*. [http:// www. Motorist. com/ SpeedLimits/ wsdot.htm](http://www.Motorist.com/SpeedLimits/wsdot.htm)

_____. (1996b) *Making sense of highway safety data Courtesy of National Motorist Association*. <http://www.Motorists.com/safety/AnalyzingData.htm>

NOVAES, A. N. (1982) *Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes*. São Paulo : Edgard Blücher.

_____. (1986) *Sistemas de transportes*. Volume 1: Análise da demanda. São Paulo : Edgard Blücher.

O'REILLY, D. (1994) *The Valuation of Road Traffic Accident Injuries*. Traffic Engineering + Control. march. p.158-163. London.

OGDEN, K. W. (1997) *The efect of paved shoulders on accidents on rural highways* *Accid. Anal. and prev.* V29 n^o 3. Pergamon Press. U.S.

OKUMURA, M. ; OKUMURA, C. H. (1995) *An eavalution of the first aid and service*. Dersa. 14th Word Congres of the Interational Association for Accident and Tráfico Medicine. Proceedinggs. Singapore.

OLIVER, M. A. (1995) *The bombs in your dashboards - Air bags -*, published by Alan Smith (Dec/95). <http://www.sunsite.unc.edu/rdu/air-bag2.html>

- OM. (1972) *Operations Manual*. Virginia Departamente of Highways. Traffic and Safe Divisions. Virginia. USA.
- PNCT. (1994) *Série Histórica Anual – Região Sul*. Plano Nacional de Contagem de Trânsito. Ministério dos Transportes (DNER). Planex S.A.- Consultoria de Planejamento e Execução.
- _____. (1995) *Relatório de contagem volumétrica mecanizada*. Plano Nacional de Contagem de Trânsito. Ministério dos Transportes (DNER). Planex S.A.- Consultoria de Planejamento e Execução.
- _____. (1996) *Contagem volumétrica: volumes médios diários mensais (93 à 95) e contagem classificatória*. Plano Nacional de Contagem de Trânsito 1996. Ministério dos Transportes (DNER). CIM – Saneamento Industrial S.A.
- _____. (1996a) *Relatório de capacidade e nível de serviço*. Postos permanentes de contagem. Plano Nacional de Contagem de Trânsito 1996. Ministério dos Transportes (DNER). 16º DRF-SC. Planex S.A.- Consultoria de Planejamento e Execução.
- _____. (1997) *Contagem volumétrica : volumes médios diários mensais (94 à 96)*. Plano Nacional de Contagem de Trânsito 1996. Ministério dos Transportes (DNER). CIM – Saneamento Industrial S.A..
- PARE. (1996) *Mutirão de férias pela paz na estrada*. Ministério dos Transportes. Brasília (DF).
- PÉREZ, V. M. (1994) *El Proyecto Alcoi : un modelo de intervención socio-educativa vial, en el ámbito del municipio*. Direccion geral de tráfico. Ministério de Justicia e Interior. Alcoi. Espanha.194 p.
- PERFEITO, J. ; VIEIRA, H. ; HOFFMANN, M. H. (1997) *Proposta de contramedidas visando a redução de acidentes rodoviários e melhoria da qualidade de vida no trânsito*. XXVI Congresso Interamericano de Psicologia : São Paulo (SP). [6-7 de julho].
- PERSAUD, B. (1987) "Migration" of accident risk after remedial blackspot treatment. Traffic Engineering+Control. jan 1987
- PISANELLI, A. L. (1995) *A experiência brasileira - VIVA*. Anais da Conferência Internacional de Segurança Viária para Países da América Latina e Caribe. São Paulo.
- POUPINEL, J. F. (1989) *Autoroute FM sur 89,2 MHZ: La 1^{re} Radio autoroutière*. Travaux. Septembre. Paris. Pp32-34

PRFSC. *Boletins de Ocorrência* (1995-1997). Florianópolis-SC

_____. *Relatórios Resumo* (1990-1998). Florianópolis-SC

Programa de Humanização do Trânsito (1995). Trânsito humanizado vida preservada. II Seminário Gestão do Trânsito Urbano. Novo Hamburgo (RS).

RABBANI, S. J. ; RABBANI, S. R. ; MEDEIROS, R. R. (1994) *Acidentes de tráfego e características geométricas das vias*. Anais da VIII ANPET.

REVISTAS Transporte Moderno (jul/93,ago/94), Carga e Transporte (108), e Brasil Transportes (dez/95).

R. F. (1993) *Igualdade de tratamento* (conferência). Revista Ferroviária. março, p. 25-31.

RIBEIRO, S. L. F. (1995) *Road accidents in Brazil*. IATSS Research (International Association of Traffic and Safety Sciences) v 18, Nº 2. Tokyo.

RIVARA, P. F. ;GROSSMAN, D. C.; CUMMINGS, P. (1997) *Injury prevention*. The New England Journal of Medicine. V 337 nº 8. Massachusetts

ROBERTS, A. K. (1983). *The effects of rear seat passengers on front seat occupants in frontal impacts*. TRRL 1079 (Transportatio Road Research). Crothorne. Berkshire.

ROSA, E. (1996). *Novas tecnologias para o transporte rodoviário de cargas*. Curso 6, Capítulo 4 - Equipamnetos que influenciam o desempenho de veículos. FEESC-IDAQ. Florianópolis-SC.

SAELGER, A. (1992) *International speed limits*. Related documents States'attitudes toward speed limits (NMA, 1996). <http://sunsite.unc.edu/rdu/sl-inter.html>

SALBERG, F. ; FOSSER, S. ; SATERM, I. F. (1997) *An investigation of behavioural adaptation to airbags and antilok brakes among taxi drivers*. Accident. Analisis and. Prevention vol.29 /3. p. 285-292. Pergamon press. USA

SCARINGELLA, R. (1995) *Auditoria de segurança viária*. Anais da Conferência Internacional de Segurança Viária para Países da América Latina e Caribe. 04-07 dezembro 1995. São Paulo.

_____. (1998) *Entrevista* ao programa Roda Viva - Rede Cultura de Televisão, quando da implantação do novo código de trânsito. fev/98. São Paulo.

SHINAR, D. (1995) *Drinking and driving of pub patrons in Israel*. Accid. Anal. And Pprev. Vol. 27, Nº 1, pp 65-71. Washington D.C.

- SCHMUTZER, L. O. A. (1997) *Armadilha para humanos - A guilhotina das estradas*. (<http://www.correionet/~luisotto/whatcan.htm>)
- SCHMUTZER, L. O. A. (1997) *What can we do? What we have done in Brazil*. (<http://www.correionet/~luisotto/whatcan.htm>)
- _____. (1998) *Projeto impacto*. <http://www.cte.unicamp.br/impacto>
- Secretaria da Saúde do Estado de Santa Catarina. *Perfil epidemiológico - Mortalidade, (1980/1992)*. (<http://200.19.223.2:80/42/reg/perfil/>. 1997)
- SENÇO, W. (1980) *Estradas de rodagem : projeto*. São Paulo : Grêmio Politécnico da USP.
- SILVA, J. G. (1998). *Código de trânsito brasileiro anotado*. Editora Bookseller. 384 p. Campinas
- SMT/POA (1996) *Trânsito em Porto Alegre - dados estatísticos sobre acidentes*. Porto Alegre-RS
- SOLSTICE. (1997) *Accidents*. Internet service for the sustainable energy field. (CREST).U.S. (<http://www.crest.org/policy-and-econ/nrdc/mobility/accident.html>)
- SOUZA, J. (1981). *Estradas de rodagem*. São Paulo : Nobel.
- STATISTICA. (1994). *User guide*. Statsoft.
- STARK, D. C. (1996) *Urban speed management*. Traffic.engineering + control
- STROBEL, H. (1982) *Computer control LED Urban Transportation - A Survey OF Concepts, Methods and international Experiences* Chichester new York Brisbane Toronto Signapore: John Wiley & Sons.
- STRUCKMAN-JOHANSON, D. L. ; LUND, A. K. ; WILLIAMS, A. ; OSBORNE, D. W. (1989). *Comparative effects of driver improvement programs on crashes and violations*. *Accid. Anal. And Prev.* Vol. 21, N° 3, pp 203-215 .Pergamon Press. G.B.
- Substance Detection Specifications. (1998)
<http://www.top7.com/pelican/links/substanc.html>
- Sv.O.T. / DEST / DORo. (1995) *Estimativa de Custos de Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais*. 31p.

- T.B. / N.P.A. (1992) *Road Accidents Japan*. - Traffic Bureau, National Ploice Agency. IATSS (International Association of Traffic and Safety Sciences. Toquio.
- THIANE, L. (1997) *Brincando com fogo*. Revista Quatro Rodas. nov. São Paulo - SP.
- THOMAS, I. (1992) *Road accidents in Belgium*. IATSS Research (International Association of Traffic and Safety Sciences) .Vol. 16, Nº 1. Tokyo.
- TRINDADE, R. E. (1988) *Procedimentos para acompanhamento de vítimas de trânsito*. Rio de Janeiro : COPPE. [Dissertação de Mestrado]
- TuO-09. *The analysis of drugs in saliva of drivers by gas chromatography mass spectrometry/ mass spectrometry (gcms/ms) utilising srm. bruce tattam, radek*. <http://www.latrobe.edu.au/www/anzsms/Conferences/ANZSMS15/ANZSMS15A bs/TuO/TuO-09.html> /6-Mar-96.
- VALENTE, A. (1997) *Avaliação dos programas de governo dos candidatos ao cargo de prefeito do município de Florianópolis - SC*. UFSC. Florianópolis -SC.
- VASCONCELOS, E. A. (1995) *Reavaliando os acidentes de trânsito em países em desenvolvimento*. V 23. p. 5-26. Porto Alegre : Polos.
- VIDAAP. (1998) *Seguro de vida e acidentes pessoais*. <http://www.nobre.com./vidaap>
- VIEIRA, H. (1992) *Modelagem de um terminal de contêineres com a utilização de Análise de Regressão e Redes de Petri*. EPS/UFSC. Florianópolis. [Dissertação de Mestrado]
- VIEIRA, H. ; VALENTE, A. ; LINDAU, L. A. (1995) *Avaliação de medidas de contenção de acidentes : uma abordagem utilizando dados desagregados*. Anais da IX Anpet. São Carlos (SP).
- VIEIRA, H. ; FREITAS, G. D. (1996). *Avaliação de Contramedidas de Acidentes de Trânsito*. 1º Encontro da Regional Sul do Programa Pare. Florianópolis / SC
- VIEIRA, H. ; FREITAS, G. D. ; MARTINS, E. T. (1997) *A avaliação de medidas de contenção de acidentes : uma abordagem multidisciplinar*. 5º TRANSVIVA CAMPINAS : Campinas (SP). [22-24 outubro].
- VIEIRA, H. ; PASSAGLIA, E. (1996). *Análise das causas de acidentes : sua gestão*. Aula 7, Curso 6 - Novas tecnologias para o transporte rodoviário de cargas. Laboratório de ensino à distância. Florianópolis / SC
- WAGENAAR, A. C. (1981) *Effects of the raised legal drinking age on motor vehicle accidents in Michigan*. University of Michigan Transportation Research Institute Review. Jan/Feb, 1981.

- _____. (1982) *Effects of the minimum drinking age on automotive crashes involving young drivers*. University of Michigan Transportation Research Institute Review. July-/sept-oct, 1982.
- W.H.O. (1981) *Road traffic accidents in developing countries*. General report and recommendations of Congress on Road Accidents. Mexico.
- WOOD, D. P. (1997) *Safety and car size effect : a fundamental explanation*. *Accid. Anal. And Prev.* Vol. 29, N° 2, pp139-151. Pergamon Press. G.B.
- WONNACOTT, R. ; WONNACOTT, T. (1978) *Econometria*. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos.
- WRIGHT, C. C. ; ABBESS, C. R. ; JARRETT, D. F. (1988) *Estimating the regression-to-mean effect associated with road accident black spot treatment : towards a more realistic approach*. *Accid. Anal. & Prev.* Vol 20(3).
- WRIGHT, C. C. ; BOYLE, A. J. (1984) *Accident "migration" after remedial treatment at accident blackspots*. *Traffic Engineering + Control*. May, 1984
- _____. (1987) *Road accident causation and engineering treatment : a review of some current issues* *Traffic Engineering + Control*. Sep, 87

ANEXOS

ANEXO A

1. O PAPEL DO ÁLCOOL NOS ACIDENTES DE TRÂNSITO

1.1 Introdução

A bebida alcóolica tem acompanhado a humanidade desde o início da história. Ela é citada já nos hieróglifos egípcios e no Antigo Testamento. Devido a esta integração do álcool na sociedade e conhecidos os seus efeitos, não é surpresa que a bebida alcóolica tenha se tornado um dos assuntos de maior importância no estudo da segurança de trânsito a partir da invenção do automóvel. EVANS (1991) relata: "A revista da N.H.T.S.A. (1985) cita mais de 550 artigos técnicos sobre álcool e diferenças. MOSKOWITZ e ROBISON (1987) identificaram 557 citações da influência do álcool na capacidade de dirigir". Na verdade, é pouco provável que exista um assunto no âmbito da segurança de trânsito que se tenha dado mais atenção na literatura técnica e popular do que o papel do álcool.

O álcool costuma influenciar no risco a partir do momento que o condutor alcoolizado começa a interagir com o ambiente. Nesta interação, o risco é aumentado devido a alteração de um complexo conjunto de fatores físicos e psicológicos, mas que podem ser sintetizados segundo os seus efeitos deletérios sobre:

- Capacidade de sobrevivência
- Performance na condução
- Comportamento ao volante

O primeiro dos três efeitos era desconhecido até recentemente e, segundo os estudos, a probabilidade de que se produzam ferimentos, sob o mesmo impacto físico, é proporcional ao teor de álcool no sangue. Este princípio desmente a crença tradicional de que através do relaxamento do corpo, o álcool consumido poderia reduzir o risco de ferimentos (EVANS, 1991).

A principal influência do consumo de álcool na segurança de tráfego é que ele aumenta o risco de colisão. Isto ocorre através da combinação da influência do 2º e 3º efeitos. Embora os efeitos na performance e comportamento sejam conceitualmente distintos, é muito difícil, pelo menos através de dados de

campo, conseguir separar o papel do impacto do etanol sobre a performance ou sobre o comportamento no aumento do risco de acidente. Por exemplo, se é observada uma alta taxa de envolvimento de motoristas alcoolizados em capotagens pode ser devido a degradação da performance (baixa habilidade de controlar veículos em curva) ou mudança de comportamento (escolha de velocidades altas). Embora o efeito do álcool no comportamento possa ser o mais importante fator na segurança de tráfego, este fator a princípio extremamente difícil de se estudar em laboratório.

1.2 Alcoolemia

A alcoolemia é o grau de álcool contido no sangue de um indivíduo, ou seja, a quantidade de álcool por litro de sangue (HOFFMANN, 1996). O álcool denominado etanol é ingrediente ativo contido em bebidas alcoólicas destiladas, como o vinho e a cerveja. O peso específico do álcool é 0,79, isto é, a massa (peso) de um dado volume de álcool é 21% menor que a massa (peso) de mesmo volume de água. Quando for indicado a proporção de uma solução, com sangue ou bebida alcoólica é de crucial importância saber se a proporção indicada é um volume ou em peso.

1.2.1 A quantidade de álcool presente nas bebidas comerciais

Nos USA as cerveja tem em média 4,5% de álcool por volume. Para bebidas destiladas o álcool contido é dado em termos de “proof”, indicando duas vezes a porcentagem de álcool por volume. Gim, uísques e vodkas têm aproximadamente 40% de álcool por volume (80 proof no sistema americano). Na Inglaterra, um proof é 7/8 do proof americano. (US proof = UK proof x 8/7) (EVANS, 1991). As bebidas normalmente comercializadas no Brasil trazem seu conteúdo alcóolico descrito em porcentagem por volume. Sendo a densidade do álcool de apenas 0,79, o percentual em peso é diferente. Uma cerveja com 5% de álcool em volume, possui cerca de 4% em peso e um uísque com 43% de etanol

em volume, tem um percentual em peso de cerca de 34%, fornecendo 4 e 34 gramas de álcool por litro, respectivamente.

1.2.2 Concentração de álcool no sangue (bac)

A quantidade de álcool no corpo pode ser determinado por uma análise do álcool contido numa amostra de sangue ou "bafo" (hálito). A Concentração de Álcool no Sangue (BAC¹) é medida em gramas de álcool por mililitro de sangue, ou seja 1 parte de álcool para 1000 partes de sangue, ela é multiplicada por 100 e expressa o resultado em porcentagem. Então 1 parte de álcool para 1000 partes de sangue é representado por um BAC de 0,1%.

Em média, pode se dizer que a ingestão de 41g de etanol bebido sob a forma de uísque (120ml), com estômago vazio, resulta numa concentração ente 0,67-0,92 g/l, se o estômago estava previamente vazio, ou entre 0,30-0,53 g/l depois de uma refeição mista. Se a mesma quantidade de álcool (44g) for ingerido sob a forma de cerveja (1200ml) as faixas seriam respectivamente 0,41-0,49 g/l (estômago vazio) e 0,2 a 0,3 g/l (estômago cheio) (LARINI e SALGADO, 1987; GOODMAN & GUILMAN; 1997)

O código anterior previa uma infração administrativa (artigo 89) que estabelecia através da resolução 737/89 do Contran o limite de 8 decigramas de álcool por litro de sangue (0,8 g/l) ou de 0,4 miligramas por litro de ar expelido dos pulmões. Segundo a lei de Henry existe uma relação constante entre a quantidade de álcool no sangue e no ar alveolar, sendo esta constante 1/2000 (ARAÚJO, 1998). Em GOODMAN & GUILMAN, (1997) existe é citado que: "quanto muito, a concentração de etanol na urina é discretamente superior à sangüínea, e a concentração no ar alveolar é cerca de 0,05% da concentração sangüínea". Em pesquisas utilizando relações reais entre a presença de álcool medido no hálito e no sangue, as variabilidades individuais recomendam a adoção de um fator entre 210 e 230 para transformar uma concentração de álcool no ar alveolar em g/l, para o nível BAC dado em porcentagem.

¹ A sigla BAC (*blood alcohol concentration*) é utilizada largamente na literatura de segurança

1.2.3 Absorção, destino e excreção do álcool no organismo

A administração do etanol ocorre por via oral na forma de bebidas alcoólicas, onde 20% é absorvido a nível de mucosa estomacal e o restante nas primeiras porções do intestino delgado. No estômago a absorção do etanol é variável em função do tipo de bebida alcoólica, concentração do etanol, do pH do meio, do estado de vacuidade ou repleção do estômago, do período gasto na ingestão da bebidas, além de outros fatores fisiológicos individuais. A absorção no intestino delgado é extremamente rápida, completa e independe da concentração do etanol e da presença de alimentos no estômago ou no próprio intestino. Após a administração o etanol é uniformemente distribuído através de todos os líquidos e tecidos do organismo.

Do etanol ingerido, cerca de 90 a 98% são completamente oxidados. O volume de etanol oxidado por unidade de tempo é grosseiramente proporcional ao peso corporal e, provavelmente, ao peso do fígado. No adulto, a velocidade média em que o etanol é metabolizado (transformado) é de 120 mg/kg/hora, ou cerca de 30ml em 3 horas. A oxidação do etanol ocorre basicamente no fígado, iniciada principalmente pela desidrogenase alcoólica, que é uma enzima que contém zinco e que utiliza NAD como acceptor de hidrogênio. O produto, o acetaldeído, é convertido em acetil CoA, que é então oxidado através do ácido cítrico, ou é utilizado nas várias reações anabólicas (assimilação) envolvidas na síntese do colesterol, dos ácidos graxos e de outros constituintes dos tecidos. (LARINI e SALGADO, 1987; GOODMAN & GUILMAN; 1997).

Há um polimorfismo genético da desidrogenase alcoólica e da aldeído desidrogenase; as variantes têm propriedades catalíticas diferentes e são encontradas com freqüências diferentes nas várias populações raciais (BOSRON e outros apud GOODMAN & GUILMAN). Isto pode ser um determinante das variações de taxa de metabolismo do etanol observados entre diferentes indivíduos. Se uma destas variantes da aldeídesidrogenase está associada a um acúmulo crescente de acetaldeído, e, há sinais e sintomas adversos mais

viária.

intensos após a ingestão aguda do etanol, esta deficiência também causa uma frequência maior dos efeitos prolongados.

Apenas uma pequena parte do álcool ingerido não é oxidado, sendo excretada através dos rins e pulmões. Este etanol não oxidado pode variar de 2 a 10%, conforme a quantidade de álcool ingerida. A concentração na urina é um pouco superior a sangüínea e a concentração no ar alveolar é de aproximadamente 0,05% da concentração sangüínea.

A taxa de absorção depende da quantidade de álcool ingerida, sua concentração e especialmente o conteúdo do trato gastrointestinal. Alimento no trato gastrointestinal retarda a absorção, tanto que se a pessoa estiver bebendo de estômago vazio aumenta a taxa de princípio de intoxicação. Quando o álcool é tomado com uma refeição pesada, mais de seis horas são requeridas para completa absorção. Quanto maior a concentração de álcool na bebida mais rápida é a sua absorção, embora estas diferenças não tenham se mostrado significativas nos testes realizados com indivíduos com estômago vazio (ver Figura A2).

2. PROPRIEDADES FARMACOLÓGICAS

O álcool é o mais importante solvente industrial, sendo empregado de forma generalizada na indústria de adesivos, fármacos, cosméticos, tintas, combustível, etc. Ele é uma droga depressora do Sistema Nervoso Central (SNC), embora os leigos considerem como sendo um estimulante, compartilhando, portanto, algumas semelhanças com sedativos-hipnóticos (não benzodiazepínico). O agente sedativo é o que reduz a atividade e modera a excitação, enquanto um agente hipnótico produz sonolência e facilita o início e manutenção de um estado de sono, que lembra o sono natural em suas características eletroencefalográficas.

A estimulação aparente do álcool resulta em grande parte, da depressão dos mecanismos de controle inibitório de cérebro. No início, o álcool afeta os processos mentais que dependem do treinamento e de experiência

prévia, posteriormente a memória, concentração e o próprio eu são embotados e depois perdidos. Segundo a descrição apresentada em GUILMAN & GOODMAN (1997) as confissões florescem, a personalidade torna-se expansiva e vívida e mudanças descontroladas de humor e explosões emocionais são evidentes. Estas alterações psicológicas são acompanhadas de distúrbios sensoriais e motores. Os efeitos do álcool sobre o risco na condução de automóveis são evidentes, e são o coadjuvante do grande número de acidentes que ocorrem nas sextas e sábados, à noite.

2.1 Efeito do álcool no organismo

Os efeitos, comportamental e emocional do álcool, resultam seu efeito no cérebro. A mudança de comportamento associado com o mesmo BAC varia de indivíduo para indivíduo, sendo necessárias diferentes quantidades de álcool para induzir uma aguda intoxicação em indivíduos distintos. As variáveis mais importantes são a massa corporal, gordura no corpo, conteúdo estomacal, velocidade que se bebe, saúde física e a tolerância que o indivíduo desenvolveu para o álcool (N.H.T.S.A, 1985). Estudos feitos indicam que mesmo um BAC tão baixo quanto 0,03% pode afetar a performance de alguns indivíduos e, para um BAC de 0,1%, metade das pessoas já mostram sinais de intoxicação (EVANS, 1991).

O álcool tem efeito mais acentuado na performance durante a absorção do que na fase de eliminação. Este é conhecido como efeito Mellanby (MOSKOWITZ, DAILY e HENDERSON, 1979 apud EVANS; 1991). Foram feitos estudos para explicar os mecanismos através do qual o modo que o álcool altera a performance, o comportamento e suscetibilidade para acidentes mas não há uma teoria para explicar esta alteração.

2.1.1 Efeito na suscetibilidade para ferimentos em acidentes

Embora estudos preliminares tenham apontado uma menor suscetibilidade a ferimentos entre os alcoolizados, os estudos mais recentes, realizados sob melhores condições de controle e de metodologia, mostram uma maior suscetibilidade de morrer e de sofrer ferimentos no alcoolizado. Os estudos de WALLER e outros (1986) apud EVANS (1991), realizados sobre uma base de 1.126.507 condutores envolvidos em acidentes concluíram que o motorista alcoolizado é 3,85 vezes mais suscetível de morrer que o não alcoolizado num acidente com a mesma severidade.

2.1.2 Efeito na performance

O efeito do álcool sobre a performance é considerado importante para a segurança de tráfego e tem se procurado estudar como o consumo de álcool afeta as habilidades para uma variedade de tarefas. A incapacidade para caminhar em linha reta ou falar com fluência, por exemplo, tem sido usado como indicador de intoxicação. Pode se medir o tempo de reação de uma pessoa sóbria e, em seguida, administrar-se uma dose específica de álcool, esperando um tempo para absorção e, novamente é medida a performance. Desta maneira é que ela é medida como uma função do consumo de álcool.

Foram identificadas 557 citações em literatura técnica a influência do álcool na qualidade da performance. Foram estudados em profundidade, 159 destes casos e os critérios foram estabelecidos para análise da performance para tarefas importantes na relação como a tarefa de dirigir. Destes estudos concluiu-se que 45% dos casos há alteração a 0,04 BAC ou menos e 55% dos casos há alteração abaixo de 0,07% BAC. Os estudos são separados em 9 categorias de comportamento para determinar se o BAC ao qual a alteração começa, difere como uma função do comportamento.

A maioria dos autores está de acordo que a dose alcoólica é a principal variável a influenciar o rendimento nas tarefas de condução, e não no tipo de bebida consumida (cerveja, vinho, aguardente, etc.). A seguir serão apresentados os resultados de uma busca exaustiva realizada por EVANS (1991), e as descrições de HOFFMANN (1995) e (GUILMAN & GOODMAN, 1997)

- a) TEMPO DE REAÇÃO: o consumo de álcool modifica de forma muito importante, às vezes vital, os tempos de reação. Todos os autores estão de acordo em reconhecer que o álcool aumenta todos os tempos de reação e sua variabilidade; a ação do álcool aumenta com a dosagem ingerida.
- b) CAPACIDADE DE ANDAR NUMA TRILHA: cerca de 15 de 28 casos de estudos demonstram alteração em 0,05% BAC.
- c) CONCENTRAÇÃO: este fator parece ser uma variável menos sensível, não foi encontrada alteração abaixo de 0,05% BAC.
- d) DIVISÃO DA ATENÇÃO: alguns indivíduos, que realizavam tarefas que competiam simultaneamente pela sua atenção, mostraram degradação nas atividades em níveis de BAC tão baixos quanto 0,02% e, em 60% dos estudos foram encontradas alterações mesmo abaixo de 0,05% BAC.
- e) PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES: é afetado a partir de um nível relativamente baixo de BAC, com 75% dos investigados apresentando alteração abaixo de 0,08% BAC.
- f) FUNÇÃO VISUAL: os resultados sugerem que as funções da retina não são tão afetados pela presença do álcool, enquanto que os movimentos dos olhos são mais suscetíveis a alterações, mesmo a níveis baixos de álcool (BAC < 0,08).
- g) PERCEPÇÃO: nos cerca de 21 estudos envolvendo a percepção auditiva e visual, não foram encontradas evidências de alteração importante até 0,08% BAC.
- h) HABILIDADE PSICOMOTORA: em 30 estudos de funções importantes, a psicomotora mostrou alterações a 0,07% BAC, contudo alguns indivíduos apresentaram alteração em níveis de 0,05% BAC. As tarefas que requerem habilidade motora e cooperação, incluindo estados de alerta, são as mais prováveis de serem afetados pelo álcool.
- i) CONDUÇÃO: estudos realizados em simuladores de direção e pistas experimentais mostraram uma grande variabilidade nos resultados. No entanto, os testes realizados em pistas demarcadas com cones mostraram um aumento do número de cones derrubados, proporcional ao nível de álcool no sangue.

2.1.3 Efeitos do etanol sobre o comportamento

Ao contrário do que acontece com o caso da performance, há uma carência de publicações que descrevam o efeito do álcool sobre o comportamento. Isto porque não é possível investigar seus efeitos satisfatoriamente em laboratório. As alterações de humor e redução da inibição associados com o consumo de álcool, que ocorrem em situações no convívio sociais, são bem diferente das de laboratório, onde um técnico controla as doses de álcool e mede parâmetros. Nestas situações controladas (laboratório ou rodovias fechadas para testes), os condutores não se sentem como numa situação real, com risco de vida, e, apresentam um comportamento diferente do seu “normal”, desqualificando o teste.

Algumas pesquisas realizadas com motoristas de ônibus mostraram que mesmo para valores baixos de BAC, o comportamento do indivíduo é alterado, levando com freqüência a atitudes mais imprudentes (EVANS, 1991; HOFFMANN, 1995). Há evidências de que, em situações reais de tráfego, os motoristas com nível de 0,08% a 0,15% de BAC, dirigem mais velozmente do que os não alcoolizados. Embora seja difícil quantificar num teste controlado, é plenamente conhecido o efeito do etanol sobre o comportamento e, portanto, sobre a segurança de tráfego. Ele, freqüentemente, aumenta a agressividade, inclusive durante o período de abstinência, em caso de alcoolismo crônico, influenciando também desta forma à segurança.

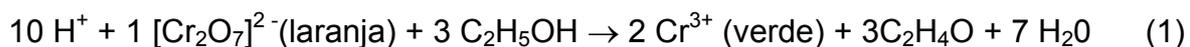
3. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁLCOOL NO SANGUE ATRAVÉS DO HÁLITO

A determinação do nível de etanol nos líquidos corporais e, particularmente no sangue, é um elemento fundamental aos fins médicos-legais, na determinação do o volume ingerido. A medida exata da concentração no sangue é, obviamente, obtida diretamente a partir de uma amostra de sangue.

Contudo, tem sido aceita legalmente a medida alternativa a partir da concentração no ar expirado (alveolar), cuja medida de concentração alcoólica corresponde a cerca de 0,05% da concentração presente no sangue. Esta relação é aceita, permitindo a utilização de aparelhos denominados "bafômetros" (GOODMAN & GUILMAN, 1997). Estes, por utilizarem o hálito em vez da urina ou o sangue, necessitam de procedimentos menos invasivos e, portanto, costumam ser aceitos com menos resistência por parte das pessoas. Além disto, proporcionam resultados muito mais rápidos do que os exames de sangue ou urina, com um custo muito mais baixo.

Estes equipamentos podem ser basicamente de dois tipos, os bafômetros descartáveis e os eletroquímicos. Os primeiros mostram visualmente, através da troca de cor de um elemento, que há uma determinada quantidade de álcool livre (ex: 0,27 mg/l de ar²), capaz de reagir e provocar a alteração cromática. Alguns bafômetros portáteis, utilizam-se de uma célula de combustível para converter o etanol presente no hálito em corrente elétrica e, a partir da sua medida, a concentração de etanol no ar alveolar.

Os bafômetros mais simples são os descartáveis, que consistem em pequenos tubos contendo uma mistura sólida de solução aquosa, de dicromato de potássio e sílica, umedecidos com ácido sulfúrico. Ele mede, através de reações de oxirredução, a quantidade de álcool no ar exalado pelos condutores submetidos ao teste. Há neste caso uma detecção visual, pois ocorre a redução de cromo IV do íon dicromato para o íon cromo III ou cromo II. A coloração é no início, amarelo-alaranjada, devido ao dicromato, e no final, verde azulada, visto ser o cromo III verde e o cromo II, azul. A oxidação pode produzir ainda acetaldeído (etanal) ou ácido acético (Braathen, 1997; Ferreira, 1997). Eles são calibrados apenas para indicar se a pessoa está ou não com uma quantidade de álcool no ar expelido (e indiretamente no sangue) acima do limite. Uma das reações possíveis pode ser representada na sua forma iônica por:

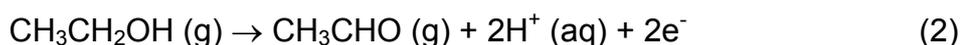


² Esta faixa equivale a um BAC entre 0,057-0,062%, que corresponde a aproximadamente 0,57 - 0,62 g/l

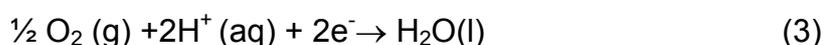
Os bafômetros portáteis, normalmente utilizados pelas polícias rodoviárias, são instrumentos mais sofisticados. Atualmente estes bafômetros medem a quantidade de álcool presente no hálito (bafo) através de dois processos distintos. O primeiro, e mais popular, utiliza o processo eletroquímico baseado no princípio da pilha de combustível, que produz eletricidade a partir da reação entre os gases hidrogênio e oxigênio (ver Figura A1). O segundo, chamado de Tagushi, foi idealizado no Japão e utiliza um sensor semicondutor seletivo de etanol.

O etanol é oxidado através de um material poroso embebido num eletrólito (solução de ácido sulfúrico) e recoberto por uma fina camada de pó de platina (negro de platina) que funciona como catalisador. Quando o etanol é soprado contra a superfície (-) perde íons hidrogênio, formando etanal. Estes íons atravessam o meio ácido, combinando-se com o oxigênio do ar no eletrodo (+), formando água. Neste processo é produzida energia elétrica entre os eletrodos, que devidamente corrigida pode representar razoavelmente bem a quantidade de álcool presente no ar expelido dos pulmões. A reação química que ocorre nas células de combustível na sua forma iônica se dá da seguinte forma:

- No eletrodo negativo (ânodo) ocorre a oxidação catalizada pela platina;



- No eletrodo positivo (cátodo), ocorre a redução do oxigênio do ar, formando água.



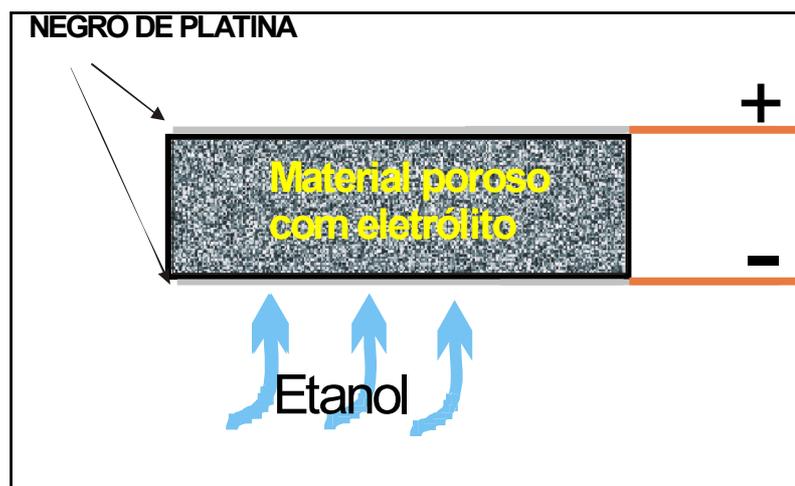


FIGURA A1 - Representação simplificada de uma célula de combustível

A tecnologia das células de combustível para bafômetros evoluiu muito, principalmente devido ao aumento do rigor das leis antialcoólicas, principalmente nos países desenvolvidos. Existem bafômetros com células de alta sensibilidade capaz de detectar o etanol em pequenas quantidades de ar num ambiente como num automóvel ou sala, sem que o sujeito necessite colaborar (soprar). Com o uso desta tecnologia, chamada pelos fabricantes de P.A S. (passive alcohol system), o policial pode simplesmente conversar com o suspeito e, em 4s de diálogo, o dispositivo é capaz de recolher, por sucção, uma amostra de hálito suficiente para determinar a presença do álcool, funcionando como um “nariz” artificial de alta sensibilidade.

O modelo Tagushi utiliza um sensor semiconductor seletivo para o etanol, constituído de óxido de estanho e algumas impurezas, principalmente terras raras. O sensor é aquecido a aproximadamente 400°C, temperatura em que o semiconductor se torna ativo. Quando o etanol entra em contato com este sensor, é imediatamente oxidado e ocorre uma mudança nas características de resistência do sensor. Neste caso, também através da medida de uma corrente é estabelecida uma relação com a concentração de álcool no ar expelido.

Atualmente vem sendo implantados em alguns países bafômetros públicos, que operam com inserção de moedas e são instalados junto a bares e telefones públicos. Também tem sido desenvolvidos bafômetros para acoplar aos sistemas de ignição de veículos, geralmente caminhões e ônibus. O sistema exige

que o motorista sopra no instrumento a tempos irregulares, e, se for constatado um teor alcoólico no ar expelido acima de um limite estabelecido (legal), o veículo simplesmente não opera.

No Brasil, as autoridades nem sequer contam com bafômetros confiáveis e aferidos, sendo que alguns equipamentos estão completamente obsoletos. Nesta pesquisa, foram testados dois tipos de aparelhos: o de célula de combustível e o Tagushi. O primeiro, de fabricação nacional e, em uso há bastante tempo, não atendeu as necessidades do experimento, enquanto o segundo mostrou uma boa performance, permitindo realizar o experimento da Seção 5.

4. EXPERIMENTO REALIZADO COM UM BAFÔMETRO PORTÁTIL DO TIPO TAGUSHI (MODELO ALERT AJ4X)

Com o objetivo de verificar a praticidade e confiabilidade do aparelho, foram realizadas uma série de medições, tentando identificar a influência de características pessoais e da interferência de contaminantes presentes em alimentos e outras substância (café, desodorante bucal, creme dental, chocolate). O aparelho foi previamente calibrado pelo fabricante que o cedeu para testes junto à Polícia Rodoviária Federal de Santa Catarina. Foram realizados cerca de 50 experimentos, envolvendo 16 indivíduos, onde foi possível verificar o comportamento do aparelho em serviço. Algumas conclusões obtidas foram:

O dispositivo que utiliza, na versão testada, baterias recarregáveis, mostrou uma autonomia de 30 testes confiáveis para uma carga de aproximadamente 8 horas, o que para a realização de ensaios foi um limitante significativo, porém para fins práticos a sua capacidade parece razoável.

O efeito da presença de álcool na mucosa bucal foi testado em 10 indivíduos, através do bochecho de uma bebida destilada (uísque), sem a ingestão da bebida. Em seguida do bochecho com a bebida foi realizado um com água. O aparelho detectou a presença deste efeito (na mucosa bucal) até 20 min após o bochecho, em indivíduos que não ingeriam alimentos a mais de 1 hora.

Neste caso a substituição do bochecho com água por um de café solúvel super forte (4 a 5 medidas), diminui o efeito sobre as mucosas.

Em indivíduos alcoolizados, a utilização de café, chocolate, iogurtes, e outros não mostrou qualquer mudança significativa no padrão de teste. Por outro lado, o cigarro aparentemente “puxou” os índices para cima (desrespeitando o intervalo recomendado pelo fabricante de 3 min após o cigarro), enquanto a prática da hiperventilação (através da respiração forçada) foi capaz de reduzir em cerca de 0,3 g/l (ex: 0,6 g/l passa a 0,3 g/l), embora esta redução seja momentânea.

As curvas características de alguns indivíduos (com o estômago vazio antes da ingestão do etanol), mostraram um padrão semelhante ao descrito na literatura especializada (ver Figura 2). A curva típica apresenta seu ponto máximo em 30 a 90 min depois de terminada a ingestão da bebida, e tem seu tempo de eliminação proporcional ao nível máximo de etanol atingido. A quantidade de álcool por peso corporal mostrou uma regularidade considerável com a dose, demonstrando que as diferenças parecem estar, em média, relacionadas com o peso e, em última instância, com a quantidade de sangue dos indivíduos. Isto é, para quantidades de álcool por peso iguais, as leituras no bafômetro foram relativamente aproximadas, com um índice variando de 0,05 a 0,10 (ver Tabela A1).

INDIVÍDUO	ETANOL (G)	G/KG	DG/L	G/KG/DG/L
A	32,40	0,44	5,0	0,09
B	71,28	1,00	12,5	0,08
C	69,66	1,00	14,9	0,07
D	23,33	0,36	4,1	0,09
E	34,83	0,48	7,0	0,07
F	17,42	0,33	3,8	0,09
G	76,63	0,98	12,5	0,08
H	34,83	0,48	5,0	0,10
I	41,81	0,57	9,0	0,06
J	65,00	0,72	16	0,05

TABELA A1 – Quantidade de álcool ingerida (g./kg. de peso) x leitura (dg/l de sangue)

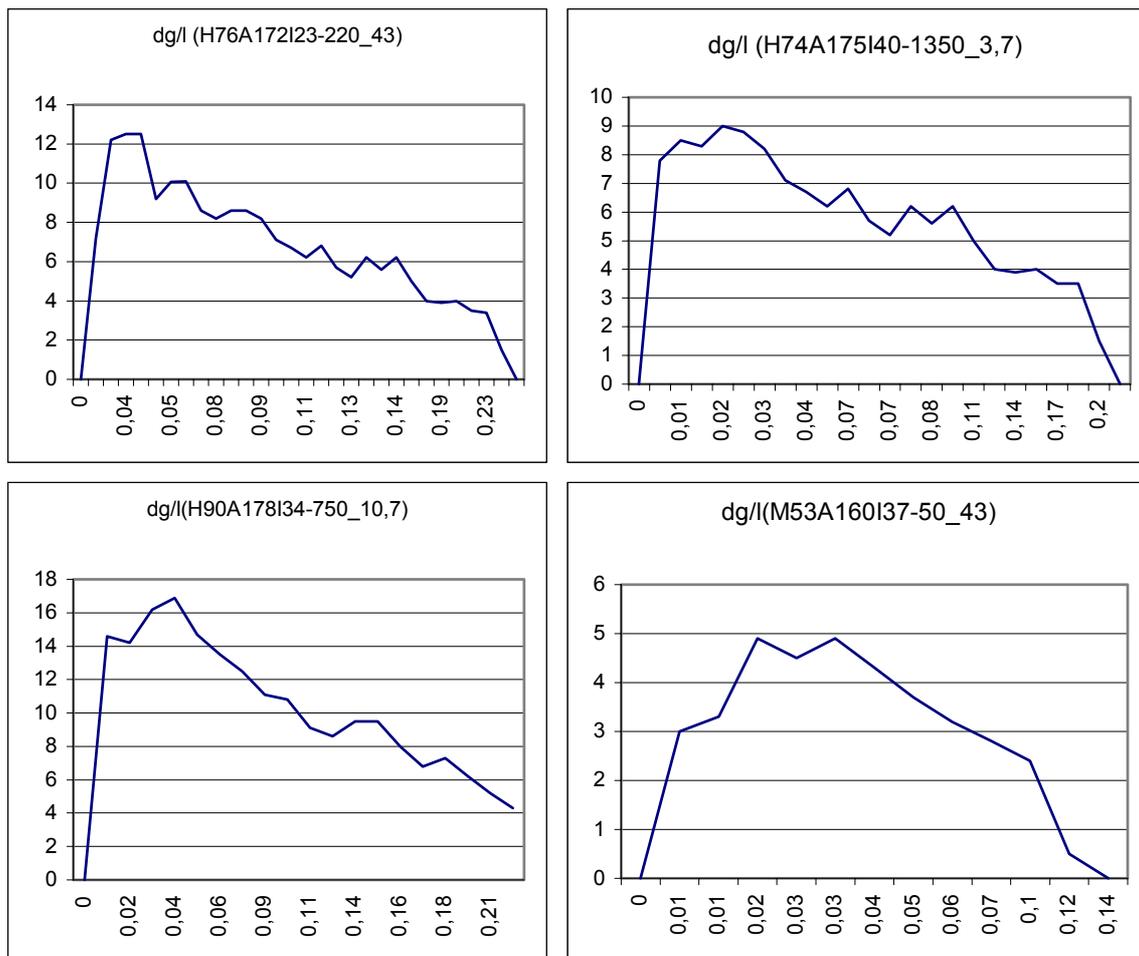


FIGURA A2³ – Presença de álcool no sangue, obtida indiretamente através de bafômetro, para indivíduos de estômago vazio e que pararam de ingerir o álcool no tempo zero.

As diferenças individuais são um entrave ao controle do uso do etanol no trânsito. Os estudos, dos efeitos do etanol no ser humano e das proporções do álcool presentes no ar alveolar e sanguíneo, demonstram que são afetados por diferenças individuais metabólicas e, provavelmente, até pelo tipo de alimentação adotado. Estas dificuldades no controle recomendam que seja adotado um nível ainda mais baixo de álcool no sangue, que aliás, é uma tendência mundial. O Japão adotou a tolerância “zero” (na verdade < 0,2 g/l) e os EUA adotaram zero para condutores menores de 21 anos, 0,4 g/l para motoristas (profissionais). Com

³ Na figura 2, o título em cima, apresenta primeiro a unidade do valor medido (dg/l), seguida da indicação do sexo (H,M) e peso (ex: H75), em seguida tem-se a letra “A” seguida da altura do sujeito, a letra “I” seguida da idade e finalmente tem-se a quantidade de bebida ingerida em ml, seguida do seu teor de álcool.

a adoção de um índice “zero” a detecção fica facilitada, reduzindo-se quase a um “sim ou não” com um limite de tolerância.

5. CONCLUSÃO FINAL

A adoção da medida, com um limite qualquer acima de zero, não parece adequada, uma vez que o metabolismo do álcool e sua excreção, podem ser influenciados por fatores individuais, genéticos e até por hábitos de alimentação. As reações de oxidação e redução necessárias ao desdobramento do álcool, podem ser facilmente desbalanceadas por agentes redutores presentes em alguns alimentos. Uma solução para este impasse seria considerar proibido conduzir automóveis sobre a influência do álcool, que conforme ficou demonstrado neste trabalho e justifica-se através das estatísticas que apontam uma incidência bem maior de condutores com presença de álcool no sangue, dando uma indicação real da influência do etanol, mesmo em níveis mais baixos do que 0,6 g/l.

ANEXO B

VARIÂNCIA EXPLICADA E PARÂMETROS PARA O AJUSTE NO TEMPO DAS SÉRIES GLOBAIS BRASILEIRAS E ANÁLISE DE REGRESSÃO DOS MELHORES MODELOS

Neste anexo, serão dispostos os elementos necessários à avaliação de tendências e de correlações, que podem interessar à investigação de séries de índices de acidentes. No Quadro B1, estão os coeficientes de correlação, com as correlações significativas ao nível de 95%. Em seguida, são apresentados os coeficientes de determinação (Quadro B2) para as tentativas de ajuste, das séries, aos modelos não lineares propostos na Seção 6.3.

Na etapa seguinte, são apresentados os resultados da análise de regressão, com os ajustes mais apropriados aos propósitos analíticos e comparativos da pesquisa. Os modelos recebem a denominação “modelo” associado a um índice variando entre 1 e 7. Os seis primeiros modelos correspondem ao ajuste efetuado às séries durante o tempo total de observação (1980-1996), e o último modela apenas a fase decrescente da série “Mortos por Bilhões de Quilômetros Viajados” (MBKMV), ou seja, a partir de 1986.

A Regressão Não Linear (RNL), uma generalização da Regressão Linear, foi utilizada onde encontradas tendências não lineares ao longo do intervalo estudado, como, por exemplo, uma tendência cuja configuração se aproxime de uma curva “S” ou uma exponencial. Como a idéia é a obtenção de um padrão ou modelo comparável, a preferência deve recair sobre o ajuste mais aproximado, com o R^2 mais elevado, e, se possível, aplicando o modelo mais simples. Na análise de regressão, são utilizados o Gráfico da Tendência Ajustada (esquerda acima), o Histograma de Distribuição de Resíduos (direita acima), o Gráfico da Distribuição Normal de Resíduos (esquerda abaixo) e o Gráfico de Valores Preditos x Resíduos.

CORRELATIONS (INDICE.STA)									
MARKED CORRELATIONS ARE SIGNIFICANT AT P < ,05000									
N=17 (CASEWISE DELETION OF MISSING DATA)									
	FER	MOR	GASOL	ÁLCOOL	DIESEL	BKMV	MBKMV	FBKMV	ANO
FER	1,0000	,7241	,0185	,4370	,2934	,2980	,1808	,3873	,3335
MOR	,7241	1,0000	,1941	,7184	,6086	,6124	-,0408	-,1262	,5741
GASOL	,0185	,1941	1,0000	,0614	,5302	,7078	-,6897	-,6150	,4525
ÁLCOOL	,4370	,7184	,0614	1,0000	,8608	,7469	-,4625	-,4607	,8866
CONSDIES	,2934	,6086	,5302	,8608	1,0000	,9685	-,7956	-,7484	,9800
BKMV	,2980	,6124	,7078	,7469	,9685	1,0000	-,8080	-,7543	,9342
MBKMV	,1808	-,0408	-,6897	-,4625	-,7956	-,8080	1,0000	,8880	-,7733
FBKMV	,3873	-,1262	-,6150	-,4607	-,7484	-,7543	,8880	1,0000	-,6779
ANO	,3335	,5741	,4525	,8866	,9800	,9342	-,7733	-,6779	1,0000

QUADRO B1 – Correlações entre as variáveis das séries globais brasileiras

COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO E PARÂMETROS PARA AS SÉRIES GLOBAIS BRASILEIRAS

Depend.	Modelo	R ²	g.l.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
GASOL	LIN	,209	15	3,97	,065	1,0E+10	2,6E+08		
GASOL	LOG	,032	15	,50	,489	1,1E+10	6,4E+08		
GASOL	INV	,004	15	,05	,819	1,3E+10	7,2E+08		
GASOL	QUA	,919	14	79,67	,000	1,7E+10	-2,E+09	1,1E+08	
GASOL	CUB	,946	13	75,83	,000	1,5E+10	-7,E+08	-3,E+07	4978070
GASOL	COM	,179	15	3,27	,091	1,1E+10	1,0171		
GASOL	POW	,018	15	,28	,603	1,2E+10	,0346		
GASOL	S	,011	15	,17	,683	23,2255	,0918		
GASOL	GRO	,179	15	3,27	,091	23,0913	,0170		
GASOL	EXP	,179	15	3,27	,091	1,1E+10	,0170		
GASOL	LGS	,179	15	3,27	,091	9,4E-11	,9832		
ÁLCOOL	LIN	,786	15	55,10	,000	1,4E+09	6,4E+08		
ÁLCOOL	LOG	,891	15	122,65	,000	-1,E+09	4,3E+09		
ÁLCOOL	INV	,662	15	29,41	,000	9,7E+09	-1,E+10		
ÁLCOOL	QUA	,963	14	181,81	,000	-3,E+09	1,9E+09	-7,E+07	
ÁLCOOL	CUB	,966	13	124,84	,000	-2,E+09	1,4E+09	-7,E+06	-2,E+06
ÁLCOOL	COM	,665	15	29,77	,000	1,4E+09	1,1650		
ÁLCOOL	POW	,924	15	181,32	,000	5,8E+08	1,1422		
ÁLCOOL	S	,904	15	142,03	,000	23,1948	-3,8097		
ÁLCOOL	GRO	,665	15	29,77	,000	21,0495	,1527		
ÁLCOOL	EXP	,665	15	29,77	,000	1,4E+09	,1527		
ÁLCOOL	LGS	,665	15	29,77	,000	7,2E-10	,8584		
DIESEL	LIN	,961	15	365,39	,000	1,6E+10	8,1E+08		
DIESEL	LOG	,762	15	48,06	,000	1,4E+10	4,6E+09		
DIESEL	INV	,392	15	9,68	,007	2,5E+10	-1,E+10		
DIESEL	QUA	,968	14	210,93	,000	1,6E+10	5,2E+08	1,6E+07	
DIESEL	CUB	,975	13	167,85	,000	1,8E+10	-2,E+08	1,2E+08	-4,E+06
DIESEL	COM	,957	15	337,02	,000	1,6E+10	1,0363		
DIESEL	POW	,786	15	54,97	,000	1,5E+10	,2052		
DIESEL	S	,416	15	10,69	,005	23,9350	-,5034		
DIESEL	GRO	,957	15	337,02	,000	23,5119	,0357		
DIESEL	EXP	,957	15	337,02	,000	1,6E+10	,0357		
DIESEL	LGS	,957	15	337,02	,000	6,2E-11	,9649		
BKMV	LIN	,873	15	102,94	,000	126,105	7,4007		
BKMV	LOG	,615	15	24,01	,000	114,984	39,4378		
BKMV	INV	,277	15	5,76	,030	210,768	-89,245		
BKMV	QUA	,947	14	125,16	,000	154,325	-1,5107	,4951	
BKMV	CUB	,948	13	79,51	,000	149,075	1,5595	,0806	,0154
BKMV	COM	,901	15	137,28	,000	134,994	1,0381		
BKMV	POW	,659	15	29,04	,000	126,689	,2031		
BKMV	S	,304	15	6,57	,022	5,3362	-,4652		
BKMV	GRO	,901	15	137,28	,000	4,9052	,0374		
BKMV	EXP	,901	15	137,28	,000	134,994	,0374		Cont. ...

... cont.									
Dependente	Modelo	R ²	g.l.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
BKMV	LGS	,901	15	137,28	,000	,0074	,9633		
MORTOS	LIN	,330	15	7,37	,016	20421,4	305,637		
MORTOS	LOG	,385	15	9,39	,008	19040,5	2096,38		
MORTOS	INV	,285	15	5,96	,027	24401,1	-6073,9		
MORTOS	QUA	,395	14	4,57	,030	18640,9	867,928	-31,238	
MORTOS	CUB	,470	13	3,82	,037	15967,8	2431,12	-242,27	7,8160
MORTOS	COM	,356	15	8,28	,011	20377,3	1,0137		
MORTOS	POW	,380	15	10,61	,005	19169,7	,0930		
MORTOS	S	,305	15	6,58	,022	10,0989	-,2689		
MORTOS	GRO	,356	15	8,28	,011	9,9222	,0136		
MORTOS	EXP	,356	15	8,28	,011	20377,3	,0136		
MORTOS	LGS	,356	15	8,28	,011	4,9E-05	,9865		
FERIDOS	LIN	,111	15	1,88	,191	282704	2726,15		
FERIDOS	LOG	,216	15	4,13	,060	259742	24099,4		
FERIDOS	INV	,265	15	5,42	,034	325460	-90053		
FERIDOS	QUA	,208	14	1,83	,196	249536	13200,2	-581,89	
FERIDOS	CUB	,538	13	5,04	,016	162709	63976,4	-7436,7	253,881
FERIDOS	COM	,128	15	2,21	,158	279614	1,0096		
FERIDOS	POW	,244	15	4,83	,044	258521	,0833		
FERIDOS	S	,298	15	6,37	,023	12,6897	-,3105		
FERIDOS	GRO	,128	15	2,21	,158	12,5412	,0095		
FERIDOS	EXP	,128	15	2,21	,158	279614	,0095		
FERIDOS	LGS	,128	15	2,21	,158	3,6E-06	,9905		
MBKM	LIN	,598	15	22,31	,000	148,072	-2,7744		
MBKM	LOG	,308	15	6,69	,021	148,019	-12,643		
MBKM	INV	,081	15	1,31	,270	118,695	21,7822		
MBKM	QUA	,817	14	31,35	,000	126,094	4,1660	-,3856	
MBKM ¹	CUB	,885	13	33,37	,000	108,844	14,2533	-1,7474	,0504
MBKM	COM	,628	15	25,27	,000	150,946	,9764		
MBKM	POW	,332	15	7,46	,015	151,309	-,1101		
MBKM	S	,093	15	1,54	,234	4,7627	,1962		
MBKM	GRO	,628	15	25,27	,000	5,0169	-,0238		
MBKM	EXP	,628	15	25,27	,000	150,946	-,0238		
MBKM	LGS	,628	15	25,27	,000	,0066	1,0241		
FBKM	LIN	,460	15	12,75	,003	2034,79	-43,623		
FBKM	LOG	,198	15	3,71	,073	2000,42	-181,77		
FBKM	INV	,022	15	,34	,568	1600,63	205,356		
FBKM	QUA	,638	14	12,34	,001	1679,25	68,6521	-6,2375	
FBKM	CUB	,846	13	23,88	,000	1135,97	386,362	-49,128	1,5885
FBKM	COM	,486	15	14,16	,002	2071,25	,9725		
FBKM	POW	,222	15	4,29	,056	2040,53	-,1198		
FBKM	S	,033	15	,51	,488	7,3536	,1546		
FBKM	GRO	,486	15	14,16	,002	7,6359	-,0279		
FBKM	EXP	,486	15	14,16	,002	2071,25	-,0279		
FBKM	LGS	,486	15	14,16	,002	,0005	1,0283		

QUADRO B1 – Variância explicada e parâmetros para as Séries Globais Brasileiras.

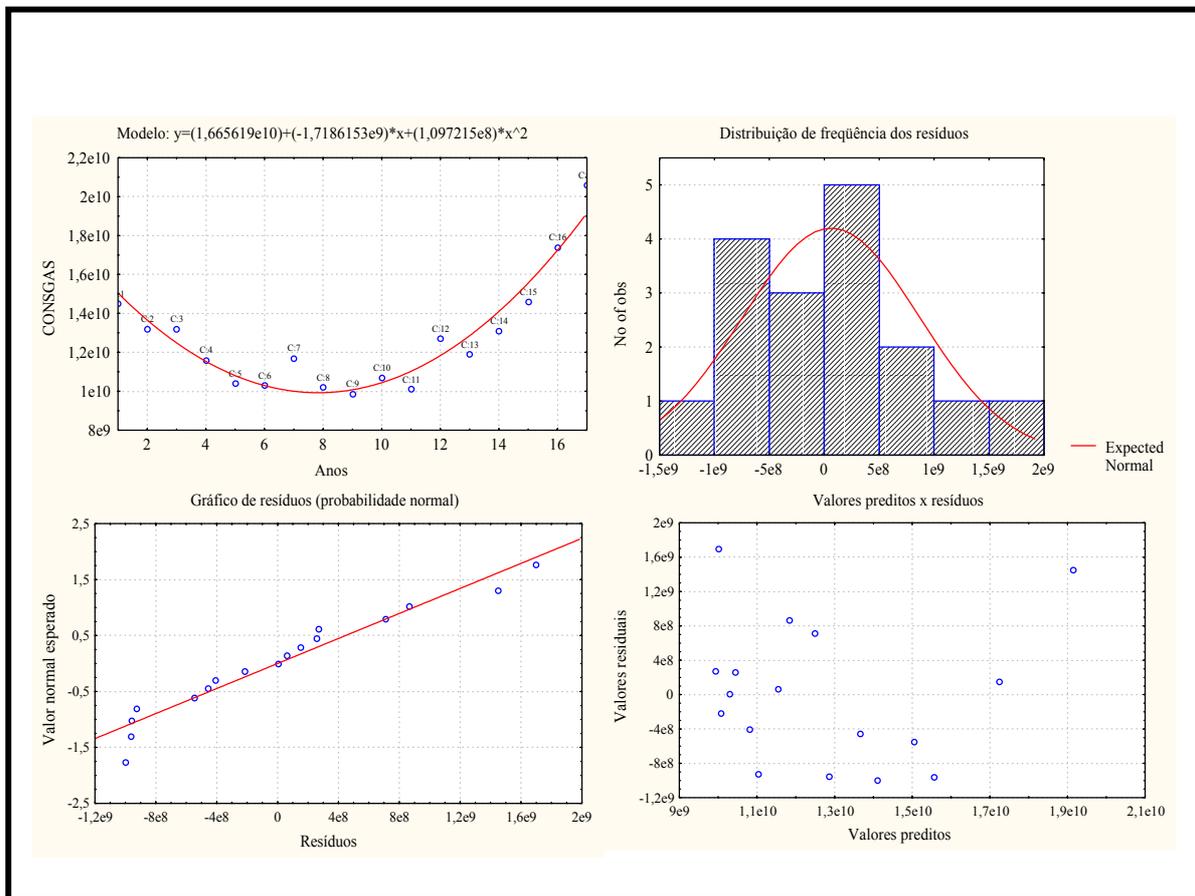
****Os valores em negrito não são significativos**

¹ Para a porção decrescente dos dados, a partir de 1986, foi possível o ajuste de um modelo exponencial, com um R² = 92%

ANÁLISE DE REGRESSÃO PARA OS MELHORES MODELOS

GASOLINA – (MODELO QUADRÁTICO)

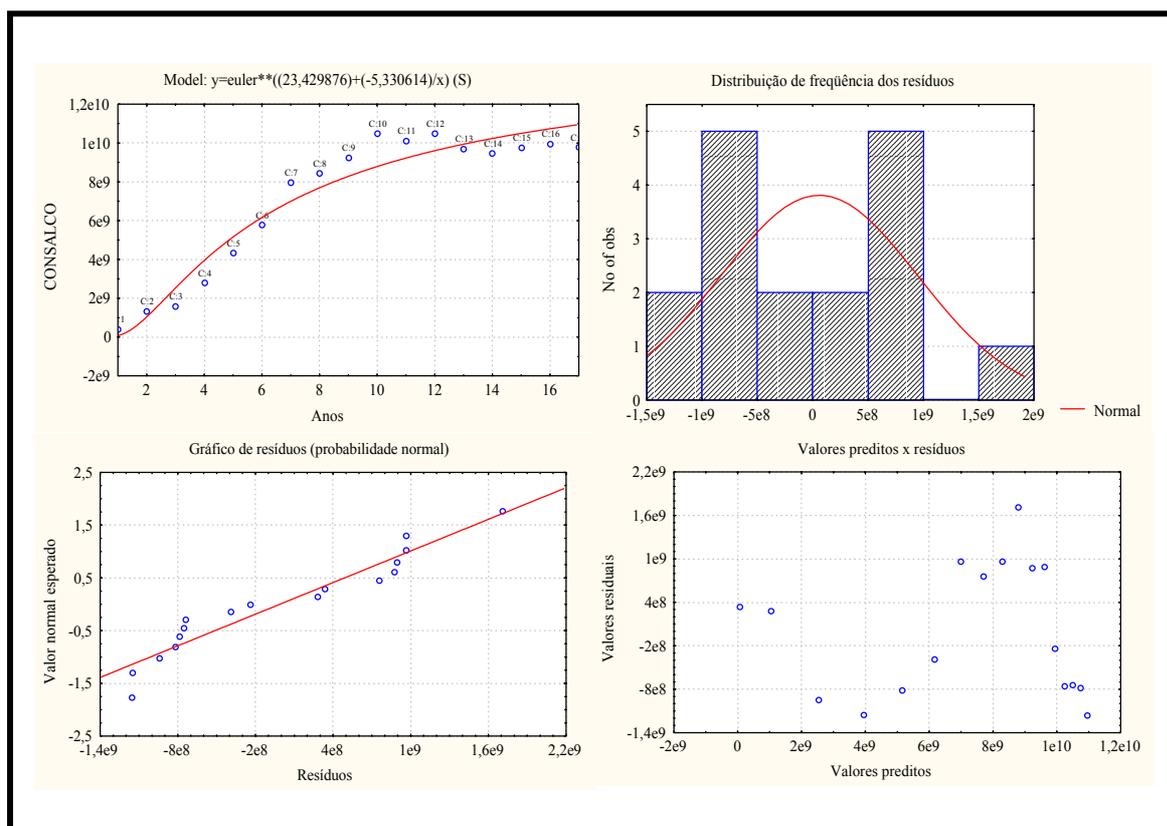
Modelo 1: CONSGAS =const +param1*ano1+ param2*ano1^2 (Quadrático)			
Var. dep: CONSGAS Perda : (OBS-PRED)**2 - (Rosenbrock e quasi-Newton)			
Perda final: 108429236E11 R=,95772 Variância explicada: 91,722%			
	CONST	PARAM1	PARAM2
Estimativa	16656190938,422	-1718615334,034	109721522,909
Erro padrão	723825104,135	185118302,880	9995448,827
t(14)	23,011	-9,284	10,977
Nível-p	,000	,000	,000



MODELO B1 – Análise de regressão para a série “consumo de gasolina”

ÁLCOOL – (MODELO “S”)

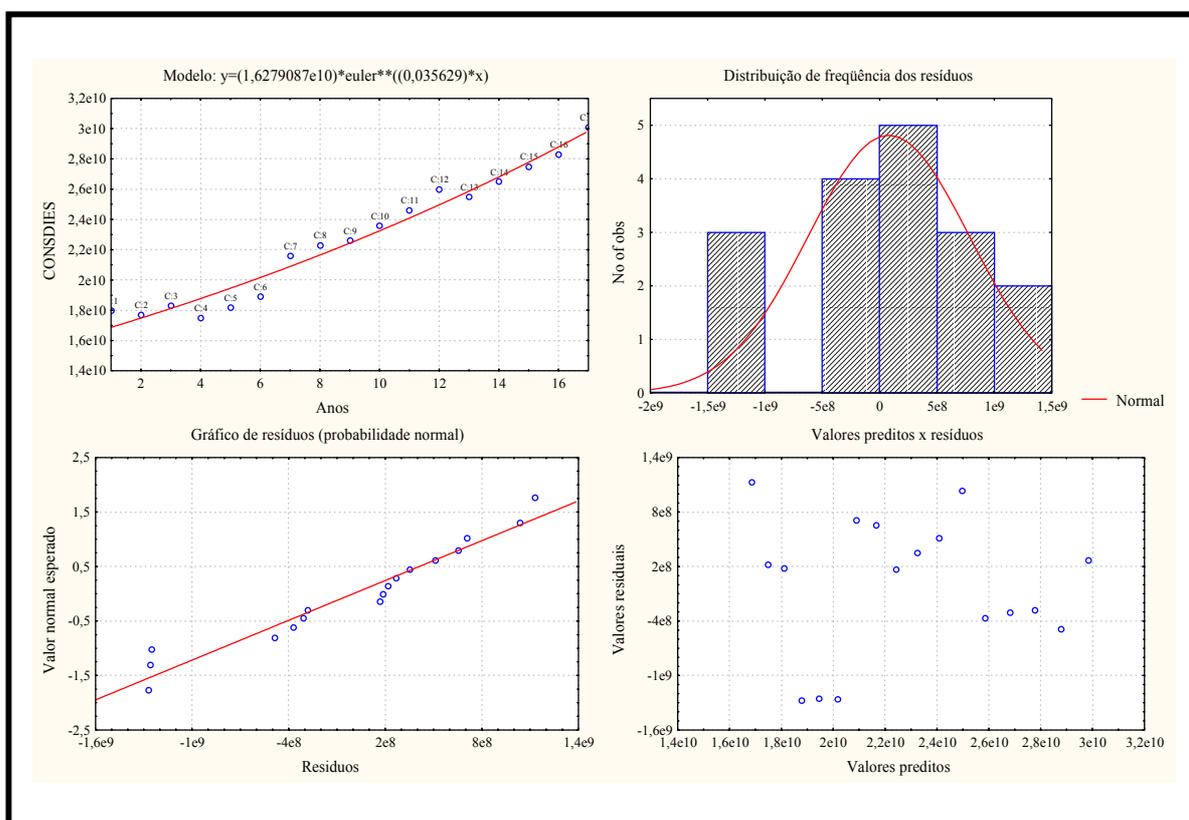
Modelo 2: CONSALCO=Euler**((param+ param1/ ano1) (S)		
Var. dep: CONSALCO Perda : (OBS-PRED)**2 - (Rosenbrock e quasi-Newton)		
Perda final: 132813155E11 R=,96795 Variância explicada: 93,692%		
	PARAM	PARAM1
Estimativa	23,4301	-5,33282
Erro padrão	,0604	,62350
t(15)	388,2196	-8,55306
Nível-p	0,0000	,00000



MODELO B2– Análise de regressão para a série “consumo de álcool”

Diesel – (MODELO EXPONENCIAL)

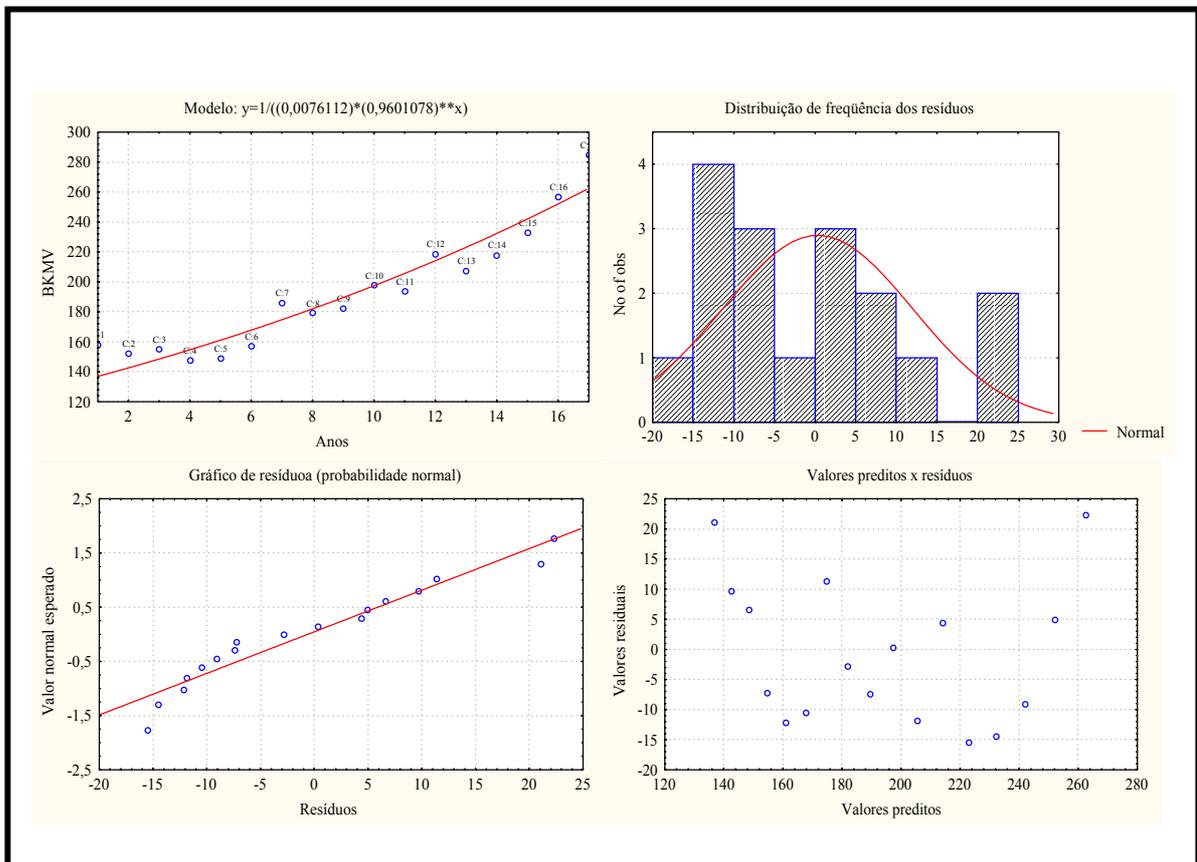
Modelo 3: CONSDIES = param*Euler** (param1* ano1) (Exponencial)		
Var. dep: CONSDIES Perda : (OBS-PRED)**2 - (Rosenbrock e quasi-Newton)		
Perda final: 916977939E10 R=,98326 Variância explicada: 96,680%		
	PARAM	PARAM1
Estimativa	16279087527,832	,036
Erro padrão	333106050,144	,002
t(15)	48,871	20,352
Nível-p	,000	,000



MODELO B3 – Análise de regressão para a série “consumo de diesel”

BKMV – (MODELO EXPONENCIAL)

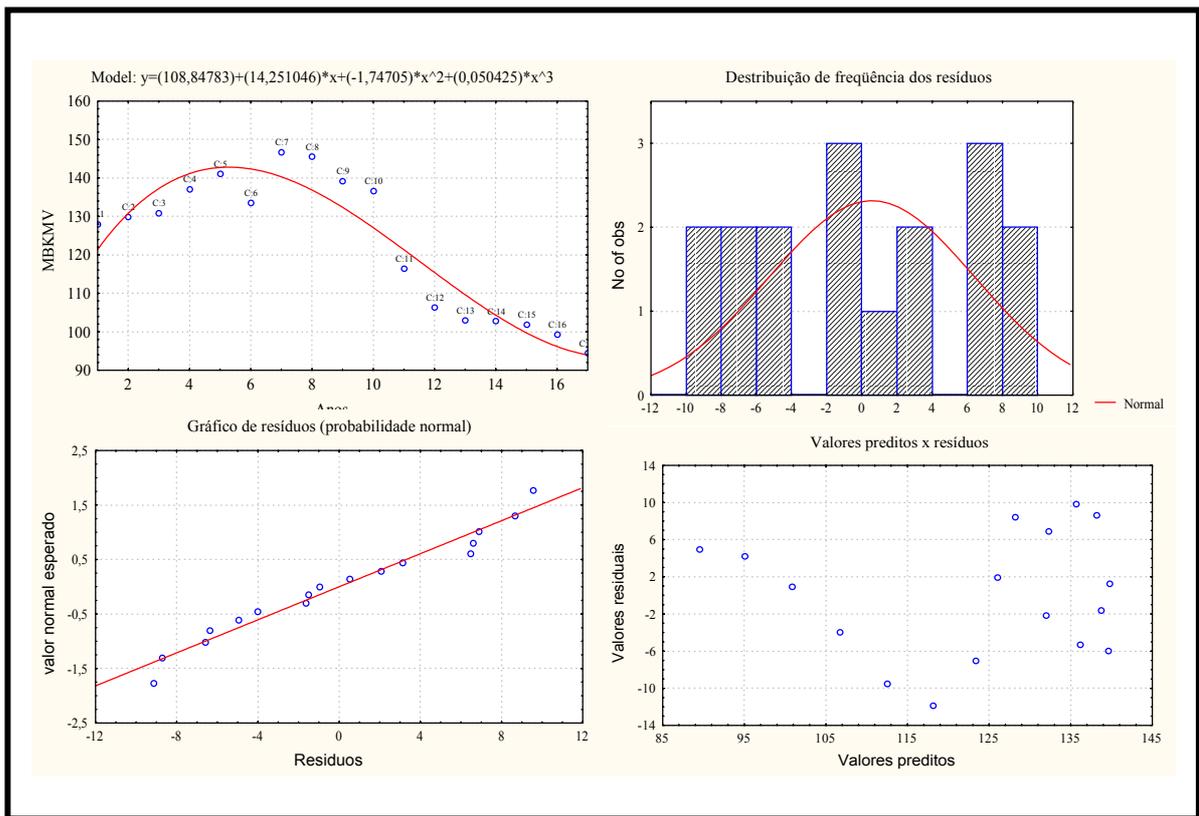
Modelo 4: BKMV=b0*exp(b1*ano1) (Exponencial)		
Var. dep: BKMV Perda : (OBS-PRED)**2 – (simplex e quasi-Newton)		
Perda final: 2281,5319889 R=,95440 Variância explicada: 91,088%		
	B0	B1
Estimativa	131,7200,04008	
Erro padrão	5,1816	,00333
t(15)	25,4207	12,03184
Nível-p	,0000,	00000



MODELO B4 – Análise de para a série “bilhões de Km viajados”

MBKMV – (MODELO CÚBICO)

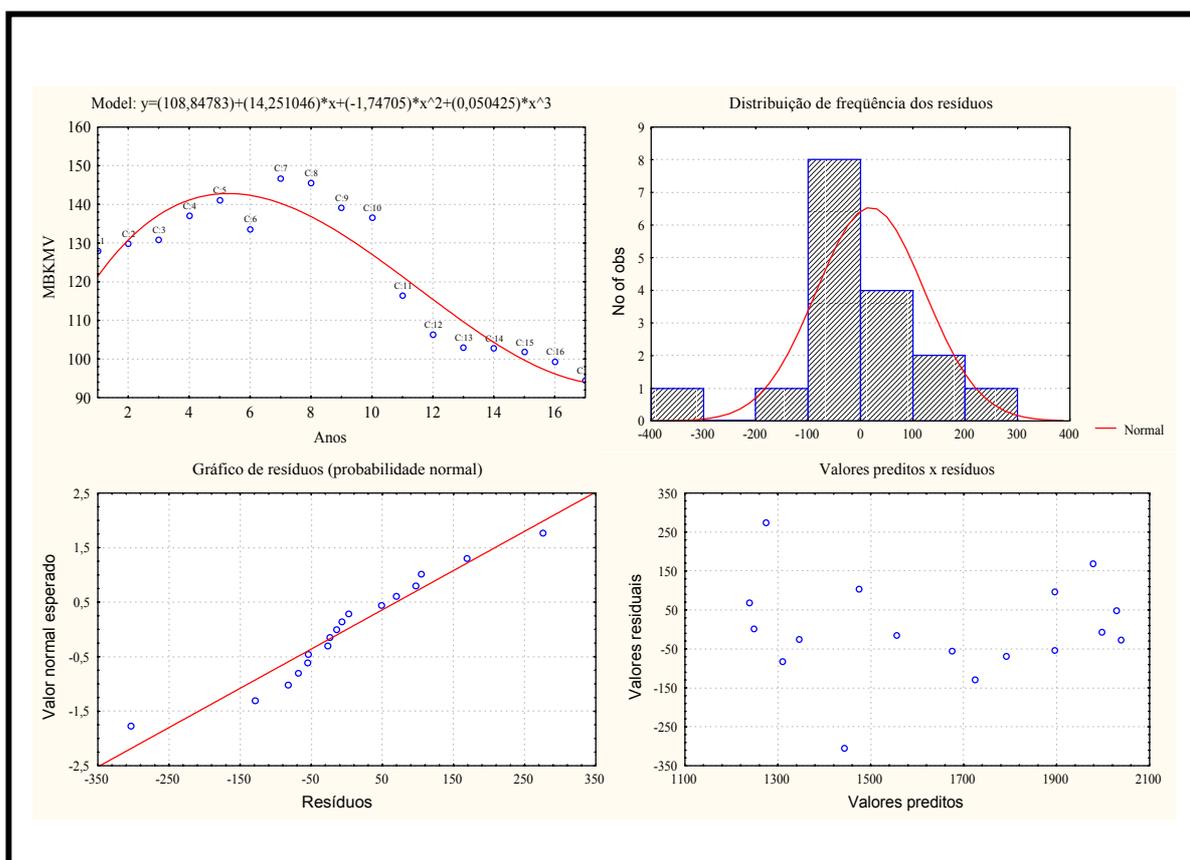
Modelo 5: MBKMV =const +param1*ano1+ param2*ano1^2+ param3*ano1^3. (Cúbico)				
Var. dep: MBKMV Perda : (OBS-PRED)**2 – (quasi-Newton)				
Perda final: 603,60851180 R=,94077 Variância explicada: 88,505%				
	CONST	PARAM1	PARAM2	PARAM3
Estimativa	108,8478	14,25105	-1,74705	,050425
Erro padrão	8,3863	3,91978	,49857	,018242
t(13)	12,9793	3,63568	-3,50415	2,764284
Nível-p	,0000	,00302	,00388	,016092



MODELO B5 – Análise de regressão para a série “mortos por 10^9 Km viajados (cubico).

FBKMV – (MODELO CÚBICO)

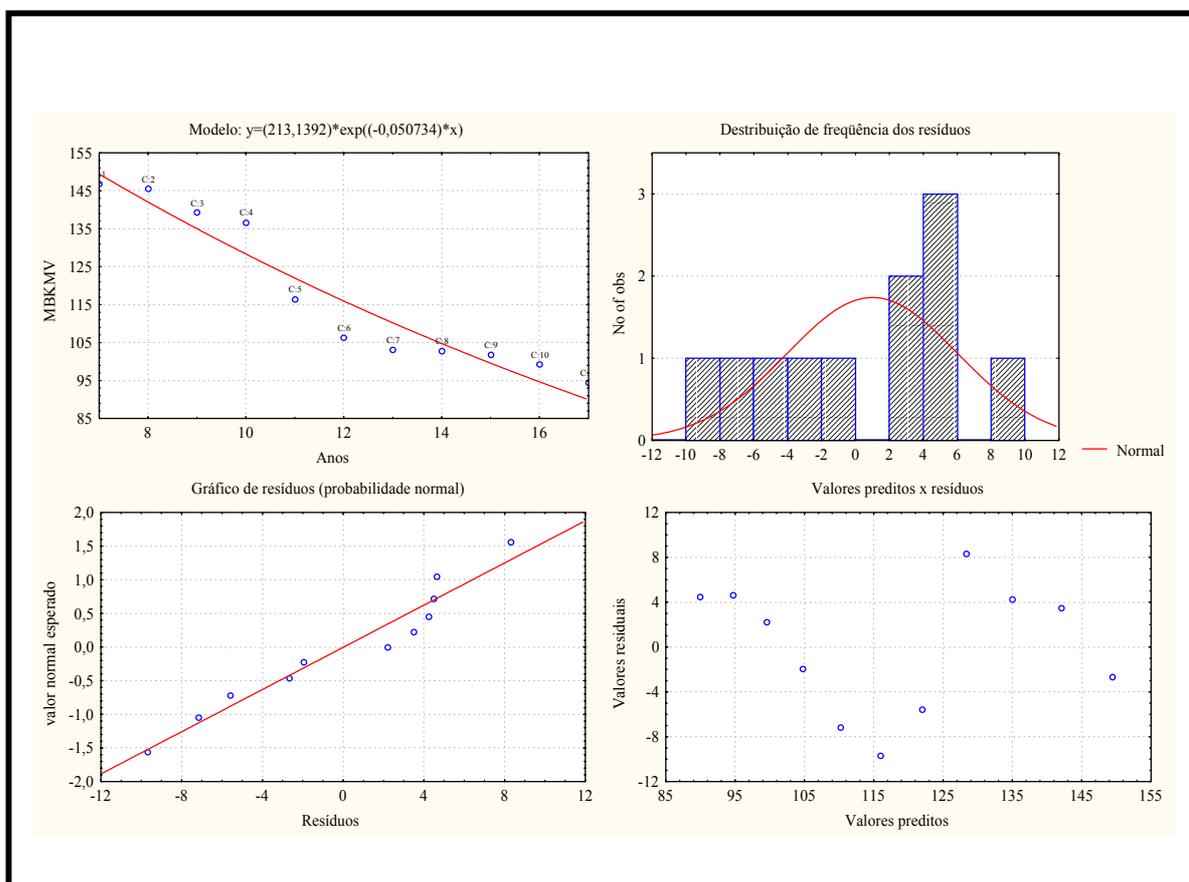
Modelo 6: FBKMV =const +param1*ano1+ param2*ano1^2+ param3*ano1^3. (Cúbico)				
Var. dep: FBKMV Perda : (OBS-PRED)**2				
Perda final: 259528,75696 R=,92000 Variância explicada: 84,640%				
	CONST	PARAM1	PARAM2	PARAM3
Estimativa	1135,966	386,3616	-49,1283	1,588547
Erro padrão	173,894	81,2787	10,3380	,378249
t(13)	6,533	4,7535	-4,7522	4,199738
Nível-p	,000	,0004	,0004	,001040



MODELO B6 – Análise de regressão para a série “feridos por 10^9 de Km viajados (cúbico)

MBKM (SÉRIE REDUZIDA – 87-96) – MODELO EXPONENCIAL

Modelo 7: $v_{11}=b_0*\exp(b_1*ano_1)$ (Exponencial)		
Var. dep: MBKMV Perda : (OBS-PRED)**2		
Perda final: 332,51534289 R=,95903 Variância explicada: 91,973%		
	B0	B1
Estimativa	213,1392	-,05073
Erro padrão	13,2570	,00547
t(9)	16,0775	-9,27002
Nível-p	,0000	,00001



MODELO B7 – Análise de regressão para a série “mortos por 10^9 Km viajados (reduzida)

ANEXO C

VARIÂNCIA EXPLICADA E PARÂMETROS PARA O AJUSTE NO TEMPO DAS SÉRIES RELATIVAS ÀS RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS E ANÁLISE DE REGRESSÃO DOS MELHORES MODELOS

Neste anexo, serão dispostos os elementos necessários à avaliação de tendências e de correlações de interesse à investigação de séries de índices de acidentes nas Rodovias Federais do Brasil entre 1952 e 1995. No Quadro C1, são apresentados os coeficientes de determinação, para as tentativas de ajuste das séries, aos modelos não lineares propostos na Seção 6.3. Em seguida, são mostradas as análises de regressão para os modelos mais apropriados a análise. Eles são aqui apresentados com a denominação “modelo” associado a um índice variando entre 1 e 4. Foram ajustados dois modelos para cada uma das variáveis, “mortos” e “feridos”.

COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO E PARÂMETROS PARA AS SÉRIES RELACIONADAS ÀS RODOVIAS FEDERAIS DO BRASIL

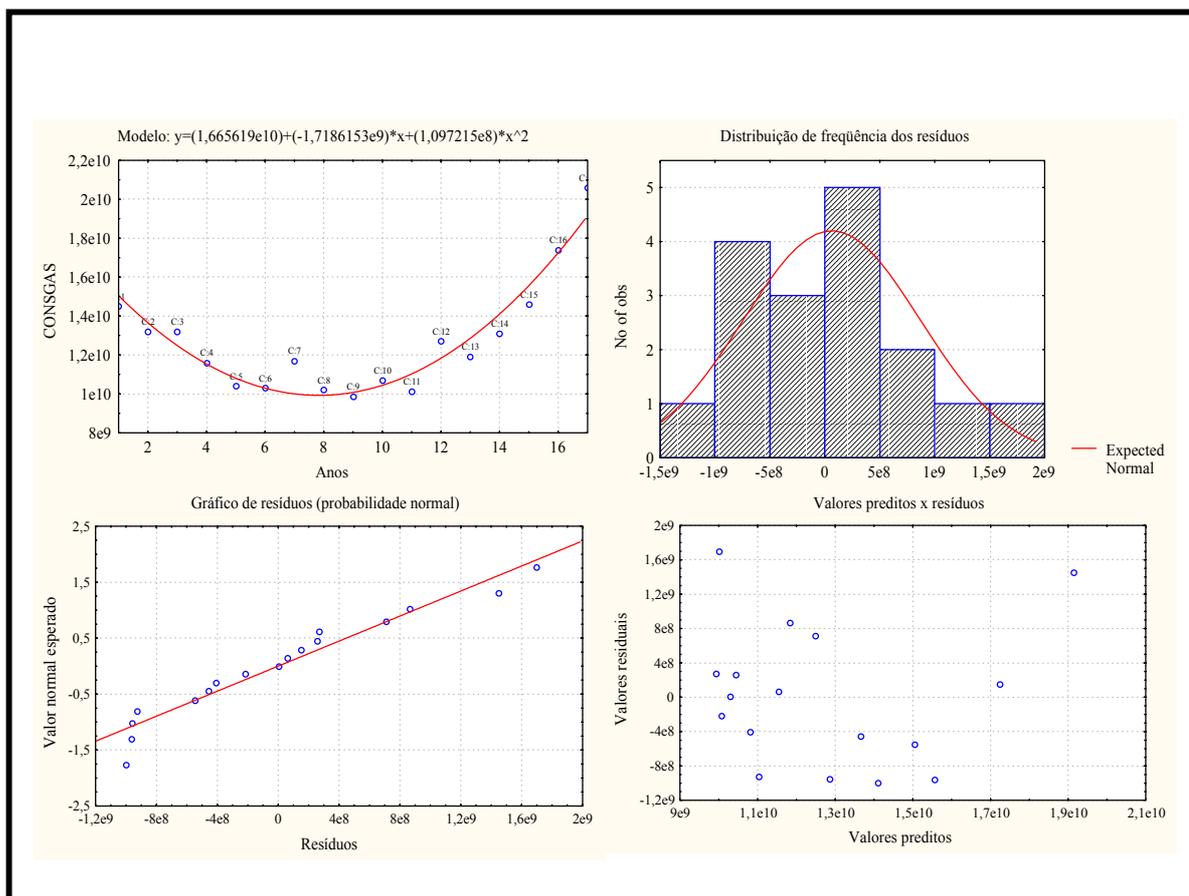
Depend.	Modelo	R ²	gl.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
FER2	LIN	,933	42	587,65	,000	-7102,5	1257,82		
FER2	LOG	,681	42	89,58	,000	-23446	15675,2		
FER2	INV	,227	42	12,35	,001	25965,3	-47967		
FER2	QUA	,943	41	338,22	,000	-3233,4	753,148	11,2149	
FER2	CUB	,956	40	291,04	,000	2558,14	-709,71	91,5785	-1,1906
FER2	COM	,889	42	488,18	,000	1643,97	1,0945		
FER2	POW	,868	42	276,63	,000	328,050	1,2790		
FER2	S	,388	42	26,68	,000	9,8864	-4,5314		
FER2	GRO	,889	42	488,18	,000	7,4049	,0903		
FER2	EXP	,889	42	488,18	,000	5109,81	,0546		
FER2	LGS	,889	42	488,18	,000	,0006	,9137		
MOR3	LIN	,937	42	622,89	,000	-940,70	170,629		
MOR3	LOG	,689	42	93,24	,000	-3184,6	2135,81		
MOR3	INV	,233	42	12,76	,001	3551,94	-6575,7		
MOR3	QUA	,944	41	348,05	,000	-475,23	109,915	1,3492	
MOR3	CUB	,958	40	307,91	,000	331,465	-93,843	12,5429	-,1658
MOR3	COM	,887	42	452,74	,000	721,690	1,0550		
MOR3	POW	,880	42	306,80	,000	42,6642	1,2963		
MOR3	S	,407	42	28,82	,000	7,9096	-4,6702		
MOR3	GRO	,887	42	452,74	,000	5,4065	,0906		
MOR3	EXP	,887	42	452,74	,000	714,92	,05380		
MOR3	LGS	,884	42	452,74	,000	,00122	,95110		

QUADRO C1 – Variância explicada e parâmetros para as Séries das Rodovias Federais do Brasil *valores em negrito não são significativos

ANÁLISE DE REGRESSÃO PARA OS MELHORES MODELOS

Mortos – (MODELO CÚBICO)

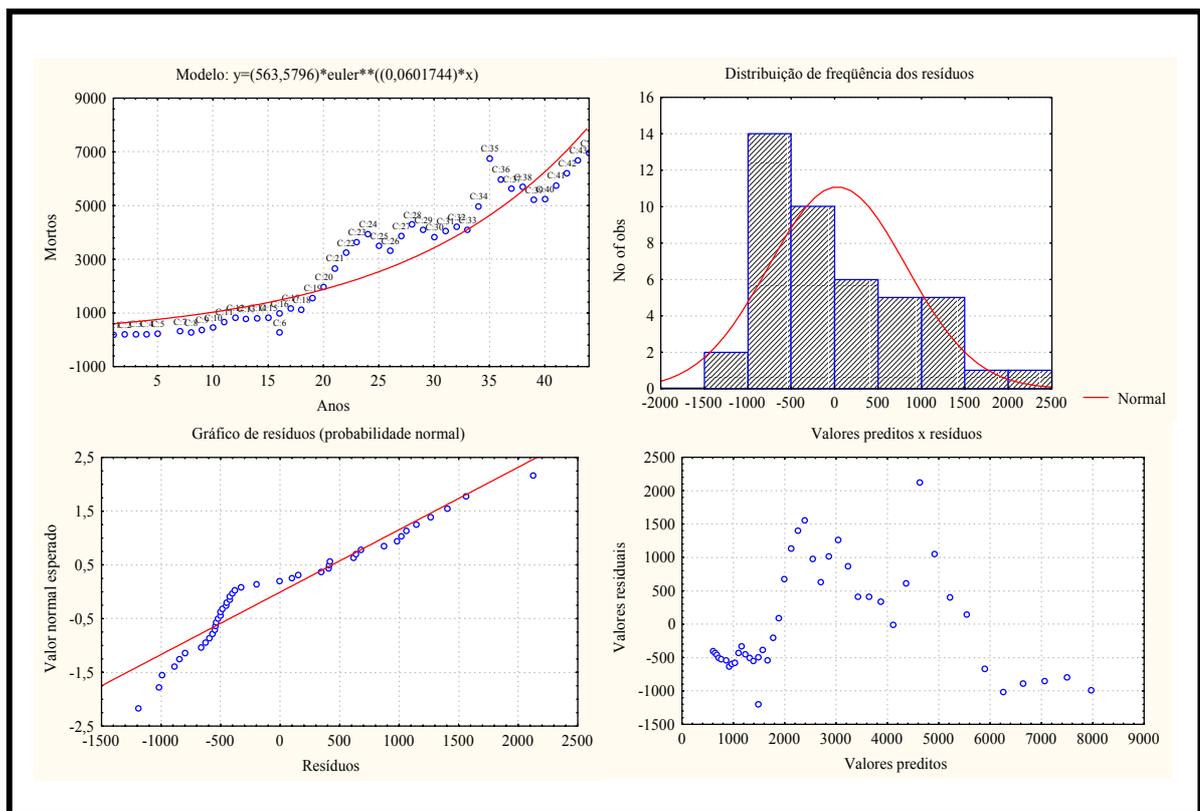
Modelo 1: $v_2 = \text{param2} \cdot \text{ano1}^2 + \text{param3} \cdot \text{ano1}^3$ (cúbico incompleto)		
Dep. var: FER Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 648786373,61 R=,97265 Variance explained: 94,606%		
	PARAM2	PARAM3
Estimate	52,01572	-,60498
Std.Err.	3,95256	,10520
t(42)	13,16000	-5,75090
p-level	,00000	,00000



MODELO C1- Análise de regressão para feridos (modelo cúbico).

Mortos – (MODELO EXPONENCIAL)

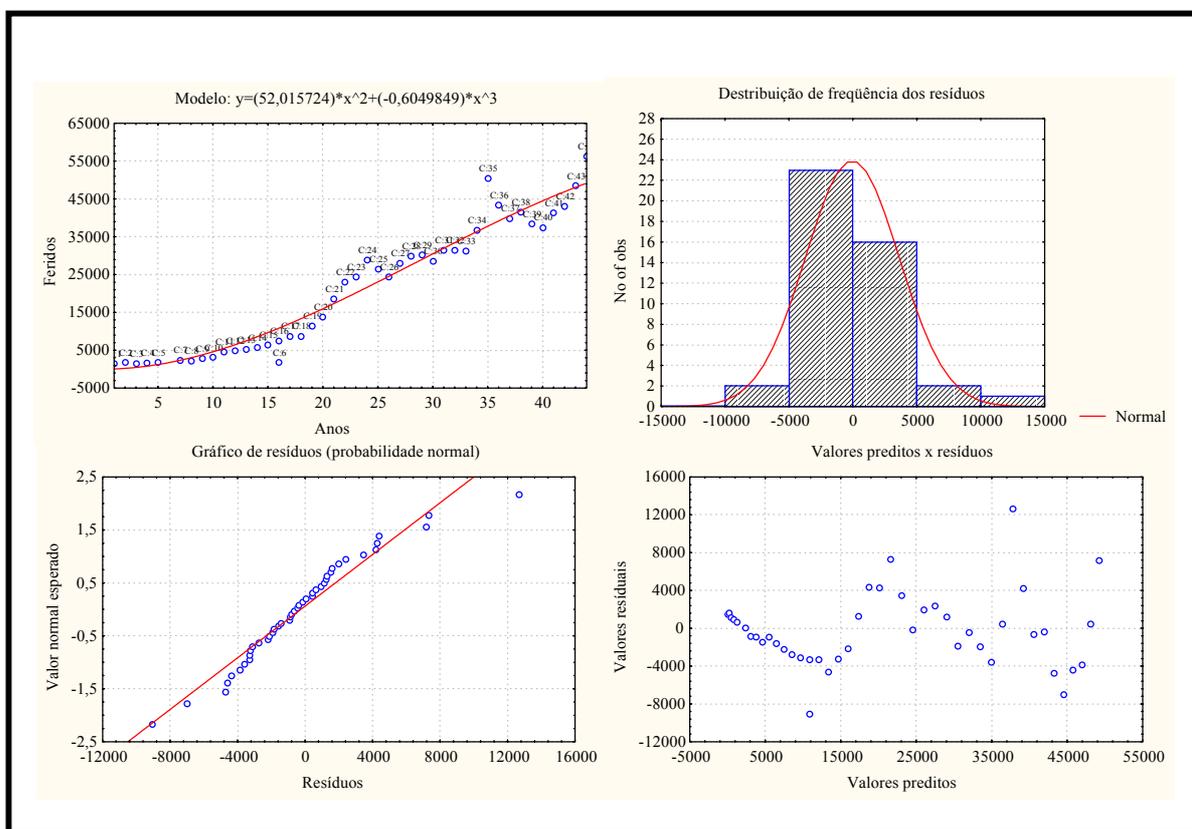
Modelo 2: Mortos=param*Euler** (param1* ano1) (exponencial)		
Dep. Var: mortos Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 5988270,9706 R=,93480 Variance explained: 88,7%		
	PARAM	PARAM1
Estimate	563,5796	,06017
Std.Err.	79,5442	,00385
t(42)	7,0851	15,63905
p-level	,0000	,00000



MODELO C2- Análise de regressão para mortos (modelo exponencial)

Feridos – (MODELO CÚBICO)

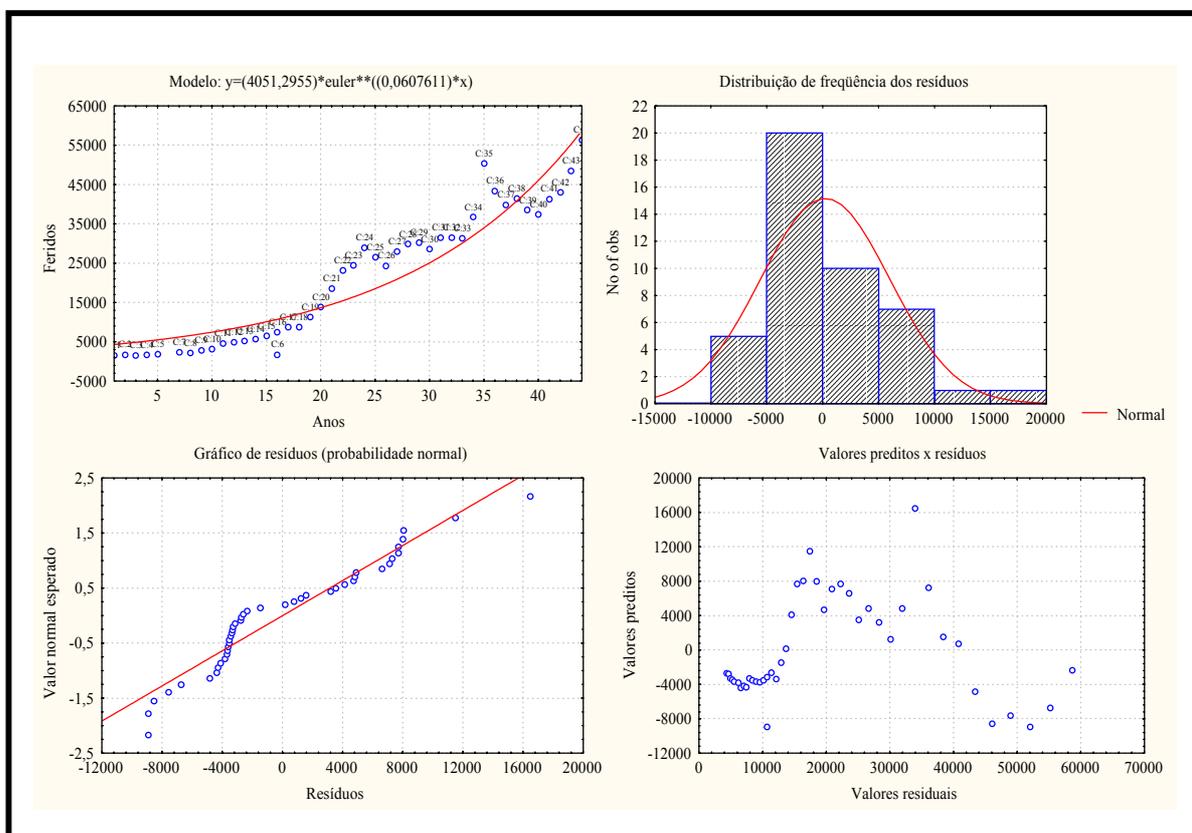
Modelo 3: $V2 = \text{param2} * \text{ano1}^2 + \text{param3} * \text{ano1}^3$ (incompleto)		
Dep. var: FER Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 648786373,61 R=,97265 Variance explained: 94,606%		
	PARAM2	PARAM3
Estimate	52,01572	-,60498
Std.Err.	3,95256	,10520
t(42)	13,16000	-5,75090
p-level	,00000	,00000



Modelo C3- Análise de regressão para feridos (modelo cúbico)

Feridos – (MODELO EXPONENCIAL)

Modelo 4: $V2 = \text{param} * \text{Euler}^{**}(\text{param1} * \text{ano1})$		
Dep. var: FER Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 314584329,79 R=,93606 Variance explained: 88,9%		
	PARAM	PARAM1
Estimate	4051,296	,06076
Std.Err.	573,684	,00385
t(42)	7,062	15,77913
p-level	,000	,00000



MODELO C4- Análise de regressão para mortos (modelo exponencial)

ANEXO E

VARIÂNCIA EXPLICADA E PARÂMETROS PARA O AJUSTE NO TEMPO DAS SÉRIES DA BR-101/SC E ANÁLISE DE REGRESSÃO PARA OS MELHORES MODELOS

Neste anexo, é apresentada a síntese da análise feita com os dados relativos ao movimento de veículos e aos índices de acidentes de um modo geral. Primeiramente, no Quadro E1, são apresentados os coeficientes de determinação ou variância explicada para os ajustes usuais. Neste estudo foram utilizadas 11 curvas para descrever as tendências (ver Seção 6.3, Tese). Em seguida, são apresentados os melhores modelos ajustados às séries, completa (sete modelos) e truncada (dois 2 modelos). O critério foi a magnitude e a qualidade do ajuste, medidos através do percentual variância explicada através do modelo e da qualidade dos resíduos (ver Anexo B).

A seguir, são mostrados os resultados encontrados para um ajuste a uma tendência exponencial. Isto é feito para as séries correspondentes ao movimento de veículos na rodovia e para todos os índices de acidentes utilizados no estudo. Este ajuste é importante porque permite uma comparação direta, através de seus parâmetros, com as séries de outros países com o processo de motorização mais evoluído e que podem servir como referência. Os modelos indexados de 1 a 5, correspondem aos ajustes para séries completas, de 1980 a 1996, e os de índices 6 e 7 correspondem a série truncada, de 1989 em diante. A seguir estão listadas as variáveis avaliadas.

1. bilhões de quilômetros viajados (BKMV);
2. acidentes;
3. mortos;
4. feridos;
5. mortos por BKMV (MBKMV);
6. feridos por BKMV (FBKMV);
7. mortos por BKMV (MBKMV) - truncada;
feridos por BKMV (FBKMV)) - truncada.

COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO E PARÂMETROS PARA AS SÉRIES DA BR-101/SC

Var. dep.		R ²	g.l.	f	Sigf	b0	b1	b2	b3
VMDA	LIN	,915	15	162,29	,000	489,919	863,061		
VMDA	LOG	,674	15	31,07	,000	-1007,8	4701,09		
VMDA	INV	,330	15	7,39	,016	10500,6	-11087		
VMDA	QUA	,958	14	158,88	,000	2919,15	95,9367	42,6180	
VMDA	CUB	,970	13	139,50	,000	4751,97	-975,89	187,315	-5,3591
VMDA	COM	,945	15	258,78	,000	2638,74	1,1163		
VMDA	POW	,773	15	51,10	,000	2046,37	,6314		
VMDA	S	,426	15	11,15	,004	9,1880	-1,5806		
VMDA	GRO	,945	15	258,78	,000	7,8781	,1100		
VMDA	EXP	,949	15	258,78	,000	2572,8	,10700		
VMDA	LGS	,945	15	258,78	,000	,0004	,8958		
BKMOV	LIN	,916	15	162,55	,000	,0851*	,1463		
BKMOV	LOG	,674	15	31,08	,000	-,1688	,7969		
BKMOV	INV	,330	15	7,40	,016	1,7820	-1,8793		
BKMOV	QUA	,958	14	160,16	,000	,4978	,0160	,0072	
BKMOV	CUB	,970	13	140,03	,000	,8057	-,1641	,0316	-0,0009
BKMOV	COM	,945	15	258,59	,000	,4490	1,1161		
BKMOV	POW	,773	15	51,08	,000	,3484	,6302		
BKMOV	S	,426	15	11,15	,004	,5068	-1,5776		
BKMOV	GRO	,945	15	258,59	,000	-,8007	,1098		
BKMOV	EXP	,949	15	258,59	,000	,4760	,10601		
BKMOV	LGS	,945	15	258,59	,000	2,2272	,8960		
ACD	LIN	,707	15	36,11	,000	1304,45	224,453		
ACD	LOG	,497	15	14,81	,002	970,578	1194,36		
ACD	INV	,252	15	5,07	,040	3905,11	-2869,5		
ACD	QUA	,843	14	37,72	,000	2596,56	-183,58	22,6686	
ACD	CUB	,947	13	77,89	,000	1005,34	746,957	-102,95	4,6527
ACD	COM	,807	15	62,86	,000	1777,93	1,0645		
ACD	POW	,643	15	26,96	,000	1553,63	,3538		
ACD	S	,373	15	8,94	,009	8,2297	-,9091		
ACD	GRO	,807	15	62,86	,000	7,4832	,0625		
ACD	EXP	,807	15	62,86	,000	1777,93	,0625		
ACD	LGS	,807	15	62,86	,000	,0006	,9394		
MORTOS	LIN	,762	15	47,93	,000	176,287	13,5564		
MORTOS	LOG	,763	15	48,17	,000	128,644	86,0782		
MORTOS	INV	,519	15	16,22	,001	346,743	-239,46		
MORTOS	QUA	,801	14	28,11	,000	136,176	26,2228	-,7037	
MORTOS	CUB	,801	13	17,41	,000	134,147	27,4096	-,8639	,0059
MORTOS	COM	,723	15	48,32	,000	184,397	1,0507		
MORTOS	POW	,813	15	65,22	,000	152,004	,3237		
MORTOS	S	,592	15	21,76	,000	5,8502	-,9309		
MORTOS	GRO	,723	15	48,32	,000	5,2171	,0494		
MORTOS	EXP	,723	15	48,32	,000	198,24	,0431		
MORTOS	LGS	,723	15	48,32	,000	,0054	,9518		
FERIDOS	LIN	,777	15	52,26	,000	1430,44	112,480		
FERIDOS	LOG	,700	15	35,02	,000	1107,35	677,568		
FERIDOS	INV	,464	15	12,99	,003	2818,94	-1859,3		
FERIDOS	QUA	,781	14	24,95	,000	1535,25	79,3829	1,8388	
FERIDOS	CUB	,868	13	28,56	,000	837,779	487,260	-53,225	2,0394
FERIDOS	COM	,784	15	57,90	,000	1538,66	1,0488		
FERIDOS	POW	,784	15	56,30	,000	1304,23	,3014		
FERIDOS	S	,577	15	20,44	,000	7,9429	-,8681		
FERIDOS	GRO	,784	15	57,90	,000	7,3387	,0476		
FERIDOS	EXP	,784	15	57,90	,000	1565,402	,0466		
FERIDOS	LGS	,784	15	57,90	,000	,0006	,9535		Cont....

QUADRO E1 – Variância explicada e parâmetros para as séries da BR-101/SC

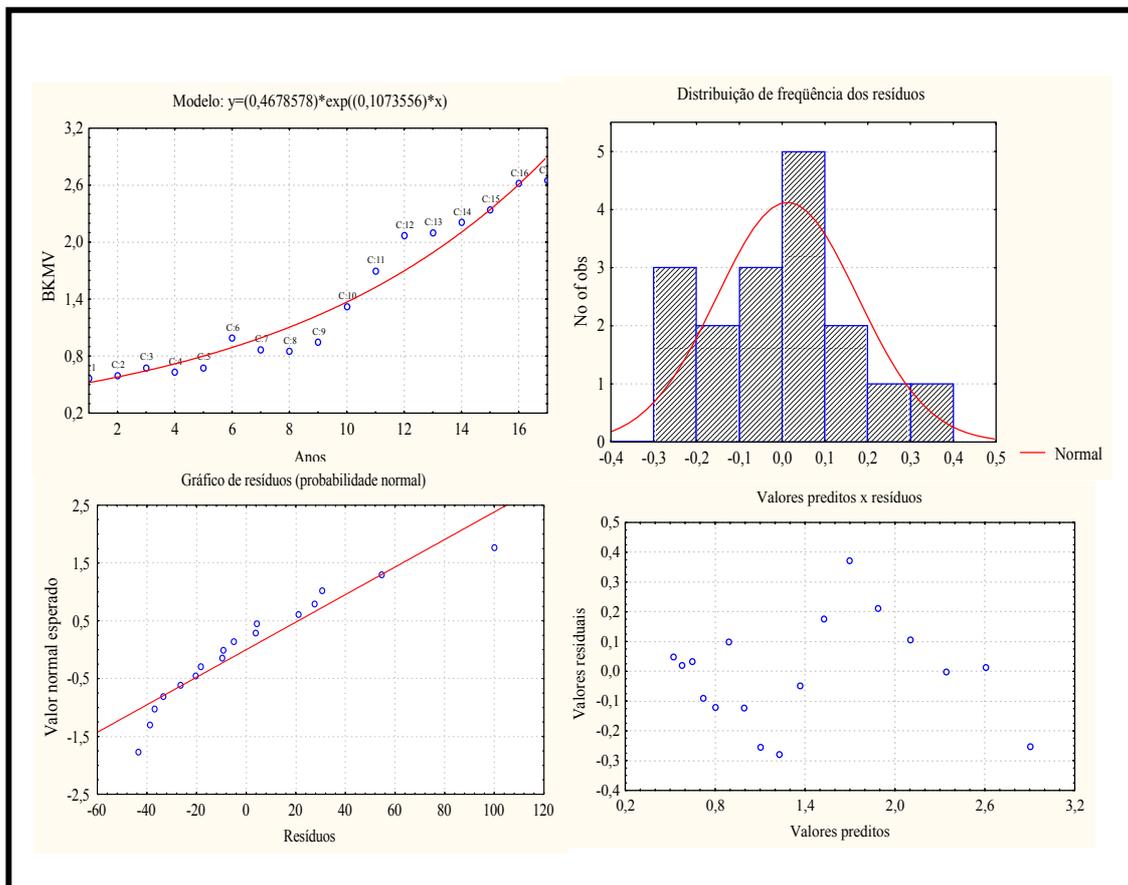
... cont. Var. dep.		R ²	g.l.	F	Sig f	b0	b1	b2	b3
ABKMV	LIN	,625	15	24,97	,000	3808,23	-122,07		
ABKMV	LOG	,526	15	16,67	,001	4110,98	-711,02		
ABKMV	INV	,272	15	5,61	,032	2360,91	1723,54		
ABKMV	QUA	,640	14	12,46	,001	4060,25	-201,65	4,4213	
ABKMV	CUB	,885	13	33,43	,000	2646,57	625,060	-107,18	4,1336
ABKMV	COM	,546	15	18,04	,001	3969,83	,9536		
ABKMV	POW	,463	15	12,92	,003	4473,19	-,2776		
ABKMV	S	,238	15	4,70	,047	7,7230	,6715		
ABKMV	GRO	,546	15	18,04	,001	8,2865	-,0475		
ABKMV	EXP	,546	15	18,04	,001	3969,83	-,0475		
ABKMV	LGS	,546	15	18,04	,001	,0003	1,0487		
MBKMV	LIN	,646	15	27,41	,000	375,481	-13,576		
MBKMV	LOG	,406	15	10,25	,006	387,860	-68,274		
MBKMV	INV	,153	15	2,71	,120	224,699	141,358		
MBKMV	QUA	,734	14	19,32	,000	310,096	7,0721	-1,1471	
MBKMV	CUB	,805	13	17,87	,000	226,990	55,6722	-7,7081	,2430
MBKMV	COM	,700	15	34,98	,000	411,728	,9412		
MBKMV	POW	,448	15	12,18	,003	437,647	-,3077		
MBKMV	S	,176	15	3,20	,094	5,3435	,6497		
MBKMV	GRO	,700	15	34,98	,000	6,0204	-,0606		
MBKMV	EXP	,700	15	34,98	,000	411,728	-,0606		
MBKMV	LGS	,700	15	34,98	,000	,0024	1,0625		
FBKMV	LIN	,704	15	35,69	,000	3166,66	-120,09		
FBKMV	LOG	,478	15	13,74	,002	3323,46	-627,96		
FBKMV	INV	,187	15	3,45	,083	1818,16	1322,93		
FBKMV	QUA	,727	14	18,64	,000	2883,51	-30,676	-4,9676	
FBKMV	CUB	,900	13	38,96	,000	1782,92	612,941	-91,856	3,2181
FBKMV	COM	,714	15	37,40	,000	3435,61	,9395		
FBKMV	POW	,496	15	14,76	,002	3755,19	-,3300		
FBKMV	S	,204	15	3,83	,069	7,4362	,7126		
FBKMV	GRO	,714	15	37,40	,000	8,1419	-,0624		
FBKMV	EXP	,714	15	37,40	,000	3435,61	-,0624		
FBKMV	LGS	,714	15	37,40	,000	,0003	1,0644		
MACD	LIN	,071	15	1,15	,300	,1016	-,0009		
MACD	LOG	,003	15	,04	,838	,0959	-,0011		
MACD	INV	,007	15	,10	,755	,0949	-,0056		
MACD	QUA	,714	14	17,49	,000	,0677	,0098	-,0006	
MACD	CUB	,878	13	31,19	,000	,0919	-,0043	,0013	-7,E-05
MACD	COM	,109	15	1,84	,195	,1037	,9870		
MACD	POW	,014	15	,22	,645	,0979	-,0303		
MACD	S	,001	15	9,5E-03	,924	-2,3795	-,0214		
MACD	GRO	,109	15	1,84	,195	-2,2658	-,0131		
MACD	EXP	,109	15	1,84	,195	,1037	-,0131		
MACD	LGS	,109	15	1,84	,195	9,6393	1,0132		
FACD	LIN	,289	15	6,10	,026	,8550	-,0102		
FACD	LOG	,082	15	1,34	,265	,8312	-,0345		
FACD	INV	,002	15	,03	,861	,7594	,0186		
FACD	QUA	,798	14	27,58	,000	,6780	,0457	-,0031	
FACD	CUB	,805	13	17,88	,000	,7081	,0281	-,0007	-9,E-05
FACD	COM	,309	15	6,70	,021	,8654	,9852		
FACD	POW	,095	15	1,58	,228	,8395	-,0525		
FACD	S	,005	15	,08	,785	-,2867	,0410		
FACD	GRO	,309	15	6,70	,021	-,1445	-,0149		
FACD	EXP	,309	15	6,70	,021	,8654	-,0149		
FACD	LGS	,309	15	6,70	,021	1,1555	1,0150		

QUADRO E1 (continuação) – Variância explicada e parâmetros para as séries da BR-101/SC *Os parâmetros em negrito não são significativos.

ANÁLISE DE REGRESSÃO PARA OS MELHORES MODELOS

Bilhões de quilômetros viajados (BKMV) – Modelo Exponencial

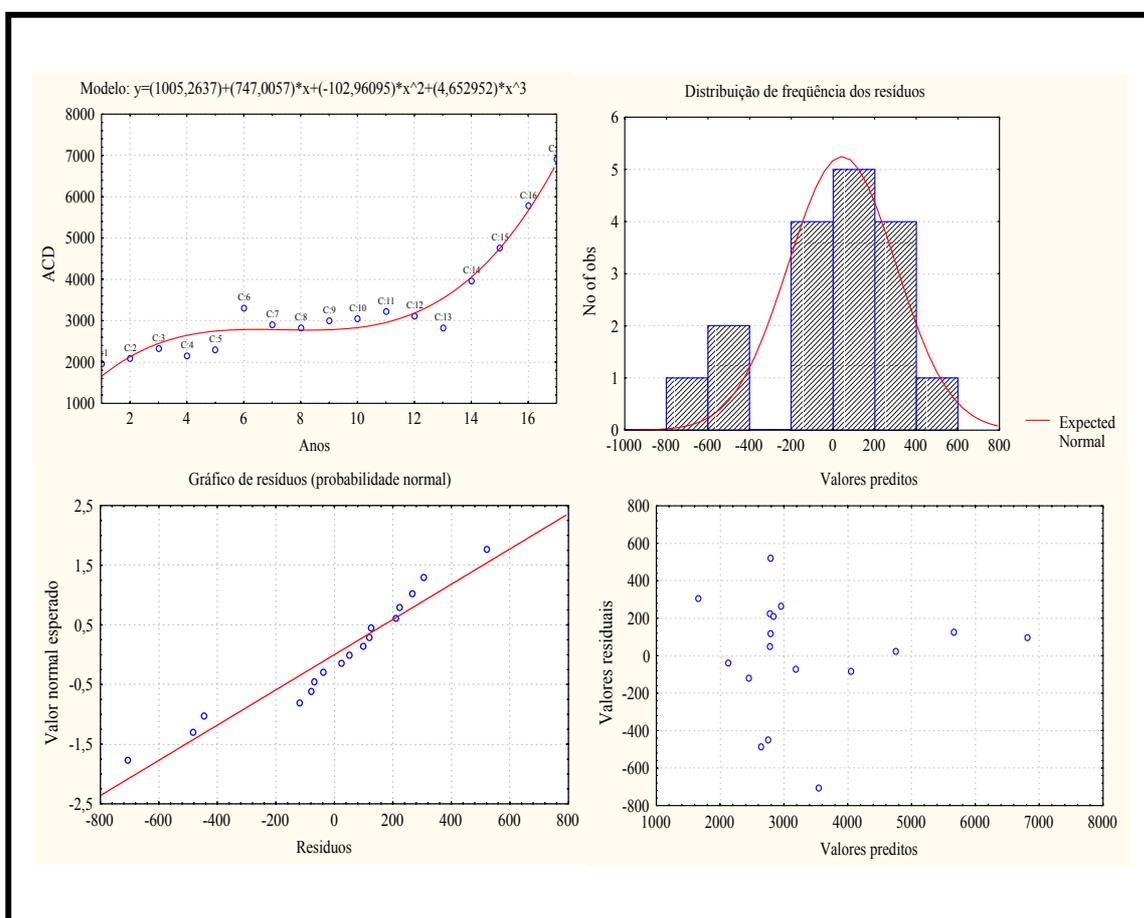
Modelo I: BKMV = b0*exp(b1*ano1) (101certo.sta)		
Dep. Var: BKMV Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: ,486305666 R=,97417 Variance explained: 94,902%		
	B0	B1
Estimate	,467859	,107355
Std.Err.	,088552	,012712
t(15)	5,283439	8,445337
p-level	,000092	,000000



MODELO E1– Análise d regressão para a série “bilhões de Km viajados.

Acidentes (ACD) - Modelo Cúbico.

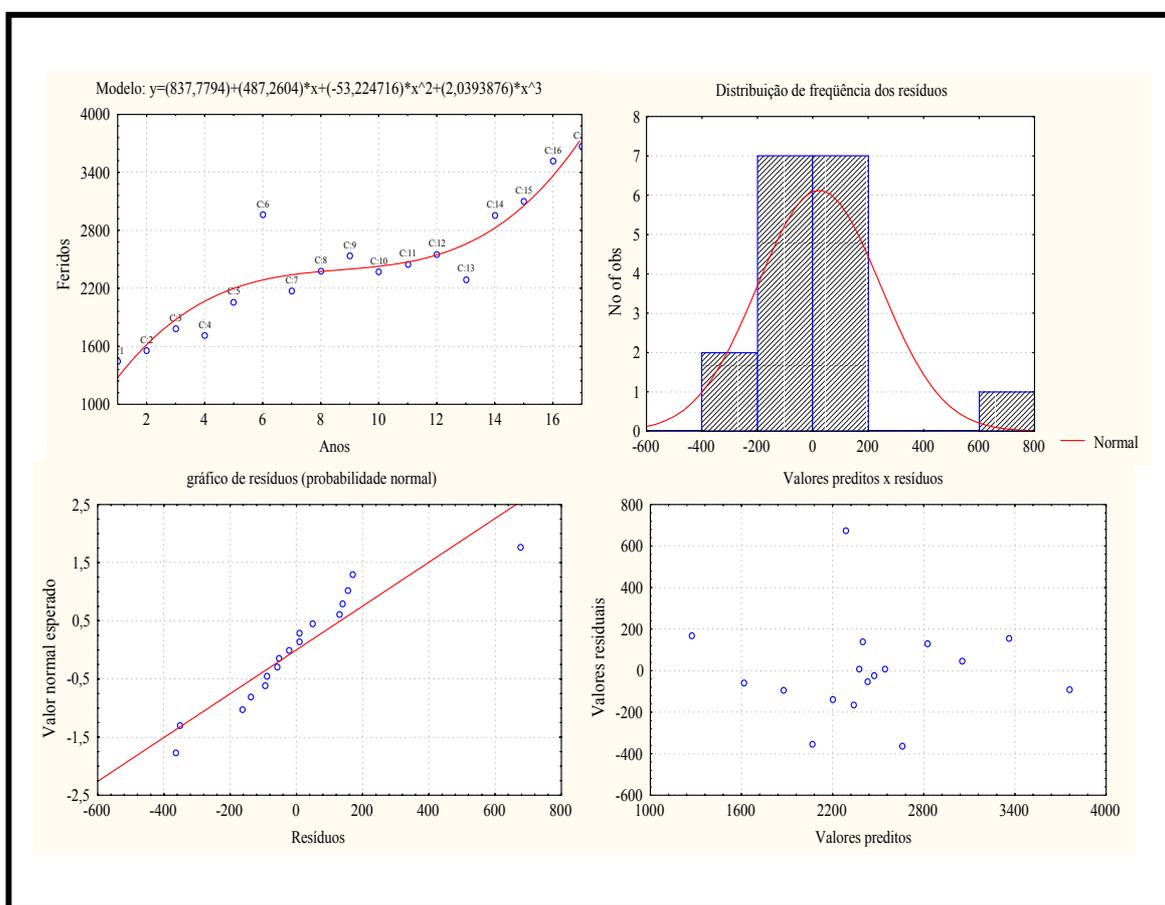
Modelo 2: $ACD = const + param1*ano1 + param2*ano1^2 + param3*ano1^3$				
Dep. Var: ACD Loss: (OBS-PRED)**2				
Final loss: 1533283,7469 R=,97329 Variance explained: 94,730%				
	CONST	PARAM1	PARAM2	PARAM3
Estimate	1005,264	747,0057	-102,961	4,652952
Std.Err.	422,672	197,5583	25,128	,919383
t(13)	2,378	3,7812	-4,097	5,060951
p-level	,033	,0023	,001	,000218



MODELO E2 – Análise de regressão para a série “acidentes”

Mortos (MOR) – Modelo Potência

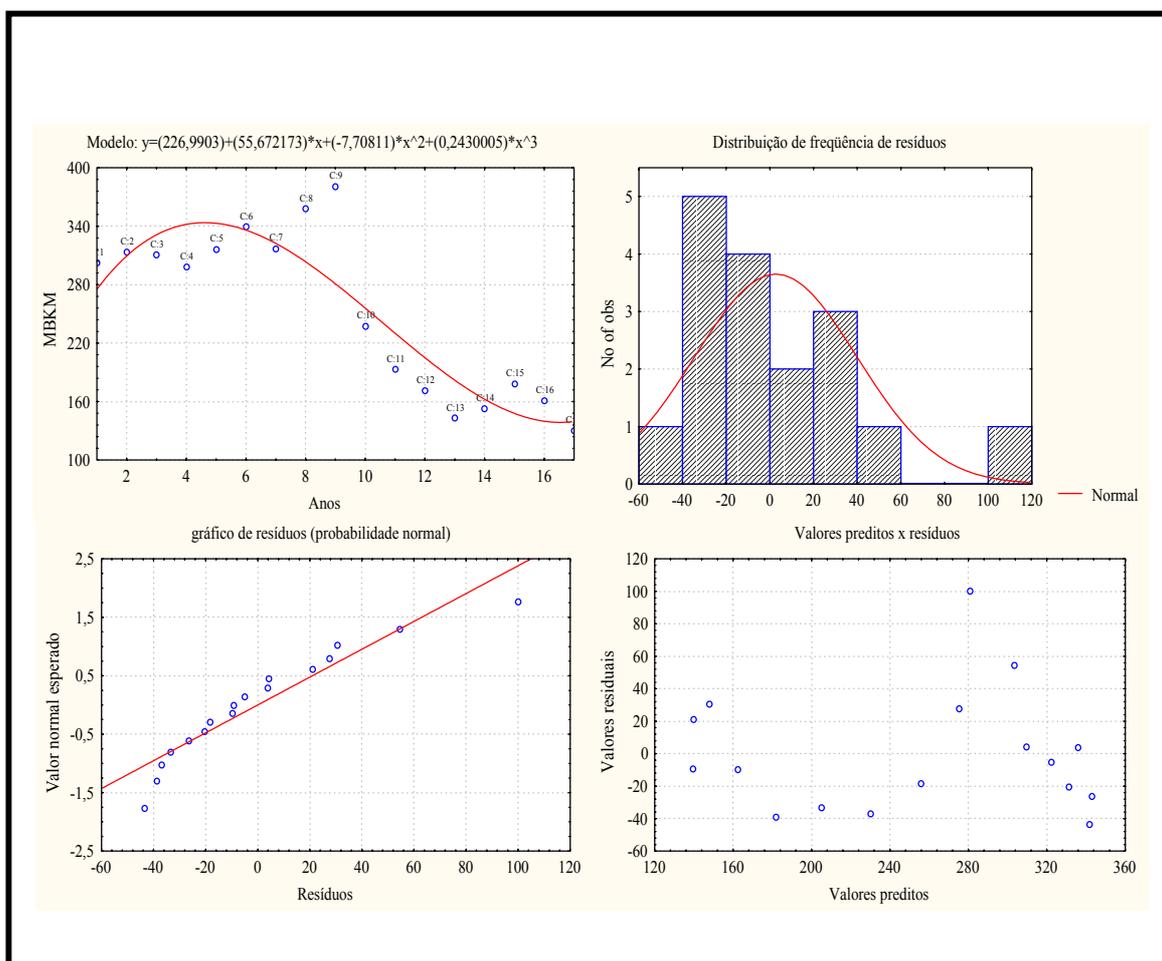
Modelo 3: MOR = param*ano1** param1 (Modelo potência)		
Dep. var: MOR Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 20621,761239 R=,88912 Variance explained: 79,053%		
	PARAM	PARAM1
Estimate	148,3763	,338367
Std.Err.	19,0224	,054516
t(15)	7,8001	6,206750
p-level	,0000	,000017



MODELO E3 – Análise de regressão para a série “mortos”

Mortos por bilhão de quilômetros viajados (MBKMV) – Modelo Cúbico.

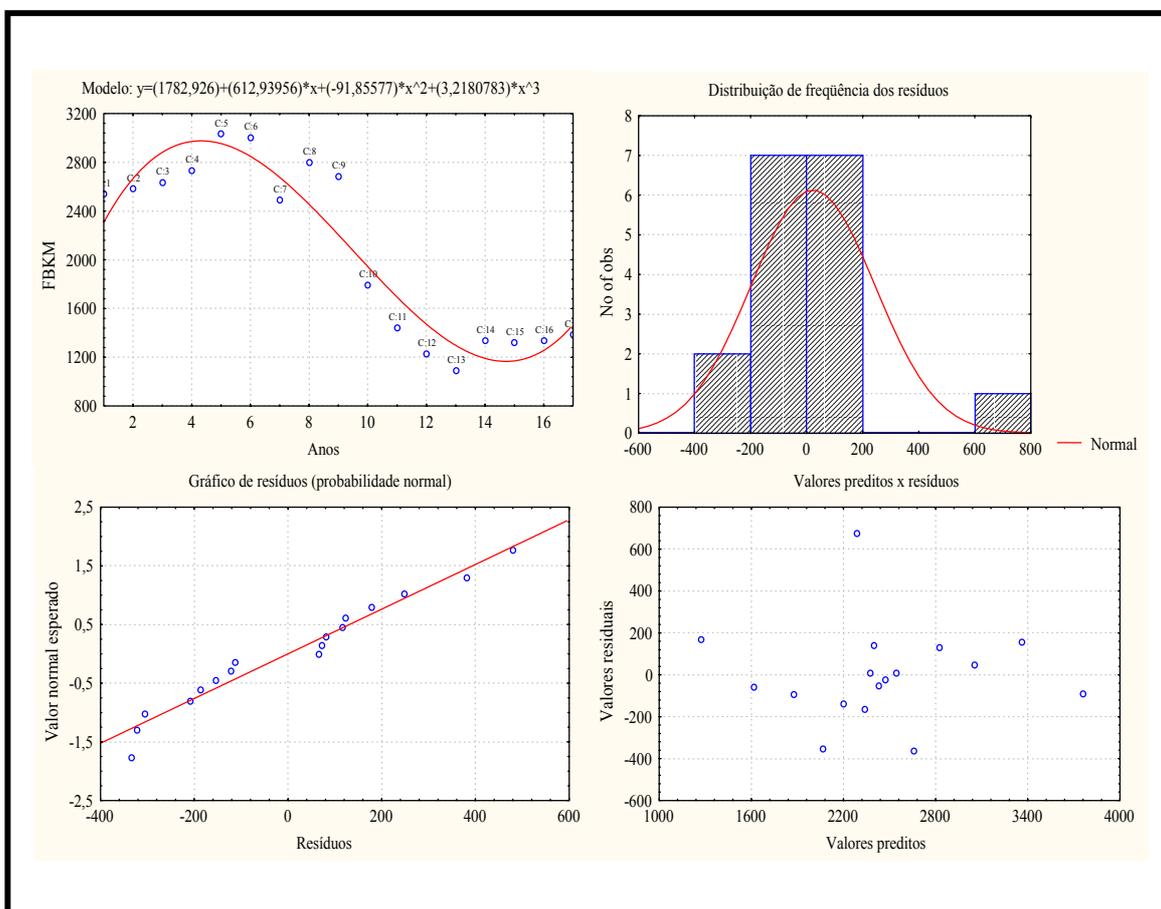
Modelo 4: MBKM =const +param1*ano1+ param2*ano1^2+ param3*ano1^3				
Dep. var: MBKM Loss: (OBS-PRED)**2				
Final loss: 22705,927101 R=,89712 Variance explained: 80,483%				
	CONST	PARAM1	PARAM2	PARAM3
Estimate	226,9903	55,67217	-7,70811	,243001
Std.Err.	51,4354	24,04106	3,05784	,111881
t(13)	4,4131	2,31571	-2,52077	2,171963
p-level	,0007	,03755	,02557	,048951



MODELO E4 – Análise de regressão para a série "mortos por 10⁹Km viajados"

Feridos por bilhão de quilômetros viajados – (MODELO CÚBICO)

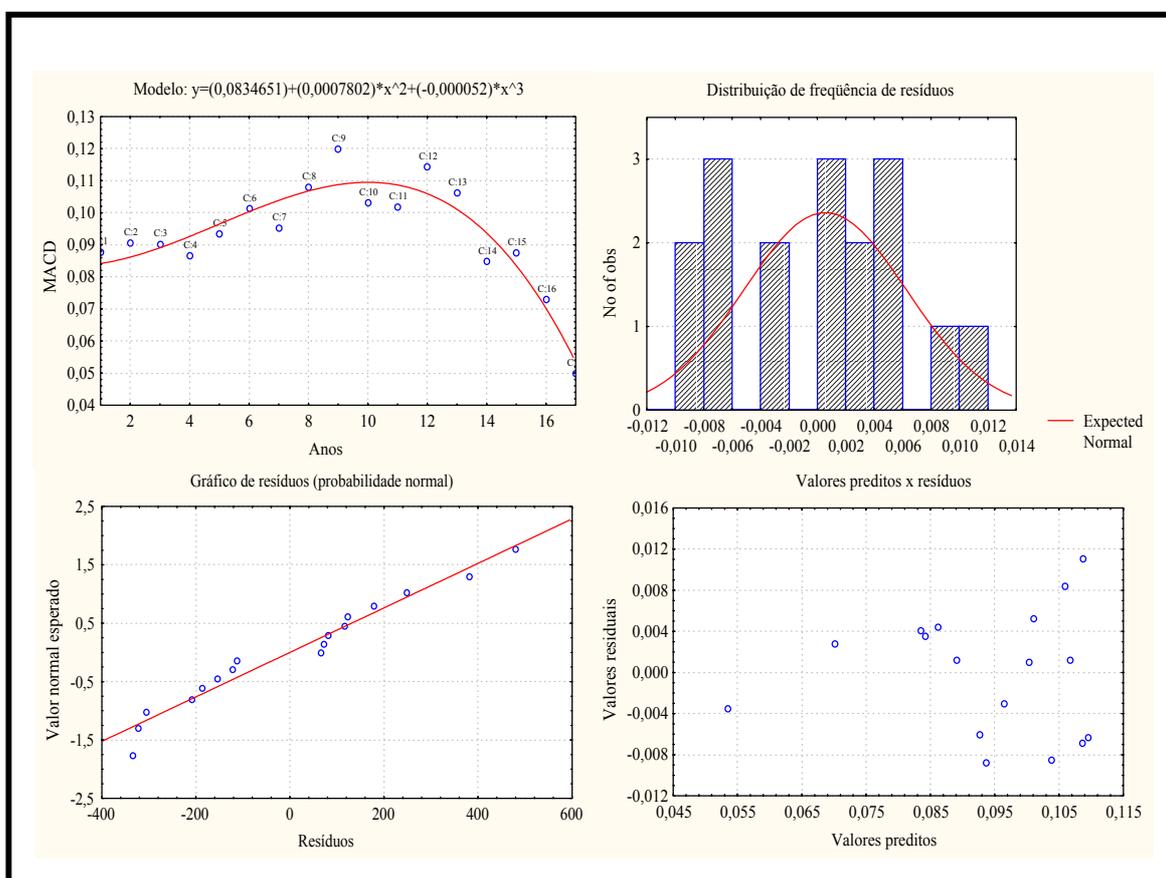
Modelo 5: $FBKM = const + param1 \cdot ano1 + param2 \cdot ano1^2 + param3 \cdot ano1^3$				
Dep. var: $FBKM$ Loss: $(OBS-PRED)**2$				
Final loss: 836464,38649 R=,94864 Variance explained: 89,991%				
	CONST	PARAM1	PARAM2	PARAM3
Estimate	1782,926	612,9396	-91,8558	3,218078
Std.Err.	312,188	145,9176	18,5596	,679061
t(13)	5,711	4,2006	-4,9492	4,739011
p-level	,000	,0010	,0003	,000387



MODELO E5 – Análise de regressão para a série “feridos por 10^9 Km viajados”.

Mortos por acidente – (MODELO CÚBICO)

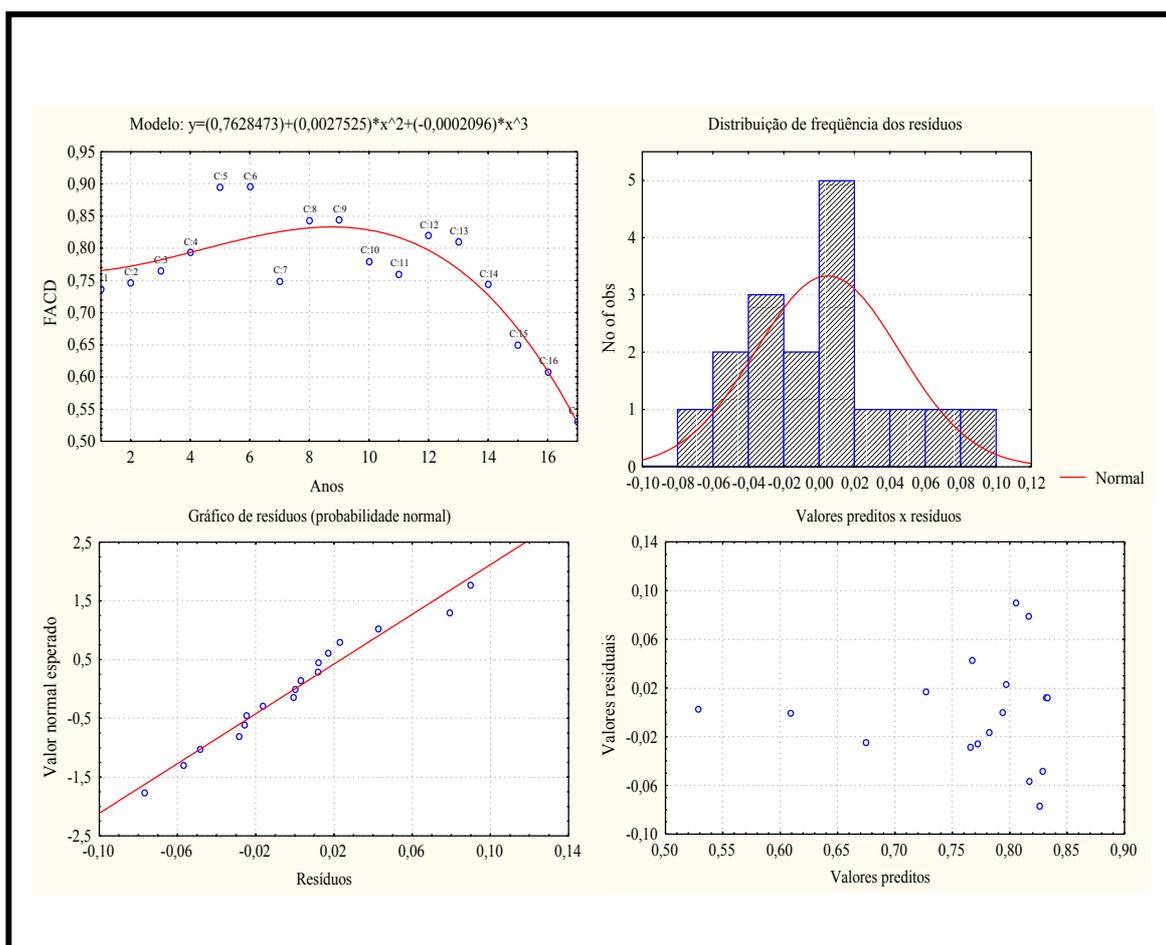
Modelo 6: MACD =const + param2*ano1^2+ param3*ano1^3 (101certo.sta)			
Dep. var: MACD Loss: (OBS-PRED)**2			
Final loss: ,000576358 R=,92979 Variance explained: 86,450%			
	CONST	PARAM2	PARAM3
Estimate	,08347	,000780	-,00005
Std.Err.	,00327	,000105	,00001
t(14)	25,55956	7,425304	-8,28016
p-level	,00000	,000003	,00000



MODELO E6 – Análise de regressão para a série “mortos por acidente”

Feridos por acidente – (MODELO CÚBICO)

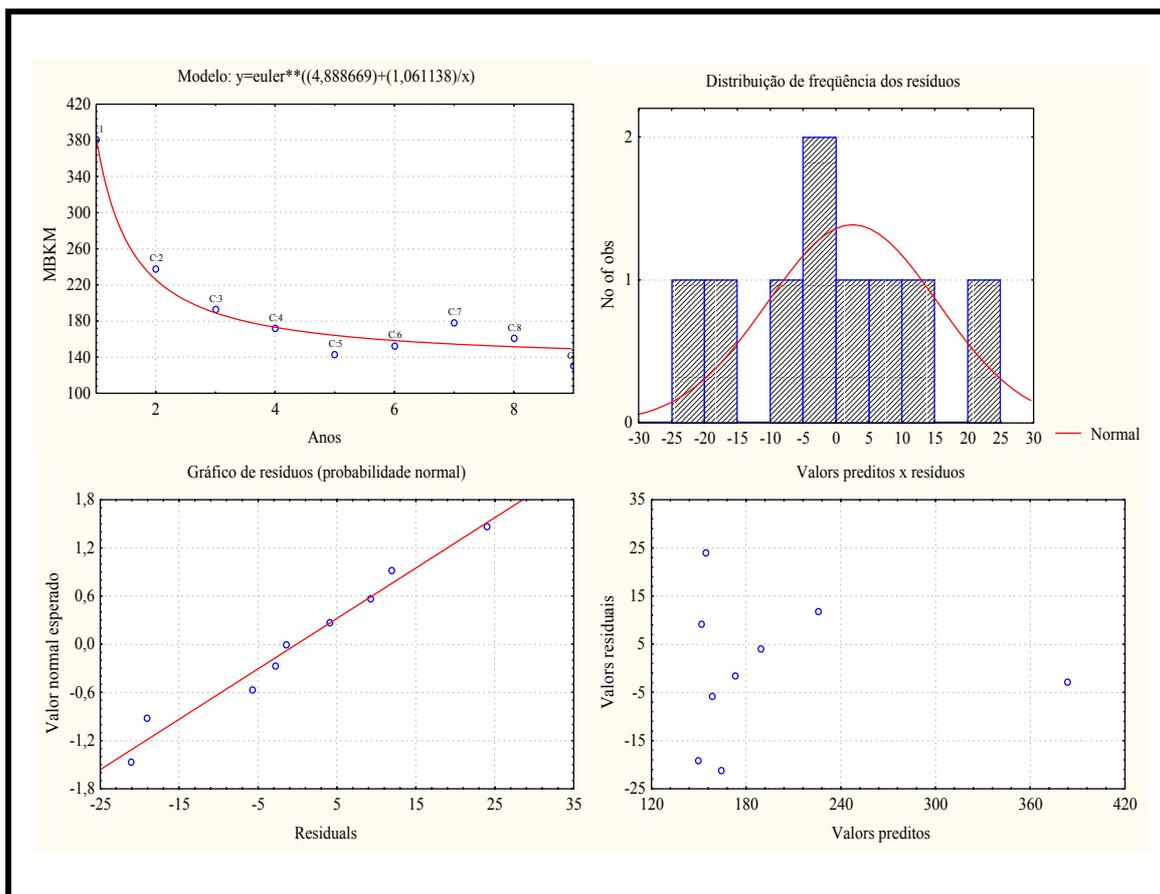
Modelo 7: FACD =const + param2*ano1^2+ param3*ano1^3 (101certo.sta)			
Dep. var: FACD Loss: (OBS-PRED)**2			
Final loss: ,031060299 R=,88807 Variance explained: 78,867%			
	CONST	PARAM2	PARAM3
Estimate	,76285	,002753	-,00021
Std.Err.	,02397	,000771	,00005
t(14)	31,82215	3,568506	-4,54674
p-level	,00000	,003085	,00046



MODELO E7 – Análise de regressão para a série “feridos por acidente”

Mortos por bilhão de quilômetros viajados – (MODELO "S" PARA A SÉRIE TRUNCADA 89/97)

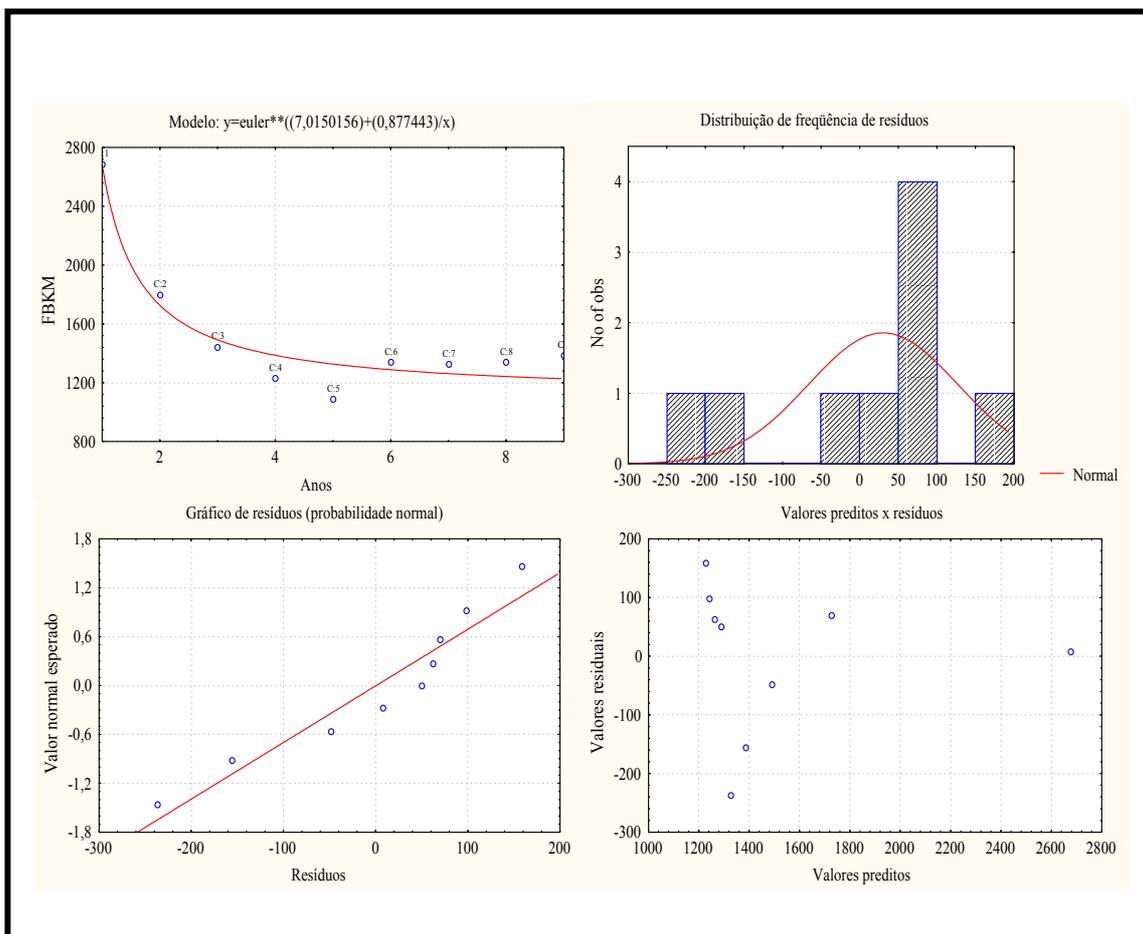
Modelo 8: MBKM =Euler** (param+ param1/ ano1) (br101trc.sta)		
Dep. var: MBKM Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 1672,2477291 R=,98206 Variance explained: 96,444%		
	PARAM	PARAM1
Estimate	4,8887	1,06114
Std.Err.	,0433	,06616
t(7)	112,9240	16,03971
p-level	,0000	,00000



MODELO E8 – Análise de regressão para a série “mortos por 10⁹Km viajados”

Feridos por bilhão de quilômetros viajados – (MODELO "S" PARA A SÉRIE TRUNCADA 89/97)

Modelo 9: FER =b0*exp(b1*ano1) (101certo.sta)		
Dep. var: FER Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 1437133,4532 R=,88526 Variance explained: 78,368%		
	B0	B1
Estimate	1565,403	,046559
Std.Err.	123,617	,006546
t(15)	12,663	7,112725
p-level	,000	,000004



MODELO E9 – Análise de regressão para a série “feridos por 10⁹Km viajados”

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS SÉRIE DA BR-101/SC
 ATRAVÉS DO MODELO EXPONENCIAL**

Modelo1: BKMV =b0*exp(b1*ano1) (101certo.sta)		
Dep. var: BKMV Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: ,486305665 R=,97417 Variance explained: 94,902%		
	B0	B1
Estimate	,467858	,10736
Std.Err.	,048359	,00745
t(15)	9,674766	14,41460
p-level	,000000	,00000
Modelo2: ACD =b0*exp(b1*ano1) (101certo.sta)		
Dep. var: ACD Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 5824482,7754 R=,89431 Variance explained: 79,979%		
	B0	B1
Estimate	1530,712	,077490
Std.Err.	221,915	,011152
t(15)	6,898	6,948195
p-level	,000	,000005
Modelo3: MOR =b0*exp(b1*ano1) (101certo.sta)		
Dep. Var: MOR Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 27292,903499 R=,85016 Variance explained: 72,277%		
	B0	B1
Estimate	198,2430	,043087
Std.Err.	16,9882	,007128
t(15)	11,6695	6,044516
p-level	,0000	,000022
Modelo4: FER =b0*exp(b1*ano1) (101certo.sta)		
Dep. var: FER Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 1437133,4531 R=,88526 Variance explained: 78,368%		
	B0	B1
Estimate	1565,402	,046560
Std.Err.	124,637	,006590
t(15)	12,560	7,064752
p-level	,000	,000004
Modelo5: MBKM =b0*exp(b1*ano1) (101certo.sta)		
Dep. var: MBKM Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 48157,648473 R=,76555 Variance explained: 58,606%		
	B0	B1
Estimate	381,9499	-,04837
Std.Err.	34,5860	,01087
t(15)	11,0435	-4,45139
p-level	,0000	,00047
Modelo5: FBKM =b0*exp(b1*ano1) (101certo.sta)		
Dep. var: FBKM Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 2851311,9851 R=,81168 Variance explained: 65,882%		
	B0	B1
Estimate	3273,350	-,05352
Std.Err.	274,024	,01035
t(15)	11,945	-5,17238
p-level	,000	,00011

CONT. ...

... cont.

Modelo6: MBKM =b0*exp(b1*ano1) (br101trc.sta)		
Dep. var: MBKM Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 14579,292504 R=,83062 Variance explained: 68,993%		
	B0	B1
Estimate	352,6397	-,13245
Std.Err.	51,1905	,03677
t(7)	6,8888	-3,60234
p-level	,0002	,00871

Modelo 7: FBKM =b0*exp(b1*ano1) (br101trc.sta)		
Dep. var: FBKM Loss: (OBS-PRED)**2		
Final loss: 925424,56085 R=,70297 Variance explained: 49,416%		
	B0	B1
Estimate	2300,816	-,08983
Std.Err.	365,744	,03590
t(7)	6,291	-2,50216
p-level	,000	,04086

QUADRO E2 (continuação) – Análise do ajuste exponencial para as séries da BR-101/SC.

ANEXO F

HISTOGRAMAS PARA OS ACIDENTES TÍPICOS OCORRIDOS NA BR-101/SC

Este anexo apresenta alguns dos Histogramas utilizados na análise preliminar e que correspondem aos registros para os seis principais tipos de acidentes ocorridos em 1996 na BR-101/SC, entre os quilômetros 104 e 298. Esta ferramenta de análise permite apresentar a distribuição de frequência de cada tipo de acidente em intervalos de centenas de metros. Deste modo, é possível visualizar a série inteira, em toda a extensão dos 194 Km, e localizar pontos de acumulação de acidentes.

Nas figuras F1 e F2, são mostradas as distribuições de cada tipo de acidentes, simultaneamente, para, deste modo, salientar as diferenças e semelhanças que podem haver entre eles, bem como, avaliar, preliminarmente, tendências ou relações. Nas demais figuras, são apresentados alguns detalhes das séries anteriores, em pontos críticos. A disposição destas frequências ao longo do eixo da estrada numa escala adequada, pode servir de partida para a criação de um overlay (superposição de mapa e um tema, no caso, acidentes), uma ferramenta que parece bastante útil à detecção e localização de problemas de segurança.

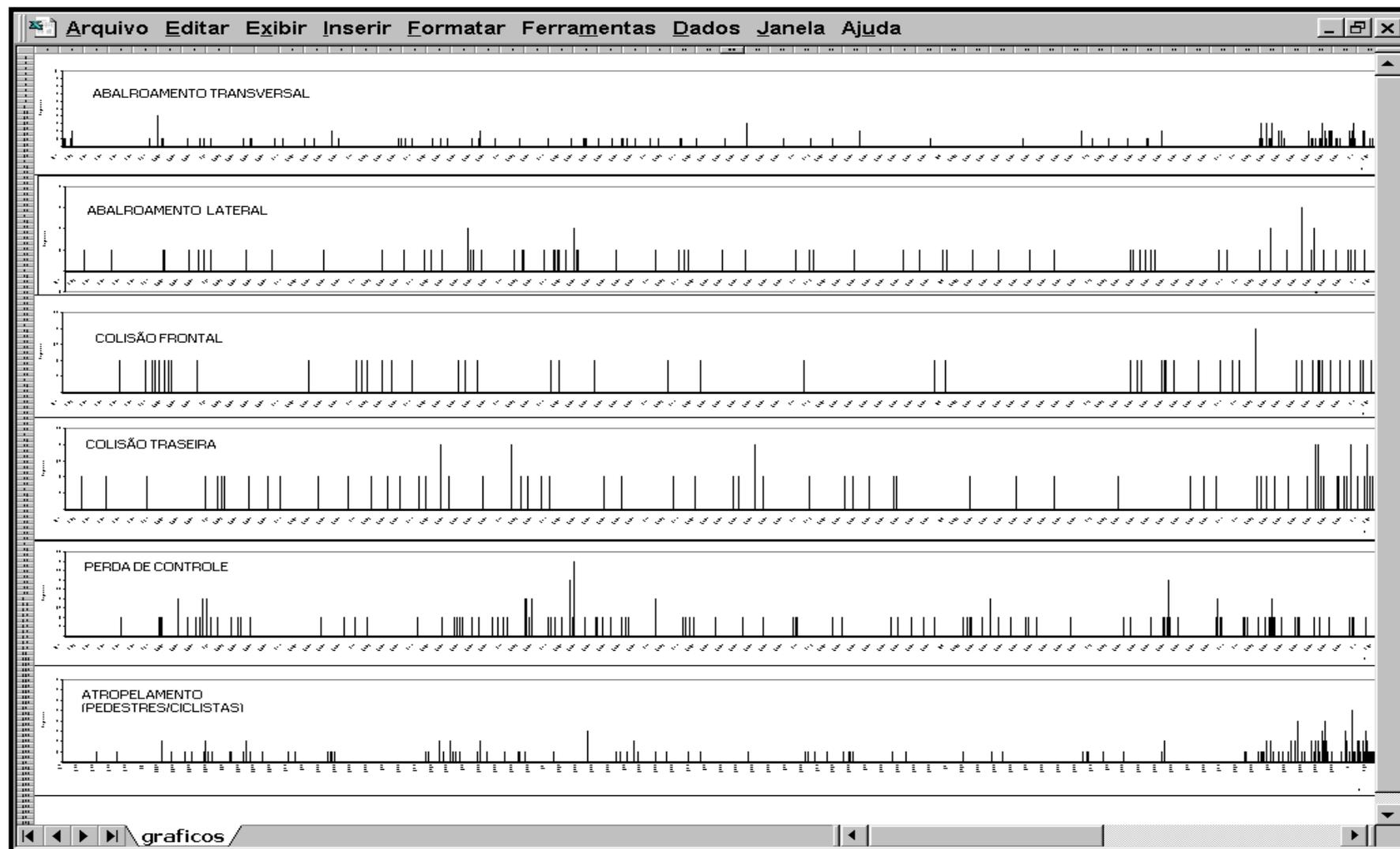


FIGURA F1 – Histograma de frequência para os tipos de acidentes (Km 104-200). Fonte PRFSC.

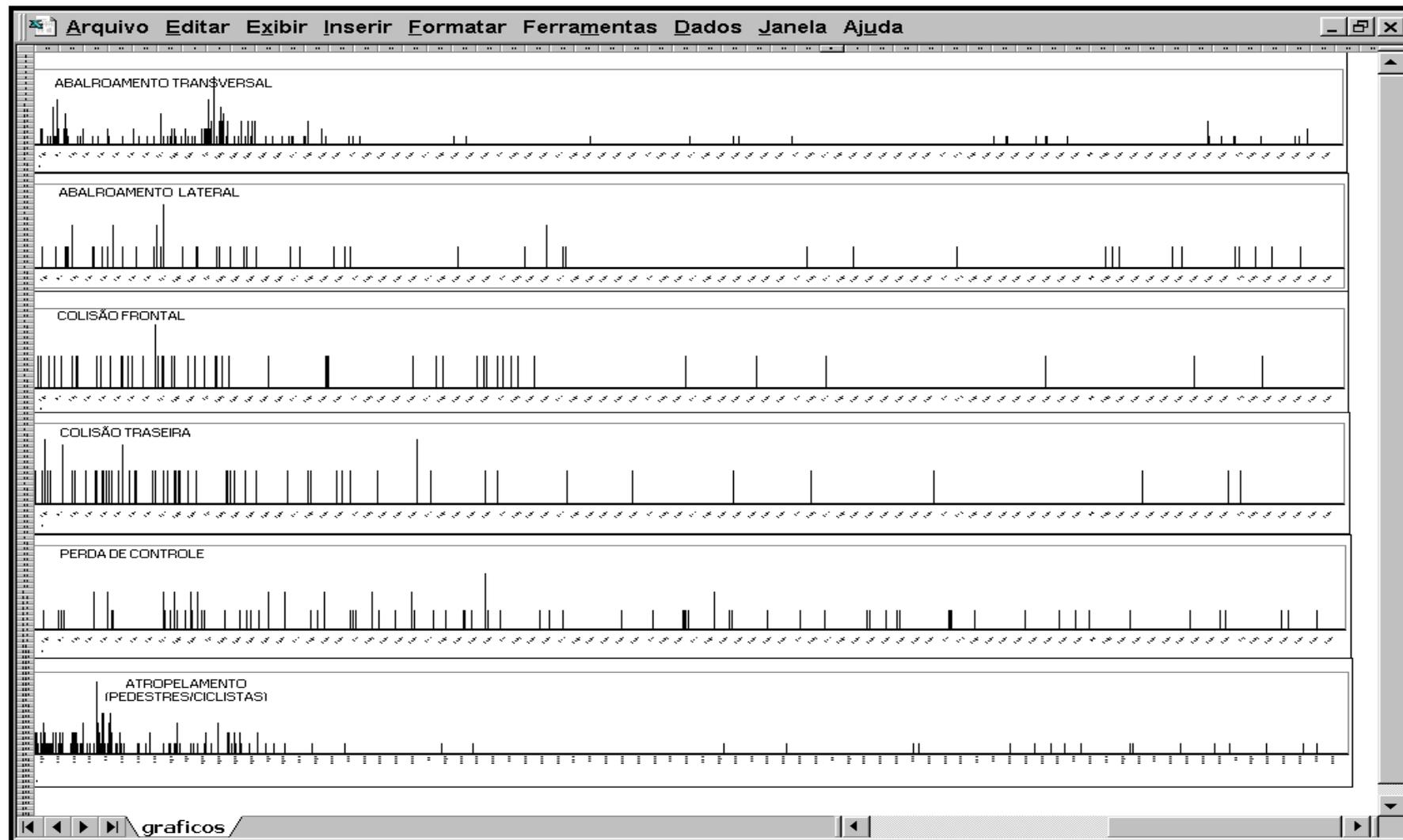


FIGURA F2 –Histograma de freqüência para os tipos de acidentes (Km 200-298). Fonte PRFSC.

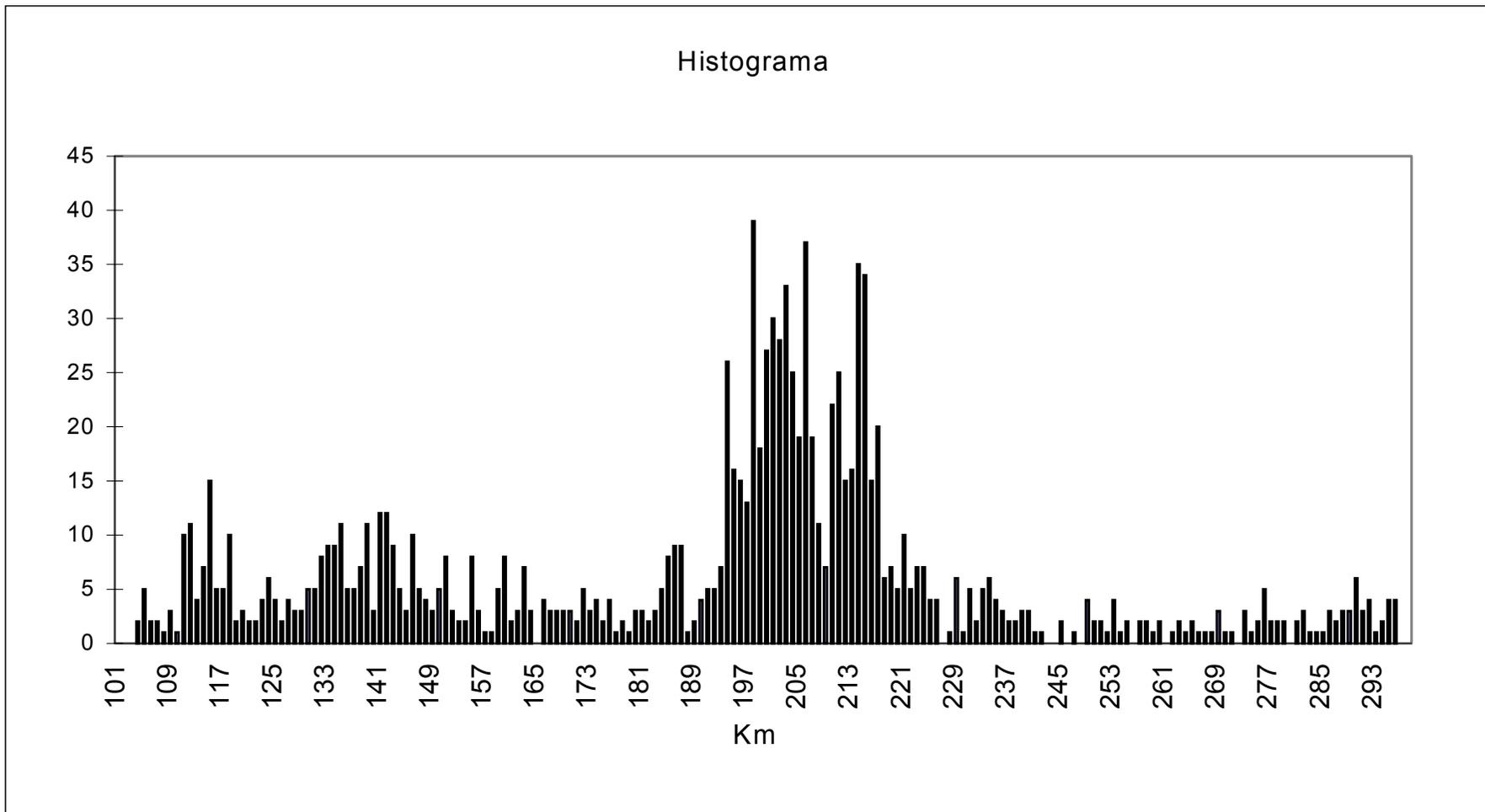


FIGURA F3 – Histograma para Acidentes c/ Vitimas (ACD) – Km 104-298 – BR-101/SC. Elaborada com dados da PRFSC - 1996 -

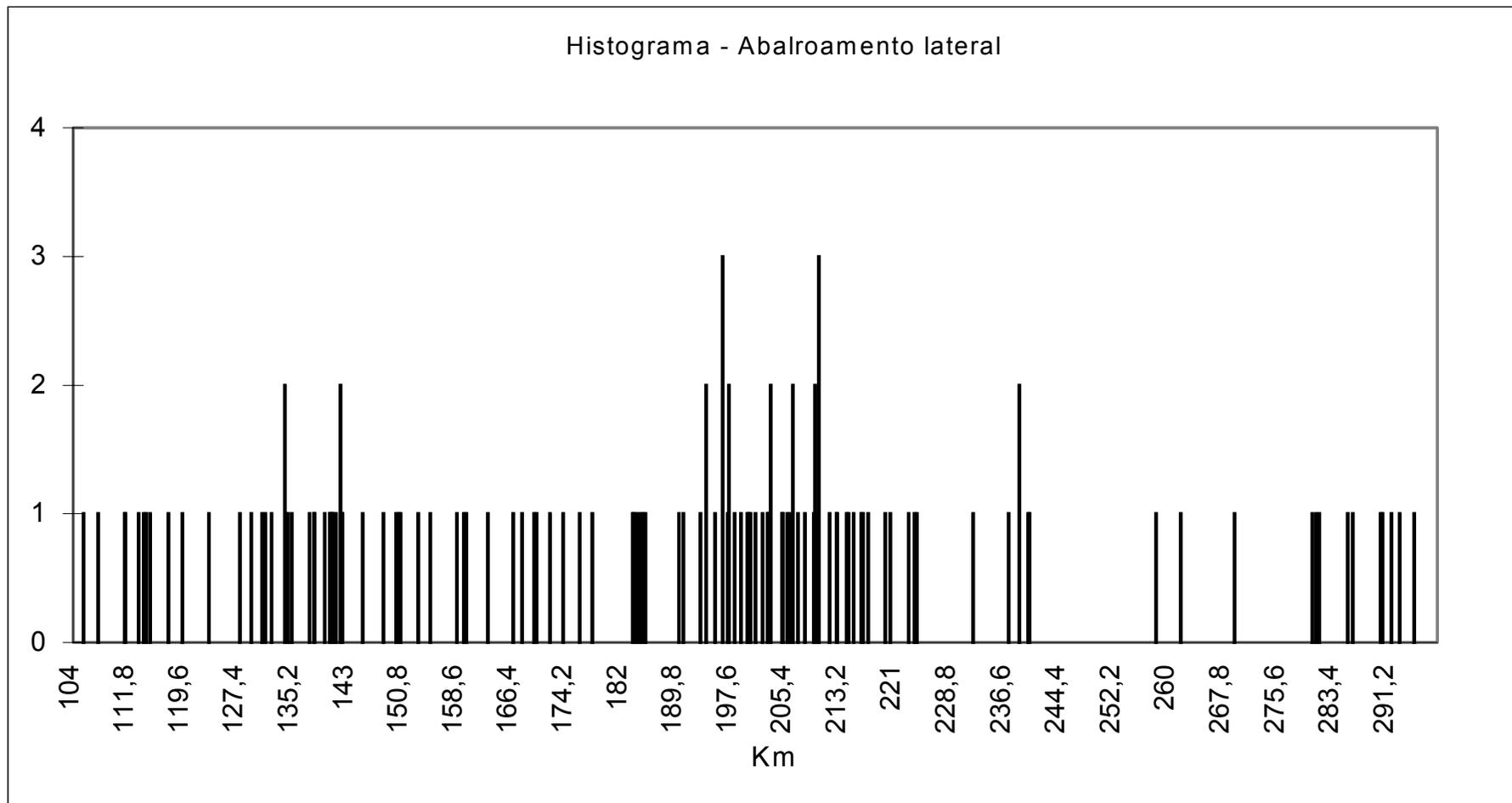


FIGURA F4 – Histograma para os Abalroamentos Laterais (AL) – Km 104-298 – BR-101/SC. Elaborada com dados da PRFSC – 1996

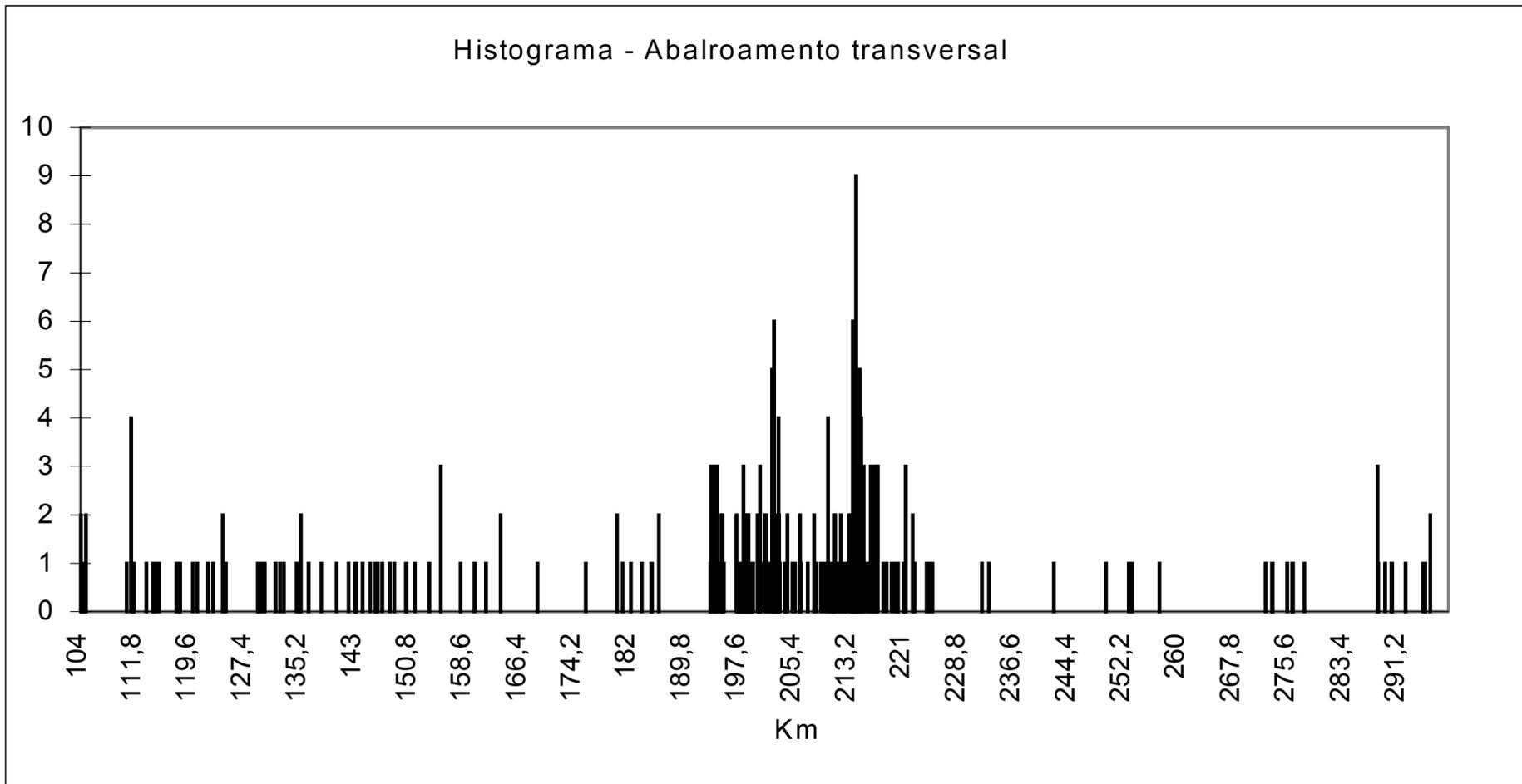


FIGURA F5 – Histograma para os Abalroamentos Transversais (AT)– Km 104-298 – BR-101/SC. Elaborada com dados da PRFSC - 1996 –

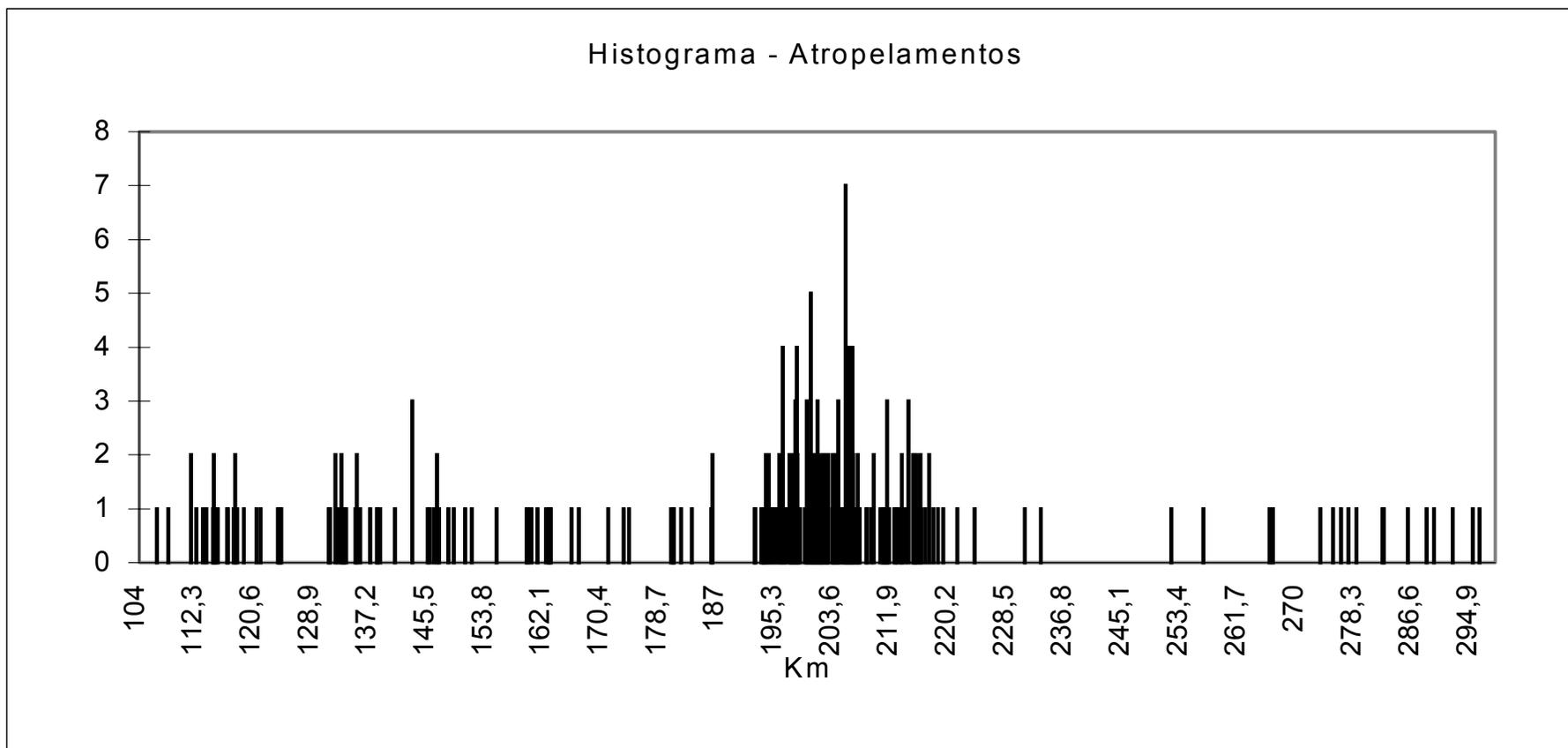


FIGURA F6 – Histograma para os Atropelamentos (B) – Km 104-298 – BR-101/SC. Elaborada com dados da PRFSC - 1996

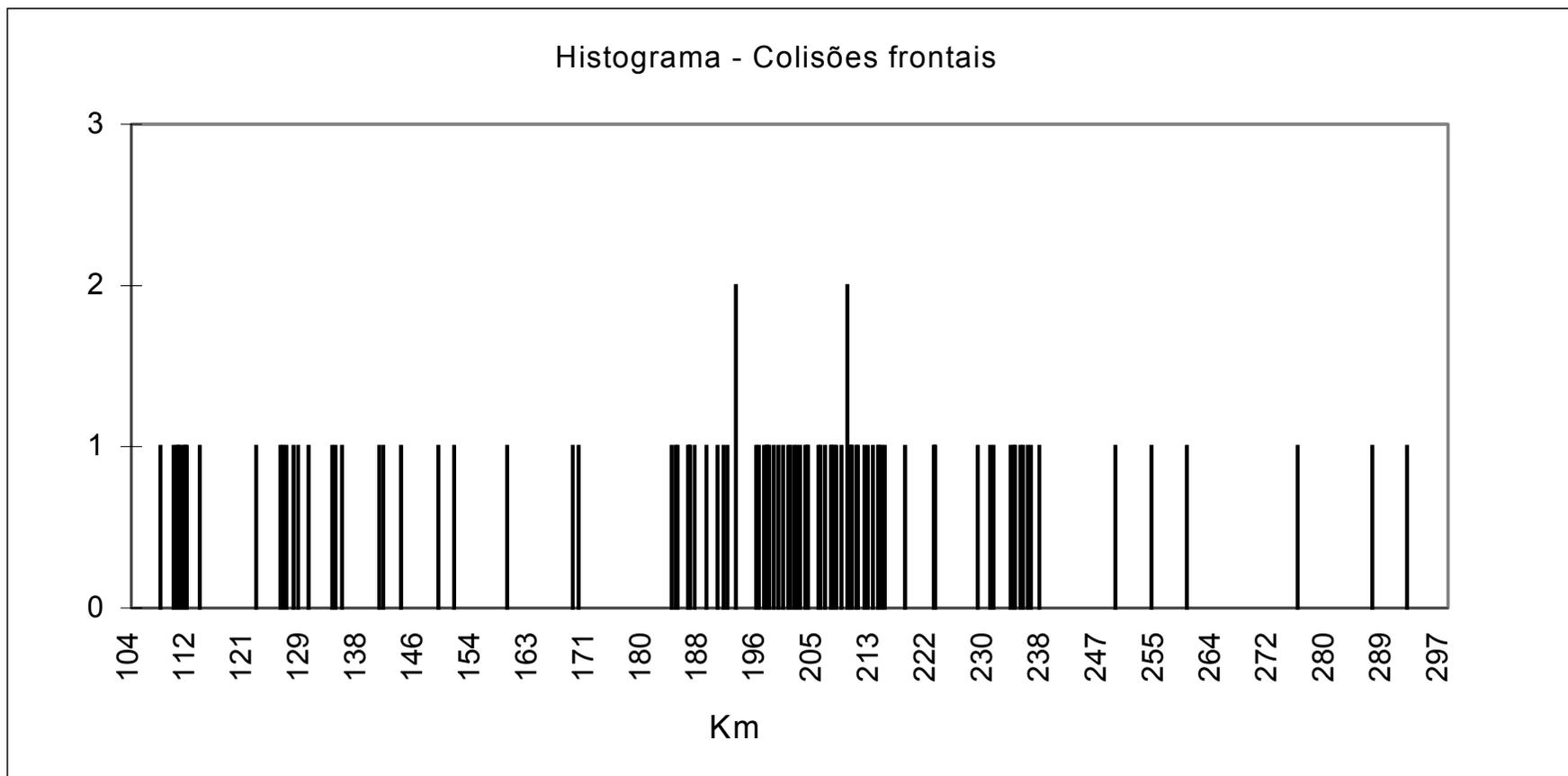
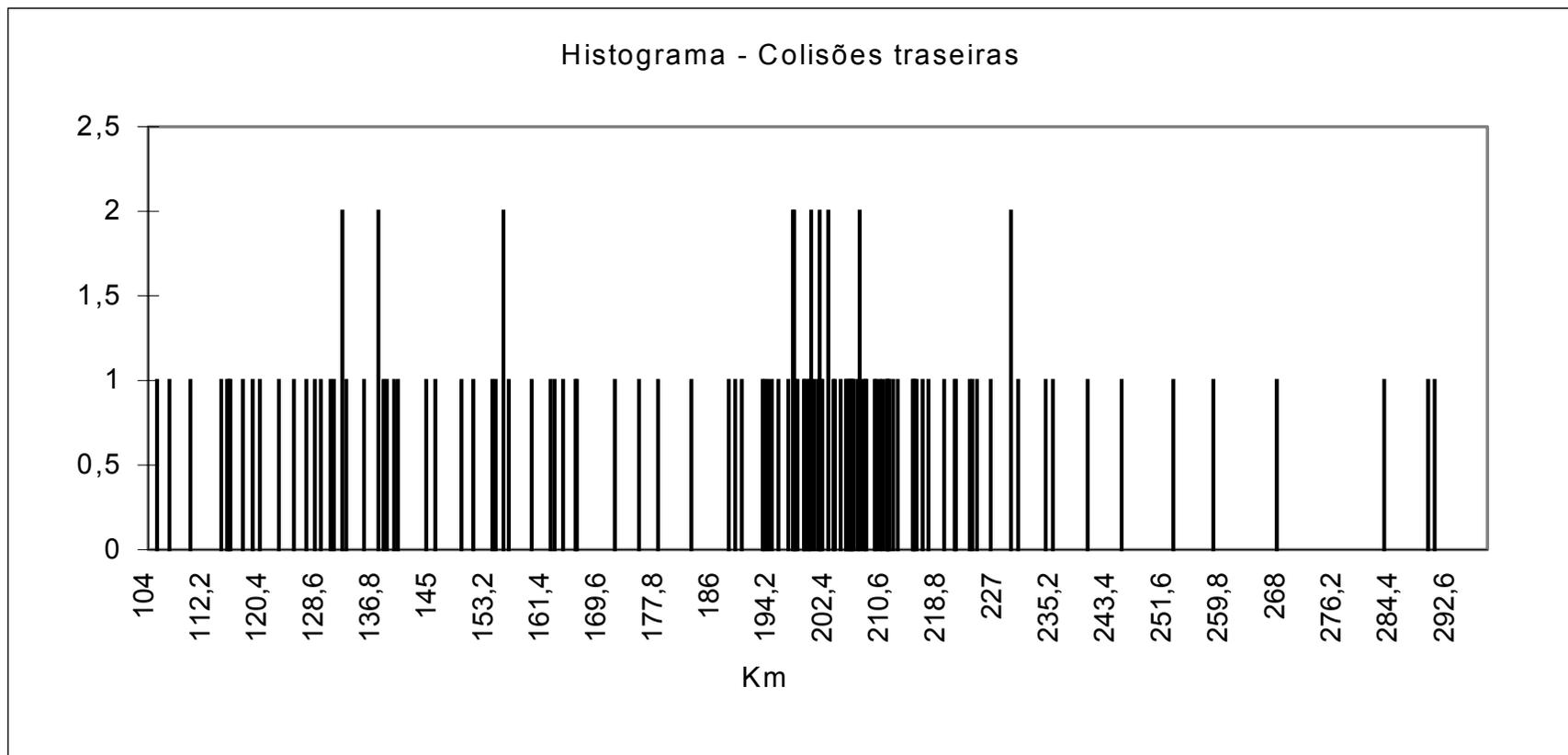


FIGURA F7 – Histograma para as Colisões Frontais (CF) – Km 104-298 – BR-101/SC. Elaborada com dados da PRFSC - 1996



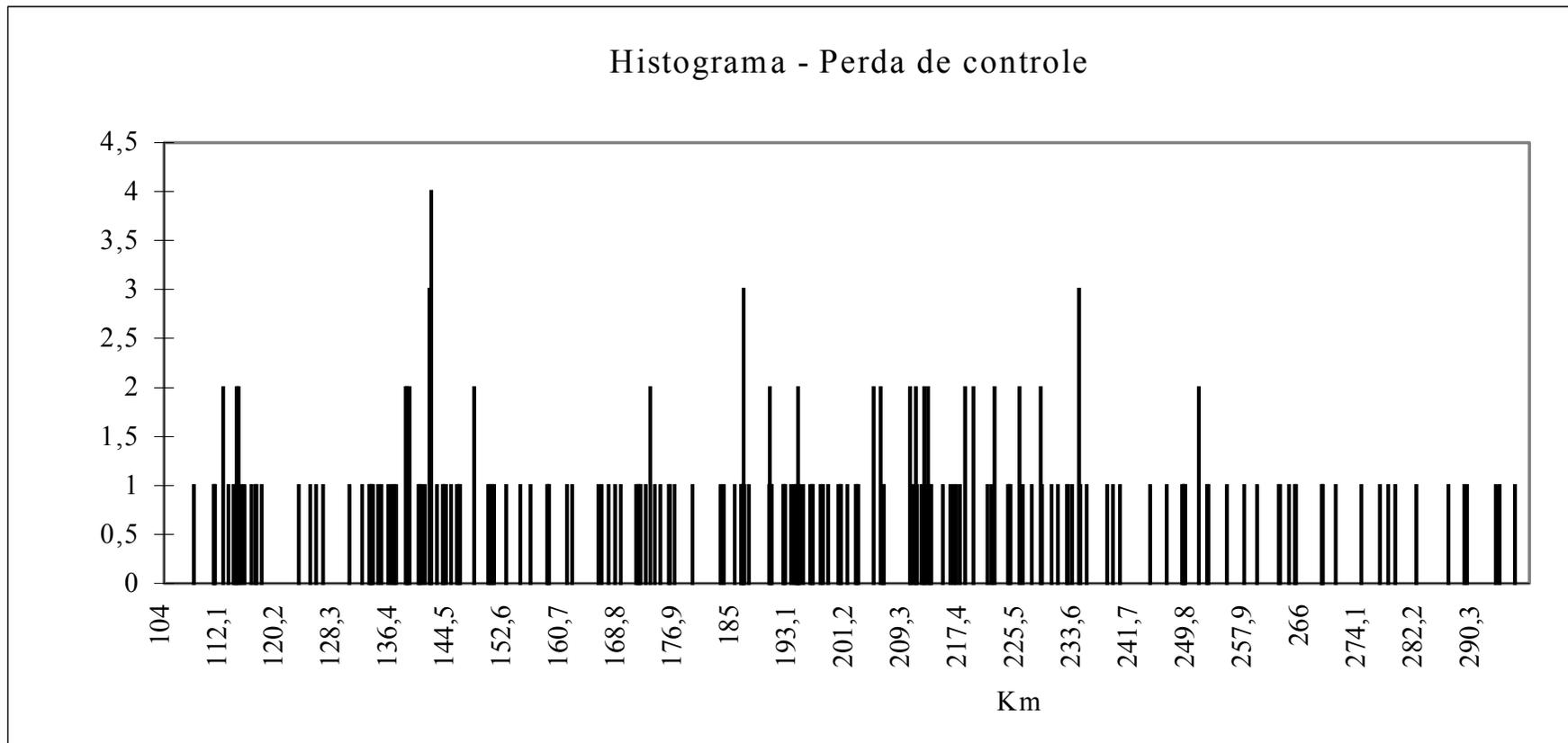


FIGURA F9 – Histograma para os Perdas de Controle (PC) – Km 104-298 – BR-101/SC. Elaborada com dados da PRFSC - 1996

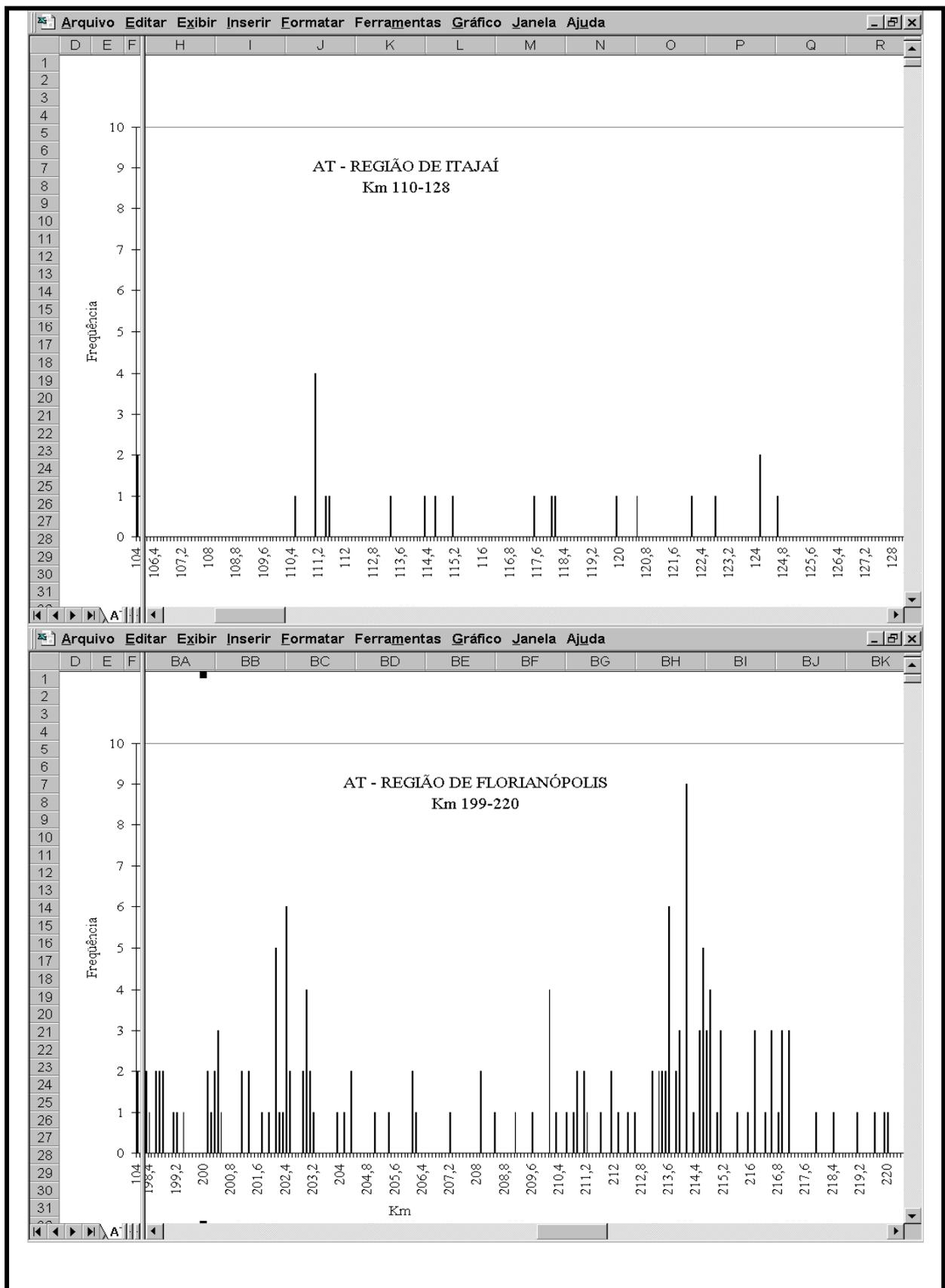


FIGURA F10 – Histograma de frequência de acidentes – Abalroamentos Transversais na regiões de Itajaí (acima) e Florianópolis (abaixo). Fonte PRFSC

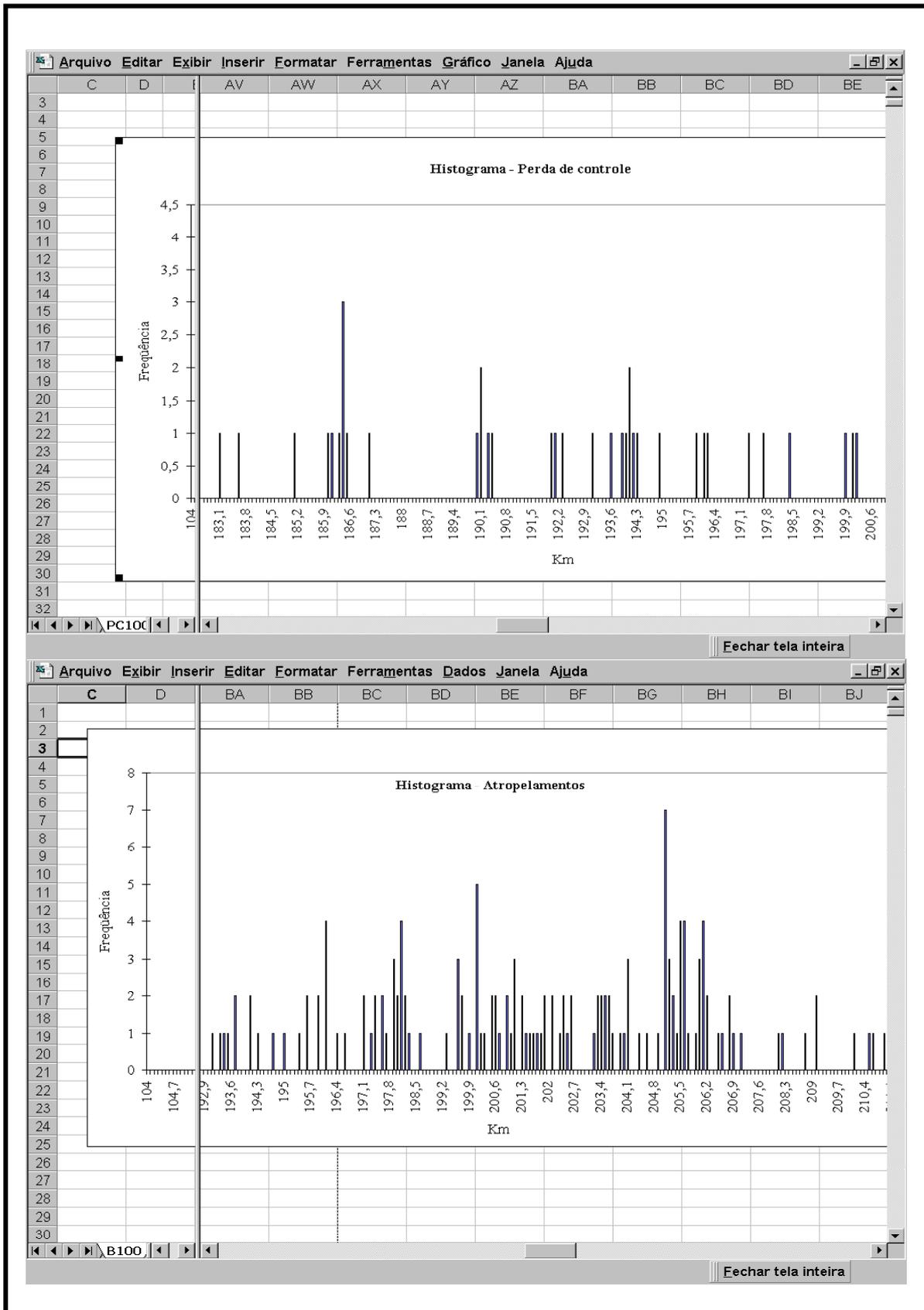


FIGURA F11 – Histograma de freqüência de acidentes – Perda de Controle (acima) e Atropelamentos.(abaixo). Fonte PRFSC

ANEXO G

Este anexo apresenta uma síntese do levantamento de todos os pontos de referências considerados relevantes aos propósitos da avaliação da segurança viária, no trecho escolhido para análise detalhada (Km 104 a 298 da rodovia BR-101). Neste trabalho, os pontos normalmente utilizados como referências junto aos usuários, tais como, acessos a rodovias e áreas urbanas, postos de abastecimento, restaurantes, rios entre outros, foram levantados, utilizando um odômetro de automóvel aferido e um GPS portátil.

O levantamento deveria servir de base para a conversão das localizações dos acidentes (registrados com aproximação de centenas de metros e com base na marcação da estrada) para um sistema em duas dimensões, utilizando coordenadas geográficas. Deste modo, poder-se-ia utilizar os recursos de programas da família CAD, para compor mapas temáticos de acidentes para adequar a análise a proposta do trabalho. No entanto, a existência de um erro no sistema de marcação da rodovia (ver Quadro G1 e Figura G1), impossibilitou a conversão, pois ela levaria a resultados inconsistentes. Além disto, a base de dados do sistema de coordenadas da rodovia disponível, apresentou um viés (ver Figura XX1), tornando inviável, com os recursos disponíveis, a utilização deste sistema de referências.

Por outro lado, foi adotada uma técnica alternativa, que possibilitou compatibilizar a base disponível, baseada na marcação quilométrica e, ao mesmo tempo, com uma representação cartográfica aproximada da rodovia. Assim, foi adotada a técnica da superposição virtual entre uma imagem da rodovia e um banco de dados temático (overlay), criado a partir de uma planilha eletrônica do tipo Excel, que permitiu mostrar o modelo de análise sem qualquer prejuízo a análise.

MARCOS QUILOMÉTRICOS	Km	DNER	Norte/Sul	Leste/Oeste	
			S/N	L/O	
MARCO INICIAL	104,0	104	GrMinSeg	GrMinSeg	dif
ACESSO PIÇARRAS/PENHA	104,5	104,5	26,4736	48,4045	0,0
KM 111	111,0	111	26,5021	48,4245	0,0
PONTE ITAJAÍ/NAVEGANTES	111,7	111,7	26,5035	48,4301	0,0
PRF	117,0	117	26,5255	48,4324	0,0
POSTO SIGA BEM CAMINHONEIRO	117,1	117,1	26,5310	48,4319	0,0
ACESSO/BLUMENAU	117,4	117,4	26,5317	48,4315	0,0
PONTE	120,0	120	26,5428	48,4246	0,0
POSTO PAULA	121,4	121,4	26,5513	48,4226	0,0
PONTE HOTEL 2001/UM ACESSO	123,0	123	26,5560	48,4203	0,2
TREVO ACESSO2 ITAJAI	123,2	123	26,5613	48,4153	0,7
POSTO REBESQUINE	124,7	124	26,5636	48,4126	0,7
POSTO (LANCHONETE/REST)	125,0	124,3	26,5642	48,4116	0,7
POSTO IRMÃO DA ESTRADA	130,0	129,3	26,5855	48,4026	1,0
KM 130	131,0	130	26,5905	48,4002	1,0
KM 131	132,0	131	26,5931	48,3939	1,0
H.CORTESIA/VIADUTO/CAMBORIU	133,0	132	26,5945	48,3908	1,0
VIADUTO(MEIO)/REST.BELMAR	133,4	132,4	26,5953	48,3844	1,0
ACESSO SECUNDÁRIO B.CAMBORIU	135,8	134,8	27,0015	48,3734	1,0
PONTE R.CAMBORIU	136,3	135,3	27,0021	48,3713	1,0
SANTUR	137,5	136,5	27,0042	48,3644	1,0
MOELLMAN	138,5	137,5	27,0117	48,3625	1,0
KM 138	139,1	138,1	27,0131	48,3618	1,0
MORRO BOI(INICIO)	139,6	138,6	27,0142	48,3608	1,0
MORRO BOI	140,0	139	27,0150	48,3557	1,0
COR	140,7	139,7	27,0207	48,3557	1,0
KM 140	141,0	140	27,0208	48,3557	0,8
KM 141	141,8	141	27,0243	48,3554	0,8
	142,0	141,2	27,0244	48,3554	0,8
ACESSO ESTALERINHO	143,2	142,4	27,0318	48,3557	0,8
CHALÉ ARTESANATO	144,1	143,3	27,0353	48,3540	1,0
PLAZA	145,1	144,1	27,0421	48,3543	1,2
ACESSO ITAPEMA	147,1	145,9	27,0509	48,3625	1,2
KM 146	147,5	146,3	27,0515	48,3637	1,4
KM 148	149,4	148	27,0604	48,3701	1,0
ACESSO MEIA PRAIA	151,0	150	27,0654	48,3632	1,7
PRF	152,7	151	27,0749	48,3629	1,7
KM 153	154,7	153	27,0848	48,3635	1,4
KM 154	155,4	154	27,0913	48,3635	1,3
ACESSO PORTO BELO	156,3	155	27,0941	48,3636	1,4
KM 158	159,4	158	27,1121	48,3640	1,2
KM 160	161,2	160	27,1214	48,3658	1,2
RIO S. LUZIA	162,0	160,8	27,1236	48,3711	1,2
ACESSO TIJUCAS	165,1	163,9	27,1413	48,3744	1,3
NORTE DA PONTE TIJUCAS	165,3	164	27,1419	48,3745	1,4
KM 170(FIM RETÃO)	171,4	170	27,1732	48,3747	1,4
					Cont....

QUADRO G1 – Resultado do levantamento de campo da localização dos marcos de referência utilizado nos registros de acidentes (1997).

... cont.					
KM 171	172,4	171	27,1802	48,3750	1,3
PONTE RIO INFERNINHO	178,0	176,7	27,2050	48,3755	1,4
KM 177	178,4	177	27,2105	48,3753	1,6
KM 179	180,6	179	27,2212	48,3756	1,6
CELSO RAMOS 1	181,1	179,5	27,2229	48,3751	1,8
KM 182	183,8	182	27,2347	48,3746	1,8
PONTE RIO CACHOEIRA(2 ACES. CR)	184,4	182,6	27,2409	48,3741	1,6
KM 184	185,6	184	27,2444	48,3733	1,6
POSTO TIJUQUINHAS	186,6	185	27,2520	48,3725	1,6
KM 186	187,6	186	27,2554	48,3723	1,6
KM 188	189,6	188	27,2651	48,3748	1,7
KM 189	190,7	189	27,2720	48,3805	1,8
KM 190	191,8	190	27,2751	48,3827	1,8
PONTE R.BIGUAÇU	195,0	193,2	27,2916	48,3906	1,8
CURVA ANTES BIGUAÇU	195,6	193,8	27,2923	48,3918	1,8
ACESSO NORTE BIGUAÇU	196,1	194,3	27,2941	48,3922	2,0
ACESSO UNIVALE	196,8	194,8	27,3000	48,3913	2,0
FIM RETA BIGUAÇU	198,7	196,7	27,3047	48,3822	2,0
PRF	201,0	199	27,3149	48,3752	2,0
POSTO BEKER	201,8	199,8	27,3108	48,3734	2,0
POSTO SILVESTRE	203,0	201	27,3237	48,3708	2,0
1 ACESSO(BARREIROS)	205,1	203,1	27,3344	48,3651	2,0
DVA	206,6	205	27,3432	48,3642	1,6
2º ACESSO(V.EXPRESSA)	207,4	205,8	27,3454	48,3649	1,6
SHOPPING	207,7	206,1	27,3502	48,3652	1,6
3 ACESSO (HRSJ)	210,7	209,1	27,3614	48,3754	1,6
FIAT S.ROSA	211,6	210	27,3635	48,3816	1,6
VIADUTO(PALHOÇA)	212,9	211,3	27,3703	48,3843	1,6
MWXLL	213,4	211,8	27,3713	48,3853	1,6
ACESSO PALHOÇA	216,6	215	27,3835	48,4007	1,6
ACESSO SECUNDÁRIO?	218,2	216,6	27,3853	48,4021	1,6
S.ªIMPERATRIZ	219,1	217,5	27,3948	48,4028	1,6
PONTE RIO APÓS S. AMARO	221,1	219,5	27,4048	48,4001	1,6
KM 218	222,3	218	27,4121	48,3944	4,3
POSTO PESAGEM	222,9	218,6	27,4139	48,3940	4,3
PONTE	223,6	219,3	27,4203	48,3930	4,3
KM 220	224,0	220	27,4214	48,3925	4,0
2º ACESSO S. AMARO	224,2	220,2	27,4214	48,3925	4,0
ACESSO SECUNDÁRIO (JOMAR)	224,4	220,4	27,4221	48,3923	4,0
KM 222	225,9	222	27,4258	48,3848	3,9
POSTO CAMBIRELA	226,4	222,5	27,4259	48,3848	3,9
KM 228 (RÓTULA)	231,7	228	27,4554	48,3746	3,7
POSTO RES. S. JUDAS	232,9	229,2	27,4630	48,3759	3,7
KM 230	233,6	230	27,4649	48,3803	3,6
KM 232	235,5	232	27,4751	48,3810	3,5
MORRO CAVALOS (CURVA 1)	236,5	233	27,4817	48,3814	3,5
MORRO CAVALOS(PONTE)	238,2	234,7	27,4851	48,3752	3,5
POSTO MOCIAMBÚ	241,0	237,5	27,4956	48,3740	3,5
KM 240	243,5	240	27,5143	48,3836	3,5
					Cont. .

... cont.					
1 ACESSO PINHEIRA/EMBAÚ	245,5	242	27,5248	48,3844	3,5
KM 244	247,5	244	27,5345	48,3851	3,5
PONTE	248,0	244,5	27,5403	48,3854	3,5
POSTO SOROCABA	252,8	249,3	27,5631	48,3952	3,5
COR	256,4	252,9	27,5810	48,4040	3,5
KM 254	257,3	253,8	27,5841	48,4040	3,5
KM 258	261,1	257,6	27,5952	48,4110	3,5
COR	261,3	257,8	28,0033	48,4133	3,5
COR	262,7	259,2	28,0114	48,4145	3,5
KM 260	263,3	259,8	28,0129	48,4204	3,5
KM 262	265,2	261,8	28,0221	48,4236	3,4
2 ACESSO PENHA	268,3	264,9	28,0354	48,4254	3,4
POSTO PENHA	268,9	265,5	28,0414	48,4252	3,4
KM 266	269,1	265,7	28,0421	48,4247	3,4
PRF(267)	269,6	266,2	28,0434	48,4242	3,4
KM 268	271,0	267,7	28,0513	48,4235	3,3
KM 269	272,0	268,7	28,0548	48,4218	3,3
PONTE ANTES GAROPABA	274,3	271	28,0651	48,4157	3,3
ACESSO P.LOPES/1 GAROPA/273	276,0	272,7	28,0747	48,4128	3,3
KM 275	277,9	274,6	28,0849	48,4126	3,3
KM 276	278,9	275,6	28,0914	48,4128	3,3
KM 277	280,0	276,7	28,1000	48,4136	3,3
KM 280	283,0	279,7	28,1126	48,4145	3,3
KM 281	284,1	280,8	28,1202	48,4149	3,3
KM 282	285,0	281,7	28,1230	48,4152	3,3
1 ACESSO IMBITUBA 283	285,8	282,5	28,1254	48,4156	3,3
MIRIM 285	287,7	284,4	28,1351	48,4203	3,3
KM 286	289,0	285,7	28,1432	48,4157	3,3
KM 287	290,0	286,7	28,1510	48,4158	3,3
2° ACESSO IMBITUBA/289	292,0	288,7	28,1560	48,4200	3,3
ITAPIRUBÁ	301,0	298			3,0

QUADRO G1 – Resultado do levantamento de campo da localização dos marcos de referência utilizado nos registros de acidentes (1997) (continuação).

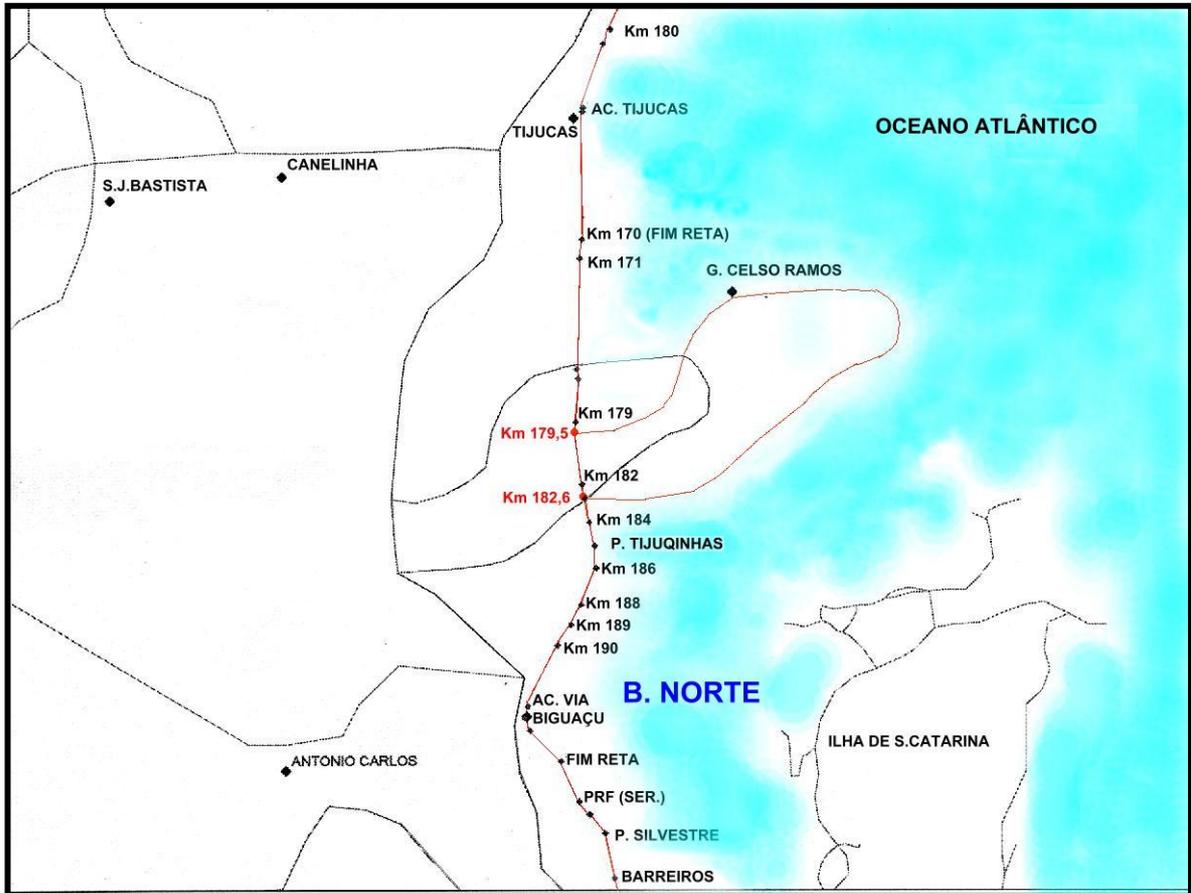


FIGURA 1– Mapa mostrando a concordância entre os pontos do eixo da rodovia levantados com a utilização de um GPS portátil e as localizações das sedes de municípios segundo os dados fornecidas pelo IBGE.

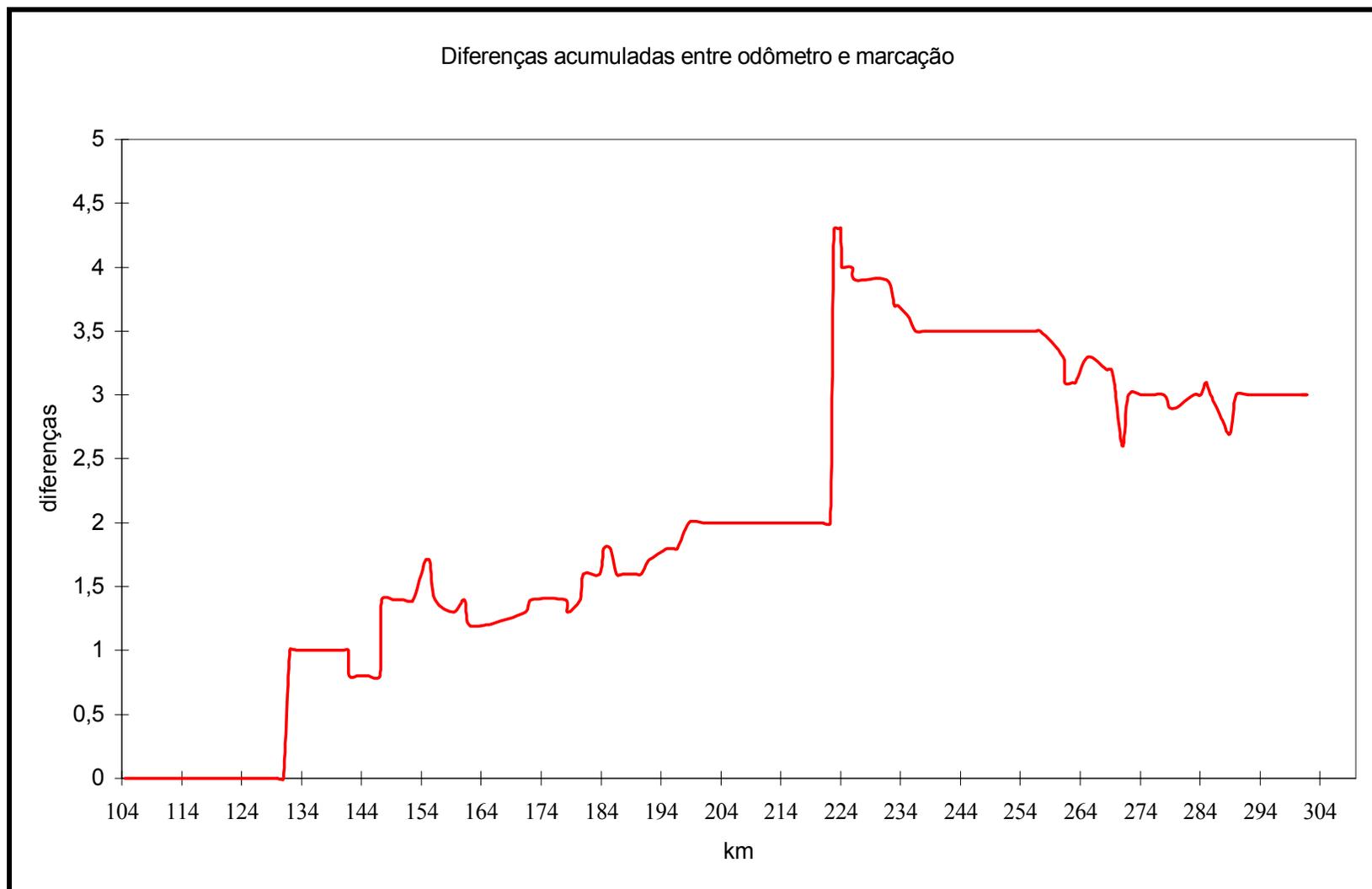


FIGURA G2 – Erro relativo acumulado, registrado com odômetro, no percurso entre os quilômetros 104 e 298, da BR-101/SC. Elaborada com base em levantamento de campo