

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

**MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA
POTENCIAL DE SEGMENTOS RODOVIÁRIOS RURAIS
DE PISTA SIMPLES**

Christine Tessele Nodari

Porto Alegre, 2003

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

**MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA POTENCIAL DE
SEGMENTOS RODOVIÁRIOS RURAIS DE PISTA SIMPLES**

Christine Tessele Nodari

Orientador: Professor Dr. Luis Antonio Lindau

Banca Examinadora:

**Maria Alice Prudêncio Jacques, PhD.
Prof. Depto. de Engenharia Civil e Ambiental / UNB**

**Heitor Vieira, Dr.
Prof. Depto. de Materiais de Construção / FURG**

**Carla Schwengber ten Caten, Dr.
Prof. Depto. de Engenharia de Produção e Transportes / UFRGS**

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

Área de concentração: Sistemas de Transportes e Logística

Porto Alegre, agosto de 2003.

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

Prof. Luis Antonio Lindau, PhD.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.
Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Maria Alice Prudêncio Jacques, PhD
Prof^{ca}. Depto. de Engenharia Civil e Ambiental / UNB

Heitor Vieira, Dr.
Prof. Depto. de Materias de Construção / FURG

Carla Schwengber ten Caten, Dr.
Prof^{ca}. Depto. de Engenharia de Produção e Transportes / UFRGS

AGRADECIMENTOS

Ao professor orientador Luis Antonio Lindau que contribuiu com suas críticas, incentivo e experiência no desenvolvimento dessa tese, assim como na minha formação como pesquisadora.

Ao CNPq pelo apoio financeiro durante a realização desse doutorado através da concessão da bolsa de doutorado no país e da bolsa de doutorado *Sandwich* no Canadá.

Ao professor Frank Navin, co-orientador desse trabalho durante o período de doutorado *sandwich* na *University of British Columbia*, Canadá.

Ao professor Terek Sayed pela atenção durante o período de doutorado *sandwich*.

À amiga e examinadora professora Carla Schwengber ten Caten pelas suas valiosas sugestões e críticas durante a realização do trabalho.

Aos professores Maria Alice Prudêncio Jacques e Heitor Vieira, componentes da banca examinadora, pelas importantes contribuições.

Aos colegas e profissionais que colaboraram no encaminhamento dos questionários da pesquisa, em particular aos professores Fernando Michel, João F. Albano, aos engenheiros Bibiana Fogaça, Celso Rosa, Liz Freire, Paulo Roberto Ferrer, Paul De Leur, Paul Timms, Sayene Dias, Tatiana Tedesco e Zélia Azevedo, ao Inspetor Vanderlei V. Langer, do 9º SRPRF, ao Comandante Aurélio F. Rodrigues, do BPRv do RS, e às diretorias da ABCR e AGCR.

A todos aqueles que contribuíram com seu conhecimento e experiência sobre segurança viária respondendo ao questionário dessa pesquisa.

Aos professores e funcionários do PPGEF pela atenção e auxílio dados ao longo do curso.

Aos meus colegas e amigos do LASTRAN pela convivência, amizade e por suas inestimáveis ajudas, em particular aos amigos Carlo, Janaína e Caroline.

Aos meus pais e irmãos que me ensinaram a importância da educação.

Ao meu marido Arsenio Candanedo pelo incentivo, amizade, apoio e companheirismo constantes.

ÍNDICE

<i>Índice de figuras</i>	<i>viii</i>
<i>Índice de tabelas</i>	<i>ix</i>
<i>Siglas e abreviações</i>	<i>x</i>
<i>Resumo</i>	<i>xi</i>
<i>Abstract</i>	<i>xi</i>
1 Introdução	1
1.1 Comentários iniciais	1
1.2 Tema e objetivos	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Justificativa do tema e objetivos	4
1.4 Método	5
1.5 Limitações do trabalho	6
1.6 Estrutura do trabalho	6
2 Referencial teórico	8
2.1 Componentes dos acidentes viários	8
2.2 O gerenciamento da segurança viária	11
2.2.1 Tratamento do componente viário-ambiental através de ações reativas	12
2.2.1.1 Tratamento de pontos críticos	13
2.2.1.2 Tratamento de pontos críticos modificado	14
2.2.2 Tratamento do componente viário-ambiental através de ações pró-ativas	15
2.2.2.1 Auditoria de segurança viária	15
2.2.2.2 Análise de conflitos de tráfego	22
2.3 Modelos de previsão de acidentes baseados nas características físicas da rodovia	24
2.4 A influência das características físicas da rodovia na ocorrência de acidentes	27
2.4.1 Efeito dos buracos na pista pavimentada	29
2.4.2 Efeito da resistência à derrapagem	30
2.4.3 Efeito da formação de espelhos d'água	31
2.4.4 Efeito do desnível entre a faixa de rolamento e o acostamento	31
2.4.5 Efeito das curvas horizontais	33
2.4.6 Efeito da adoção de superlargura	35
2.4.7 Efeito da adoção de superelevação	36
2.4.8 Efeito da tortuosidade	38
2.4.9 Efeito da combinação entre alinhamento horizontal e vertical	39
2.4.10 Efeito das faixas adicionais e canalizações nas interseções	40
2.4.11 Efeito da adoção de iluminação artificial nas interseções	41
2.4.12 Efeito das linhas demarcadoras das faixas de rolamento	42
2.4.13 Efeito da adoção de elementos salientes que produzem vibração no volante, para reforçar as linhas demarcadoras de proibição de ultrapassagem e de limite das faixas de rolamento	43
2.4.14 Efeito da utilização adequada de placas de advertência, placas de regulamentação e placas indicativas	43

2.4.15	Efeito da adoção de painéis de mensagem variável divulgando informações relativas às condições operacionais da via _____	44
2.4.16	Efeito da adoção de balizadores e marcadores de alinhamento em curvas acentuadas _____	45
2.4.17	Efeito das rampas _____	46
2.4.18	Efeito da provisão de oportunidades frequentes de ultrapassagem _____	47
2.4.19	Efeito das distâncias de visibilidade em curvas horizontais, curvas verticais e interseções _____	50
2.4.20	Efeito da largura das faixas e acostamentos _____	52
2.4.21	Efeito da provisão de acostamentos pavimentados _____	54
2.4.22	Efeito dos taludes _____	55
2.4.23	Efeito da largura da faixa mais acostamento nas pontes coincidente com largura da faixa mais acostamento na estrada. _____	57
2.4.24	Efeito da provisão de condições para tráfego de ciclistas/pedestres nas adjacências da rodovia ao longo dos trechos urbanos _____	59
2.4.25	Efeito da provisão de travessias seguras para pedestres _____	61
2.4.26	Efeito da provisão de tratamento adequado a elementos potencialmente perigosos dispostos ao longo da via _____	61
2.4.27	Efeito dos acessos às propriedades e comércio lindeiro _____	65
2.4.28	Efeito da proteção contra invasão de animais de grande porte _____	65
2.4.29	Outras características rodoviárias e sua influência na ocorrência de acidentes _____	66
2.5	Métodos de avaliação e indicadores de desempenho de rodovias _____	68
2.5.1	<i>Métodos de avaliação e indicadores de desempenho de segurança viária</i> _____	68
2.5.1.1	<i>SAFER Manual</i> _____	69
2.5.1.2	<i>Suitability Index</i> (índice de adequação) _____	71
2.5.2	<i>Métodos de avaliação e indicadores de desempenho do gerenciamento de pavimentos e de conservação rodoviária</i> _____	73
2.5.2.1	O índice IRI – <i>International Roughness Index</i> _____	73
2.5.2.2	Método PCR - <i>Pavement Condition Rating of Ohio, USA</i> _____	74
2.5.2.3	Procedimento de avaliação de pavimentos do Departamento de Transportes de Minnesota _____	75
2.5.2.4	Sistema de gerenciamento de pavimentos do DNIT (extinto DNER) _____	77
2.5.2.5	Método de avaliação de desempenho de rodovias da CNT _____	79
3	<i>Elaboração do método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários</i>	81
3.1	Módulo de estimação da segurança – Elaboração do índice de Segurança potencial - ISP _____	82
3.1.1	Identificação das principais características físicas da rodovia que influenciam a segurança viária _____	82
3.1.2	Seleção das características físicas para compor o ISP _____	84
3.1.3	Ponderação das características físicas do ISP _____	86
3.1.3.1	Questionário da pesquisa _____	86
3.1.3.2	Amostra pesquisada _____	88
3.1.3.3	Análise dos dados obtidos através dos questionários _____	89
3.1.3.4	Estimação dos pesos relativos das características _____	100
3.1.4	Formulação do ISP _____	109
3.2	Módulo de inspeção da segurança – Elaboração dos procedimentos de inspeção _____	112
3.2.1	Definição do comprimento dos segmentos _____	113

3.2.2	Elaboração da escala de notas e da planilha de inspeção para avaliação em campo	113
3.2.3	Procedimento de inspeção	114
3.3	Teste do método de avaliação da segurança	116
3.3.1	Avaliação dos procedimentos de inspeção	116
3.3.2	Alterações necessárias apontadas pelo teste de método	116
3.4	Síntese do método proposto	117
4	Aplicação do método proposto	122
4.1	Perfil de segurança dos trechos avaliados	122
4.2	Análise dos ISP obtidos	124
4.3	Uso do ISP com previsor de acidentes	127
5	Conclusões e Recomendações	129
5.1	Conclusões	129
5.2	Sugestões para trabalhos futuros	131
	<i>Referências bibliográficas</i>	<i>133</i>
	<i>Anexos</i>	<i>141</i>
	ANEXO 1 - Quadro síntese dos <i>checklists</i> dos manuais de auditoria de segurança viária	142
	ANEXO 2 - Questionário da pesquisa	173
	ANEXO 3 - Gabarito de notas	187
	ANEXO 4 - Planilha de inspeção	189
	ANEXO 5 - Boxplot por variável	191
	ANEXO 6 - Resultados do modelo de regressão linear	209

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Representação esquemática do gerenciamento da segurança viária</i>	6
<i>Figura 2. Componentes do acidente viário e suas interações</i>	8
<i>Figura 3. Influência dos componentes nos acidentes</i>	10
<i>Figura 4. Parcela de acidentes a ser considerada na análise de pontos críticos</i>	14
<i>Figura 5. Representação esquemática da proporção entre conflitos e acidentes</i>	23
<i>Figura 6. Tipos de desnível avaliados no Special Report 214</i>	32
<i>Figura 7. Tangentes longas concordadas com curvas de raio pequeno</i>	38
<i>Figura 8. Curvas de raio longo concordadas com tangentes curtas</i>	39
<i>Figura 9. Combinação indesejada de perfil horizontal e vertical</i>	40
<i>Figura 10. Representação esquemática dos marcadores de alinhamento e balizadores</i>	45
<i>Figura 11. Tratamentos para aumentar oportunidades de ultrapassagem em rodovias rurais de pista simples</i>	48
<i>Figura 12. Perfil da área marginal da rodovia</i>	56
<i>Figura 13. Largura da ponte e largura das faixas de tráfego consideradas no estudo de Turner</i>	57
<i>Figura 14. Taxa de acidentes X Largura relativa da ponte</i>	58
<i>Figura 15. Esquema do sistema breakaway</i>	64
<i>Figura 16. Escala do PCR - Pavement Condition Rating</i>	75
<i>Figura 17. Etapas do Modelo CNT de Classificação de Rodovias</i>	79
<i>Figura 18. Representação esquemática do desenvolvimento do método de avaliação da segurança rodoviária</i>	82
<i>Figura 19. Exemplo de questão</i>	87
<i>Figura 20. Box plot das características pesquisadas referente ao grupo de projetistas</i>	91
<i>Figura 21. Box plot das características pesquisadas referente ao grupo de especialistas nacionais</i>	91
<i>Figura 22. Box plot das características pesquisadas referente ao grupo de especialistas internacionais</i>	92
<i>Figura 23. Box plot das características pesquisadas referente ao grupo de policias rodoviários</i>	93
<i>Figura 24. Box plot referente a "buracos"</i>	94
<i>Figura 25. Box plot referente a "demarcação das faixas"</i>	94
<i>Figura 26. Box plot referente a "velocidade informada compatível com velocidade de projeto"</i>	94
<i>Figura 27. Box plot referente a "presença de animais nas laterais da via"</i>	95
<i>Figura 28. Níveis médios de influência atribuídos às características pesquisadas pelos grupos entrevistados</i>	96
<i>Figura 29. Exemplo do cálculo dos pesos das características</i>	101
<i>Figura 30. Resumo dos ISPs</i>	112
<i>Figura 31. Etapas do método proposto</i>	118
<i>Figura 32. Perfil de segurança do trecho avaliado da rodovia RS-020</i>	123
<i>Figura 33. Perfil de segurança do trecho avaliado da rodovia RS-118</i>	123
<i>Figura 34. Perfil de segurança do trecho avaliado da rodovia RST-470</i>	123
<i>Figura 35. Variação do ISP_{global} ao longo dos trechos avaliados</i>	124
<i>Figura 36. Análise do segmento: 185-186 da RST-470 ($ISP_{global} = 2,44$)</i>	126
<i>Figura 37. Análise do segmento: 194-195 da RST-470 ($ISP_{global} = 2,57$)</i>	126

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1. Estágios recomendados para realização de Auditoria de Segurança Viária</i>	18
<i>Tabela 2. Resumo das informações sobre segmentação dos estudos pesquisados</i>	27
<i>Tabela 3. Percentual de redução de acidentes em função do alargamento de faixa ou acostamento em curvas horizontais</i>	36
<i>Tabela 4. Percentual de modificação no número de acidentes em função da deficiência de superelevação em curvas horizontais</i>	37
<i>Tabela 5. Redução esperada de acidentes devido à adoção de tratamentos para melhoria das oportunidades de ultrapassagem em rodovias de pista simples</i>	49
<i>Tabela 6. Distâncias de visibilidade de ultrapassagem</i>	51
<i>Tabela 7. Percentual de redução de acidentes relacionados à largura da faixa</i>	53
<i>Tabela 8. Percentual de redução de acidentes relacionados à largura do acostamento</i>	53
<i>Tabela 9. Resumo das conclusões do estudo de Rognes, Fambro e Turner</i>	55
<i>Tabela 10. Percentual de redução de acidentes em curvas em função da suavização dos taludes laterais</i>	56
<i>Tabela 11. Redução percentual esperada devido ao alargamento dos acostamentos em pontes</i>	58
<i>Tabela 12. Largura útil para pontes abaixo da qual devem ser avaliadas medidas de alargamento</i>	59
<i>Tabela 13. Percentual de redução de acidentes em função do aumento da área livre de obstáculos</i>	63
<i>Tabela 14. Escala de priorização sugerida no SAFER Manual</i>	70
<i>Tabela 15. Classificação e intervalos do PSR</i>	76
<i>Tabela 16. Conceitos associados ao IGG</i>	78
<i>Tabela 17: Características físicas da rodovia consideradas no estudo</i>	85
<i>Tabela 18. Número de questionários respondidos por especialistas internacionais por país de atuação</i>	89
<i>Tabela 19. Características da amostra pesquisada</i>	89
<i>Tabela 20. Padrão 1 de formação de subgrupos estatisticamente diferentes segundo a MANOVA</i>	98
<i>Tabela 21. Padrão 2 de formação de subgrupos estatisticamente diferentes segundo a MANOVA</i>	99
<i>Tabela 22. Padrão 3 de formação de subgrupos estatisticamente diferentes segundo a MANOVA</i>	99
<i>Tabela 23. Padrão 4 de formação de subgrupos estatisticamente diferentes segundo a MANOVA</i>	100
<i>Tabela 24. Padrão 5 de formação de subgrupos estatisticamente diferentes segundo a MANOVA</i>	100
<i>Tabela 25. Macro-categorias e características que compõem o ISP</i>	102
<i>Tabela 26. Pesos relativos segundo a ponderação do grupo de especialistas nacionais</i>	103
<i>Tabela 27. Pesos relativos segundo a ponderação do grupo de especialistas internacionais</i>	104
<i>Tabela 28. Pesos relativos segundo a ponderação do grupo de projetistas</i>	105
<i>Tabela 29. Pesos relativos segundo a ponderação do grupo de policiais rodoviários</i>	106
<i>Tabela 30. Pesos relativos segundo a ponderação GERAL</i>	108
<i>Tabela 31. ISP parciais avaliadas em cada segmento</i>	109
<i>Tabela 32. Descrição genérica dos 4 níveis de notas associados às condições das características físicas inspecionadas na via</i>	114
<i>Tabela 33. Escala semântica e de cores do ISP</i>	121
<i>Tabela 34. Trechos inspecionados na aplicação do método</i>	122

SIGLAS E ABREVIACÕES

- AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*
- ASV – Auditoria de Segurança Viária
- AUSTROADS - *Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities*
- CNT – Confederação Nacional do Transporte
- DAER – Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem
- DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
- DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
- ETSC - *European Transport Safety Council*
- FHWA – *Federal Highway Administration*
- GAO – *United States General Accounting Office*
- ICBC - *Insurance Corporation of British Columbia*
- IRI – *International Roughness Index*
- IHSDM - *Interactive Highway Safety Design Model*
- IHT – *The Institution of Highways and Transportation*
- ISP – Índice de Segurança Potencial
- MANOVA - *Multivariate Analysis of Variance*
- NHTSA - *National Highway Traffic Safety Administration*
- PCR - *Pavement Condition Rating*
- PEO - *Professional Engineers of Ontario*
- SICEPOT/RS - Sindicato da Indústria da Construção de Estradas, Pavimentação e Obras de Terraplenagem em Geral no Estado do Rio Grande do Sul.
- TAC – *Transportation Association of Canada*
- TRB – *Transportation Research Board*
- TRRL - *Transport and Road Research Laboratory*

RESUMO

O objetivo dessa tese de doutorado foi desenvolver e aplicar um método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais pavimentados de pista simples com base nas características físicas das rodovias. O método desenvolvido fundamentou-se na investigação da influência das características físicas da rodovia a partir da experiência e do conhecimento de profissionais que atuam junto à área de segurança rodoviária. O índice de segurança proposto recebeu a denominação de Índice de Segurança Potencial (ISP). O ISP tem a finalidade de refletir as condições latentes de segurança de segmentos rodoviários. Como resultado da aplicação do método proposto tem-se o perfil de segurança dos trechos rodoviários, através do qual é possível identificar aqueles segmentos que apresentam maiores deficiências nas condições de segurança. O índice proposto permite, ainda, que se faça uma avaliação desagregada das condições de segurança do segmento de forma a identificar as características físicas que mais contribuem para a carência de segurança.

ABSTRACT

This thesis aims at developing and applying a potential safety evaluation and inspection method for paved two-lane rural highway segments based on the highway's characteristics. The method was based on the investigation of the influence of highway's characteristics on safety from the experience and knowledge of highway safety professionals. The proposed safety index was denominated Potential Safety Index- PSI. PSI aims at reflecting the latent safety conditions of highway's segments. The application of the method enables the definition of the safety profile of given highway section. This safety profile enables the identification of segments that have the greater deficiency in safety conditions. PSI allows a disaggregate evaluation of the safety condition to identify those characteristics that contributes more intensily to the lack of safety.

1 INTRODUÇÃO

1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

A situação precária da segurança das rodovias e vias urbanas no Brasil tem imputado um alto custo sócio-econômico à nação. Segundo o IPEA (2003), apenas considerando os acidentes urbanos, a violência no trânsito causou um prejuízo de mais 5 bilhões de reais ao país no ano de 2001. Entre os custos envolvidos estão os milhares de leitos hospitalares ocupados por acidentados, as famílias abaladas psicologicamente e financeiramente, as indenizações, as pensões e os gastos materiais (mobiliário urbano, veículos avariados) decorrentes dos acidentes viários.

De acordo com o Denatran (2001), em 2001 o Brasil apresentou uma taxa de 6,3 mortos/10.000 veículos. Em países desenvolvidos esse valor é da ordem de 3 mortos/10.000 veículos. Em todo o mundo, aproximadamente 500 mil pessoas morrem por ano em acidentes viários, e entre 10 a 15 milhões de pessoas ficam feridas (OGDEN, 1996). Deste total, 350 mil mortes ocorrem nos países em desenvolvimento (KOEPEL e TUCK-PRIMDAHL, 1990). Estudos revelam que os acidentes viários impõem aos países asiáticos em desenvolvimento um custo de mais 20 bilhões de dólares por ano, o que seguramente inibe o desenvolvimento social e econômico da região. Em muitos desses países, as mortes em acidentes de trânsito representam a segunda maior causa de morte entre a população na faixa etária de 5 a 44 anos, fazendo com que os acidentes viários sejam considerados pela Organização Mundial de Saúde como um problema de proporções epidêmicas (UNITED NATIONS, 1999). Esses números indicam que, apesar dos esforços realizados para o desenvolvimento de medidas que conduzam a redução de acidentes de trânsito, o problema persiste e se faz necessária à busca de meios mais eficazes para melhorar a segurança nas rodovias e vias urbanas dos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil.

Acredita-se que a forma mais eficiente de tratar o problema de falta de segurança viária, sem desperdiçar os escassos recursos disponíveis, seja através de um programa abrangente de gerenciamento da segurança viária. Existem, basicamente, duas maneiras de gerenciar a segurança viária. Através de programas de segurança reativos ou através de programas de segurança pró-ativos. O tratamento reativo da segurança viária utiliza informações sobre o histórico de acidentes a fim de identificar os locais críticos do ponto de

vista de segurança e, a partir da identificação desses locais, selecionar as medidas corretivas possíveis de serem adotadas. O tratamento pró-ativo, por sua vez, está baseado no conceito de promover melhorias no sistema viário a fim de melhorar suas condições de segurança para evitar potenciais acidentes. Dessa forma, tratamentos pró-ativos não estão baseados no histórico de acidentes dos locais em análise. De fato, essas duas abordagens são complementares e cada uma possui importante papel no gerenciamento da segurança viária.

Infelizmente, a realidade brasileira sobre a disponibilidade de dados de acidentes é bastante precária. Apesar de alguns esforços isolados realizados no sentido de se desenvolver bases de dados amplas, detalhadas e confiáveis, ainda são freqüentes problemas como descontinuidade nos registros de acidentes, duplicidade de dados e armazenamento não digital dos dados. Tais problemas limitam significativamente o tratamento da segurança através de medidas reativas baseadas nas informações sobre os acidentes como, por exemplo, o tratamento de pontos críticos e desenvolvimento de modelos de previsão de acidentes.

Não há dúvida sobre a necessidade urgente do desenvolvimento de uma base de dados apropriada para o estudo da realidade brasileira do problema de falta de segurança viária. Porém, são necessários anos de registros contínuos e confiáveis para que se possa desenvolver estudos apropriados sobre os fatores contribuintes dos acidentes, identificar o padrão dos acidentes que ocorrem nos chamados pontos críticos e enfim adotar medidas corretivas que realmente contribuam para a melhoria das condições de segurança da rodovia. Durante esse período, não é razoável que nada seja feito para evitar acidentes e minimizar as suas conseqüências. Sendo assim, fica evidente a importância do gerenciamento pró-ativo da segurança rodoviária, que auxilie na avaliação das condições de segurança potenciais de um trecho rodoviário, sem a utilização direta de registros sobre os acidentes.

Sabe-se que os acidentes viários são eventos complexos que não envolvem apenas questões relativas ao ambiente rodoviário, mas também questões relativas ao comportamento humano e ao desempenho do veículo. Portanto, tanto o tratamento reativo, quanto o tratamento pró-ativo da segurança viária devem se dar através de programas que tenham como alvo pelo menos um destes três componentes da segurança viária: componente humano, componente viário ambiental ou componente veicular.

Observa-se hoje, uma tendência das empresas e órgãos responsáveis pela construção, operação e manutenção das rodovias investirem no desenvolvimento de campanhas educativas com o objetivo de atuar no tratamento do componente humano, considerado o principal responsável pela ocorrência de acidentes. Porém, não resta dúvida que o principal campo de atuação dessas empresas e órgãos, concentra-se fundamentalmente no tratamento do componente viário-ambiental.

1.2 TEMA E OBJETIVOS

Muitas das rodovias rurais de pista simples, por onde hoje circulam expressivos volumes de tráfego, foram projetadas e construídas há mais de 30 anos. As mudanças na composição da frota, o aumento dos volumes de tráfego e o desenvolvimento de atividades lindeiras alteraram significativamente as condições de operação e de segurança dessas rodovias. Muitas dessas rodovias encontram-se hoje abaixo dos padrões desejáveis para acomodar as novas condições impostas pelo crescimento e pelas mudanças na circulação de veículos e pedestres. Prover segurança em um sistema de rodovias rurais de pista simples com estas características é um grande desafio que tem demandado esforços de projetistas, operadores e pesquisadores empenhados na busca de um ambiente viário mais seguro. Porém, apesar da preocupação generalizada com a segurança viária, ainda são altos os custos econômicos e sociais impostos à sociedade pelos acidentes viários.

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver e aplicar um método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais pavimentados de pista simples com base nas características físicas das rodovias.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as principais características físicas da rodovia que influenciam na ocorrência de acidentes viários;
- Identificar com que intensidade as principais características físicas da rodovia influenciam a ocorrência de acidentes segundo a visão de 4 grupos pesquisados (projetistas rodoviários, especialistas internacionais, especialistas nacionais e policiais rodoviários);

- Identificar se existem diferenças na visão dos diferentes grupos pesquisados quanto à influência das principais características físicas da rodovia na ocorrência de acidentes;
- Propor um índice de segurança rodoviária potencial com base nos resultados obtidos nas pesquisas com os projetistas rodoviários, especialistas internacionais, especialistas nacionais e policiais rodoviários;
- Elaborar um procedimento de inspeção *in loco* das características físicas que constituem o Índice de segurança rodoviária potencial.
- Aplicar o método desenvolvido em segmentos rodoviários do Rio Grande do Sul e analisar os resultados alcançados.

1.3 JUSTIFICATIVA DO TEMA E OBJETIVOS

A principal justificativa para o tema proposto está associada à necessidade de se tratar a segurança viária de forma sistematizada e objetiva com o intuito de reduzir os prejuízos econômicos e sociais resultantes dos acidentes viários.

A elaboração de um método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais pavimentados de pista simples, com base nas características físicas das rodovias, visa auxiliar na identificação sistemática de locais potencialmente perigosos do ponto de vista da segurança viária, possibilitando que operadores rodoviários atuem preventivamente na melhoria da segurança rodoviária.

Segundo Ogden (1996), o tratamento das questões de engenharia da via são capazes de produzir bons resultados na melhoria da segurança uma vez que influenciam significativamente o comportamento dos motoristas. Dessa forma, o tratamento das características viárias se caracteriza numa fonte de melhoria na provisão de ambientes viários mais seguros.

O método proposto nesse trabalho se aplica a rodovias rurais de pista simples, pavimentadas, de sentido duplo. A opção por essa categoria de rodovias se deu devido à grande representatividade desse tipo de rodovia no conjunto total de rodovias nacionais e gaúchas, pelo expressivo volume de veículos que nelas trafegam e pelo elevado percentual de acidentes que ocorre neste tipo de rodovia. No Rio Grande do Sul, considerando a malha rodoviária federal, estadual e municipal, existem 10.332 quilômetros de rodovias

pavimentadas. Desse total, 10.011 quilômetros são de rodovias de pista simples, o que corresponde a 96,9% da malha pavimentada do Estado. Os 321 quilômetros restantes são de rodovias de pista dupla ou em obras de duplicação (DNIT, 2003).

1.4 MÉTODO

Esse trabalho de pesquisa é de natureza aplicada, uma vez que propõe o desenvolvimento de um método apropriado para a avaliação de rodovias brasileiras. A abordagem da pesquisa pode ser classificada como mista, envolvendo as abordagens qualitativa e quantitativa. A pesquisa tem objetivo exploratório na medida em que investiga e consolida conhecimentos para avaliação da segurança viária através de procedimentos de revisão bibliográfica e levantamentos junto a profissionais especializados no problema pesquisado.

O trabalho desenvolvido é composto por 4 etapas. A primeira etapa envolve a revisão de estudos sobre a segurança viária e a influência do fator viário-ambiental na segurança de rodovias pavimentadas de pista simples. Também faz parte, desta primeira etapa, a pesquisa sobre os métodos de avaliação e indicadores de desempenho da segurança rodoviária.

A segunda etapa refere-se à elaboração de um método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples. Nessa etapa é elaborado o Índice de Segurança Potencial (ISP) através da seleção das características físicas da rodovia relevantes para a segurança rodoviária e da investigação do nível de influência de cada uma dessas características a partir da consolidação da experiência de profissionais que atuam na área de planejamento, construção, operação e manutenção de rodovias. Ainda, nessa etapa, é desenvolvido o método de inspeção de rodovias para obtenção das informações necessárias para geração do índice de segurança proposto.

A terceira etapa envolve a aplicação do método de avaliação da segurança proposto e análise dos resultados obtidos. A quarta e última etapa refere-se às conclusões do trabalho e recomendações para trabalhos futuros.

1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Esse trabalho apresenta 3 limitações claramente definidas. A primeira limitação diz respeito ao foco do estudo. A Figura 1 apresenta, de forma esquemática, as esferas do gerenciamento da segurança viária. O foco desse estudo, representado pela área sombreada, se concentra no gerenciamento pró-ativo da segurança viária, através da análise específica do componente viário ambiental. Nessa figura as setas tracejadas destacam a existência de interface entre os componentes dos acidentes.

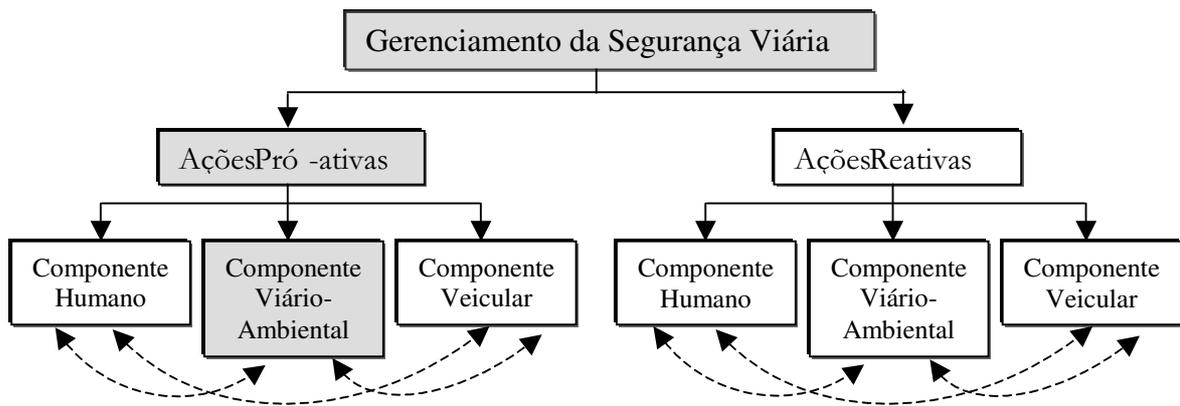


Figura 1. Representação esquemática do gerenciamento da segurança viária

A segunda limitação do trabalho refere-se ao tipo de rodovia avaliada pelo método. O método proposto é adequado para a avaliação de rodovias rurais de pista simples, pavimentadas, de sentido duplo. A terceira limitação diz respeito a fase em que se encontra a rodovia. O método limita-se a avaliação das rodovias em operação ou em fase de pré-abertura, não abrangendo a avaliação da segurança dos estudos de viabilidade, anteprojetos ou projetos rodoviários definitivos.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta tese está organizada em 5 capítulos. O Capítulo 1 é composto pela introdução ao trabalho desenvolvido. Nesse capítulo são apresentados o tema pesquisado, os objetivos geral e específicos, o método de pesquisa adotado bem como as etapas desenvolvidas ao longo do trabalho. São também descritas as principais limitações e a estrutura da tese.

O Capítulo 2 consiste da revisão sobre o tema do trabalho, isto é, sobre segurança viária. São apresentados os resultados da pesquisa bibliográfica e de buscas realizadas na internet.

O Capítulo 3 descreve, em detalhe, a elaboração do método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais pavimentados de pista simples. Nesse capítulo são apresentadas as análises dos resultados da pesquisa realizada junto a profissionais ligados à segurança rodoviária, bem como todas as etapas do desenvolvimento do índice proposto nesse trabalho.

O Capítulo 4 apresenta os resultados de uma aplicação do método desenvolvido em trechos de rodovias do Rio Grande do Sul. São apresentadas também análises que podem ser realizadas a partir dos resultados da aplicação do método proposto.

O Capítulo 5 é composto pelas conclusões do trabalho e pelas recomendações para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMPONENTES DOS ACIDENTES VIÁRIOS

Analisando criteriosamente os acidentes viários, dificilmente é possível atribuir sua ocorrência a uma causa única. De fato, os acidentes viários são resultantes da combinação de diversos fatores causais que contribuem para sua ocorrência. Esses fatores causais, ou fatores contribuintes, podem ser agrupados em três grandes categorias chamadas de componentes do acidente. A grande maioria dos fatores contribuintes de um acidente pode ser devidamente enquadrado em um dos seguintes componentes: componente humano, componente veicular e componente viário-ambiental.

Entre os fatores contribuintes relacionados ao componente humano pode-se destacar o uso de álcool, o excesso de velocidade e as manobras de risco. Os fatores contribuintes relacionados ao componente veicular referem-se às características do veículo, como, por exemplo, o desempenho dos freios e as condições dos pneus. Na categoria de fatores contribuintes relacionados ao componente viário-ambiental incluem-se as características geométricas da rodovia, bem como sua adjacência e os efeitos resultantes das condições climáticas como chuva, neblina e luminosidade.

A Figura 2 apresenta os possíveis enquadramentos dos fatores contribuintes considerando os componentes do acidente e suas interações.

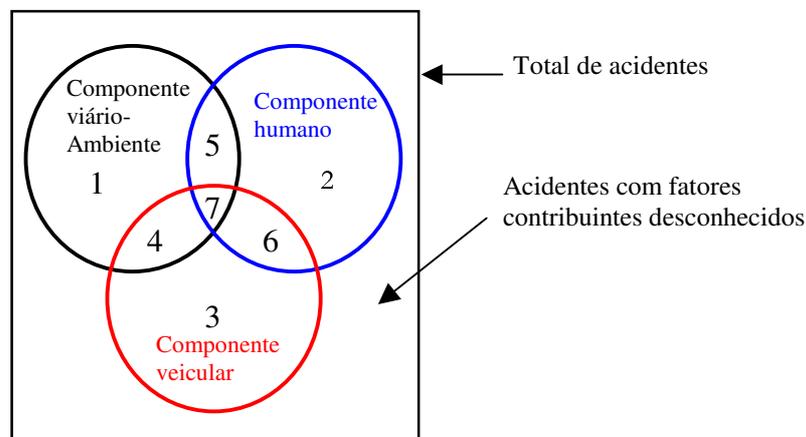


Figura 2. Componentes do acidente viário e suas interações

Fonte: Adaptada da obra de SAYED e ABDELWAHAB (1997)

Existem acidentes nos quais os fatores contribuintes estão associados a um único componente, como aqueles representados pelos números 1, 2 e 3. Porém, normalmente, os acidentes resultam da interação de dois ou mais fatores, pertencentes a dois componentes distintos. Esse é o caso dos acidentes representados pelos números 4, 5 e 6. O número 7 representa os acidentes onde estão presentes fatores contribuintes referentes aos três componentes. Existem, ainda, aqueles acidentes para os quais não é possível identificar os fatores contribuintes, representados pela área externa aos três círculos dos componentes do acidente.

As pesquisas indicam que o maior responsável pelos acidentes é o componente humano, seguido pelo componente viário-ambiental e, por último, pelo componente veicular (AUSTROADS, 1994; GAO, 2003). Porém, Ogden (1996) observa que os fatores que contribuem para a ocorrência do acidente não são, necessariamente, os fatores que compõem contramedidas com melhores relações benefício/custo. De fato, a solução mais eficiente pode não estar relacionada com a principal “causa” do acidente, podendo até mesmo recair sobre um componente diferente daquele que motivou o acidente. O autor destaca que isso é particularmente verdade quando o acidente resulta de uma falha do motorista em lidar com o ambiente viário. Nessas situações costuma-se atribuir o acidente à falta de habilidade do motorista. Porém, medidas de engenharia para melhorar a rodovia são frequentemente mais econômicas e fáceis de implementar do que treinar o motorista para o nível de habilidade necessário para lidar com ambientes viários complexos. As medidas de engenharia também são apontadas como capazes de influenciar mudanças no comportamento do motorista mais rapidamente do que medidas de educação ou fiscalização.

Panitz (1996) comenta que os relatórios produzidos pelos órgãos do sistema de trânsito tendem a apontar fatores ligados ao componente humano como os únicos responsáveis pela maior parte dos acidentes. Muitas vezes, os acidentes são realmente motivados por falhas no componente humano, porém, não se pode deixar de considerar que esses acidentes são agravados por falhas do sistema viário ou do veículo. Sendo assim, a investigação dos fatores contribuintes dos acidentes deve levar em conta que, normalmente, existe mais de um fator propiciando o acontecimento do acidente e que tais fatores podem estar associados a mais de um componente do acidente.

Não levar em consideração a existência das interações entre os componentes faz com que uma parcela de responsabilidade maior que a devida seja atribuída exclusivamente ao fator humano. Meneses et. al. (1999) comentam que a parcela de responsabilidade do motorista é de fácil identificação no momento do registro de um acidente. Após se identificar um fator contribuinte para o acidente, muitas vezes é negligenciada a busca de outros fatores associados ao primeiro. No entanto, esses outros fatores podem potencializar o acontecimento do desastre e ter papel importante nas suas conseqüências.

Vários estudos consideram a existência de interações entre os 3 componentes do acidente. Em Austroads (1994) o componente humano é apontado como responsável por 95% dos acidentes de trânsito, sendo que, deste percentual, 24% resulta da interação do componente humano com o viário-ambiental e 4% da interação do componente humano com o veicular. Dessa forma, ter-se-ia que a responsabilidade exclusiva do fator humano é de 67%. Exclusivamente a cada um dos fatores viário ambiental e veicular, é atribuído 4% da responsabilidade sobre a ocorrência de acidentes, conforme esquema apresentado na Figura 3.

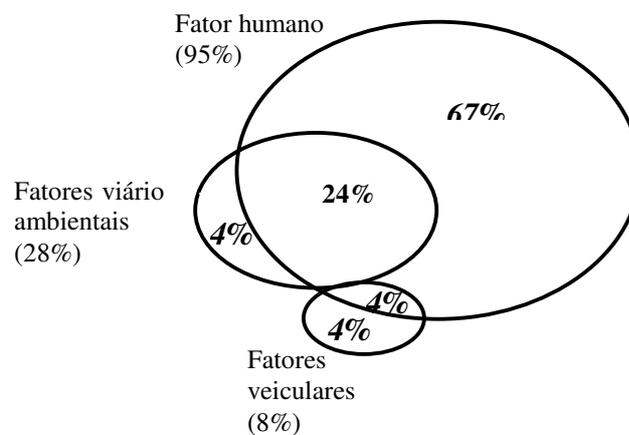


Figura 3. Influência dos componentes nos acidentes

Fonte: Adaptada da obra de AUSTROADS (1994)

No Rio Grande do sul, o DAER (1995) atribuiu 91% dos acidentes ocorridos em 1994 à falha no componente humano; 4,8% à falha do componente viário-ambiental e 4,2% devidos à falha do componente veicular. Porém, esta análise desconsiderou as interações entre os componentes. Isso significa desconsiderar que os projetos viários e a sua operação podem contribuir de forma significativa no desempenho do fator humano.

Acredita-se que as interações entre os componentes dos acidentes ocorridos no Brasil resultem diferentes daquelas interações apresentadas pela bibliografia internacional. A

diversidade cultural do país, a proximidade de determinadas regiões com países limítrofes que geram forte afluxo turístico e as variações no relevo e no clima, que propiciam ambientes operacionais bastante diversos, fazem com que seja razoável supor que a distribuição dos fatores contribuintes dos acidentes e suas interações, varie entre regiões do Brasil.

2.2 O GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA VIÁRIA

O gerenciamento da segurança rodoviária pode ser classificado em duas categorias distintas. A primeira diz respeito às iniciativas reativas, também chamadas corretivas. O exemplo clássico de iniciativas reativas é a análise de pontos críticos, referenciados amplamente na literatura internacional como *black spots* ou *accident prone locations*. A segunda categoria de ações de gerenciamento inclui iniciativas pró-ativas, ou preventivas, das quais a auditoria de segurança viária e a análise de conflitos de tráfego são exemplos.

As medidas reativas objetivam resolver problemas revelados pela ocorrência excessiva de acidentes em determinados pontos da rede viária, enquanto as medidas pró-ativas pretendem identificar situações potenciais de risco presentes na malha viária, antes que os acidentes venham a ocorrer. As abordagens reativas e pró-ativas também diferem em seus custos. Miranda (1997) pondera que, enquanto os custos decorrentes dos acidentes recaem sobre a nação, na forma de indenizações, despesas médicas financiadas através do sistema único de saúde, pensões e reparos no mobiliário urbano destruído, e outros, os custos da prevenção de acidentes recaem sobre o responsável pelo empreendimento. Atualmente, os responsáveis pelo empreendimento podem ser órgãos públicos, no caso de prefeituras ou departamentos rodoviários, ou empresas privadas como, por exemplo, concessionárias de pólos rodoviários e empreiteiras.

Nas duas abordagens as ações para a melhoria da segurança viária devem ser desenvolvidas junto a pelo menos um dos 3 componentes do acidente: componente humano, componente viário ambiental e componente veicular. Nos últimos anos têm-se intensificado o desenvolvimento e implantação de medidas voltadas para melhoria das condições de segurança do veículo. Entre elas destacam-se a adoção de *air bags*, de cintos de segurança e de freios ABS. Esses três elementos podem ser enquadrados na categoria de ações pró-ativas desenvolvidas junto ao componente veicular. Embora a adoção de *air bags* e cintos de segurança não sejam elementos de prevenção da ocorrência do acidente, são considerados pró-ativos uma vez que previnem ou minimizam as lesões físicas resultantes do acidente.

Com o objetivo de atuar preventivamente junto ao componente humano, quantidades expressivas de recursos têm sido investidas em campanhas de educação para o trânsito. Entretanto, essas campanhas não costumam ser acompanhadas por estudos que avaliem os resultados quanto à redução no número de acidentes. A intensificação da fiscalização e aplicação de penalidades tem sido, provavelmente, a medida mais efetiva na redução de acidentes relacionados ao componente humano. Por fim, as ações adotadas para melhoria da segurança que tratam de questões de engenharia da via e da região adjacente a ela têm sido predominantemente reativas. Normalmente, a adoção de medidas como sinalização horizontal e vertical, tratamento de interseções, iluminação, melhoria do pavimento, alargamento de pistas e acostamentos, etc. são incentivadas pela ocorrência expressiva de acidentes em determinados pontos da malha viária.

Embora as ações reativas sejam necessárias e urgentes frente às indesejáveis estatísticas dos acidentes e mortes nas rodovias e vias urbanas de todo Brasil, acredita-se que seja através de medidas preventivas que avanços significativos poderão ser alcançados na melhoria da segurança viária. Quando se pensa em prevenção de acidentes a primeira medida que se tem em mente é educação do motorista. Embora a falha do componente humano esteja presente na maior parte dos acidentes, isso não significa, necessariamente, que os usuários da via devam ser o único foco das ações de prevenção. Medidas de prevenção de acidentes junto ao componente viário-ambiental podem reduzir a incidência de falhas do componente humano, podem reduzir a chance de falhas humanas resultarem em acidentes e podem reduzir as conseqüências de acidentes iniciados devido a uma falha humana (PEO, 2002).

2.2.1 Tratamento do componente viário-ambiental através de ações reativas

Normalmente, melhorias nas condições de segurança das rodovias resultam de reações aos problemas existentes trazidos à tona pela ocorrência de acidentes. Esta estratégia reativa de melhoria da segurança rodoviária tem sido amplamente utilizada e tem se mostrado bastante eficiente.

Os programas reativos têm por objetivo promover a melhoria das condições de segurança através da utilização das informações constantes nos registros de acidentes. A idéia central de programas reativos é corrigir as deficiências do ambiente viário ambiental que serviram de fator contribuinte para a ocorrência de acidentes. Porém, tais programas requerem

uma quantidade razoável de observações, ou seja, é necessário que um número significativo de acidentes ocorra antes que medidas de melhoria na segurança sejam selecionadas e colocadas em prática.

2.2.1.1 Tratamento de pontos críticos

A análise de pontos críticos é um exemplo clássico de uma ação reativa ao problema de falta de segurança viária. É considerado um ponto crítico, ou local propenso à ocorrência de acidentes, qualquer ponto ou trecho da malha viária que apresente um potencial de ocorrência de acidentes maior do que um valor esperado ao acaso. Esse potencial é normalmente apresentado na forma de alguma medida de ocorrência de acidentes como frequência (ex.: número de acidentes), taxa de ocorrência (ex.: número de acidentes por unidade de tempo) ou severidade (ex.: número de fatalidades). Os programas de tratamento de pontos críticos são compostos por três etapas bem definidas: identificação, diagnóstico e solução. Após a identificação dos locais propensos à ocorrência de acidentes parte-se para análise dos registros de acidentes desses locais com o objetivo de identificar padrões de acidentes para cada local. Conhecendo os tipos de acidentes mais comuns em um determinado local é possível identificar as prováveis deficiências do ambiente viário responsáveis por tais acidentes. O passo seguinte é encontrar um tratamento que seja adequado para corrigir especificamente a deficiência identificada (OGDEN, 1996).

Embora a análise de pontos críticos seja relativamente simples no seu conceito, são várias as dificuldades enfrentadas na sua aplicação. A maior dificuldade associada ao desenvolvimento de análises de pontos críticos está na obtenção de dados suficientes e confiáveis sobre os acidentes. Mesmo nos casos onde existem dados disponíveis, a análise de pontos críticos frequentemente incorre em um erro que compromete seu sucesso. Tal erro diz respeito à forma de utilização dos dados de acidentes. Não é raro encontrar análises onde a frequência total de acidentes é utilizada para identificar os locais propensos a ocorrência de acidentes. Sabe-se, porém, da importância de se considerar taxas de acidentes, como por exemplo, número de acidentes/volume de tráfego, ao invés de sua frequência em valores brutos. As taxas de acidentes conduzem a análises mais realísticas, na medida que incorporam à análise o nível de exposição a que estão submetidos os pontos ou trechos da malha viária. É razoável esperar que ocorram mais acidentes naqueles locais onde circulam maiores quantidades de veículos. Uma taxa comumente utilizada em estudos internacionais é o total de acidentes ocorridos por milhões de veículos passantes.

2.2.1.2 Tratamento de pontos críticos modificado

Na tentativa de tornar os programas de tratamento de pontos críticos ainda mais eficientes, alguns autores propõem o conceito de “Acidentes corrigíveis”, em inglês, *Accident correctability* (SAYED e NAVIN, 1998). Os autores sugerem que seja levado em conta que muitos acidentes não são tratáveis por meio de melhorias da via, ou seja, existem acidentes que não possuem fatores contribuintes associados ao componente viário ambiental. Sendo assim, acidentes que não tem como fator contribuinte o componente viário ambiental não deveriam fazer parte do banco de dados na análise de locais propensos a ocorrências de acidentes, em programas de tratamento de pontos críticos focados na melhoria da segurança através de melhorias nas características viário-ambientais. Acredita-se que concentrando o tratamento de pontos críticos naqueles locais onde os acidentes têm como principal fator contribuinte características associadas ao componente viário-ambiental (ver Figura 4), serão obtidas melhores relações benefício custo.

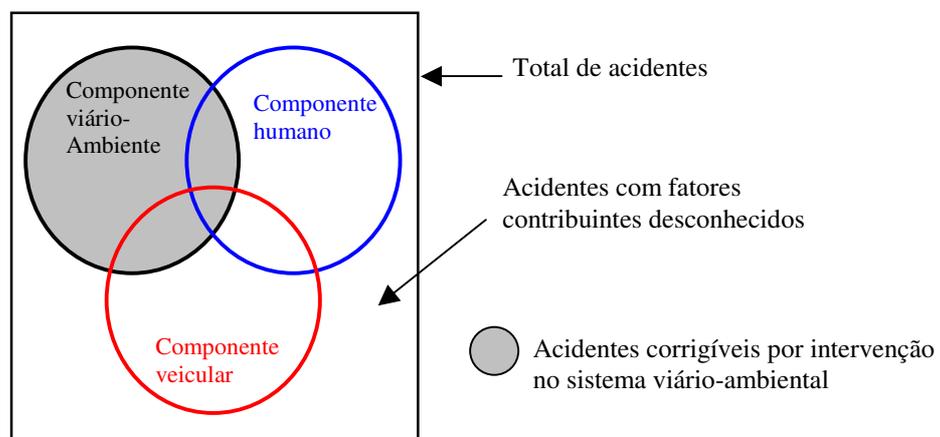


Figura 4. Parcela de acidentes a ser considerada na análise de pontos críticos

Fonte: Adaptada da obra de SAYED e ABDELWAHAB (1997)

Adicionalmente, limitações associadas à natureza esporádica e randômica dos acidentes podem conduzir a falhas na identificação dos reais pontos críticos, comprometendo o diagnóstico das deficiências e a escolha do tratamento adequado. Uma fonte de erro comum, e que afeta significativamente a identificação dos pontos críticos, é o fenômeno de regressão à média. O fenômeno de regressão à média refere-se à tendência de valores extremos serem seguidos por valores menos extremos, mesmo que nenhuma alteração tenha ocorrido nos mecanismos de geração destes valores. Ou seja, locais com alta frequência de acidentes apresentam menores frequências de acidentes em períodos posteriores, mesmo que nenhum

tratamento para melhoria da segurança tenha sido adotado. O fenômeno de regressão à média é discutido por diversos pesquisadores, e formas de minimizar seu efeito têm sido amplamente estudadas por Higle e Whtkowski (1988), Sayed et al. (1997), e Hauer (1992).

2.2.2 Tratamento do componente viário-ambiental através de ações pró-ativas

Os programas de segurança viária pró-ativos são aqueles que envolvem iniciativas voltadas ao tratamento dos locais que apresentam elevado potencial de ocorrência de acidentes, ao invés de ocorrência real de acidentes como na estratégia anterior. Normalmente esse objetivo é alcançado através da avaliação e tratamento do risco potencial que o componente viário-ambiental apresenta aos usuários da via. Entre os programas pró-ativos, destacam-se a Auditoria de Segurança Viária e a Análise de Conflitos.

2.2.2.1 Auditoria de segurança viária

A Auditoria da Segurança Viária (ASV) é definida, segundo Austroads (1994), como: “um exame formal de vias, projetos de circulação ou qualquer esquema de tráfego que lide com usuários das vias, no qual um examinador qualificado e independente avalia o potencial de acidentes de um projeto e o seu desempenho no que se refere à segurança”. A Auditoria de Segurança Viária se caracteriza por ser um processo formal e independente. Por formal, entende-se que é um processo que segue procedimentos pré-estabelecidos e que gera, necessariamente, um relatório escrito que deve ser avaliado e respondido pelo responsável pelo projeto auditado. O caráter independente da equipe de Auditoria de Segurança Viária tem por principal objetivo permitir que o projeto a ser auditado seja visto de forma imparcial e a partir de outra perspectiva, o que dificilmente é possível quando a auditoria é realizada por membros da equipe que desenvolveu o projeto.

Normalmente, a Auditoria de Segurança Viária tem por objetivo identificar deficiências nas condições de segurança de um projeto viário, ou de uma via já em operação, e indicar possíveis medidas capazes de prevenir a ocorrência de potenciais acidentes ou reduzir sua severidade. Porém, alguns autores questionam, e até mesmo consideram como inapropriada, a inclusão de possíveis soluções para os problemas de segurança identificados (MORGAN, 1998). Segundo Pieples (1999), um dos principais aprendizados resultante do projeto piloto de Auditoria de Segurança Viária desenvolvido pelo *Penndot – Pennsylvania*

Department of Transportation, foi que as recomendações são o maior motivo de preocupação por parte dos responsáveis pelo projeto, que temem possíveis litígios resultantes de recomendações não incorporadas ao projeto. Acredita-se que relatórios contendo apenas a identificação dos problemas são mais facilmente aceitos pela equipe responsável pelo projeto. Esta, por sua vez, é capaz de encontrar soluções para as deficiências destacadas pela equipe de Auditoria de Segurança Viária.

De acordo com o Austroads (1994), a Auditoria de Segurança Viária pode ser aplicada em cinco diferentes estágios, que vão desde a concepção do projeto até sua operação propriamente dita. Esses estágios encontram-se caracterizados como:

Estágio 1 – Viabilidade do projeto

Estágio 2 – Anteprojeto

Estágio 3 – Projeto definitivo

Estágio 4 – Pré-abertura dos projetos novos ou período de construção

Estágio 5 – Vias em operação e procedimentos de manutenção de vias

Os estágios de 1 a 4 são aplicados em projetos novos e possibilitam a introdução de alterações para melhorar as características de segurança ainda antes do início das operações. Os estágios 1, 2 e 3 são caracterizados por requererem sólidos conhecimentos sobre projeto viário. O estágio 4 que, originalmente, se destinava apenas à fase de pré-abertura do projeto, assume hoje maiores proporções ao incorporar o período de construção. Por fim, o estágio 5 faz-se necessário uma vez que determinados ambientes viários (trechos de vias, interseções, bairros etc.) podem ter suas condições de segurança alteradas ao longo do tempo. A seguir é apresentada uma síntese de cada uma das 5 etapas mencionadas, conforme apresentado em documentos desenvolvidos por Austroads (1994) e pela Universidade de *New Brunswick* (HILDEBRAND e WILSON, 1999).

No estágio 1, a Auditoria de Segurança Viária pode influenciar as decisões sobre a escolha de rotas, e sobre escolha do tratamento a ser dado em interseções, entre outros elementos. Também nesse estágio é analisada a compatibilidade entre a classe proposta para a via e a demanda de tráfego projetada, em termos de volume e composição.

Já no estágio 2, onde é auditado o anteprojeto, deve-se avaliar o atendimento aos padrões gerais de projeto como: alinhamento horizontal e vertical, largura das faixas e dos acostamentos, superelevações, dispositivos de sinalização e proteção, outros equipamentos na via (como pedágios, áreas de descanso e de serviços, etc), facilidades para pedestres e ciclistas, etc. Devido aos custos de desapropriações normalmente envolvidos em projetos rodoviários, torna-se difícil fazer alterações de traçado após esse estágio.

Uma vez elaborado o projeto definitivo, procede-se o estágio 3 da Auditoria de Segurança Viária. De posse do projeto detalhado, incluindo todas as características de projeto, a Auditoria de Segurança Viária avalia itens como características do projeto geométrico, projeto de sinalização e marcação das vias, projeto de iluminação, drenagem, defensas e outras características do ambiente viário. Especialmente nos casos onde o projeto é desenvolvido por mais de uma empresa, deve-se verificar se existe uniformidade na aplicação dos padrões.

No estágio 4 é realizada uma vistoria final antes da abertura do novo projeto. Esse estágio objetiva garantir que o projeto original não tenha sofrido alterações durante a construção, assegurando que aspectos referentes à segurança dos diversos usuários da via tenham sido observados e que situações potenciais de risco tenham sido eliminadas. A condução de auditorias durante as obras de construção da via permite que eventuais discrepâncias com o projeto original sejam prontamente identificadas e corrigidas. É aconselhável que as vistorias de pré-abertura de novos projetos sejam diurnas e noturnas, tanto em dias secos como chuvosos, o que possibilita a identificação de problemas de segurança de difícil ou impossível identificação em etapas anteriores.

A condução da Auditoria de Segurança Viária em vias em operação, estágio 5, também inclui inspeções diurnas e noturnas e deve contemplar a variação climática predominante na região. A realização de auditorias regulares permite que novas situações de risco sejam identificadas e corrigidas antes que resultem em acidentes (ex.: crescimento de vegetação interferindo na distância de visibilidade). No caso de auditorias de obras de manutenção, deve-se examinar se as alterações temporárias do tráfego irão operar de forma segura.

Alguns autores consideram Auditoria de Segurança Viária em vias em operação como um procedimento reativo e não pró-ativo como a condução de auditorias nos estágios anteriores (NAVIN et al., 1999). Porém, da mesma forma que nos estágios de 1 a 4, a auditoria no estágio 5, vias em operação, busca detectar e resolver problemas de segurança ainda não conhecidos e não revelados por dados de acidentes, o que lhe confere o *status* de pró-ativa. Dessa forma, nesse estudo, a auditoria de vias em operação é considerada como uma medida legitimamente pró-ativa.

Idealmente, todos os projetos viários deveriam ser auditados em todos os estágios. Porém, restrições orçamentárias determinam que as autoridades selecionem aqueles projetos e estágios nos quais a Auditoria de Segurança Viária proporcionará maiores benefícios. Nessa seleção, deve-se levar em conta que os benefícios esperados da Auditoria de Segurança Viária de diferentes tipos de projetos podem variar em função do estágio em que elas são conduzidas. Com o objetivo de orientar a decisão sobre a priorização de auditorias, Hildebrand e Wilson (1999) apresentam, na Tabela 1, os estágios recomendados para a condução da Auditoria de Segurança Viária em diferentes tipos de projetos.

Tabela 1. Estágios recomendados para realização de Auditoria de Segurança Viária

Fonte: Adaptada de HILDEBRAND e WILSON (1999)

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

A Auditoria de Segurança Viária possui um histórico de mais de 20 anos. Ela surgiu no Reino Unido no início da década de 80 (PROCTOR e BELCHER, 1993). No início dos anos 90 foi adotada também na Austrália e Nova Zelândia. A partir de então difundiu-se por outros países como Canadá, Estados Unidos e Dinamarca, entre outros.

A necessidade de procedimentos de Auditoria de Segurança Viária surgiu na Inglaterra a partir das diretrizes de segurança propostas pelo *Road Traffic Act* de 1974. Porém, a Auditoria de Segurança Viária teve uso crescente a partir de 1990, com o destaque dado ao estatuto de responsabilidade sobre a segurança de novas vias contido no *Road Traffic Act* de 1988. Em 1990, o *IHT – The Institution of Highways & Transportation*, editou o primeiro manual contendo procedimentos para realização de Auditoria de Segurança Viária; essa publicação foi revisada e reeditada em 1996 (IHT, 1996). Em 1991, o Departamento de Transportes tornou a Auditoria de Segurança Viária obrigatória para todas as *freeways* e rodovias troncais nacionais (HILDEBRAND e WILSON, 1999).

O desenvolvimento da auditoria rodoviária é atribuído a Malcom Bulpitt. Na década de 80, no Reino Unido, Bulpitt empregou, em rodovias, os conceitos de auditoria de segurança originalmente aplicados na rede ferroviária britânica durante o período Vitoriano, quando os oficiais inspecionavam as novas linhas ferroviárias antes de sua abertura para o uso. Bulpitt utilizou o conceito de vistorias independentes, com a finalidade de aumentar as condições de segurança nos projetos viários desenvolvidos pelo Departamento de Transportes e Rodovias do Condado de Kent (TRENTACOSTE et al., 1997b).

Na Austrália, a primeira Auditoria de Segurança Viária foi realizada em uma rodovia já em operação, para a qual *checklists* foram especialmente desenvolvidos. Em 1994 foi editado o guia *Road Safety Audit* (AUSTROADS, 1994) que contém uma apresentação detalhada dos 5 estágios da auditoria, desde a Auditoria de Segurança Viária de projetos novos até a Auditoria de Segurança Viária de vias em operação. A Auditoria de Segurança Viária insere-se na estratégia australiana de segurança viária, desenvolvida em 1992, que enfatiza a questão da redução das fatalidades no trânsito. Na Nova Zelândia, em 1989, foi instituída a *Transit New Zealand*, e, em 1990, foi designado um gerente de auditoria para conduzir Auditoria de Segurança Viária de vias em operação. Em 1992 iniciou a prática piloto de Auditoria de Segurança Viária nos projetos viários e, em 1993, foi desenvolvido e implementado um conjunto de procedimentos. A *Transit New Zealand*, responsável pelo gerenciamento da rede viária, tem como política a condução de Auditoria de Segurança Viária em uma amostra de 20% da malha rodoviária. Os recursos para realização destas auditorias são providos pelo *Transfund*, órgão responsável pela alocação dos recursos do *National Roads Account* destinados à promoção de um sistema viário mais seguro e eficiente. No estado australiano de Vitória, todos os projetos com custo superior a US\$ 4 milhões são

necessariamente auditados. Além desses, outros projetos são aleatoriamente selecionados para também serem auditados em uma ou mais fases do projeto. Na Nova Zelândia, todos os projetos com custo acima de US\$ 3,6 milhões são auditados em todos os estágios de desenvolvimento. Projetos menores são auditados apenas nos estágios mais avançados (TRENTACOSTE et al. 1997b).

Atualmente, na Dinamarca, a Auditoria de Segurança Viária é obrigatória em todos os projetos viários nacionais. Na América do Norte, a prática da Auditoria de Segurança Viária foi adotada em meados dos anos 90, sendo que a primeira Auditoria de Segurança Viária formal realizada nos Estados Unidos ocorreu em 1997 (TRENTACOSTE et al. 1997b). A prática canadense é bastante recente e vem sendo conduzida através de esforços isolados em diferentes províncias (HILDEBRAND e WILSON, 1999).

No Brasil, a prática de auditoria viária ainda é incipiente (NODARI e LINDAU, 2001). Entre as iniciativas isoladas reportadas na literatura, encontra-se o trabalho pioneiro de Auditoria de Segurança Viária urbana conduzido sobre o projeto de sinalização semaforica da cidade de São Paulo (SCARINGELA et al. 1995), a Auditoria de Segurança Viária conduzida nas vias das marginais Tietê e Pinheiros, no projeto Nova Marginal (BORNSZTEIN, 2001), e a experiência de Cucci Neto e Waisman (1999) que apresentam um estudo de Auditoria de Segurança Viária focando a segurança de pedestres. Ainda, como estratégia para redução e prevenção de acidentes, a Auditoria de Segurança Viária começa a ser adotada por concessionárias responsáveis pela manutenção e operação de rodovias (BORNSZTEIN, 2001).

A condução de Auditorias de Segurança Viária é, atualmente, fundamentada no uso de *checklists* e na experiência e conhecimento dos auditores. Navin et al. (1999) comentam que as recomendações para a melhoria da segurança das vias ainda estão fortemente baseadas na experiência dos especialistas e que, em longo prazo, a Auditoria de Segurança Viária deve migrar para a inclusão da estimativa do risco da ocorrência dos acidentes. Atualmente existem *checklists* desenvolvidos pelo IHT (1996), pelo Austroads (1994), pelo *Transfund New Zealand* (TNZ, 1998), pela *University of New Brunswick*, (HILDEBRAND e WILSON, 1999), pela *Transportation Association of Canadá* (TAC, 2001) e pelo Departamento de Transportes de Ontário, entre outras entidades, que auxiliam e orientam os auditores no processo de avaliação da segurança dos projetos viários.

Austroads (1994) levanta aspectos legais referentes à condução da Auditoria de Segurança Viária referentes a possíveis processos judiciais que autoridades públicas venham a sofrer em função da condução da Auditoria de Segurança Rodoviária. Hildebrand e Wilson (1999) observam que, até então, na Austrália, Reino Unido e Canadá não haviam ocorrido problemas com ações judiciais decorrentes do uso de Auditoria de Segurança Viária. Appleton (1996) destaca o potencial de litígios legais como um dos obstáculos para a maior difusão da ASV nos Estados Unidos, onde os profissionais são fortemente influenciados por essas questões. Por outro lado, Morgan (1999) aponta a realização de uma ASV como um elemento de defesa, caracterizando que os responsáveis pelo projeto não negligenciaram a questão da segurança. Appleton (1999) também indica a Auditoria de Segurança Viária como uma ferramenta para reduzir os litígios através da redução da ocorrência e gravidade dos acidentes.

Uma importante questão acerca da condução de Auditorias de Segurança Viária diz respeito aos custos envolvidos. Segundo a *Transfund New Zealand* (TNZ, 1998), o custo da Auditoria de Segurança Viária abrange três itens: o custo dos consultores, o custo do tempo do cliente para gerenciar a auditoria e os custos associados com a implantação das recomendações. Hildebrand e Wilson (1999) apontam que custos adicionais podem decorrer de alterações no cronograma e escopo de um projeto. Trentacoste et. al. (1997a) reporta indicativos da Austroads, onde o custo de auditar um grande projeto rodoviário em seus diferentes estágios adiciona de 4 a 10% no custo total do projeto. Números equivalentes são reportados por *Hamilton Associates* (apud HILDEBRAND e WILSON, 1999) que indicam encarecimentos entre 5 e 10% nos custos do projeto, o que, segundo os mesmos autores, representaria cerca de 1% dos custos de construção da via; em projetos de menor dimensão, como os associados a medidas de moderação de tráfego (*traffic calming*), as despesas podem representar percentuais mais elevados do custo de capital. O levantamento realizado por Trentacoste et. al. (1997a e 1997b) indica que o custo da Auditoria de Segurança Viária de um novo projeto equivale ao de um levantamento geotécnico.

São ainda poucos os trabalhos que quantificam os benefícios advindos da Auditoria de Segurança Viária. Hildebrand e Wilson (1999) mencionam pesquisas inglesas que indicam reduções da ordem de até um terço dos acidentes em rodovias que passaram pela Auditoria de Segurança Viária; ainda, reportam reduções de acidentes com danos pessoais entre 1 e 3%.

Embora haja dificuldade em estimar a relação benefício-custo, os escoceses estimam-na em 15:1 enquanto os neozelandeses avaliam essa relação em 20:1 (HILDEBRAND e WILSON, 1999).

Outros benefícios decorrentes da aplicação da Auditoria de Segurança Viária incluem (AUSTROADS, 1994; HILDEBRAND e WILSON, 1999):

- redes viárias mais seguras;
- aprimoramento das técnicas e da prática da engenharia de segurança viária;
- redução da necessidade de modificar a circulação viária após a construção;
- melhoria dos padrões e normas de segurança;
- consideração explícita das necessidades de segurança dos usuários mais vulneráveis;
- difusão da consciência pela segurança entre operadores e projetistas;
- engajamento de um maior número de profissionais para a área de segurança viária;
- redução dos custos decorrentes de acidentes, incluindo os sociais e os de saúde;
- aprimoramento do projeto rodoviário;
- estímulo ao desenvolvimento de uma cultura corporativa pela segurança.

Em documento do TRRL (1991), a Auditoria de Segurança Viária é apontada como instrumento para evitar que os escassos recursos disponíveis, especialmente em países em desenvolvimento, sejam desperdiçados em projetos pouco seguros, gerando gastos com a reformulação de vias pouco seguras e com acidentes que poderiam ter sido evitados. A adoção de medidas preventivas como a ASV pode resultar em economias significativas de recursos. Os benefícios incluem desde a redução das despesas referentes aos acidentes que deixam de ocorrer, ou cuja severidade é diminuída com essa ação preventiva, até a eliminação dos gastos decorrentes de obras de correção que podem ser evitadas pela análise criteriosa nas fases de projeto e construção, período no qual as ações, normalmente, são menos custosas.

2.2.2.2 Análise de conflitos de tráfego

Outra técnica pró-ativa importante no tratamento da segurança viária é a análise de conflitos de tráfego. Um conflito de tráfego ocorre quando dois ou mais usuários da via se dirigem ao mesmo espaço ao mesmo tempo e, pelo menos um usuário da via realiza com

sucesso uma ação evasiva a fim de evitar o acidente, dentro de um pré-determinado tempo mínimo para colisão. Sendo assim, as técnicas de conflito de tráfego envolvem a observação de “quase-acidentes” entre os vários usuários da via. Os dados sobre conflitos de tráfego observados podem ser usados para o diagnóstico de deficiências nos projetos geométricos e no planejamento dos sistemas de controle de tráfego.

Originalmente, os conflitos de tráfego foram definidos por Perkins and Harris, em 1968, como qualquer ação evasiva realizada pelo motorista para evitar uma colisão. Atualmente o conceito de conflito de tráfego envolve as dimensões de tempo, distância e severidade, sendo, portanto, uma medida de risco do usuário da via (SAYED, 2000).

Os conflitos de tráfego são significativamente mais freqüentes do que os acidentes propriamente ditos, conforme apresentado no esquema da Figura 5. Com base nessa informação propôs-se que os conflitos, ao invés dos acidentes, fossem usados no estudo da segurança viária. De fato, é possível coletar grandes quantidades de dados sobre conflitos de tráfego em períodos de tempo relativamente curtos, quando comparados àqueles necessários para obter-se dados de acidentes suficientes para o desenvolvimento de análises com adequado respaldo estatístico.

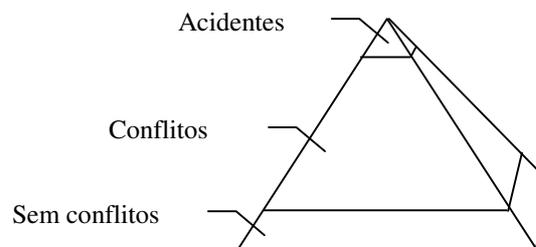


Figura 5. Representação esquemática da proporção entre conflitos e acidentes

Fonte: Adaptada de SAYED (2000)

Porém, conflitos de tráfego não são substitutos às informações de acidentes de boa qualidade, uma vez que se baseiam na observação de manobras evasivas bem sucedidas e não em acidentes propriamente ditos. Adicionalmente, as técnicas de conflito de tráfego são aplicáveis somente à análise de interseções, não sendo economicamente viáveis em segmentos de vias.

Desde 1990, o *ICBC – Insurance Company of British Columbia*, tem usado a técnica de conflitos de tráfego, em conjunto com outras ferramentas tradicionais, para aprimorar a avaliação de segurança viária (SAYED, 2000).

No Brasil, as técnicas de conflito de tráfego ainda não são usadas sistematicamente na avaliação da segurança viária. Porém, Framarim e Lindau (2003) relatam diversas iniciativas relacionadas à aplicação e adaptação das técnicas existentes para a realidade brasileira.

2.3 MODELOS DE PREVISÃO DE ACIDENTES BASEADOS NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA RODOVIA

Os modelos de previsão de acidentes visam estabelecer as relações numéricas existentes entre a ocorrência dos acidentes e as mais diversas variáveis explicativas usadas na tentativa de explicar tais acidentes. Autores como Okamoto e Koshi (1989), Fridström e Ingebrigtsen (1991), Miaou e Lum (1993), Shankar et al. (1995), Al-Masaeid (1997) e Wang et. al. (1998) têm-se dedicado a essa investigação através do desenvolvimento de modelos estatísticos onde são estimadas as relações entre as taxas de acidentes e características físicas das rodovias.

De acordo com Miaou e Lum (1993), os modelos de previsão de acidentes baseados nas características físicas da rodovia têm buscado resposta a questões como:

- Que taxas de acidentes podem ser esperadas como razoáveis para uma seção de rodovia com determinadas características geométricas?
- Para um determinado conjunto de variáveis geométricas de projeto, quais variáveis são mais críticas para o desempenho da rodovia em termos de segurança?
- Que percentual de redução nos acidentes pode ser esperado a partir de diferentes melhorias no projeto rodoviário?

Os modelos propostos diferem entre si em diversos aspectos. Entre as principais diferenças estão: a distribuição adotada para representar a ocorrência de acidentes, a escolha das variáveis do modelo, a escolha da forma funcional do modelo, escolha do comprimento e dos critérios de delimitação dos segmentos de rodovia.

É sabido que os acidentes são eventos discretos e randômicos. Em outras palavras, o número esperado de acidentes em uma determinada seção da rodovia durante um determinado período de tempo é de natureza probabilística; é um número inteiro e não negativo. Acidentes também são eventos esporádicos, sendo assim, é possível que algumas seções da rodovia não apresentem registros de acidentes por longos períodos de tempo. Essas características sugerem a adoção da distribuição de Poisson como modelo de distribuição de ocorrência de acidentes. Porém, a ocorrência de acidentes tende a apresentar uma grande dispersão em relação ao valor esperado (média). Essa característica resulta em uma limitação para a adoção da distribuição de Poisson, uma vez que essa assume que a variância é igual à média. Observando os dados de acidentes é possível verificar que tal suposição é freqüentemente violada. O uso da distribuição de Poisson quando os dados apresentam grande dispersão pode resultar em super ou sub-estimativas do número de acidentes no segmento de rodovia. Alternativamente à distribuição de Poisson, alguns estudos têm adotado a distribuição Binomial negativa, que não restringe a variância ao valor da média (MIAOU e LUM, 1993; SHANKAR et. al. 1995).

A segmentação dos trechos das rodovias para a elaboração de modelos de previsão de acidentes e para as atividades de monitoração do desempenho de rodovias é também uma questão de grande importância. Os modelos de previsão de acidentes buscam encontrar as relações existentes entre as características físicas presentes nos segmentos de rodovia e os registros de acidentes. Nessa situação, a definição dos segmentos merece especial atenção, pois pode influenciar significativamente os resultados dos modelos. Nas atividades de monitoração de rodovias a segmentação permite a localização relativamente precisa das deficiências encontradas na via, e permite o acompanhamento da sua evolução ao longo do tempo.

Uma vez que a ocorrência de acidentes é um evento estocástico, verifica-se a existência de erros aleatórios na taxa de ocorrência de acidentes que é, normalmente, a variável dependente adotada na estimativa dos modelos de regressão. O erro aleatório associado à taxa de acidentes pode deteriorar o poder de explicação do modelo. O erro aleatório pode ser reduzido através da adoção de segmentos longos. Porém, a adoção de um conjunto de segmentos longos também pode prejudicar o poder de explicação do modelo, na medida que a amostra (o conjunto de segmentos) se torna menor (MIAOU e LUM, 1993). A adoção de segmentos longos também aumenta a chance de incluir, em um mesmo segmento,

locais com elevado número de acidentes e locais com baixo número de acidentes, o que não é desejável na modelagem.

A definição dos segmentos de rodovias pode se basear em considerações a respeito da homogeneidade das características físicas da rodovia, ou em considerações estatísticas. Na tentativa de atender ao critério de homogeneidade, muitas vezes torna-se difícil, senão impossível, evitar segmentos curtos. Alguns autores optam por segmentos longos, ainda que esses não apresentem homogeneidade nas características geométricas, com o objetivo de superar os problemas estatísticos relacionados à adoção de segmentos curtos (SHANKAR et al., 1995).

A adoção de segmentos homogêneos de comprimento variável tem sido adotada na maioria dos estudos envolvendo o desenvolvimento de modelos de previsão de demanda. Entre os estudos que adotam segmentos homogêneos permitindo a variação no comprimento dos segmentos encontram-se o de Miaou e Lum (1993), onde foram definidos um total de 4983 segmentos com comprimento variando de 62 metros a 12.430 metros. Nesse estudo foram utilizados dados de acidentes de um período de 3 anos, porém no processo de estimação do modelo foi considerado o período de tempo de um ano. Sendo assim, mesmo que não houvesse variações geométricas e ambientais que justificassem a segmentação da rodovia, ainda assim existiriam três segmentos diferentes, um para cada ano. Isso permitiu que mudanças introduzidas na geometria e nas condições de operação da rodovia ao longo dos três anos fossem consideradas no modelo. Já o estudo desenvolvido por Al-Masaeid (1997), onde o principal critério para definição dos segmentos foi a uniformidade do tráfego e das condições de pavimento ao longo do segmento, foram analisados 32 segmentos homogêneos de 200 metros de comprimento cada. Nesse estudo foi utilizada uma amostra de segmentos da rodovia e não toda sua extensão, sendo possível selecionar segmentos ao mesmo tempo homogêneos e de igual comprimento.

Segmentos homogêneos de comprimento variável também foram adotados no estudo realizado por Wang et. al. (1998). Nesse estudo o autor analisou a relação entre características geométricas da rodovia e a ocorrência de acidentes em 671 segmentos de rodovia, com comprimento variando entre 480 metros e 9790 metros. A Tabela 2 sintetiza informações sobre o processo de segmentação de rodovias adotados em 4 estudos de modelagem de acidentes.

Tabela 2. Resumo das informações sobre segmentação dos estudos pesquisados

Estudo	Critério de segmentação	Número de Segmentos	Segmento mínimo	Segmento máximo	Segmento Médio
Wang, J. et al., 1998	Segmentos homogêneos	671	480 metros	9790 metros	1140 metros
Al-Masaeid, 1997	Segmentos homogêneos e comprimento fixo	32	N.A.	N.A.	200 metros (valor fixo)
Shankar, V. et al., 1994	Segmentos de comprimento fixo	10	N.A.	N.A.	6100 metros
Miaou, S. and H. Lum., 1993	Segmentos homogêneos	4983*	62 metros	12430 metros	700 metros

* O número real de segmentos é de 1661; o total de 4983 resulta da consideração de que cada segmento pode ter sofrido mudanças ao longo dos 3 anos de dados de acidentes utilizados no estudo. Logo, a cada ano, o mesmo segmento foi considerado como um segmento novo.

Nos procedimentos de monitoração de rodovias, amplamente adotados na área de gerenciamento de pavimentos, verifica-se uma tendência à adoção de segmentos de comprimentos menores que os adotados no desenvolvimento de modelos de previsão. Estudos revisados indicam a adoção de segmentos da ordem de 400 metros (Mn/DOT, 2003a).

Além das dificuldades relacionadas à seleção da técnica estatística e definição dos segmentos rodoviários, a maioria dos estudos nessa área se depara com o problema de falta de dados em quantidade e qualidade necessárias para o desenvolvimento de modelos de previsão de acidentes (MIAOU e LUM, 1993). As deficiências nos bancos de dados de acidentes, tanto em termos de quantidade de dados quanto em relação à sua qualidade, podem comprometer os resultados obtidos nos modelos de regressão.

2.4 A INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA RODOVIA NA OCORRÊNCIA DE ACIDENTES

O conhecimento acumulado sobre a influência de características da via na segurança ainda é limitado. Lamentavelmente, as relações entre a segurança e as características viárias ainda não são conhecidas com o mesmo grau de precisão que se costuma ter nas áreas de conhecimento onde é possível a condução de experimentos (PEO, 2002). Algumas características já foram bastante pesquisadas e sua influência na ocorrência de acidentes pode ser numericamente estimada com grau de confiança satisfatório. Por outro lado, existem

aquelas características para os quais é conhecida a direção da influência sobre a segurança, porém a magnitude dessa influência ainda não foi quantificada. Por fim, existem características que não possuem clara relação com a ocorrência de acidentes, não sendo possível determinar se produzem ganhos ou perdas nas condições de segurança da via.

Acredita-se que as características geométricas da via afetam suas condições de segurança de diferentes maneiras, influenciando (TRB, 1987):

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

Em geral, um bom projeto viário deve proporcionar ao motorista condições de desempenhar a tarefa de condução do veículo de forma clara, simples e consistente (TRRL, 1991). Acredita-se que o bom desempenho do motorista depende da combinação de características como geometria da via, sinalização horizontal e vertical e da clara definição de prioridades de circulação. A rodovia também deve oferecer condições para que o motorista que, eventualmente, tenha cometido um erro, possa retomar o controle do veículo antes que o acidente ocorra. Caso o acidente seja inevitável, a rodovia deve proporcionar condições para que as conseqüências dos acidentes sejam minimizadas.

Por outro lado, projetos viários de alto nível tendem a facilitar a tarefa do motorista, o que pode levá-lo a reduzir o seu nível de atenção. Bons projetos viários também resultam em aumento da velocidade. Esses dois aspectos explicam resultados contra-intuitivos, onde se constata que melhorias nas características viárias levam a um aumento no número de acidentes (NOLAND, 2003).

A seguir, é apresentada uma revisão sobre as características físicas selecionadas para compor o método de avaliação da segurança de segmentos rodoviários proposto neste estudo. Sempre que possível, a revisão buscou apontar a relação existente entre a característica física e a incidência ou tipologia dos acidentes.

2.4.1 Efeito dos buracos na pista pavimentada

Os buracos nas pistas pavimentadas são formados através da infiltração da água da chuva através do revestimento da rodovia, que, em conjunto com as ações do tráfego, provocam a deterioração do pavimento. Os estudos relativos ao efeito da presença de ondulações e buracos na pista não são raros, porém têm se concentrado mais na questão de prejuízo à eficiência econômica do que no problema específico de segurança viária.

Tem-se dado ênfase ao estudo do efeito das irregularidades na pista sobre o custo operacional dos veículos que trafegam nela, especialmente sobre o custo operacional dos veículos de carga. Possivelmente, o problema de segurança resultante do efeito das irregularidades na pista não tem recebido maior atenção em função do padrão suficientemente alto de manutenção nas rodovias nos países onde estudos de segurança são mais freqüentemente desenvolvidos. Em rodovias com elevado padrão de construção e manutenção, os eventuais buracos e ondulação na pista não se destacam como uma questão relevante do ponto de vista de segurança (OGDEN, 1996).

Porém, existem evidências de que as imperfeições e as irregularidades da superfície influenciam parte dos acidentes. Acredita-se que a existência de buracos na pista exerce maior influência na ocorrência de acidentes envolvendo caminhões e motos do que naqueles envolvendo veículos de passeio (OGDEN, 1996). Um estudo australiano, apresentado pelo mesmo autor, constata que em aproximadamente 10% dos acidentes envolvendo caminhões, houve perda do controle do veículo devido à existência de buracos. O autor também destaca que buracos e ondulações no pavimento podem causar deslocamento na carga de caminhões e/ou a capotagem dos mesmos.

O recapeamento de rodovias é uma medida que preserva a estrutura do pavimento e melhora a qualidade da viagem, uma vez que reduz ou elimina defeitos como ondulações e buracos. Portanto, a recapeamento proporciona um ganho de qualidade na condução do veículo. Por outro lado, em consequência desse ganho de qualidade na condução do veículo, o motorista se sente apto a desenvolver maiores velocidades, o que é, na maioria das vezes, prejudicial à segurança.

2.4.2 Efeito da resistência à derrapagem

A superfície da rodovia deve oferecer um nível de fricção entre o pavimento e os pneus suficiente para permitir que o veículo se desloque e faça as manobras necessárias de forma segura. Níveis insuficientes de fricção entre o pavimento e o pneu podem resultar em acidentes por derrapagem, uma vez que influenciam significativamente a dirigibilidade e a capacidade de frenagem do veículo. A derrapagem é um fator contribuinte presente em muitos acidentes, especialmente em interseções com pavimento molhado.

A dimensão da superfície de contato entre o pneu do veículo e a superfície da rodovia é, aproximadamente, do tamanho da mão humana (AASHTO, 1997). Portanto, a área total de contato entre o veículo e a rodovia é relativamente pequena. A fricção desenvolvida nessa área de contato está relacionada à deformação do pneu sobre as pequenas irregularidades na superfície do pavimento. Essas irregularidades ocorrem em nível de micro e de macrotextura. A macrotextura é a rugosidade do pavimento visível a olho nu. Já a microtextura refere-se à rugosidade da superfície do agregado (pedras) usado na composição do pavimento. O efeito da microtextura sobre a intensidade da fricção entre pneu e pavimento é particularmente importante em baixas velocidades, enquanto a macrotextura é responsável pela fricção quando o veículo desenvolve velocidades altas (OGDEN, 1996).

Quando os veículos se deslocam em velocidades altas em pavimentos molhados, a água necessita escoar rapidamente para fora da superfície para que o pneu possa aderir nesta. A função da macrotextura é prover os canais de drenagem para que a água possa escoar sem prejudicar a aderência do pneu à superfície. Quando os veículos trafegam em velocidades baixas a água se desloca sem maiores dificuldades. Nessa situação a microtextura passa ter um papel predominante na resistência à derrapagem. A redução dos níveis de microtextura ocorre quando o tráfego contínuo dos veículos deixa os agregados do pavimento polidos, reduzindo assim a sua aspereza (OGDEN, 1996).

Momm e Domingues (1995) comentam que os critérios de composição das misturas betuminosas dos pavimentos deveriam incorporar a questão da segurança viária, através da fixação de valores mínimos para a aderência pneu/pavimento. Atualmente, a composição das misturas betuminosas dos pavimentos atende apenas aos critérios de deformação e resistência.

Não existem muitos estudos desenvolvidos a respeito do efeito da rugosidade do pavimento na segurança da rodovia. Ogden (1996) argumenta que o bom padrão de manutenção dos pavimentos em rodovias de países desenvolvidos talvez faça com que a rugosidade não seja um aspecto importante na questão da segurança. Estudos avaliando os benefícios à segurança decorrente da melhoria da resistência à derrapagem são reportados pelo autor. Esses estudos verificaram reduções de 25 a 54% no número total de acidentes. Considerando apenas os acidentes com pavimento molhado os percentuais de redução de acidentes são ainda mais expressivos, variando de 47 a 83%.

2.4.3 Efeito da formação de espelhos d'água

A formação de poças ou lâminas d'água sobre a rodovia pode provocar a hidroplanagem dos veículos. A hidroplanagem ocorre quando o pneu não consegue desenvolver a aderência necessária sobre o pavimento devido à presença de um filme de água. Esse problema ocorre com mais frequência quando os veículos operam em velocidades altas e onde o pavimento apresenta macrotextura fina (OGDEN, 1996).

Quando ocorre a hidroplanagem, a frenagem e o controle da direção de deslocamento do veículo se tornam inviáveis e, conseqüentemente, o risco de ocorrência de acidentes cresce. O problema de hidroplanagem é mais comum em situações onde se combinam trechos planos, com inclinação transversal mínima e curvas de raio longo. Nessas situações existe uma tendência a formação de rotas de drenagem muito longas sobre o pavimento, o que pode resultar na formação de lâminas d'água espessas mesmo em condições de chuva fraca. Assim, a hidroplanagem pode ocorrer mesmo em curvas aparentemente seguras (AASHTO, 1997).

2.4.4 Efeito do desnível entre a faixa de rolamento e o acostamento

O desnível vertical entre a faixa de rolamento e o acostamento é resultado tanto do desgaste ou erosão de acostamentos não pavimentados, como de atividades de recapeamento, nas quais não é recapeado o acostamento. Esse desnível pode provocar a perda de controle do veículo e, por isso, é fonte potencial de acidentes. Embora seja reconhecido que o desnível entre faixa de rolamento e acostamento influencie as condições de segurança da rodovia, não se sabe precisamente a intensidade dessa influência (AASHTO, 1997).

O *Special Report 214* (TRB, 1987) apresenta algumas conclusões de testes de campo e análises teóricas que foram desenvolvidos com a finalidade de investigar a probabilidade dos motoristas retomarem o controle do veículo após passarem sobre desníveis de diferentes formatos e alturas. O estudo levou em consideração dois formatos diferentes de desníveis, o vertical e o oblíquo, conforme apresentado na Figura 6. Foram testados desníveis verticais com altura de 7,6 e 11,4 cm, e desníveis oblíquos com altura de 11,4 cm.

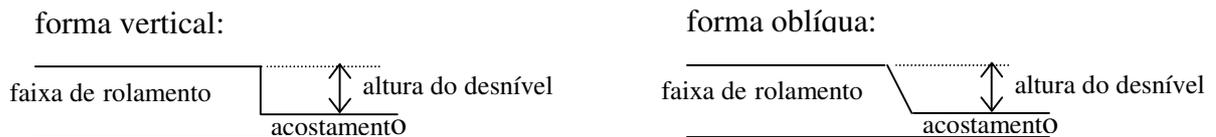


Figura 6. Tipos de desnível avaliados no *Special Report 214*

Fonte: Adaptada de TRB (1987)

O teste de campo norte-americano mediu a frequência com que os motoristas conseguiram retornar à faixa de rolamento de 3,6 metros, sem invadir a faixa adjacente, após os pneus do lado direito do veículo terem caído no desnível entre a faixa de rolamento e o acostamento. O estudo conclui que quanto maior a velocidade do veículo, maior é a dificuldade de uma retomada de controle bem sucedida. O desnível de 7,6 cm não impediu a retomada do controle de veículos grandes de passageiros, trafegando a 50 km/h. No teste com veículos pequenos, o mesmo desnível de 7,6 cm não impediu a retomada do controle de veículos para velocidades de até 40 km/h. Nos testes realizados com o desnível vertical de 11,4 cm, a manobra de retomada de controle não foi realizada com sucesso nas velocidades testadas. Os testes também mostraram que os desníveis oblíquos oferecem melhores chances de retomada de controle do veículo.

O *Special Report 214* (TRB, 1987) não apresenta conclusões sobre a intensidade da influência dos desníveis na ocorrência de acidentes. Porém o estudo recomenda que desníveis de qualquer forma e altura devam ser considerados como uma fonte potencial de perigo.

A área interna de curvas horizontais é um local particularmente suscetível à formação de desníveis entre a faixa de rolamento e o acostamento, devido à tendência dos veículos a invadirem os acostamentos nessa região das curvas. Nesta situação, estima-se que o desnível entre acostamento e faixa de tráfego seja responsável por aproximadamente 1,5% dos acidentes (OGDEN, 1996).

2.4.5 Efeito das curvas horizontais

Acidentes de tráfego são mais prováveis de ocorrer em trechos curvos do que em tangentes, devido ao aumento da demanda sobre o desempenho do motorista e do veículo. O número de acidentes em trechos curvos tende a ser de 1,5 a 4 vezes maior do que em trechos em tangente. Adicionalmente, acidentes em curvas possuem maior probabilidade de resultar em mortes e ferimentos graves (AASHTO, 1997; OGDEN, 1996).

Diversos estudos investigaram a relação existente entre curvas horizontais e acidentes. Esses estudos identificaram que fatores como o volume de tráfego, o percentual de caminhões e as características de projeto da curva influenciam a ocorrência de acidentes em curvas horizontais. Entre as características de projeto de uma curva, acredita-se que o grau de curvatura, que é função do raio da curva, seja a característica que mais influencia o potencial de ocorrência de acidentes (OGDEN, 1996).

O estudo publicado pelo FHWA sobre os efeitos do alinhamento horizontal na segurança da rodovia (FHWA, 1992a) reúne conclusões sobre os tipos de acidentes que ocorrem com maior frequência em trechos curvos. Entre eles incluem-se as colisões frontais, as colisões laterais em direções opostas, as capotagens, as colisões contra objetos fixos, as colisões noturnas e aquelas envolvendo motoristas alcoolizados.

Em 1983, Glennon, Newman e Leisch (apud FHWA, 1992a) desenvolveram um modelo para identificação de curvas horizontais potencialmente perigosas do ponto de vista de segurança viária. Os autores estimaram uma função discriminante a partir de um conjunto de dados de 330 curvas horizontais. A amostra foi composta por curvas que registraram tanto frequências altas quanto frequências baixas de acidentes. A melhor função discriminante obtida, apresentada na equação 1, leva em consideração o grau de curvatura, o comprimento da curva, os potenciais perigos laterais, a resistência à derrapagem do pavimento e a largura do acostamento.

$$D = -1.54544 + 0.071257 \times GC + 2.9609 \times CC + 0.10737 \times PPLR - 0.035161 \times RD - 0.14504 \times LA \quad (1)$$

Onde:

D – função discriminante (adimensional);

GC – Grau de curvatura;

CC – comprimento da curva (em milhas);

PPLR – nível de perigo potencial das laterais da rodovia;

RD – nível de resistência à derrapagem;

LA – largura do acostamento.

Quanto maior o escore discriminante, maior a probabilidade do local apresentar alta frequência de acidentes. Na função, o sinal positivo do grau de curvatura indica que em curvas mais suaves (com menor grau de curvatura) existe uma menor probabilidade de ocorrência de acidentes, mantendo-se iguais os demais fatores da função.

A publicação do FHWA (1992a), que trata especificamente do efeito do alinhamento nas condições de segurança de rodovias, apresenta também os resultados de um estudo desenvolvido por Zegeer, Sttewart, Council e Reinfurt para o FHWA em 1991. Nesse estudo foi estimado um modelo matemático de previsão de acidentes com base em dados do estado de Washington. O modelo estimado relaciona o número de acidentes ao grau de curvatura, conforme a equação 2. Esse resultado é consistente com o encontrado na função discriminante apresentada anteriormente:

$$A = [1,552 * L * V + 0,014 * D * V - 0,012 * S * V] * 0,978^{w-30} \quad (2)$$

Onde:

A = número total de acidentes em curva em 5 anos;

L = comprimento da curva em milhas;

V = volume de veículos em 5 anos nos dois sentidos;

D = Grau de curvatura;

S = presença de curva espiral (S=1 se for uma curva espiral);

W = largura da rodovia na curva (faixa mais acostamento) em pés.

O *Interactive Highway Safety Design Model, IHSDM* (FHWA, 2000) faz uso de fatores de modificação de acidentes para determinar a frequência esperada de acidentes em trechos curvos em relação a um trecho em tangente. O fator de modificação é calculado em função do comprimento da curva, do raio de curvatura e da presença ou não de curva espiral, conforme apresentado na equação 3:

$$FMA = \frac{1.55 \times CC + 80.2 / RC - 0.012 \times E}{1.55 \times CC} \quad (3)$$

Onde:

FMA – fator de modificação de acidentes;

CC – comprimento da curva (em milhas);

RC – raio de curvatura (em pés);

E – 1 se for uma curva espiral

0 caso contrário.

Essa equação foi obtida a partir de modelos de regressão desenvolvidos por Zegeer et. al. (1991) apud FITZPATRICK et. al. (2000).

O *Special Report 214* (TRB, 1987) também destaca que os estudos desenvolvidos indicam uma forte relação entre o grau de curvatura e as taxas de acidentes. Na medida que se reduz o grau de curvatura, é também reduzido o número de acidentes. De acordo com este estudo, em média, essa redução é de 3 acidentes por grau de curvatura para cada 100 milhões de veículos que percorrem a curva. No caso de uma curva onde passam 2000 veículos/dia, é esperado que deixe de ocorrer 1 acidente a cada 8 anos em decorrência de uma redução de 5 graus na sua curvatura.

2.4.6 Efeito da adoção de superlargura

O alargamento de faixas e/ou acostamentos em trechos em curva produzem reduções na ocorrência de acidentes nestes locais. A Tabela 3 apresenta valores das reduções esperadas em função do local de alargamento (faixa, acostamento pavimentado ou acostamento não pavimentado) e da sua dimensão, segundo estudos desenvolvidos pelo FHWA (1992a). De acordo com a Tabela 3, uma alargamento de 60 centímetros em cada faixa de uma rodovia rural de pista simples resulta em 12% de redução no número de acidentes esperados nessa curva. Se os mesmos 60 centímetros forem acrescentados ao acostamento não pavimentado, ao invés da faixa de tráfego de veículos, a redução esperada no número de acidentes será de 7%.

Tabela 3. Percentual de redução de acidentes em função do alargamento de faixa ou acostamento em curvas horizontais

Fonte: Adaptada de FHWA (1992a)

Alargamento da faixa ou acostamento em metros		Percentual de redução de acidentes		
		para alargamento de faixas	para alargamento de acostamentos pavimentados	para alargamento de acostamentos não pavimentados
total	por sentido			
0,6	0,3	5	4	3
1,2	0,6	12	8	7
1,8	0,9	17	12	10
2,4	1,2	21	15	13
3,1	1,5	-	19	16
3,7	1,8	-	21	18
4,3	2,1	-	25	21
4,9	2,4	-	28	24
5,5	2,7	-	31	26
6,1	3,1	-	33	29

De acordo com o Manual de projeto geométrico de rodovias rurais do DNER (DNER, 1999), a superlargura é o acréscimo de largura necessário em uma curva de uma rodovia, para manter as condições de conforto e segurança dos trechos em tangente. O manual apresenta detalhadamente o dimensionamento e a aplicação da superlargura em rodovias rurais. Porém, é destacado que a adoção de superlargura só é justificada em curvas com raio relativamente pequeno. Além disso, a existência de acostamentos pavimentados contribui para a redução da necessidade de adoção da superlargura da pista principal, uma vez que o próprio acostamento provê um espaço para a acomodação dos veículos.

2.4.7 Efeito da adoção de superelevação

A superelevação tem por objetivo aumentar a segurança e o conforto do motorista e dos passageiros. O Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (DNER, 1999) contém recomendações detalhadas sobre critérios para adoção e dimensionamento de superelevações.

A influência da superelevação na ocorrência de acidentes é amplamente discutida no estudo realizado pelo TRB (FITZPATRICK et. al., 2000). Os resultados das pesquisas indicam que, em locais com deficiência de superelevação, ocorrem mais acidentes do que

naqueles com superelevação adequada. Nesse estudo a deficiência de superelevação é definida como a diferença entre a superelevação recomendada pelas normas da AASHTO e a superelevação verificada em campo. A Tabela 4 apresenta os fatores de modificação de acidentes propostos para determinar a frequência esperada de acidentes em trechos em curva com deficiência de superelevação em relação a um trecho em curva com superelevação adequada (FHWA, 2000).

Tabela 4. Percentual de modificação no número de acidentes em função da deficiência de superelevação em curvas horizontais

Fonte: Adaptada de FHWA (2000)

Deficiência na superlargura	Fator de modificação de acidentes
0	1,00
1%	1,00
2%	1,06
3%	1,09
4%	1,12

Considerando uma curva com superelevação real de 4% e superelevação recomendada pelas normas da AASHTO (AASHTO, 2001) de 6%, tem-se uma deficiência de superelevação de 2%. De acordo com a Tabela 4, uma deficiência de 2% corresponde a um fator de modificação de acidentes de 1,06. Isso significa dizer que nesta curva com deficiência de superelevação de 2% deverá ocorrer 6% mais acidentes do que em uma curva similar que tenha a superelevação recomendada pelas normas da AASHTO.

Alguns autores também investigaram a influência do excesso de superelevação. Os dados disponíveis não revelaram efeito prejudicial à segurança quando adotado valores de superelevação acima do recomendado pelas normas. Porém, em locais sujeitos à ocorrência de neve e gelo são adotados limites superiores para a superelevação. Objetiva-se com isso evitar o risco de deslizamento em curvas com grande superelevação percorridas à baixas velocidades (FITZPATRICK et. al., 2000). O Manual de projeto geométrico de rodovias rurais do DNER (DNER, 1999), por sua vez, estabelece valores máximos de superelevação. Esses valores variam em função de características da via como velocidade diretriz, classe de projeto, composição do tráfego, entre outros elementos. No entanto, o maior limite de superelevação estabelecido pelo manual é de 12% .

2.4.8 Efeito da tortuosidade

O Manual de projeto geométrico de rodovias rurais do DNER (DNER, 1999) preconiza o uso de traçados contínuos, onde devem ser evitadas situações de longas tangentes seguidas por curvas de pequenos raios, conforme a representação esquemática da Figura 7.

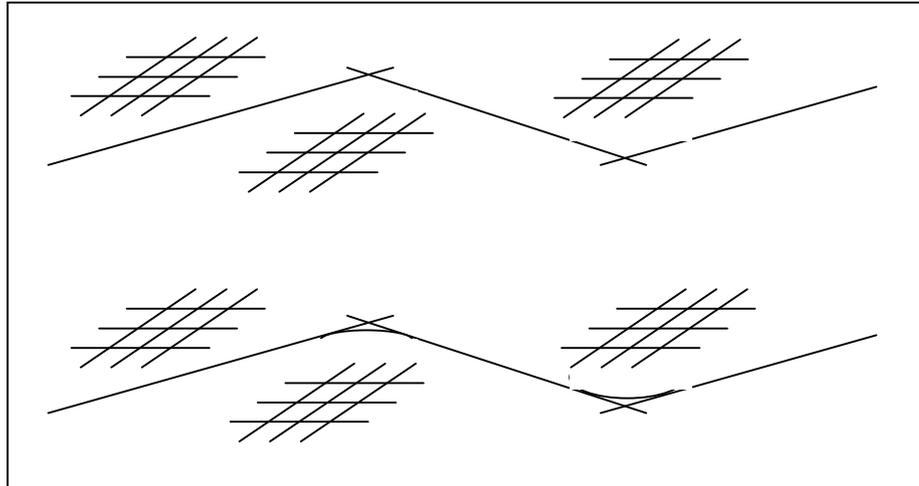


Figura 7. Tangentes longas concordadas com curvas de raio pequeno

Fonte: Adaptada de DNER (1999)

Ao invés disso, o manual sugere a adoção de curvas de raio longo concordadas com tangentes curtas, conforme Figura 8. O manual salienta que as tangentes longas são elementos potencialmente perigosos, pois convidam ao excesso de velocidade, levam o motorista cansado ao sono e favorecem o ofuscamento à noite. Todas essas condições se caracterizam como situações de risco de acidentes.

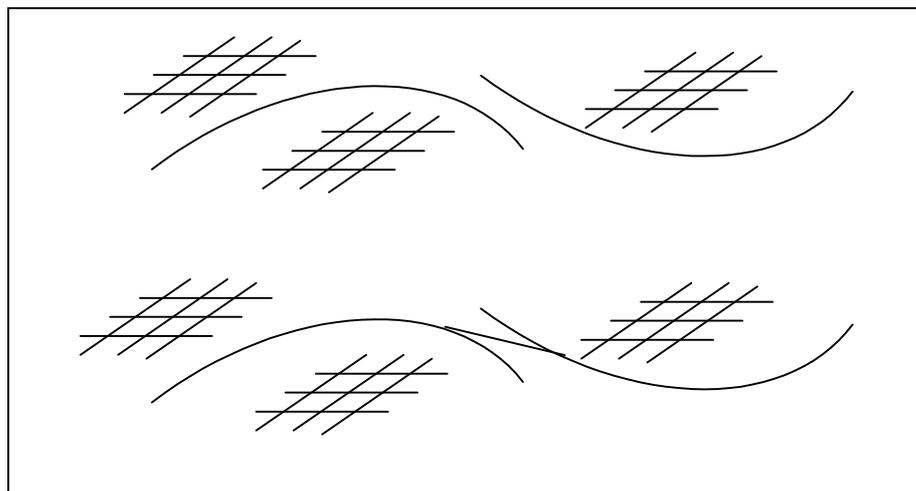


Figura 8. Curvas de raio longo concordadas com tangentes curtas

Fonte: Adaptada de DNER (1999)

O efeito da tortuosidade sobre a segurança rodoviária pode ser avaliado ainda sob a ótica da restrição das distâncias de visibilidade. Trechos tortuosos impõem aos motoristas restrições de visibilidade, especialmente no que se refere à distância de visibilidade para ultrapassagem, que podem afetar a direção segura do veículo.

2.4.9 Efeito da combinação entre alinhamento horizontal e vertical

A combinação dos alinhamentos horizontal e vertical interfere na operação segura de uma rodovia influenciando, fundamentalmente, aspectos como a distância de visibilidade e a velocidade operacional. É desejável que a combinação dos alinhamentos vertical e horizontal propicie o desenvolvimento de uma velocidade homogênea ao longo da rodovia e um ambiente sem surpresas capazes de violar a expectativa dos motoristas.

Mesmo que as curvas horizontais e verticais estejam de acordo com os padrões recomendados para uma operação segura, a combinação dessas duas características pode gerar uma situação pouco segura. É desejável que a combinação do alinhamento vertical e horizontal propicie condições para que o usuário da via desenvolva uma velocidade operacional homogênea ao longo da rodovia, favorecendo, assim, as condições de segurança desejadas (FHWA, 1992a; AASHTO, 1997).

O risco à segurança viária se torna particularmente intenso quando o motorista se depara com situações inesperadas. Curvas horizontais situadas logo após cristas de curvas verticais são exemplos de situações que podem surpreender os motoristas (TRB, 1987). Nesses casos, as curvas horizontais ficam escondidas pelas cristas das curvas verticais prejudicando a sua visualização com a antecedência desejável. Situações como esta devem ser evitadas ao longo da rodovia. Nos casos onde não é possível evitá-las, é fundamental que o motorista seja avisado sobre o que deve esperar após a crista. Outra combinação de risco inclui as curvas horizontais à esquerda após rampas em declive. Locais com essa combinação de alinhamentos vertical e horizontal se mostram mais propensos à ocorrência de acidentes do tipo saída de pista (FHWA, 1992a).

O Manual de projeto geométrico de rodovias rurais do DNER (DNER, 1999) destaca a importância da coordenação dos alinhamentos horizontal e vertical como forma de favorecer aspectos de segurança, conforto e estética da rodovia. Entre os casos apresentados no manual,

destaca-se o apresentado na Figura 9, onde a combinação vertical e horizontal resulta em uma situação potencialmente perigosa. Nesse exemplo a mudança de direção da curvatura horizontal ocorre no vértice de uma curva vertical, o que pode violar a expectativa do motorista.

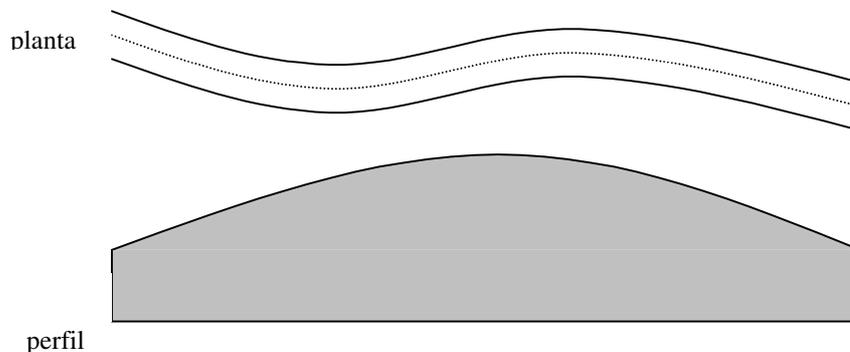


Figura 9. Combinação indesejada de perfil horizontal e vertical

Fonte: Adaptada de DNER (1999)

2.4.10 Efeito das faixas adicionais e canalizações nas interseções

Do ponto de vista da segurança viária, as interseções são os elementos mais críticos de uma rodovia. As interseções são pontos de decisão que exigem grande atenção dos motoristas. Os acidentes em interseções são, normalmente, menos severos do que aqueles nos demais segmentos da rodovia. Ainda assim, sabe-se que 16% das fatalidades em rodovias rurais americanas ocorrem em acidentes em interseções (AASHTO, 1997). Estima-se que, nos Estados Unidos, um terço dos acidentes registrados em zonas rurais tenham ocorrido em interseções. Já na Austrália esse número é da ordem de 10% (OGDEN, 1996).

Interseções amplas ou complexas podem confundir os motoristas que se aproximam. Problemas de falta de segurança são bastante evidentes especialmente nas interseções onde o motorista é solicitado a tomar muitas decisões ao mesmo tempo. A adoção de faixas adicionais ou canalizações trata esse tipo de problema, reduzindo os conflitos entre veículos, ou entre veículos e outros usuários da via, facilitando assim os movimentos na interseção.

A canalização pode ser feita através de pinturas no pavimento, uso de elementos elevados, ou adoção de ilhas. A canalização deve simplificar as decisões do motorista reduzindo, assim, a chance de erros. Para ser efetivamente segura, a canalização deve conduzir o motorista por um caminho óbvio, contínuo e fácil de seguir (AASHTO, 2001). Normalmente, a adoção de ilhas elevadas resulta em melhores ganhos de segurança do que

ilhas pintadas no pavimento, uma vez que são mais visíveis. No caso de ilhas pequenas e estreitas (menores do que 9 m²) deve ser considerada a adoção de ilhas pintadas, uma vez que a visibilidade da ilha é pequena, aumentando o risco de colisão contra a própria ilha (AASHTO, 1997).

Ogden (1996) reporta resultados de estudos desenvolvidos com o objetivo de avaliar a redução de acidentes resultante da adoção de canalização e faixas adicionais em interseções rurais. Os estudos apresentaram reduções de acidentes da ordem de 40 a 50%.

2.4.11 Efeito da adoção de iluminação artificial nas interseções

A iluminação artificial em interseções é uma medida amplamente adotada para melhorar as condições de segurança no período noturno. Embora não se disponha de pesquisas conclusivas sobre a magnitude da redução do número de acidentes decorrentes da iluminação de interseções, é internacionalmente aceito que reduções efetivamente ocorrem. Um estudo desenvolvido na Universidade de Illinois em 1972, indica a instalação de iluminação como uma alternativa viável em termos econômicos nas interseções onde o número de acidentes noturnos supera o de acidentes diurnos em três ou mais vezes (AASHTO, 1997).

O estudo desenvolvido por Kumala (1994, apud OGDEN, 1996) apresenta reduções na ocorrência de acidentes resultantes da instalação de iluminação em interseções. Para interseções com três aproximações, uma redução de mais de 50% no número de acidentes foi atribuída à instalação de iluminação. Para as interseções com quatro aproximações, a redução do número de acidentes foi da ordem de 11%.

Por outro lado, o relatório do comitê de segurança da rodovia canadense *Highway 407* (PEO, 2002) alerta para o aumento do risco de acidentes de veículos desgovernados contra os postes de iluminação. O relatório comenta que os benefícios da iluminação podem ser parcialmente anulados pelo risco imposto pela presença desses postes. Para minimizar os efeitos de colisões com postes de iluminação, é recomendada a adoção de dispositivos do tipo *breakaway*. Esses dispositivos permitem que os postes de iluminação se rompam quando colididos por um veículo, evitando que o motorista e passageiros do veículo sejam submetidos a grandes desacelerações. A desaceleração abrupta, freqüentemente, é causa de ferimentos sérios e mortes. Porém, os postes de iluminação com dispositivos do tipo *breakaway* devem

ser evitados em locais onde existe risco dos postes caírem sobre pedestres ou sobre outros veículos (AASHTO, 1997).

2.4.12 Efeito das linhas demarcadoras das faixas de rolamento

As linhas demarcadoras das faixas de tráfego, definidas pelo Código Brasileiro de Trânsito como linhas de divisão de fluxos (opostos ou de mesmo sentido) e linhas de bordo (DENATRAN, 2000) servem de orientação para que os motoristas posicionem e conduzam corretamente os veículos ao longo da rodovia. Existem fortes evidências indicando que as linhas demarcadoras das faixas contribuam positivamente para as condições de segurança da rodovia. Ogden (1996) reúne os resultados de uma série de estudos que evidenciam o efeito positivo das linhas demarcadoras na segurança viária.

As reduções na quantidade de acidentes reportadas nos estudos revisados variam de 3 a 60%. A grande variação nas reduções percentuais encontradas pode estar associada aos diferentes conjuntos de dados estudados. Observou-se que as linhas demarcadoras de faixa de rolamento tendem a influenciar mais na redução da ocorrência de acidentes no período da noite e nos acidentes devidos à perda de controle do veículo. Porém, alguns estudos mostraram-se inconclusivos sobre os efeitos de redução de acidentes advindos da utilização de linhas demarcadoras das faixas de tráfego.

Internacionalmente, verifica-se uma preocupação crescente com a qualidade da sinalização, incluindo as linhas demarcadoras das faixas de rolamento, motivada pelo fenômeno de envelhecimento da população de motoristas habilitados. No Reino Unido a população de motoristas com idade acima de 55 anos ultrapassa os 12 milhões de indivíduos (LEE, 1998). No Brasil, os motoristas habilitados com mais de 55 anos totalizam 4,5 milhões de indivíduos, o que representa 12,8% da população de motoristas habilitados (DENATRAN, 2003). Tendo em vista que os motoristas idosos tendem a ter menor acuidade visual, a qualidade da demarcação das faixas torna-se uma importante característica de segurança.

2.4.13 Efeito da adoção de elementos salientes que produzem vibração no volante, para reforçar as linhas demarcadoras de proibição de ultrapassagem e de limite das faixas de rolamento

A utilização de elementos salientes que produzem vibração no volante, com a finalidade de reforçar linhas de divisão de fluxos ou das linhas de bordo, é freqüente em diversos estados americanos. Coelho (1999) utiliza a denominação de Bordo Alertador para esse dispositivo que, segundo o *Federal Highway Administration* (FITZPATRICK et. al., 2000), tem a função de advertir os motoristas que inadvertidamente deixam a faixa de tráfego.

O Bordo Alertador, ou *Rumble Strips* como é denominado internacionalmente, são saliências ou ranhuras padronizadas construídas no pavimento, no eixo ou no bordo da rodovia. Os veículos, ao passarem por essas ranhuras, produzem um repentino ruído e sofrem uma vibração que serve de alerta ao motorista. O Bordo Alertador também se caracteriza por melhorar a visibilidade das faixas demarcadoras em condições de luminosidade reduzida ou chuva.

O uso do Bordo Alertador é indicado naqueles locais propensos a ocorrências de acidentes decorrentes de saídas de pista ou de ultrapassagens indevidas. Entre os locais mais indicados para sua utilização para prevenir acidentes estão as curvas horizontais, as aproximações de interseções e as aproximações de praças de pedágio (FITZPATRICK et. al., 2000). A redução esperada no número de acidentes do tipo saída de pista devido à utilização dos bordos alertadores é da ordem de 20% (OGDEN, 1996).

2.4.14 Efeito da utilização adequada de placas de advertência, placas de regulamentação e placas indicativas

A falta de informações adequadas pode levar o motorista à má interpretação do ambiente viário, resultando em situações de alto potencial de ocorrência de acidentes. As placas de sinalização devem ser adequadas em termos de conteúdo e de provisão de tempo de resposta. Portanto, para prover um ambiente seguro é essencial que a informação passada ao motorista, através das placas de sinalização, seja clara, concisa e apresentada com antecedência suficiente para a tomada de decisões. Os quatro princípios básicos de utilização das placas de sinalização apresentados por Fitzpatrick et. al. (2000) são:

- Localizar as placas com antecedência suficiente do ponto de tomada de decisão;

- prover tempo de resposta apropriado (aumentando o tamanho das placas e/ou provendo maior distância ao ponto de decisão);
- prover informação redundante;
- evitar áreas em que a atenção do motorista seja muito solicitada.

Para contribuir para a operação segura de uma rodovia As placas de sinalização (advertência, regulamentação e indicação) devem ser cuidadosamente planejadas, instaladas e mantidas. As mensagens veiculadas por elas devem ser claras, de fácil e rápida assimilação e não devem deixar margem para diferentes interpretações. O uso excessivo de placas provoca a redução na sua efetividade e, portanto, deve ser evitado (OGDEN, 1996).

Um estudo americano referenciado por Ogden (1996) indica que o uso adequado de placas de sinalização é responsável por uma redução de 29% na taxa de acidentes fatais. Considerando a taxa de acidentes com feridos, essa redução é de 14%. Outros estudos, citados pelo autor, reportam reduções de 20 a 62% na ocorrência de acidentes dos mais diversos tipos decorrentes da sinalização adequada das condições da rodovia.

2.4.15 Efeito da adoção de painéis de mensagem variável divulgando informações relativas às condições operacionais da via

Os painéis de mensagem variável são, de acordo com a definição proposta por Mont'Alvão e Braga (1999), dispositivos de apresentação de informação onde a mensagem apresentada pode variar. O uso dos painéis de mensagem variável, com informações atualizadas ou até mesmo personalizadas, tem-se mostrado positivo na redução da ocorrência de acidentes. Segundo Luoma e Rama (1998), as informações veiculadas em painéis de mensagem variável apresentam maior potencial de fixação do que aquelas apresentadas em placas de mensagem fixa.

Entre os tipos de painéis que contribuíram para a redução do número acidente estão aqueles ativados pelos veículos (OGDEN, 1996). Nesses painéis são veiculadas mensagens apenas para determinados motoristas, por exemplo, aqueles que estiverem em excesso de velocidade. Os sinais ativados pelos veículos têm sido usados para alertar motoristas que estejam desenvolvendo velocidades acima da velocidade adequada para lidar com determinadas situações iminentes de risco (curvas acentuadas, interseções, etc.).

Em estudo desenvolvido pelo TRL (WINNETT e WHEELER, 2002), foi estimado o efeito da utilização dos sinais ativados pelos veículos na redução da ocorrência de acidentes. O estudo, que envolveu basicamente rodovias rurais de pista simples, concluiu que ocorreu uma redução de um terço dos acidentes nos locais onde foi adotado esse tipo de sinalização. Esse resultado foi obtido através da comparação do número de acidentes após a implantação da sinalização com o número esperado de acidentes caso a medida não tivesse sido implantada.

2.4.16 Efeito da adoção de balizadores e marcadores de alinhamento em curvas acentuadas

Os balizadores e marcadores de alinhamento são pequenos postes com altura variando de 90 a 120 cm situados nas laterais da rodovia. Esses dispositivos têm por finalidade realçar o contorno de curvas acentuadas ou em outras situações potencialmente perigosas, como a redução da largura da rodovia devido a obras ou pontes estreitas. Esses delineadores normalmente possuem elementos refletivos para melhor sinalização das curvas e realçar situações potencialmente perigosas durante o período da noite (OGDEN, 1996). A Figura 10 apresenta, esquematicamente, os marcadores de alinhamento e os balizadores comumente usados nas rodovias brasileiras (DENATRAN, 2000).

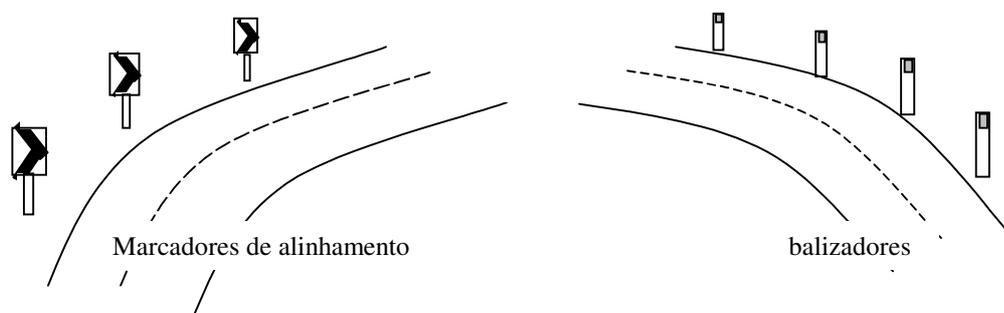


Figura 10. Representação esquemática dos marcadores de alinhamento e balizadores

O uso desses dispositivos para melhorar a configuração das curvas acentuadas tem mostrado efeitos positivos na melhoria da segurança de rodovias. Ogden (1996) apresenta uma série de estudos sobre as reduções no número de acidentes devido à utilização de balizadores. Nesses estudos são reportados percentuais de redução de acidentes na faixa de 30 a 60%. Por outro lado, um estudo finlandês (Kahlberg 1991 apud Ogden 1996) ressalta que os delineadores com elementos refletivos provocam um aumento de 5km/h na velocidade média

praticada durante a noite e um aumento de 20% no número de acidentes decorrentes do aumento da velocidade no período.

2.4.17 Efeito das rampas

Junto às curvas verticais, a inclinação das rampas é uma característica importante do alinhamento vertical da rodovia. A definição do perfil vertical de uma rodovia deve ser resultado da consideração das características existentes do terreno, do nível de segurança ofertado aos usuários e dos custos de construção envolvidos (FITZPATRICK et. al., 2000).

A inclinação e o comprimento são as principais características que afetam a ocorrência de acidentes em rampas. Fitzpatrick et. al. (2000), apresentam resultados de estudos que atribuem um aumento de 1,6% na frequência de acidentes para cada aumento unitário no percentual de inclinação. Rampas longas, com a presença de veículos pesados, tendem a registrar um maior número de acidentes devido as diferenças de velocidade que se acentuam nessas condições de operação (FITZPATRICK et. al., 2000).

O número de acidentes em rampas descendentes é 63% maior do que em rampa ascendentes, segundo o estudo da FHWA (1992a). O estudo também indica que os acidentes em declives resultam em maiores percentuais de feridos e de mortes quando comparado aos acidentes em aclives. O principal efeito das rampas descendentes sobre a condução do veículo é o aumento da velocidade. O aumento da velocidade, por sua vez, provoca uma redução no tempo necessário para tomada de decisões, resultando em um acréscimo no número de acidentes.

Por outro lado, nas rampas ascendentes os veículos, especialmente os caminhões, tendem a perder velocidade em função da intensidade da inclinação da rampa e de seu comprimento. A redução da velocidade provoca um aumento no número de ultrapassagens, acompanhado por uma maior propensão à execução de manobras de risco, o que também provoca acidentes (MILTON e MANNERING, 1998).

Melhorias no alinhamento vertical através da suavização de rampas se constitui numa medida de redução de acidentes. No entanto, por ser uma medida de alto custo, a suavização

de rampas dificilmente se torna economicamente interessante. Sendo assim, outras medidas, como a adoção de faixas de ultrapassagem, devem ser consideradas.

2.4.18 Efeito da provisão de oportunidades freqüentes de ultrapassagem

As rodovias rurais de pista simples com grande fluxo de veículos freqüentemente apresentam deficiência de oportunidades adequadas de ultrapassagem. A duplicação destas rodovias é uma solução bastante efetiva para resolver o problema de falta de oportunidades de ultrapassagem, porém os custos envolvidos podem não justificar a adoção de tal medida. Medidas de menor custo, como a adoção de faixas de ultrapassagem, têm sido adotadas com bons resultados na melhoria da segurança.

Alguns estudos apresentados por Ogden (1996) estimam o percentual de redução de acidentes, advindo da provisão de faixas de ultrapassagem em rodovias rurais de pista simples. Os percentuais de redução reportados variam de 10 a 40%.

É desejável que as oportunidades de ultrapassagem estejam presentes durante a maior extensão possível da rodovia. Onde as oportunidades naturais de ultrapassagem são reduzidas devido a limitações nas distâncias de visibilidade, ou ao grande volume de veículos no sentido contrário, deve-se prover condições para que as ultrapassagens ocorram de forma segura. A adoção de faixas de ultrapassagem em aclives, comumente conhecidas como 3a faixa, é uma maneira bastante usada para prover oportunidades adequadas de ultrapassagem. Além das faixas adicionais para ultrapassagem, outras medidas também podem melhorar as oportunidades de ultrapassagem. Um exemplo dessas medidas é a retirada de obstáculos físicos, como vegetação, em trechos curvos, medida que pode aumentar significativamente a distância de visibilidade e, conseqüentemente, melhorar o aproveitamento das oportunidades de ultrapassagem.

Fitzpatrick et. al. (2000) destacam cinco tratamentos típicos usados para aumentar as oportunidades de ultrapassagem em rodovias rurais de pista simples. São eles as 3as faixas (*Climbing lanes*); as faixas de ultrapassagem (*Passing lanes*), semelhantes as 3as faixas, porém usadas em segmentos planos; os trechos de quatro faixas (*Short four lane section*); as baias de ultrapassagem (*turnouts*) e os trechos de uso dos acostamentos (*Shoulder Use sections*). O Manual de projeto geométrico de rodovias do DNER (DNER, 1999) descreve as

condições de uso de cada um dos tratamentos. Os cinco tratamentos estão apresentados na Figura 11.

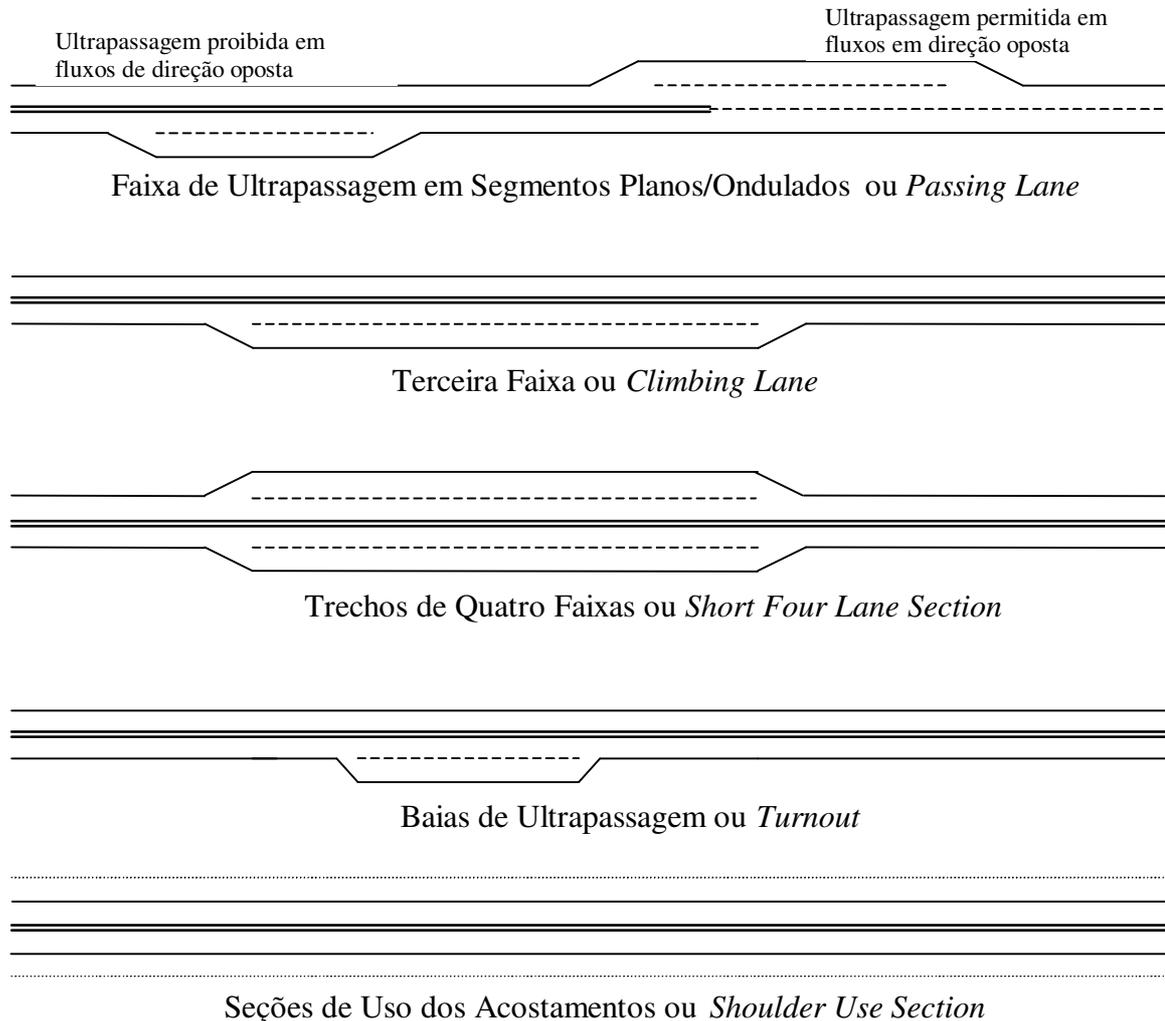


Figura 11. Tratamentos para aumentar oportunidades de ultrapassagem em rodovias rurais de pista simples

Fonte: Adaptada de FITZPATRICK et. al. (2000)

As faixas de ultrapassagem em segmentos planos ou ondulados, as faixas de ultrapassagem em segmentos montanhosos e as seções curtas de quatro faixas são definidas como faixas adicionais providas em um ou nos dois sentidos de rodovias de pista simples. Essas faixas adicionais possuem comprimento que varia de 300 metros a 5000 metros, e são projetadas em função da distância de visibilidade disponível para ultrapassagem e das brechas existentes na corrente de tráfego de direção oposta (FITZPATRICK et. al., 2000).

As baias de ultrapassagem são usadas para acomodar o tráfego de veículos lentos em rodovias sinuosas e/ou montanhosas com poucas oportunidades de ultrapassagem. As baias de ultrapassagem são relativamente curtas (na ordem de 200 metros) quando comparados à 3ª

faixa (de 300 a 5000 metros). Nelas, os veículos lentos devem trafegar ou permanecer parados, para dar passagem aos veículos capazes de desenvolver velocidades mais rápidas e que se encontram retidos atrás dos veículos lentos sem condições de fazer uma ultrapassagem segura (FITZPATRICK et. al. 2000).

As seções de uso do acostamento (*Shoulder Use Section*) são adotadas em alguns estados americanos (FITZPATRICK et. al. 2000). Nestas seções, os veículos lentos se deslocam para o acostamento quando um veículo se aproxima em maior velocidade, retornando à faixa de tráfego logo após serem ultrapassados.

O uso dos acostamentos como faixa de tráfego é limitado por questões legais e questões de engenharia. Nos locais onde é proibido o tráfego de veículos nos acostamentos, as Seções de Uso do Acostamento não são uma alternativa válida para aumentar as oportunidades de ultrapassagem. A adoção das Seções de Uso do Acostamento também está condicionada à existência de condições estruturais do acostamento para receber tráfego de veículos, bem como boas condições de superfície do pavimento.

Os valores de redução de acidentes esperados com a adoção dos diferentes tratamentos reportados por Fitzpatrick et. al (2000) estão apresentados na Tabela 5:

Tabela 5. Redução esperada de acidentes devido à adoção de tratamentos para melhoria das oportunidades de ultrapassagem em rodovias de pista simples

Fonte: Adaptada da obra de FITZPATRICK et. al. (2000)

Tratamento	Percentual de redução dos acidentes	
	Total de acidentes	Acidentes fatais e/ou com feridos
Faixas de ultrapassagem	25	30
Seções curtas de quatro faixas	35	40
Baias de ultrapassagem	30	40
Seções de uso do acostamento	não é conhecido efeito significativo	

De acordo com a Tabela 5, reduções de 25 a 40% na ocorrência de acidentes são esperadas com a adoção dos tratamentos para aumentar as oportunidades de ultrapassagem. Esses valores são válidos para rodovias de pista simples operando com altos volumes de tráfego (FITZPATRICK et. al., 2000).

O uso de faixas adicionais em pontos isolados da rodovia, objetiva reduzir os atrasos decorrentes de problemas pontuais. Quando se pretende melhorar as condições operacionais

na via de uma forma geral, as faixas adicionais devem ser providas de forma sistemática em intervalos regulares. Para se maximizar os benefícios da implantação de faixas de ultrapassagem, é importante informar os motoristas antecipadamente sobre a sua existência. Sabendo que uma faixa de ultrapassagem se aproxima, o motorista pode optar por esperar por ela ao invés de realizar uma ultrapassagem arriscada (OGDEN, 1996).

2.4.19 Efeito das distâncias de visibilidade em curvas horizontais, curvas verticais e interseções

O Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (DNER, 1999) refere-se às distâncias de visibilidade como os padrões de visibilidade proporcionados ao motorista, de modo que ele possa sempre tomar, em tempo hábil, as decisões necessárias à sua segurança. Segundo o Manual, as distâncias de visibilidade básicas consideradas em um projeto rodoviário são: a distância de visibilidade de parada, de ultrapassagem e de tomada de decisão.

A consideração da distância de visibilidade de parada é a única obrigatória no manual do DNER, e é calculada em função da velocidade diretriz do projeto, do coeficiente de atrito longitudinal entre pneu e pavimento e da inclinação do greide, de acordo com a equação 4.

$$d = 0,7V + \frac{V^2}{[255(f + i)]} \quad (4)$$

Onde:

d - é a distancia de visibilidade de parada (em metros);

V - velocidade diretriz ou velocidade média de viagem (em km/h);

f - coeficiente de atrito;

i - inclinação do greide (em m/m).

As distâncias de visibilidade para ultrapassagem propostas pelo DNER (DNER, 1999), apresentadas na Tabela 6, estão baseadas nos valores recomendados pela AASHTO.

Tabela 6. Distâncias de visibilidade de ultrapassagem

Fonte: Adaptada de DNER (1999)

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distância de visibilidade de ultrapassagem (m)	180	270	350	420	490	560	620	680	730	800

A distância de visibilidade para tomada de decisão é a distância necessária para motorista tomar consciência da situação potencialmente perigosa, inesperada ou difícil de perceber; avaliar o problema; selecionar o caminho a seguir e a velocidade a empregar e executar a manobra necessária. Em algumas situações essa distância pode ser superior à distância de parada.

A distância de visibilidade em curvas verticais, também chamada distância de visibilidade nas cristas, refere-se à distância necessária para que um motorista de um automóvel padrão visualize um elemento situado a uma determinada altura em relação ao nível da rodovia. Essa distância deve ser suficiente para que, uma vez visualizado o elemento, o motorista possa parar o veículo antes de atingi-lo, ou realizar uma manobra evasiva bem sucedida. Esse elemento pode ser um veículo parado, um pedestre, uma curva horizontal, uma interseção, um animal ou qualquer outro elemento.

O *Special Report 214* (TRB,1987) reporta um estudo onde foi identificado que a frequência de acidentes em locais com restrição de visibilidade em curvas verticais foi 52% maior que em locais sem esse tipo de restrição. Porém, segundo o estudo, a reconstrução de curvas verticais a fim de corrigir deficiências de visibilidade deve ser considerada somente nos casos onde:

- as curvas verticais escondam elementos potencialmente de perigosos como interseções, curvas acentuadas ou pontes estreitas;
- o VDM (volume diário médio) seja superior a 1500 veículos/dia;
- a velocidade praticada na curva vertical seja superior à velocidade de projeto em 33 km/h ou mais.

Os tratamentos para melhoria de visibilidade em curvas horizontais são freqüentemente viáveis do ponto de vista econômico, uma vez que incluem medidas de baixo

custo, do tipo poda de vegetação e remoção de obstáculos. Também nas interseções, obstáculos como vegetação, placas e postes podem restringir a distância de visibilidade. A realização de programas de manutenção e vistorias periódicas possibilita que obstáculos como árvores sejam removidos, e placas e postes mal posicionados sejam realocados para garantir uma distância segura de visibilidade.

2.4.20 Efeito da largura das faixas e acostamentos

A largura total da rodovia é uma das características de seção transversal mais importantes no desempenho seguro de rodovias rurais de pista simples. Normalmente, pistas mais largas resultam em menos acidentes (AASHTO, 1997). O *Special Report 214*, desenvolvido pelo TRB (1987) indica que o alargamento de faixas e acostamentos é benéfico à segurança da rodovia, pois aumenta as oportunidades dos motoristas retomarem o controle do veículo quando ocorrem saídas de pista.

O alargamento das faixas também propicia um maior afastamento lateral entre os veículos que se cruzam em sentidos opostos e no mesmo sentido, durante manobras de ultrapassagem. Esse afastamento tem efeito positivo sobre a segurança viária reduzindo a incidência de colisões frontais e de abalroamentos. O estudo também destaca outros benefícios sobre a segurança viária resultantes do alargamento de faixas e acostamentos. Entre eles a redução dos períodos de interrupção da via devido a paradas de emergência e atividades de manutenção, e a melhoria das distâncias de visibilidade em curvas horizontais.

De forma geral, os alargamentos das faixas de rolamento produzem maiores benefícios em relação à segurança do que alargamentos dos acostamentos. O *Special Report 214* (TRB, 1987) ainda sugere que o alargamento das faixas, mesmo que em detrimento de parte da largura do acostamento, pode trazer benefícios para as condições de segurança da rodovia.

Acredita-se que o alargamento de faixas e acostamentos apresenta grande potencial de redução de acidentes em rodovias rurais de pista simples submetidas a altos volumes de tráfego. Entre os tipos de acidentes que apresentam potencial de redução através do alargamento da faixa e/ou acostamento estão a saída de pista, a colisão frontal e os abalroamentos laterais em mesma direção ou em direções opostas. A Tabela 7 apresenta

percentuais esperados de redução no número de acidentes decorrentes do alargamento da faixa de tráfego, de acordo com o estudo realizado pelo FHWA (1992a).

Tabela 7. Percentual de redução de acidentes relacionados à largura da faixa

Fonte: Adaptada de FHWA (1992a)

Alargamento da faixa em metros	Redução de acidentes esperada
0,30	12 %
0,61	23 %
0,91	32 %
1,22	40 %

Segundo o mesmo estudo, as reduções de acidentes esperadas em decorrência do alargamento de acostamentos são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8. Percentual de redução de acidentes relacionados à largura do acostamento

Fonte: Adaptada de FHWA (1992a)

Alargamento do acostamento em metros	Redução de acidentes esperada	
	Acostamento pavimentado	Acostamento não pavimentado
0,61	16 %	13 %
1,22	29 %	25 %
1,83	40 %	35 %
2,44	49 %	43 %

O efeito da adoção simultânea do alargamento de faixas e acostamentos não é obtido pela simples soma dos percentuais atribuídos individualmente a cada tratamento. Ou seja, implementando simultaneamente o alargamento de 30 centímetros em cada faixa de tráfego (12% redução) e o alargamento de 60 centímetros em cada acostamento pavimentado (16% de redução), não resulta em 28% de redução total. O efeito conjunto dos tratamentos é discutido em maior detalhe em FHWA (1992b).

A largura dos acostamentos pavimentados é uma característica com expressiva influência na ocorrência de acidentes em rodovias de pista simples. Estudos indicam que o número de acidentes simples (envolvendo apenas um veículo) é reduzido com o aumento na largura de acostamentos pavimentados. Por outro lado, verificou-se que os acidentes múltiplos (envolvendo dois ou mais veículos) aumentam na medida que a largura do acostamento pavimentado aumenta (IVAN et. al., 1999; FHWA, 1992b). Segundo Ogden (1997), acostamentos mais largos provêm uma margem de segurança aos motoristas imprudentes ou

àqueles dirigindo em velocidade excessivamente alta, permitindo que o motorista retome o controle do veículo antes que ocorra o acidente. Essa constatação parece explicar a redução no número de acidentes simples. Por sua vez, os acostamentos estreitos estimulam a redução da velocidade operacional dos veículos o que reduz a probabilidade de ocorrência de acidentes múltiplos (SHANKAR et al., 1995).

De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (DNER, 1999), os valores recomendados para as faixas de rodovias de pista simples pavimentadas variam de 3,00 a 3,60 metros. Esse valor pode chegar a 2,50 metros no caso de rodovias vicinais com baixo volume de tráfego. O manual destaca que em trechos de pista simples, com acostamentos não-pavimentados e grande participação de veículos comerciais, o aumento na largura do pavimento contribui sensivelmente para o aumento da segurança do tráfego.

2.4.21 Efeito da provisão de acostamentos pavimentados

Os acostamentos desempenham várias funções. Entre elas, algumas então relacionadas à segurança viária, como a provisão de uma área de recuperação aos veículos desgovernados e o afastamento em relação aos objetos e estruturas existentes nas laterais da rodovia (OGDEN, 1996). As principais questões de segurança relacionadas aos acostamentos são a pavimentação dos acostamentos e os desníveis entre faixa de rolamento e acostamento. A influência do acostamento pavimentado na segurança rodoviária é objeto dessa seção.

De modo geral, a literatura mostra que a pavimentação dos acostamentos em rodovias de pista simples resulta em benefícios à segurança da rodovia. De acordo com Ogden (1996), a incidência de acidentes envolvendo saída de pista e colisões frontais é reduzida com a adoção de acostamentos pavimentados. O autor apresenta os resultados de uma série de estudos que examinaram os benefícios à segurança rodoviária advindos da pavimentação dos acostamentos. Os estudos mostraram que podem ser esperadas reduções de 5 a 43% na taxa de acidentes após a pavimentação dos acostamentos. Isto ocorre porque o acostamento pavimentado provê um espaço adicional para manobras e para retomada do controle do veículo.

A Tabela 9 sintetiza os resultados obtidos por Rognes, Fambro e Turner (apud OGDEN, 1996) em rodovias rurais de pista simples, onde VDMA é o volume diário médio anual.

Tabela 9. Resumo das conclusões do estudo de Rognes, Fambro e Turner

VDMA	Efeito da pavimentação	Provável motivo
Até 3000 veículos/dia	Redução significativa na quantidade de acidentes envolvendo um único veículo.	Acostamento provê espaço para retomada de controle do veículo.
Entre 3000 e 5000 veículos/dia	Redução da quantidade e da severidade dos acidentes.	Acostamento permite manobras para evitar o acidente e para reduzir suas conseqüências.
Entre 5000 e 7000 veículos/dia	Redução na quantidade e aumento na severidade dos acidentes.	Aumento da severidade devido ao aumento de velocidade propiciado pela pavimentação dos acostamentos.

2.4.22 Efeito dos taludes

Com vistas à melhoria das condições de segurança de uma rodovia, grande atenção tem sido dada às suas adjacências. O conceito de *forgiving roadsides*, que poderia ser traduzido como “laterais tolerantes”, refere-se ao tratamento das laterais da rodovia voltado a fornecer uma chance de recuperação aos veículos errantes e de mitigar as conseqüências de acidentes. A declividade dos taludes é uma das características importantes na provisão de *forgiving roadsides*. O Manual de projeto geométrico de rodovias rurais do DNER (DNER, 1999) destaca que os taludes suaves favorecem a segurança e o conforto dos motoristas e passageiros.

Do ponto de vista da segurança, os taludes laterais devem ser o menos íngreme possível. O guia de segurança em operação e projeto de rodovias da AASHTO (AASHTO, 1997) indica que taludes com inclinação acima de 1:4 (ver Figura 12) não permitem que o motorista mantenha o controle do veículo. O guia recomenda que projetos novos adotem a inclinação máxima de 1:6. O estudo apresentado no *Special Report 214* (TRB, 1987) sugere a adoção da suavização de taludes com inclinação acima de 1:3 nos locais que apresentam potencial ocorrência de saída de pista como, por exemplo, a parte externa de curvas

horizontais acentuadas. O Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (DNER, 1999) também recomenda que sejam adotadas inclinações inferiores ou no máximo iguais a 1:6, como forma de prover um ambiente viário mais seguro. O manual ainda acrescenta que o emprego de taludes suaves pode diminuir a necessidade de defensas. Tendo em vista que, em certos casos, a combinação dos custos de instalação e manutenção das defensas pode ser mais oneroso que a suavização dos taludes de aterro, o manual sugere que essa última hipótese deva ser sempre considerada.

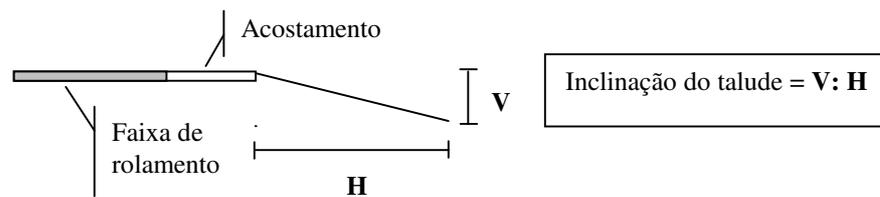


Figura 12. Perfil da área marginal da rodovia

Alguns locais podem ser significativamente beneficiados, do ponto de vista da segurança, pela suavização dos taludes. Entre estes locais incluem-se as laterais externas de curvas horizontais, as aproximações de interseções e os acessos laterais.

A Tabela 10 apresenta o percentual esperado de redução de acidentes em curvas, resultante da suavização dos taludes, apresentada em Ogden (1996). De acordo com os dados da tabela, reduzindo a inclinação do talude de 1:3 para 1:6 espera-se uma redução de 11% na quantidade total de acidentes na curva.

Tabela 10. Percentual de redução de acidentes em curvas em função da suavização dos taludes laterais

Fonte: Adaptada da obra de OGDEN (1996)

Talude lateral antes da suavização	Percentual de redução nos total de acidentes em curvas			
	Talude lateral após a suavização			
	1:4	1:5	1:6	1:7 ou mais suave
1:2	6	9	12	15
1:3	5	8	11	15
1:4	-	3	7	11
1:5	-	-	3	8
1:6	-	-	-	5

2.4.23 Efeito da largura da faixa mais acostamento nas pontes coincidente com largura da faixa mais acostamento na estrada.

O Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (DNER, 1999) salienta que nas obras de arte deveriam ser mantidas a mesma largura de pista e acostamento dos trechos adjacentes a elas. De acordo com o manual, as reduções nas larguras do acostamento devem ser acompanhadas de avaliações econômicas levando em consideração critérios mínimos de segurança.

Segundo Fitzpatrick et. al. (2000), os melhores resultados sobre a relação entre a largura da ponte e ocorrência de acidentes foram obtidos no estudo realizado por Turner em 1984. Neste estudo foram avaliados os acidentes ocorridos em 2087 pontes em rodovias rurais de pista simples do Texas. O autor desenvolveu um modelo de acidentes em função da largura relativa da ponte. A largura relativa da ponte é definida como a diferença entre a largura da ponte e a largura das faixas de tráfego, conforme apresentado na Figura 13:

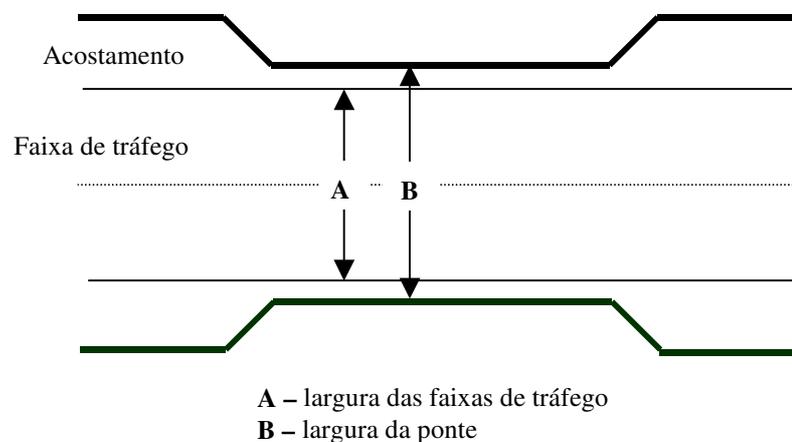


Figura 13. Largura da ponte e largura das faixas de tráfego consideradas no estudo de Turner

Fonte: Adaptada da obra de FITZPATRICK et. al. (2000)

De acordo com o modelo de Turner, a taxa de acidentes decresce com o aumento da largura relativa da ponte. A relação indica que a provisão de acostamentos nas pontes aumenta as condições de segurança da mesma.

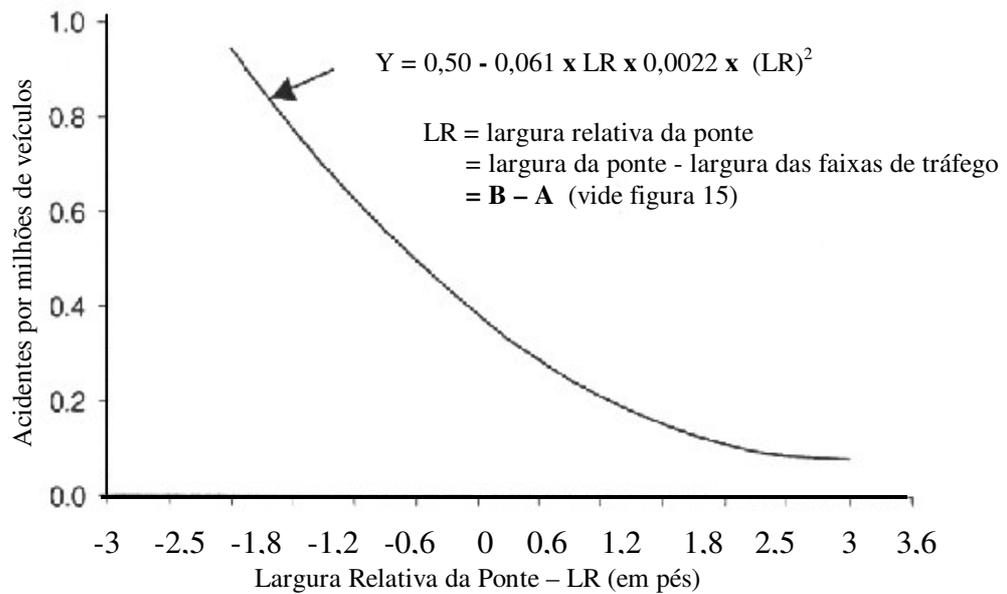


Figura 14. Taxa de acidentes X Largura relativa da ponte

Fonte: Adaptada da obra de FITZPATRICK et. al. (2000)

A Tabela 11 contém os percentuais de redução do número de acidentes decorrentes do alargamento dos acostamentos em pontes. Esses percentuais são derivados do modelo proposto por Turner apresentado na Figura 14. Os valores da tabela foram obtidos assumindo-se que a largura da faixa se manteve constante. De acordo com a tabela, o alargamento de um acostamento de 0,6 metros para 1,8 metros em uma ponte com faixa de tráfego de 3,1 metros, resultaria em uma redução de acidentes de 62%.

Tabela 11. Redução percentual esperada devido ao alargamento dos acostamentos em pontes

Fonte: Adaptada da obra de FITZPATRICK et. al. (2000)

Largura do acostamento antes do alargamento (m)		Largura do acostamento em cada lado após alargamento (m) (alargamento total, nos dois lados, entre parênteses)						
cada lado	total	0,6 (2)	0,9 (1,8)	1,2 (2,4)	1,5 (3,1)	1,8 (3,7)	2,1 (4,3)	2,4 (4,9)
0	0	23	42	57	69	78	83	85
0,3	0,6	-	25	45	60	72	78	80
0,6	1,2	-	-	27	47	62	71	74
0,9	1,8	-	-	-	28	48	60	64
1,2	2,4	-	-	-	-	44	44	50

A viabilidade econômica do alargamento de pontes, como medida de segurança, deve ser analisada levando-se em conta características como: largura útil da ponte, largura das faixas da rodovia, volumes de tráfego e comprimento da ponte. A Tabela 12, proposta no *Special Report 214* (TRB, 1987), apresenta larguras mínimas para pontes com comprimento inferior a 30 metros. Abaixo desses valores é recomendado que sejam avaliadas alternativas como alargamento e reconstrução.

Tabela 12. Largura útil para pontes abaixo da qual devem ser avaliadas medidas de alargamento

Fonte: Adaptada de TRB (1987)

Volume do ano de projeto (VDM)	Largura útil da ponte
0 – 750	Largura igual a das faixas das aproximações
751 – 2000	Largura das faixas das aproximações + 0,60 m
2001 – 4000	Largura das faixas das aproximações + 1,20 m
acima de 4000	Largura das faixas das aproximações + 1,80 m

Entre as medidas alternativas com potencial de reduzir a frequência e a severidade dos acidentes em pontes, estão a melhoria dos guarda-corpo da ponte, a melhoria da sinalização e marcação e o uso de defensas (OGDEN, 1996).

2.4.24 Efeito da provisão de condições para tráfego de ciclistas/pedestres nas adjacências da rodovia ao longo dos trechos urbanos

Acidentes com pedestres em ambientes rurais são menos frequentes do que em ambientes urbanos. Porém, segmentos de rodovia com desenvolvimento urbano, comercial ou industrial na suas adjacências demandam especial atenção. Nesses segmentos, a segurança dessa categoria de usuários deve ser explicitamente considerada. De acordo com Fitzpatrick et. al. (2000), 14,3% dos acidentes não fatais envolvendo pedestres, registrados nos Estados Unidos, ocorreram em ambiente rural.

O *Highway safety design and operations guide*, publicado pela AASHTO (1997), observa que as rodovias rurais de pista simples devem ser projetadas, construídas, operadas e mantidas levando-se em consideração as necessidades de circulação de pedestres e ciclistas. Atualmente, os projetos viários tendem a ser desenvolvidos para atender às necessidades de motoristas de veículos automotores, em detrimento às necessidades de outros usuários. O guia comenta que, devido ao tráfego crescente de ciclistas e pedestres nos acostamentos de

rodovias rurais, deve-se dar mais atenção às condições de trafegabilidade desses locais. Questões como o tipo de revestimento do acostamento, a sinalização do limite entre a faixa de rolamento, e o acostamento e a provisão de acostamentos em pontes são de grande influência na segurança do tráfego de pedestres e ciclistas.

A permissão do tráfego de bicicletas e pedestres nos acostamentos de rodovias rurais de pista simples é bastante comum na Inglaterra e Austrália. Atualmente, é também comum encontrar rodovias do tipo *freeways* que permitem o tráfego de ciclistas nos acostamentos (OGDEN, 1996). Já no Brasil, segundo as normas vigentes do DNER (DNER, 1999), os acostamentos não têm a função de acomodar o tráfego de pedestres e ciclistas. Já o Código de Trânsito Brasileiro (DENATRAN, 2000), define o acostamento como a parte diferenciada da pista de rolamento destinada também à circulação de pedestres e ciclistas, quando não houver local apropriado para este fim.

O acostamento, quando usado para acomodar o tráfego de pedestres e ciclistas, deve permitir a trafegabilidade em todas as condições meteorológicas. Poças de água, irregularidades e superfície escorregadia são exemplos de más condições de trafegabilidade, que podem fazer com que o pedestre/ciclista opte por trafegar na faixa destinada ao tráfego de veículo. Essa situação deve ser evitada por provocar sérios riscos à segurança. O alargamento e/ou pavimentação de acostamentos em rodovias rurais para uso de pedestres e ciclistas tem sido amplamente recomendada por especialistas em segurança viária (FITZPATRICK et. al., 2000; OGDEN, 1996).

A adoção de calçadas em rodovias rurais não é uma prática comum, uma vez que estes tratamentos dificilmente são economicamente viáveis. Porém, acredita-se que tal medida reduziria significativamente a ocorrência de acidentes envolvendo pedestres (AASHTO, 2001). Uma vez que em segmentos rodoviários as velocidades praticadas são, normalmente, mais elevadas e a iluminação é mais precária do que no ambiente urbano, a provisão de um local específico para a circulação de pedestres e ciclistas pode trazer benefícios expressivos.

Em pontes, o tráfego de pedestres e ciclistas ocorre ainda mais próximo ao tráfego dos veículos. Portanto, uma separação física entre estes dois tipos de fluxos se torna altamente recomendável do ponto de vista de segurança viária. Normalmente, esta separação é feita através da construção de muretas.

2.4.25 Efeito da provisão de travessias seguras para pedestres

Faixas de travessia de pedestres são comuns em áreas urbanas, mas raramente adotadas em rodovias rurais. Porém, em segmentos de rodovia com altas concentrações de pedestres, deve ser considerada a adoção de facilidades para travessia de pedestres (AASHTO, 2001).

Uma travessia segura deve oferecer brechas no tráfego de veículos suficientes para que o pedestre complete a travessia. Quando essas brechas não ocorrem espontaneamente, é necessário que se adote algum mecanismo para gerá-las. A instalação de controladores semafóricos e a construção de travessias separadas em nível são exemplos de soluções para o problema de falta de brechas para travessia de pedestres.

As travessias separadas em nível são aquelas onde os pedestres e veículos se cruzam em níveis diferentes. A travessia de pedestres com separação de nível pode ser feita tanto por baixo quanto por cima da rodovia. A adoção de travessias separadas em nível exige a realização de estudos caso-a-caso, que levem em consideração elementos como o volume de pedestres e veículos, e a capacidade da via. Esse tipo de travessia oferece elevado grau de proteção ao pedestre, porém deve ser devidamente localizada e projetada para que seja realmente usada (AASHTO, 1997).

O projeto de travessias separadas em nível deve observar questões como facilidade de manutenção, provisão de iluminação para atender o quesito de segurança; acessibilidade de pessoas com mobilidade reduzida; provisão de elementos que estimulem a utilização da travessia e provisão de elementos de proteção para evitar o arremesso ou a queda de objetos sobre os veículos, no caso de travessias por cima da rodovia (AASHTO, 1997).

2.4.26 Efeito da provisão de tratamento adequado a elementos potencialmente perigosos dispostos ao longo da via

Existem diversos elementos potencialmente perigosos presentes nas laterais das rodovias. São exemplos de elementos potencialmente perigosos os postes de iluminação e sinalização, os pilares de pontes, alguns elementos de drenagem, muros de contenção, diques, árvores, taludes acentuados, entre outros. Segundo Ogden (1996), estima-se que as colisões

contra elementos fixos dispostos nas laterais de vias urbanas e rodovias rurais representam de 25 a 30% do total de acidentes fatais registrados. As condições das áreas adjacentes à via afetam tanto a quantidade quanto à severidade dos acidentes.

Idealmente, os veículos deveriam se manter trafegando sobre a rodovia. Porém, existem situações em que ocorrem saídas de pista involuntárias. As invasões involuntárias das áreas adjacentes à rodovia ocorrem devido a fatores ligados ao componente humano, ao componente veicular e ao componente viário-ambiental. Exemplos de fatores ligados ao motorista são: fadiga e falta de atenção. Entre os fatores associados ao veículo estão problemas com os pneus e instabilidade da carga em caminhões. Em relação ao componente viário-ambiental, incluem-se a presença de animais ou pessoas na rodovia, a ocorrência de outros acidentes e as condições de resistência à derrapagem da rodovia (OGDEN, 1996; AASHTO, 1997).

O conceito de *forgiving roadsides* reconhece que, apesar de todos os esforços para se evitar saídas de pista involuntárias, alguns motoristas irão de fato invadir as áreas adjacentes à rodovia. Sendo assim, é recomendado que os elementos potencialmente perigosos, situados nas adjacências da rodovia, sejam tratados de forma a oferecer condições de recuperação aos veículos errantes, para evitar a ocorrência de acidentes e/ou mitigar a consequência dos acidentes não evitáveis.

Existem duas estratégias para prover *forgiving roadsides*. Idealmente, deve-se disponibilizar, ao longo da rodovia, um faixa de terreno com uma inclinação relativamente suave e livre de elementos físicos fixos que possam representar potencial perigo ao tráfego de veículos errantes. Essa área livre de obstáculos, referenciada na literatura internacional como *clear zone*, tem por finalidade permitir que o motorista recupere o controle do veículo após uma eventual saída da pista (OGDEN, 1996; AASHTO, 1997). A outra estratégia trata do gerenciamento dos elementos perigosos. Quando a presença de elementos físicos fixos próximos à rodovia é inevitável, faz-se necessária a utilização de dispositivos para proteger os ocupantes dos veículos de possíveis colisões contra esses tais elementos (ex: uso de defensas metálicas em torno de pilares de viadutos).

A largura da área livre de obstáculos foi inicialmente definida com base em um estudo desenvolvido pela *General Motors*, onde foram analisados os movimentos realizados pelos

veículos que, inadvertidamente, saiam da pista de testes. Inicialmente definida como 9 metros, a largura apropriada das áreas livres de obstáculos é determinada, hoje em dia, em função das características de cada local (AASHTO, 1997). Os fatores que influenciam a largura da área livre de obstáculos incluem, entre outras características, a inclinação do talude, a velocidade operacional da rodovia, o volume de tráfego e a curvatura horizontal (TRB, 2001).

A redução percentual de acidentes resultante do aumento da área livre de obstáculos nas adjacências da rodovia é apresentada na Tabela 13. De acordo com os valores apresentados na tabela, um aumento de 3 metros na área livre de obstáculos em curvas deve provocar uma redução de 17% dos acidentes. Se o mesmo aumento na área livre de obstáculos for provida em um segmento em tangente, espera-se uma redução de 25% nos acidentes relacionados à perda de controle do veículos com saída de pista.

Tabela 13. Percentual de redução de acidentes em função do aumento da área livre de obstáculos

Fonte: Adaptada da obra de OGDEN (1996)

Aumento da largura da área livre de obstáculos (metros)	Redução no número de acidentes em retas	Redução no número de acidentes em curvas
1,5	13 %	9 %
2,4	21 %	14 %
3,0	25 %	17 %
3,6	29 %	19 %
5,0	35 %	23 %
6,0	44 %	29 %

Quando a provisão de zonas livres de obstáculos é impossível, devem ser adotadas barreiras para protegerem os ocupantes dos veículos contra o potencial perigo que esses elementos oferecem. Porém, é importante levar em conta que as barreiras de proteção também são elementos fixos que se situam mais próximos à rodovia, e são mais longos que os elementos os quais estão protegendo. De fato, os acidentes contra as barreiras costumam ser mais freqüentes, porém menos severos do que os acidentes contra os elementos por elas protegidos (OGDEN, 1996). Segundo as recomendações da AASHTO, as barreiras de proteção só devem ser adotadas quando a colisão contra o objeto fixo é potencialmente mais danosa que a colisão contra a própria barreira de proteção.

Em pesquisa realizada por Elvik, apresentada no *Special Report 214* (TRB, 1987), foram analisados os resultados de 32 estudos a respeito do efeito de defensas e atenuadores de impactos na ocorrência de acidentes. O estudo concluiu que as defensas laterais contribuem para a redução tanto da quantidade quanto da severidade dos acidentes.

Além das defensas e atenuadores de impacto, os suportes de placas e luminárias com bases deslizantes ou bases deformáveis (projetadas para absorver impacto) também são alternativas interessantes a serem adotadas. A idéia básica desses mecanismos é minimizar as conseqüências do impacto contra suportes de luminárias ou de grandes placas. Essas bases especiais são projetadas de forma a se romperem ou se dobrarem em caso de colisões, a fim de evitar que ocorram desacelerações violentas dos veículos. Assim, é reduzida a severidade dos danos resultantes da colisão. Esses mecanismos são úteis para reduzir a severidade dos acidentes, mas não contribuem para redução da sua freqüência. A Figura 15 apresenta exemplos de bases deslizantes e de bases deformáveis.

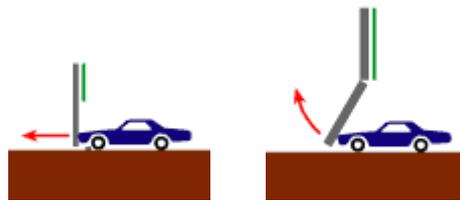


Figura 15. Esquema do sistema *breakaway*

Fonte: Adaptada de <http://members.aol.com/rcmoeur/posts.htm>

Quando os obstáculos fixos presentes nas laterais da rodovia não forem tratáveis por meio de nenhuma desses dispositivos de segurança, deve-se cuidar para alertar o motorista da sua presença e torná-los o mais visível possível.

A contínua modificação das características de elementos como a frota de veículos, a população de motoristas, as condições do tráfego e o ambiente adjacente às rodovias dificultam a tarefa de promover a melhoria das condições de segurança nas laterais da rodovia. Devido a sua importância, a segurança nas laterais da rodovia tem merecido a atenção de diversas organizações tais como a *Federal Highway Administration – FHWA*, a *American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO*, a *National Highway Traffic Safety Administration- NHTSA*, o *Transportation Research Board – TRB*, entre outros.

2.4.27 Efeito dos acessos às propriedades e comércio lindeiro

No contexto deste estudo, o controle de acessos em uma rodovia refere-se à limitação da entrada/saída do tráfego provenientes de outras rodovias ou de propriedades adjacentes destinadas ao comércio, indústria ou moradia. As manobras de acesso e travessia são fontes potenciais de conflitos entre veículos e, portanto, fontes potenciais de acidentes (OGDEN, 1996). O objetivo principal do controle de acessos é melhorar as condições de segurança limitando os pontos onde os veículos podem entrar, sair ou cruzar a rodovia.

Estudos indicam que a taxa de acidentes cresce rapidamente com o aumento do número de acessos a propriedades lindeiras (OGDEN, 1996). Entre os principais fatores que influenciam a segurança dos acessos estão: a quantidade e tipo de tráfego que usa os acessos; a localização e o espaçamento dos acessos ao longo da rodovi; e as características geométricas da rodovia (AASHTO, 1997).

Em 1998, o Departamento de Transportes de Minnesota desenvolveu um estudo para verificar as potenciais implicações do controle de acesso sobre a segurança (FITZPATRICK et. al., 2000). O estudo avaliou cinco segmentos de rodovias rurais para estimar a relação entre a ocorrência de acidentes e a densidade de acessos na rodovia. Os resultados do estudo indicaram uma relação positiva entre a densidade de acessos e a ocorrência de acidentes. O relatório final indica que o controle de acessos em rodovias é uma questão relevante na melhoria da segurança viária. Nesse documento foram revisados onze estudos, do tipo antes e depois, referentes a projetos de controle de acessos em vias rurais e urbanas americanas. Os projetos revisados reportaram reduções de 40% na ocorrência de acidentes nos períodos após a adoção de medidas de controle de acessos.

2.4.28 Efeito da proteção contra invasão de animais de grande porte

A experiência norte-americana e canadense relativa à proteção contra invasão de animais de grande porte está direcionada ao tratamento da invasão de animais selvagens, especialmente veados, espécie bastante comum naquela região. Estima-se que veados estejam presentes em mais de 90% dos acidentes envolvendo animais nos estados americanos (FITZPATRICK et. al., 2000). Os tratamentos adotados para redução dos acidentes envolvendo animais incluem a utilização de placas de advertência aos motoristas, colocação de cerca nas laterais da rodovia, construção de túneis para passagens dos animais sob a

rodovia, entre outros. A análise dos dados de acidentes com os animais e o conhecimento dos hábitos da espécie permitem o desenvolvimento de medidas específicas para o controle desses acidentes. Um exemplo de medida específica para o controle de acidentes envolvendo veados é a utilização de refletores que redirecionam a luz dos faróis dos veículos para as laterais da rodovia. Os refletores são instalados em ambos lados da rodovia e refletem a luz dos faróis na forma de luz vermelha. O objetivo é criar uma espécie de cerca óptica, uma vez que estudos sobre a espécie indicam que veados tendem a evitar e fugir de locais que emitam luz vermelha (FITZPATRICK et. al., 2000).

No Brasil não são raros os acidentes envolvendo colisão contra animais de grande porte. Esses acidentes costumam ocorrer com cavalos ou vacas provenientes de propriedades lindeiras à rodovia, ou mesmo veados dentro da faixa de domínio da rodovia. Além das colisões contra animais de grande porte propriamente ditas, também deve-se considerar que as manobras evasivas para evitar tais colisões também se constituem em fonte potencial de ocorrência de acidentes.

2.4.29 Outras características rodoviárias e sua influência na ocorrência de acidentes

Algumas características rodoviárias, como a presença de cascalho solto sobre a pista pavimentada, a adoção de tachas refletivas para reforçar a visibilidade dos limites das faixas de rolamento, a credibilidade da sinalização vertical e horizontal, a qualidade das placas de sinalização, a localização e layout das paradas de ônibus, o uso de outdoors comerciais, a transição entre ambientes rural/urbano e a diferença entre velocidade regulamentada e velocidade de projeto são consideradas relevantes à segurança nas práticas de auditoria de segurança viária recomendadas por diferentes instituições. Porém, as relações dessas características com a ocorrência de acidentes ainda não foram intensamente pesquisadas e difundidas, tornando escassos os estudos e dados divulgados a cerca de seus efeitos na segurança rodoviária.

Contudo, existem evidências que indicam que tais características influenciem direta ou indiretamente à segurança. No caso do efeito da credibilidade da sinalização vertical e horizontal, por exemplo, os autores Mont'Alvão e Braga (1999) destacam que, para o motorista fazer uso da informação apresentada, esta deve ser verossímil, ou seja, deve ser apresentada em níveis de credibilidade conhecidos. Caso contrário, a sinalização passa a ser

desvalorizada pelos motoristas. Esse efeito é tratado por Branco (1999) como o “Princípio da Valorização”.

Já o efeito estimado da adoção de tachas refletivas para reforçar a visibilidade dos limites das faixas de rolamento na redução de acidentes é da ordem de 5 a 18% (OGDEN, 1996). Esse efeito é atribuído ao um melhor delineamento das faixas de tráfego especialmente à noite e em condições climáticas adversas.

Em relação à qualidade das placas de sinalização, acredita-se que as más condições de visibilidade das mesmas se constituem em um fator contribuinte de acidentes. Placas com mensagens pouco visíveis prejudicam, ou até mesmo impedem, a assimilação de informações necessárias à condução segura do veículo. Idealmente, as placas de sinalização de trânsito deveriam ser submetidas a programas de inspeção pelo menos uma vez ao ano (AASHTO, 1997).

O efeito do uso de outdoors comerciais sobre a ocorrência de acidentes, de acordo com Guerra e Braga (1994), é de difícil comprovação. Porém, é comprovado que a realização de tarefas secundárias efetivamente provoca um efeito de deterioração na tarefa de dirigir. Isso indica uma provável relação causal entre o excesso de publicidade no entorno da via e a ocorrência de acidentes. O uso de outdoors, painéis ou luminosos comerciais nas margens das rodovias brasileiras é prática bastante comum. Rodovias com fluxo expressivo de veículos tornam-se uma alternativa interessante para a divulgação de propagandas de produtos e serviços. Porém, do ponto de vista da segurança da rodovia, dever-se-ia garantir que a publicidade na faixa de domínio não seja uma fonte de distração que prejudique o desempenho dos motoristas.

Por fim, o efeito da diferença entre velocidade regulamentada e velocidade diretriz de projeto sobre a ocorrência de acidentes pode ser avaliado em termos da percepção dos motoristas em relação às condições de trafegabilidade oferecidas pela via. De modo geral, a velocidade regulamentada em uma rodovia é função da velocidade de projeto, ou seja, quanto melhores as condições geométricas da via, maior é a velocidade nela permitida. Sendo assim, as velocidades diretriz e regulamentada devem ser bastante próximas, uma vez que os motoristas tendem a aceitar mais facilmente os limites de velocidade nos locais onde as condições de trafegabilidade são claramente mais restritivas. Nos locais onde o motorista não percebe razões de ordem física para os limites impostos, estes tendem a ser violados

(AASHTO, 1997). Por outro lado, a regulamentação de velocidades altas também pode ter impacto negativo sobre a segurança. Segundo Ogden (1996), os motoristas tendem a interpretar as placas de regulamentação de velocidade como velocidade recomendada ao invés de velocidade limite.

2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E INDICADORES DE DESEMPENHO DE RODOVIAS

Nessa seção pretendia-se revisar estritamente os métodos de avaliação e indicadores de desempenho de segurança viária relacionados às características físicas das rodovias, por ser este o escopo desse estudo. Porém, os métodos de avaliação e indicadores usados no gerenciamento da segurança rodoviária enfocam, predominantemente, os aspectos relacionados ao comportamento do condutor. Então, com a finalidade de também contemplar os métodos de avaliação voltados especificamente para as características físicas das rodovias, foi incluída nessa seção a revisão de alguns métodos e indicadores de desempenho usados no gerenciamento de pavimentos e na avaliação da conservação rodoviária.

2.5.1 *Métodos de avaliação e indicadores de desempenho de segurança viária*

De acordo com Jacobs *et al.* (2000), a abordagem tradicional usada na avaliação da segurança viária está baseada na compilação de estatísticas sobre a ocorrência de acidentes e sobre sua severidade. Porém, o autor argumenta que, as estatísticas de acidentes sozinhas não são suficientes para avaliar a situação das condições de segurança de rodovias ou vias urbanas. A ETSC (2001) apresenta os principais motivos pelos quais a segurança viária não deve ser avaliada apenas por estatísticas de acidentes. Entre os principais motivos, destaca-se o fato do número de acidentes rodoviários estar sujeito a flutuações aleatórias. Sendo assim, variações no número de ocorrências de acidentes não refletem, necessariamente, mudanças no número esperado de acidentes em longo prazo. Ou seja, variações no número de acidentes podem não estar indicando mudanças reais nas condições de segurança de segmentos viários. Além disso, contagens de acidentes nada informam a cerca do processo que gerou o acidente, não sendo úteis na orientação de medidas corretivas para o problema de falta de segurança.

A adoção de indicadores de segurança viária é uma alternativa ao uso exclusivo de estatísticas de ocorrência de acidentes. Os indicadores se caracterizam por fornecer informações mais completas sobre o nível de segurança viária, por sinalizar o aparecimento

de novos problemas, antes que estes se revelem em forma de acidente, e por conter informações que auxiliam na detecção de medidas de melhoria da segurança (RUMAR, 1999). Ainda, segundo o mesmo autor, a grande vantagem de utilizar indicadores reside na possibilidade de um acompanhamento contínuo da situação da segurança rodoviária em nível nacional, regional e local.

Segundo o documento elaborado pelo *European Transport Safety Council* (ETSC, 2001) entre os indicadores mais comumente utilizados estão aqueles diretamente relacionados ao comportamento do usuário da via. Alguns exemplos de indicadores frequentemente utilizados para avaliar a segurança viária são: (i) o percentual de uso do cinto; (ii) a velocidade praticada na via e (iii) uso de álcool.

Porém, acredita-se que a engenharia viária pode influenciar substancialmente a ocorrência e severidade dos acidentes, uma vez que pode influenciar o comportamento do usuário da via e oferecer alguma forma de proteção em caso de acidentes. O reconhecimento do papel da engenharia viária na ocorrência de acidentes indica a necessidade da adoção de indicadores também relacionados a características da via. De fato, Jacobs *et al.* (2000) sugere que sejam usados indicadores de segurança do tipo “número de travessias de pedestres instaladas na via”; “quantidade de auditorias de segurança viária realizadas” e “quantidade de locais perigosos que receberam melhorias quanto a segurança viária”. Tais indicadores refletem a importância de questões relacionadas com a engenharia da via na avaliação da segurança.

Embora menos frequentes que indicadores de segurança viária, relacionados ao comportamento do condutor, alguns métodos se propõem a tratar de questões específicas das características físicas da rodovia. O Manual de segurança desenvolvido pela *University of Wisconsin-Madison*, e o Índice de Desempenho proposto por Canale *et al.* (1999), são exemplos de métodos de avaliação que se propõem a revisar as condições de segurança de rodovias e vias urbanas.

2.5.1.1 SAFER Manual

O *SAFER Manual*, desenvolvido pelo *Wisconsin Transportation Information Center* (WTIC, 1996), não propõe explicitamente uma lista de características para serem avaliadas na

revisão das condições de segurança e nem formulários para serem usados na coleta de dados em campo. O objetivo do manual é fornecer subsídios para que os órgãos responsáveis pela monitoração da segurança no sistema viário desenvolvam seus próprios formulários e listagem de características para revisão.

Nesse manual são apresentadas mais de 100 fotografias demonstrando condições de segurança típicas de serem encontradas em rodovias e vias urbanas. As fotografias têm a finalidade de auxiliar no reconhecimento de situações potencialmente perigosas. As situações de perigo potencial estão agrupadas em 8 categorias: laterais da via, interseções, cruzamento de ferrovias, geometria sinalização de advertência, marcação no pavimento, manutenção viária e condições especiais.

O *SAFER Manual* sugere que sejam realizadas inspeções visuais das condições de segurança das vias. Nessas inspeções devem ser anotadas as situações de perigo encontradas. O manual sugere, ainda, que essas anotações sejam acompanhadas por um sistema de classificação para auxiliar, posteriormente, na priorização da implementação das melhorias. A escala de priorização sugerida é apresentada Tabela 14, e deve ser acompanhada de figuras que facilitem o uso da escala.

Tabela 14. Escala de priorização sugerida no *SAFER Manual*

<i>nota</i>	<i>Descrição</i>
1	Merece intervenção imediata
2	Fazer melhorias/proteção em futuro próximo
3	Fazer melhorias conforme permitem as prioridades
4	Fazer melhorias quando outras intervenções estiverem sendo feitas
5	Não são recomendadas melhorias na segurança

O manual sugere que a ordenação dos problemas de segurança elencados na inspeção visual seja feita com base em 3 fontes de informação: os resultados do sistema de priorização proposto na Tabela 14, as informações sobre a importância da via, obtida pela sua classificação funcional, e os registros de acidentes existentes.

2.5.1.2 *Suitability Index* (índice de adequação)

O método proposto para a obtenção do *suitability index* (SI), ou índice de adequação, proposto por Canale et. al. (1999) visa prover um índice de desempenho adequado para o gerenciamento da segurança viária. O SI contempla os parâmetros de segurança viária referentes a características de altimetria, uso de faixas de tráfego, tipo e volume de tráfego e sinalização viária. O SI é determinado para segmentos chamados de seções elementares. As seções elementares não possuem comprimento pré-estabelecido. No entanto, o método indica que, quanto menor as seções elementares, melhor é a avaliação da segurança realizada.

A desempenho global da rodovia é analisado a partir do desempenho de cada seção elementar. O método considera que o fato de uma única seção não estar funcionando bem pode resultar em problemas de segurança para a rodovia inteira. Portanto, o método preconiza que a segurança de uma rodovia deva ser avaliada através do controle da adequação de cada seção elementar.

A obtenção do SI resulta da avaliação de uma série de características (I) da seção elementar, ponderadas de acordo com seu nível de relevância (P). Os valores de P refletem o papel de cada característica considerada no índice durante a atividade de condução do veículo.

Entre os principais conjuntos de características considerados no método, estão as características geométricas, as condições operacionais, as condições do estado da via, as condições de dirigibilidade devido à sinalização, as condições dos elementos de contenção e as condições dos elementos de ajuda à condução.

Para cada seção elementar é calculado um índice desagregado referente a cada um dos conjuntos de características considerados no método. A seguir são apresentados o conjunto de características geométricas e a equação do Índice geométrico (I_G), que é o índice desagregado desse conjunto de características.

- Características geométricas:
 - Raio de curvatura horizontal (I_{rp} , P_{rp});
 - superelevação (I_{pt} , P_{pt});
 - inclinação do greide (I_{pl} , P_{pl});

- curva vertical (I_{ra} , P_{ra});
- distância de visibilidade de parada (I_{da} , P_{da})
- distância de visibilidade de ultrapassagem (I_{dv} , P_{dv}).

O Índice de adequação geométrica de uma determinada seção elementar é obtido pela seguinte equação:

$$I_G = (I_{rp} \times P_{rp}) + (I_{pt} \times P_{pt}) + (I_{pl} \times P_{pl}) + (I_{ra} \times P_{ra}) + (I_{da} \times P_{da}) + (I_{dv} \times P_{dv}) \quad (5)$$

Onde:

I_G – Índice de adequação geométrica;

I_{rp} – índice de adequação do raio de curvatura horizontal;

P_{rp} – peso do raio de curvatura horizontal;

I_{pt} – índice de adequação da superelevação;

P_{pt} – peso da superelevação;

I_{pl} – índice de adequação da inclinação do greide;

P_{pl} – peso da inclinação do greide;

I_{ra} – índice de adequação da curva vertical;

P_{ra} – peso da curva vertical;

I_{da} – índice de adequação da distância de visibilidade de parada;

P_{da} – peso da distância de visibilidade de parada;

I_{dv} – índice de adequação da distância de visibilidade de ultrapassagem;

P_{dv} – peso da distância de visibilidade de ultrapassagem.

De mesma maneira são obtidos os Índices de adequação dos demais conjuntos de características do método. A referência consultada não apresenta detalhes quanto a ordem de grandeza dos índices e pesos adotados. O SI, ou $I_{suitability}$, é obtido pelo somatório desses índices parciais.

O método ainda obtém, para cada seção elementar, o seu *forecast index*, ou índice de previsão (I_{PRE}). O I_{PRE} tem a finalidade de diferenciar aquelas seções que, mesmo tendo um mesmo Índice de adequação ($I_{suitability}$), se diferenciam, por incorporarem um elemento adicional de risco de ocorrência de acidentes. Esse risco adicional refere-se à questão da violação da expectativa dos usuários quanto às condições de segurança. Mesmo um trecho que ofereça um nível razoável de segurança pode estar sujeito a ocorrência de um número

elevado de acidentes, caso o motorista ingresse nesse trecho com um conduta inadequada para suas exigências de atenção. Dessa forma, dependendo da expectativa do usuário, alguns trechos podem oferecer condições mais ou menos seguras que o revelado pelo $I_{suitability}$.

O índice de adequação final (I_F) é obtido pelo produto do $I_{suitability}$ (que considera as características físicas da via) pelo I_{PRE} (que leva em consideração a expectativa do usuário), conforme a equação 6.

$$I_F = I_{suitability} \times I_{PRE} \quad (6)$$

Onde:

I_F - Índice de adequação final;

$I_{suitability}$ - índice de adequação;

I_{PRE} - índice de previsão.

2.5.2 Métodos de avaliação e indicadores de desempenho do gerenciamento de pavimentos e de conservação rodoviária

O uso de indicadores de desempenho aparece com frequência no gerenciamento de pavimentos de rodovias e vias urbanas. Existem diversos métodos que se propõem a avaliar e expressar, através de escalas numéricas ou descritivas, as condições dos pavimentos viários. Verifica-se que a inspeção visual da superfície das rodovias é adotada com frequência para orientar o planejamento e a priorização das intervenções na malha viária. A inspeção visual possui duas qualidades que justificam seu intenso uso: a rapidez e o reduzido custo quando comparada a métodos mecânicos de inspeção.

A seguir, são apresentadas, sucintamente, as principais características de alguns indicadores e métodos de avaliação propostos para o gerenciamento de pavimentos e para a conservação rodoviária.

2.5.2.1 O índice IRI – International Roughness Index

Com a finalidade de tornar comparáveis os dados de rugosidade de pavimentos de diferentes locais do mundo, foi desenvolvido o IRI – *International Roughness Index* (ou Índice Internacional de Rugosidade). Hoje o IRI é uma medida padrão utilizada por diversos países no gerenciamento de pavimentos.

O IRI é obtido através da utilização de um equipamento que simula um veículo padrão percorrendo uma rodovia na sua velocidade regulamentada. Esse equipamento mede os movimentos verticais sofridos pelo veículo ao longo de uma seção. Portanto, o que está se avaliando é a quantidade de movimentos verticais por unidade de extensão horizontal. A unidade normalmente adotada para o IRI é metros/quilômetro ou polegadas/milha (MARCON, 1996; SOUZA et al., 2000).

A escala do IRI inicia no zero, que representa uma superfície completamente lisa. Teoricamente a escala do IRI não possui um limite superior, já que não existe um valor máximo para a rugosidade. Porém, na prática, superfícies com valores acima de 8m/km são praticamente impossíveis de serem trafegadas (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2003).

2.5.2.2 Método PCR - *Pavement Condition Rating of Ohio, USA*

O método de avaliação das condições do pavimento denominado de PCR (*Pavement Condition Rating*) foi desenvolvido conjuntamente pelo Departamento de Transportes de Ohio e pelo FHWA. O método propõe um procedimento de inspeção visual que objetiva identificar e descrever o desgaste do pavimento em termos de seu tipo, sua severidade e extensão. A formulação matemática do PCR provê um índice que reflete o efeito combinado de diferentes tipos, severidades e extensões de desgaste do pavimento. O índice do PCR, que varia de 0 a 100, é calculado através da equação 7:

$$PCR = 100 - \sum_{i=1}^n Deduct_i \quad (7)$$

Onde:

PCR – *Pavement Condition Rating*

i – desgastes observados;

n – número de desgastes observados;

Deduct – (pesos por tipo de desgaste) x (peso por severidade) x (peso por extensão)

Com o intuito de orientar o processo de avaliação em campo, os pesos por tipo de desgaste são detalhadamente descritos e exemplificados por meio de imagens. Também são descritos três níveis de peso para a severidade do desgaste (baixo, médio e alto) e três níveis

de peso para a extensão do desgaste (ocasional, freqüente e extensivo). Os pesos considerados no método foram especificados com base na revisão de métodos de avaliação desenvolvidos nos Estados Unidos, Canadá e Europa, e na experiência acumulada pela equipe de desenvolvimento deste método.

A Figura 16 apresenta a escala e a descrição das condições do pavimento associadas aos intervalos de valores do PCR. Nessa escala, 100 representa um pavimento perfeito, sem desgastes observáveis. O PCR igual a 0 representa um pavimento completamente desgastado, com níveis altos de severidade e extensão dos desgastes.

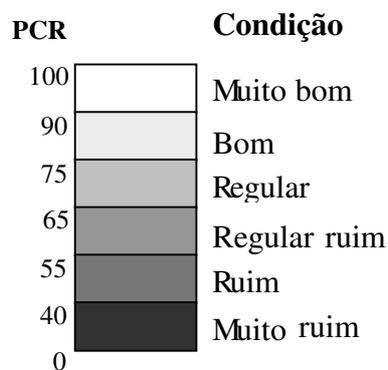


Figura 16. Escala do PCR - *Pavement Condition Rating*

O procedimento de avaliação do PCR em campo prevê duas passadas em cada trecho avaliado. Na primeira passagem a equipe avaliadora, composta por um motorista e um avaliador, deve percorrer o trecho a uma velocidade aproximada de 60 km/h verificando os tipos de desgastes existentes. Na segunda passagem são feitas anotações detalhadas sobre as condições de cada segmento avaliado. É recomendado que sejam avaliados segmentos com comprimento entre 3 e 5 km, delimitados em função das condições do pavimento (SARAF, 1998).

2.5.2.3 Procedimento de avaliação de pavimentos do Departamento de Transportes de Minnesota

O Departamento de Transportes de Minnesota avalia as condições do pavimento de sua malha rodoviária através dos seguintes índices (Mn/DOT, 2003a):

- PSR - *Present Serviceability Rating* (ou Índice de Serventia Presente);

- SR – *Surface Rating* (ou Índice de Superfície);
- PQI – *Pavement Quality Index* (ou Índice de Qualidade do Pavimento).

O PSR é uma medida do conforto ou desconforto percebido pelos usuários que percorrem a via. Esse índice é obtido através da opinião de indivíduos sobre a qualidade do deslocamento no que se refere à rugosidade da superfície da rodovia. Durante a avaliação, é atribuído a cada segmento um valor numérico entre zero e cinco, de acordo com a escala apresentada na Tabela 15.

O PSR é denominado no Brasil de Valor de Serventia Atual (VSA). Sua regulamentação foi realizada pelo extinto DNER, através da norma PRO 007-94 (FONTANELE e SÓRIA, 2000).

Tabela 15. Classificação e intervalos do PSR

Avaliação numérica	Avaliação verbal
4,1 – 5,0	Muito Bom
3,1 – 4,0	Bom
2,1 – 3,0	Regular
1,1 – 2,0	Ruim
0,0 – 1,0	Muito Ruim

Os avaliadores devem primeiro decidir qual a avaliação qualitativa do segmento, expressa por meio das expressões Muito Bom, Bom, Regular, Ruim e Muito Ruim. Em um segundo momento, a avaliação deve ser refinada, atribuindo o correspondente valor numérico à avaliação do segmento. Para se obter o valor final do PSR de um segmento, deve ser feita a média dos valores atribuídos por vários avaliadores (SARAF, 1998).

O SR é o índice que quantifica o desgaste do pavimento. Esse índice avalia o tipo e a quantidade dos defeitos presentes na superfície do pavimento. A escala do SR varia de 0 a 4, onde 4 representa a condição de um pavimento novo (Mn/DOT, 2003b).

O PQI é o índice que mede a condição geral do pavimento. Esse índice, que varia de 0 a 4,5, é obtido através da combinação do PSR e do SR. O PQI é calculado através da equação 8:

$$PQI = \sqrt{(PSR) \times (SR)} \quad (8)$$

Onde:

PQI - *The Pavement Quality Index* (ou Índice de Qualidade do Pavimento);

PSR - *Present Serviceability Rating* (ou Índice de Serventia Presente);

SR – *Surface Rating* (ou Índice de Superfície).

Os índices são usados para comparar o desempenho de diferentes rodovias, projetos ou materiais, e para planejar e programar intervenções na rede rodoviária. Os levantamentos de campo são feitos por um veículo de vídeo-inspeção que registra imagens da rodovia a partir de cinco câmaras digitais. As imagens são, então, analisadas em escritório para a detecção das irregularidades presentes no pavimento (Mn/DOT, 2003b).

2.5.2.4 Sistema de gerenciamento de pavimentos do DNIT (extinto DNER)

O gerenciamento de pavimentos do DNIT inclui duas modalidades de avaliação das condições da superfície dos pavimentos, uma subjetiva e outra objetiva. A primeira, denominada de “Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos”, é especificada pela norma de procedimentos PRO-007/94 (DNER, 1994a). A avaliação objetiva é regulada pela norma de procedimentos PRO-008/94 (DNER, 1994b) e denominada de “Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos”.

A “Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos” constitui -se em uma avaliação do conforto e da suavidade do rolamento sobre a superfície da rodovia. Os aspectos relacionados ao projeto geométrico e a resistência à derrapagem devem ser ignorados nessa avaliação. Portanto, os avaliadores devem se concentrar principalmente nos aspectos como buracos, saliências e irregularidades transversais e longitudinais da superfície.

Na avaliação subjetiva, é medido o Valor de Serventia Atual (VSA), que expressa a capacidade do pavimento em atender às exigências do tráfego que sobre ele atua quanto à suavidade e conforto. A equipe de medição deve ser composta por 5 avaliadores que percorrem o trecho em avaliação na velocidade próxima ao seu limite regulamentado. Ao final de cada trecho, de extensão previamente definida pela equipe de avaliação, os avaliadores devem assinalar em formulário específico a nota dada ao trecho, que varia de zero

(péssimo) a 5 (ótimo). Os trechos a serem avaliados não devem ter extensão superior a 2 km e são definidos em função da sua homogeneidade, em uma rápida inspeção prévia realizada pela equipe avaliadora.

O VSA é obtido pela equação 9:

$$VSA = \frac{\sum x}{n} \quad (9)$$

Onde:

VSA – Valor de serventia atual;

x – valores de serventia atual individuais conferidos por cada membro da equipe avaliadora;

n – número de membros da equipe avaliadora.

A “Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos” consiste na contagem e classificação de ocorrências aparentes na superfície do pavimento e na medição, através de aparelhagem específica, de deformações permanentes nas trilhas de roda. A avaliação objetiva é realizada em superfícies de avaliação, de aproximadamente 6 metros de comprimento, previamente demarcadas a cada 20 metros da rodovia.

Essa avaliação resulta nos Índices de Gravidade Individuais (IGI), que são obtidos para cada tipo de ocorrência presente na superfície de avaliação e para as flechas medidas nas trilhas de roda. No cálculo do IGI esses elementos são ponderados de acordo com pesos propostos pela norma.

O somatório dos IGI resulta no Índice de Gravidade Global (IGG) da superfície de avaliação. A Tabela 16 apresenta os conceitos que retratam o grau de deterioração medido pelo IGG.

Tabela 16. Conceitos associados ao IGG

Conceitos	Limites do IGG
Bom	0-20
Regular	20-80
Mau	80-150
Péssimo	150-500

2.5.2.5 Método de avaliação de desempenho de rodovias da CNT

A Pesquisa Rodoviária CNT tem por objetivo identificar as condições gerais das rodovias brasileiras. O método de avaliação proposto pela CNT leva em consideração três conjuntos de características físicas do sistema viário: o pavimento, a sinalização e a engenharia. A análise combinada desses 3 aspectos resulta na avaliação geral da conservação das principais ligações rodoviárias brasileiras.

A avaliação em campo das condições de conservação da rede viária deve ser realizada por uma equipe, composta por dois indivíduos (um motorista e um avaliador), que percorre trechos rodoviário classificando as condições em que se encontram as características revisadas para cada segmento de 10 km de comprimento. A classificação, realizada através de formulário específico, deve refletir as condições predominantes da característica em avaliação. São também realizados registros fotográficos das principais ocorrências ao longo do trecho avaliado. O avaliador deve localizar precisamente tais ocorrências, bem como elementos de infraestrutura de apoio, através do uso de GPS.

O Modelo CNT de Classificação de Rodovias é composto pelas etapas apresentadas na Figura 17. Na etapa de aplicação do Modelo CNT de Classificação de Rodovias, é atribuído, a cada uma das características avaliadas em campo, um peso numérico que representa sua importância na avaliação do trecho rodoviário. Os pesos das características foram estabelecidos mediante análise de sensibilidade dos itens avaliados, onde foram calibrados os valores dos pesos a partir da simulação de vários cenários desenvolvidos para representar as situações encontradas em campo.

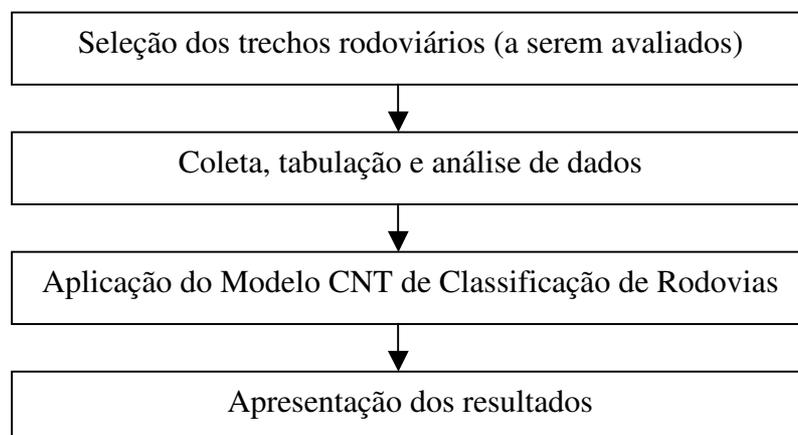


Figura 17. Etapas do Modelo CNT de Classificação de Rodovias

A nota geral do trecho avaliado é obtida pela soma dos pesos recebidos por cada uma das características observadas em campo relativas ao pavimento, a sinalização e a engenharia. A nota numérica geral de cada trecho é, então, relacionada aos conceitos ótimo, bom, deficiente, ruim e péssimo que sintetizam as condições de cada trecho avaliado (CNT, 2003).

O Modelo CNT de Classificação de Rodovias tem sido aplicado, anualmente, desde 1995. Ao longo desse 7 anos de aplicação, o modelo tem sido aprimorado e a extensão da malha viária avaliada tem sido ampliada. Na sua primeira edição, o Modelo CNT avaliou 15.710 quilômetros de rodovias pavimentadas; em 2002 a extensão da malha viária avaliada foi de 47.103 quilômetros. A coleta de dados dos 47.103 quilômetros avaliados em 2002 foi realizada por 10 duplas (motorista + avaliador), que percorreram um total de 75 ligações rodoviárias num período de 1 mês.

3 ELABORAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA POTENCIAL DE SEGMENTOS RODOVIÁRIOS

Esse capítulo descreve a elaboração do método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais pavimentados de pista simples. A elaboração do método proposto pode ser subdividida em dois módulos. O módulo de estimação da segurança, que consiste na elaboração do Índice de Segurança Potencial (ISP), e o módulo de inspeção da segurança, que consiste na elaboração de um procedimento para coleta de dados em campo para obtenção do ISP.

O módulo de estimação da segurança é composto pelas etapas de identificação das características físicas que influenciam a segurança rodoviária, pela seleção das características para compor o ISP e pela estimação dos pesos relativos que refletem o nível de influência de cada característica no índice proposto. O módulo de inspeção é composto pelo desenvolvimento dos formulários usados para obter os dados de campo, bem como pelos procedimentos para obter esses dados.

Após a elaboração do ISP e do procedimento de coleta de dados em campo, foi realizado um teste do método. O teste consistiu em uma aplicação piloto do método desenvolvido em um trecho rodoviário. Com base nas observações realizadas no teste piloto, foram revisadas as etapas do módulo de inspeção da segurança.

A Figura 18 contém a representação esquemática das etapas do desenvolvimento do método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais pavimentados de pista simples.

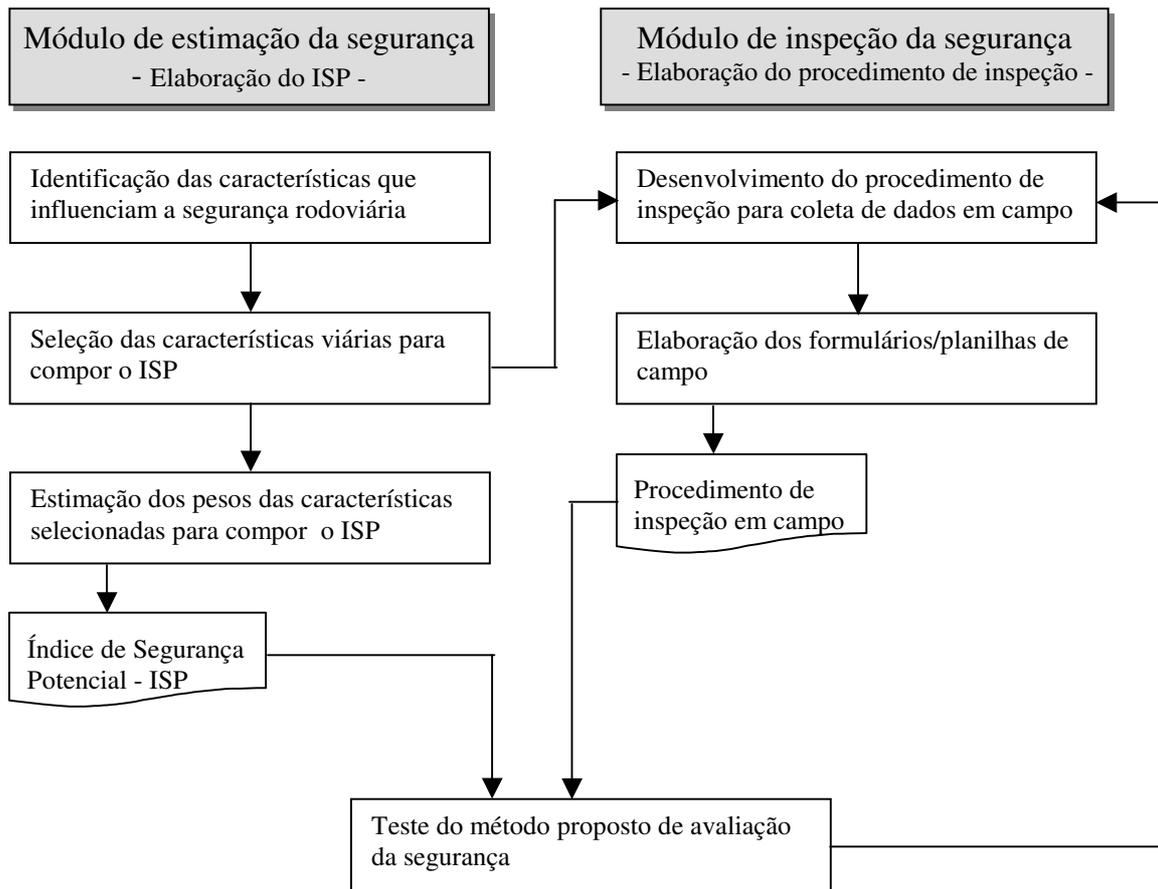


Figura 18. Representação esquemática do desenvolvimento do método de avaliação da segurança rodoviária

3.1 MÓDULO DE ESTIMAÇÃO DA SEGURANÇA – ELABORAÇÃO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA POTENCIAL - ISP

Nesse módulo foram identificadas e selecionadas as características que compõem o Índice de Segurança Potencial (ISP), e estimados os pesos relativos dessas características para a composição do índice.

3.1.1 Identificação das principais características físicas da rodovia que influenciam a segurança viária

A identificação das principais características físicas da rodovia que influenciam as condições de segurança viária ofertadas aos usuários iniciou através de uma extensa revisão sobre o tema. Foram revisados os estudos de diversos autores que se dedicam à pesquisa da influência de características físicas da rodovia na probabilidade de ocorrência de acidentes. Apesar dos esforços desses pesquisadores, ainda persistem muitas incertezas quanto ao nível

de influência das características físicas da rodovia na ocorrência dos acidentes. As incertezas são ainda maiores quando se pretende consolidar em uma mesma estrutura diversas características físicas da rodovia, a fim de obter sua influência conjunta na segurança de uma rodovia.

Na etapa de identificação das características físicas das rodovias que apresentam influência potencial na ocorrência de acidentes, também foram pesquisados os *checklists* usados em Auditorias de Segurança Viária (ASV). Foram analisados os *checklists* desenvolvidos por conceituadas entidades e grupos de pesquisa que se dedicam à prática e ao desenvolvimento de estudos sobre ASV.

Dois fatores motivaram a utilização dos *checklists* de ASV na identificação das características físicas das rodovias com potencial de influência na ocorrência de acidentes. Em primeiro lugar, o fato da ASV ser um procedimento estritamente voltado para as questões relativas à segurança das rodovias. Isso garante que os itens relacionados nos *checklists* tenham uma relação concreta com a ocorrência de acidentes e conseqüentemente com a segurança da via. Em segundo lugar, as duas décadas de prática e pesquisa de ASV, que resultaram na formulação de *checklists* bastante abrangentes. Assim, foram revisados os *checklists* desenvolvidos pelas seguintes instituições:

- AUSTROADS - *Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities* (AUSTROADS, 1994);
- *Department of Transportation of Ontario* (OMT, 2000);
- *University of New Brunswick* (HILDEBRAND E WILSON, 1999);
- *Transfund New Zealand* (TNZ, 1998);
- IHT – *The Institution of Highways and Transportation* (IHT, 1996);
- TAC – *Transportation Association of Canada* (TAC, 2001).

Analisando o conteúdo dos *checklists* revisados, decidiu-se desconsiderar dois deles nesse estudo. O *checklist* proposto pelo IHT – *The Institution of Highways and Transportation*, denominado “*Guideline for the Safety Audit of Highways*”, não foi considerado por não conter um *checklist* específico para a etapa de vias em serviço/operação, foco do método proposto nesse trabalho. O guia de ASV desenvolvido pelo TAC – *Transportation Association of Canadá*, também não foi considerado pois os itens propostos

no seu *promptlist*, adotado no lugar de *checklists*, são encontrados detalhadamente no *checklist* proposto pelo Departamento de Transportes de Ontário.

A partir dos demais *checklists* foi elaborada a Tabela A1, que se encontra no Anexo 1, com a síntese de todos os itens constantes nos quatro *checklists* analisados. Como resultado da revisão dos *checklists*, foram listados 297 itens organizados dentro de 14 macro-categorias, usadas nos *checklists*:

- tópicos gerais;
- alinhamento e seção transversal;
- interseções em nível;
- interseções em mais de um nível;
- faixas auxiliares e de conversão;
- tráfego não motorizado;
- sinalização e iluminação;
- objetos físicos;
- semáforos;
- delineamento;
- pavimento;
- condições ambientais;
- usuários da via;
- acessos e adjacências.

Os *checklists* analisados apresentaram algumas diferenças quanto à abrangência e detalhamento do seu conteúdo. Entre os *checklists* revisados, o mais abrangente é o desenvolvido pela *University of New Brunswick*. Esse *checklist* possui 69% do total de características elencadas a partir dos quatro documentos pesquisados. O *checklist* mais sucinto é o proposto pelo *Transfund*, que possui 16% do total de itens compilados.

3.1.2 Seleção das características físicas para compor o ISP

Dos 297 itens listados, foram selecionados os 36 itens julgados mais relevantes para a análise da segurança de rodovias brasileiras pavimentadas de pista simples. A seleção dos 36 itens foi realizada com base em critérios como o impacto da característica na segurança viária

e a relevância da característica para a realidade brasileira. Além de atender a esses critérios, a escolha também levou em conta a limitação imposta pela aplicação de um questionário. Levou-se em consideração que questionários muito longos provocam uma redução na qualidade das respostas dos entrevistados.

As 36 características selecionadas, classificadas segundo macro-categorias, são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17: Características físicas da rodovia consideradas no estudo

		características
superfície pav.	1	Buracos na pista
	2	Resistência à derrapagem
	3	Formação de espelhos d' água
	4	Presença de cascalho solto na pista
	5	Desnível entre faixa e acostamento
curva	6	Raios das curvas horizontais
	7	Adoção de superlargura
	8	Adoção de superelevação
	9	Incidência de curvas
	10	Combinação entre alinhamento horizontal e vertical
inters	11	Faixas adicionais e canalizações
	12	Iluminação artificial nas interseções
sinalização	17	Quantidade adequada de placas de sinalização
	18	Uso de painéis de mensagem variável
	19	Uso de balizadores
	20	Legibilidade e conspicuidade da sinalização vertical
elem. longit.	21	Inclinação de rampas
	22	Oportunidades de ultrapassagem
	23	Distâncias de visibilidade
seção transversal	24	Larguras das faixas e acostamentos
	25	Pavimentação dos acostamentos
	26	Taludes laterais suaves
	27	Largura da faixa e acostamentos em pontes
usu. vuln.	28	Tráfego de ciclistas/pedestres
	29	Travessias para pedestres
laterais	30	Presença de elementos perigosos na lateral da via
	31	Acessos a propriedade e comércio lindeiro
	32	Localização e layout de pontos de ônibus
geral	33	Quantidade de outdoors comerciais
	34	Transição entre ambientes rural/urbano
	35	Compatibilidade entre velocidade regulamentada e diretriz
	36	Proteção contra a invasão de animais de grande porte

3.1.3 Ponderação das características físicas do ISP

Após selecionar as características para compor o ISP, partiu-se para a etapa de estimação dos pesos relativos de cada característica na segurança potencial de um segmento rodoviário. Tradicionalmente, a influência das características físicas da rodovia na ocorrência dos acidentes é estimada através de modelos de regressão. Nesses modelos, a frequência de acidentes é a variável dependente e as características físicas da rodovia no local do acidente compõem as variáveis independentes. O resultado desses modelos é uma estimativa da relação existente entre as características físicas da rodovia e a ocorrência do acidente. Okamoto e Koshi (1989), Fridström e Ingebrigtsen (1991), Miaou e Lum (1993), Shankar et al. (1995), Al-Masaeid (1997) e Wang et. al. (1998) têm-se dedicado à investigação dessas relações através de modelos estatísticos.

Porém, existe uma séria deficiência no que se refere à disponibilidade de dados de acidentes adequados para o desenvolvimento desse tipo de estudo. Frente a essa realidade, optou-se por avaliar a influência das características rodoviárias na segurança de uma rodovia através da consolidação da experiência e do conhecimento de profissionais que atuam junto à área de segurança rodoviária, ao invés de modelar a relação existente entre os registros de acidentes e dados de características físicas da rodovia. Com essa finalidade, foi elaborado um questionário para investigar o grau de influência de cada uma das 36 características selecionadas na segurança de um segmento rodoviário.

3.1.3.1 Questionário da pesquisa

O questionário da pesquisa foi elaborado com o objetivo de obter o nível de influência de cada uma das 36 características previamente selecionadas na segurança de um segmento de rodovia rural pavimentada de pista simples. No questionário proposto, os entrevistados manifestaram sua opinião sobre cada característica através de uma escala de influência variando de zero a dez, conforme apresentada na Figura 19. Nessa escala, o zero equivale a “nenhuma influência positiva na segurança” e o dez equivale à “grande influência positiva na segurança”, entendendo-se por positiva a melhoria das condições de segurança.

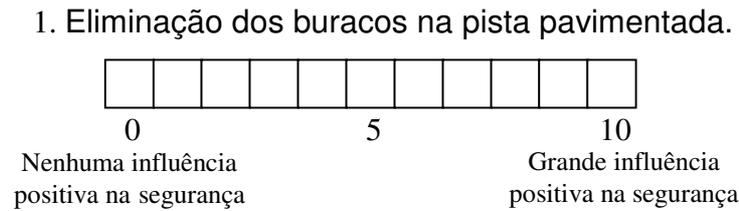


Figura 19. Exemplo de questão

Os profissionais pesquisados foram orientados a avaliar a influência que cada um dos itens teria na segurança de um segmento rodoviário, considerando uma situação onde as demais características constantes do questionário apresentassem boas condições. Ou seja, o entrevistado deveria avaliar a influência da presença de buracos na pista em uma rodovia que apresentasse boas condições na sinalização horizontal e vertical, no tratamento dos acostamentos e laterais da via, nas interseções, etc.

Além de atribuir o nível de influência de cada uma das 36 características pesquisadas na segurança de uma rodovia, os entrevistados também responderam cinco questões complementares referentes à sua área de atuação, tempo de experiência, idade, sexo e formação. Adicionalmente, foram solicitados, em caráter opcional, nome, telefone e e-mail dos entrevistados. Nos questionários enviados ao exterior foi perguntado, também, o país onde o entrevistado exerce sua atuação.

Foram desenvolvidas duas versões do questionário, uma para distribuição por meio físico e outra para distribuição por meio digital. A versão para distribuição em meio físico foi elaborada apenas em português, uma vez que os profissionais internacionais foram contatados todos por correio eletrônico. Já a versão para distribuição por meio digital foi desenvolvida em português e inglês. Cada pergunta do questionário foi acompanhada de uma descrição sobre o seu conteúdo. Na versão para distribuição em meio físico, as descrições foram consolidadas em um documento que acompanhava o questionário. Na versão para distribuição em meio digital as descrições foram colocadas a disposição dos indivíduos pesquisados através de um botão de ajuda ao lado de cada questão. Os questionários usados na pesquisa e o documento com a descrição das perguntas estão apresentados no Anexo 2.

3.1.3.2 Amostra pesquisada

O questionário da pesquisa foi respondido por uma amostra do tipo não aleatória, obtida por conveniência. No total foram pesquisados 334 profissionais, divididos em 4 grupos: 182 policiais rodoviários, 103 projetistas rodoviários nacionais, 15 especialistas nacionais em segurança viária e 34 especialistas internacionais em segurança viária. Para obter os níveis de influência das características rodoviárias na segurança de uma rodovia através da avaliação desses profissionais, supôs-se que eles, através da experiência na função que exercem, tenham condições de avaliar consistentemente a influência de cada característica na segurança de um segmento rodoviário.

Os questionários foram distribuídos parte na forma digital, através do correio eletrônico, e parte na forma impressa, conforme a conveniência dos entrevistados. Os questionários da amostra de projetista rodoviários foram distribuídos com auxílio da ABCR – Associação Brasileira de Concessionárias Rodoviárias, do DAER – Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem, do SICEPOT – Sindicato da Indústria da Construção de Estradas, Pavimentação e Obras de Terraplanagem em Geral no Rio Grande do Sul, além de contatos individuais. Os questionários referentes ao grupo de especialistas em segurança foram distribuídos integralmente através de correio eletrônico. A distribuição dos questionários para os especialistas internacionais foi facilitada pelos contatos realizados no período de doutorado sanduíche realizado na Universidade de British Columbia, Canadá. Os especialistas foram selecionados pela sua formação e/ou atuação na área de segurança viária. Os questionários respondidos pelo grupo de Policiais Rodoviários Estaduais e Federais foram distribuídos pelo 9ª Superintendência Regional de Polícia Rodoviária Federal e pelo Batalhão de Polícia Rodoviária do RGS, respectivamente. Os policiais responderam o questionário na sua versão impressa.

O grupo de projetistas entrevistados atua, predominantemente, no RS (87 entrevistados). Também fazem parte da amostra projetistas que atuam nos estados de São Paulo (10 entrevistados), Santa Catarina (3 entrevistados), Paraná (1 entrevistado), Rio de Janeiro (1 entrevistado) e Minas Gerais (1 entrevistado). A amostra de especialistas nacionais é composta por 4 profissionais que atuam no Rio Grande do Sul, 3 profissionais de São Paulo, 3 do Rio de Janeiro, 2 do Distrito Federal, 1 de Santa Catarina e 1 de Minas Gerais, totalizando os 15 especialistas nacionais entrevistados. O número de questionários respondidos por especialistas internacionais, segundo o país onde atuam, está apresentado na

Tabela 18. Os 182 policiais rodoviários pesquisados atuam junto a rodovias federais e estaduais do estado do Rio Grande do Sul.

Tabela 18. Número de questionários respondidos por especialistas internacionais por país de atuação

País	Número de Questionários
Canadá	11
USA	8
UK	3
Suécia	2
Austrália	1
Áustria	1
Dinamarca	1
Finlândia	1
Holanda	1
Malásia	1
Noruega	1
República Checa	1
Singapura	1

A Tabela 19 apresenta um resumo das características da amostra pesquisada, incluindo informações sobre idade média, tempo médio de experiência na função e sexo dos grupos pesquisados. Os entrevistados são predominantemente do sexo masculino, com idade média de 43 anos e com tempo de experiência médio de 12 anos na função em que atuam.

Tabela 19. Características da amostra pesquisada

grupos pesquisados	idade média dos indivíduos pesquisados	tempo médio de atuação na função	sexo (%)		
			feminino	masculino	
Projetistas Rodoviários	43 anos	13 anos	17%	83%	
Especialistas em segurança Viária	Nacionais	48 anos	15 anos	36%	64%
	Internacionais	43 anos	13 anos	6%	94%
Policiais Rodoviários	39 anos	9 anos	3%	97%	
média global da amostra	43 anos e 3 meses	12 anos e 6 meses	9%	91%	

3.1.3.3 Análise dos dados obtidos através dos questionários

Inicialmente foi realizada uma análise de *Box Plot* dos dados obtidos na pesquisa. O *Box Plot* é um método de representação da distribuição de dados. O método é particularmente

útil quando se deseja comparar uma ou mais variáveis em diferentes grupos. No *Box Plot* o intervalo onde estão localizados os valores mais centrais da distribuição dos dados são representados por um retângulo. O limite inferior dos retângulos refere-se ao percentil 25 e o limite superior ao percentil 75 de valores da amostra pesquisada. Dessa forma, o retângulo contém 50% dos dados. Retângulos mais compridos indicam que o conjunto de dados apresenta uma maior dispersão. A linha no interior do retângulo representa a mediana da distribuição. As linhas externas perpendiculares ao retângulo representam a distância até o maior e o menor valor observado dentro de um intervalo de 1,5 da amplitude interquartílica contada a partir da extremidade do retângulo. Os círculos representam os *outliers* e os pontos extremos são indicados por asteriscos (MONTGOMERY E RUNGER, 1994).

A análise de *Box Plot* foi aplicada de duas maneiras distintas. Como o objetivo de verificar como se distribuíram as observações dentro de cada grupo de entrevistados foi elaborada a análise das características por grupos de entrevistados. Adicionalmente, foi elaborada a análise das características separadamente, onde as distribuições das observações são comparadas entre os grupos pesquisados.

A seguir estão apresentados os gráficos resultantes da análise de *Box Plot* das características para cada um dos grupos pesquisados. Essa análise foi realizada para se verificar o comportamento de cada grupo em relação às 36 características avaliadas. As Figuras 20 e 21 apresentam a análise de *Box Plot* das 36 características do questionário referentes aos grupos de projetistas e especialistas nacionais, respectivamente. Para esses dois grupos, o percentual de *outliers* e pontos extremos foi de 3,37%, embora na representação gráfica do grupo de projetistas a quantidade desses pontos seja aparentemente maior.

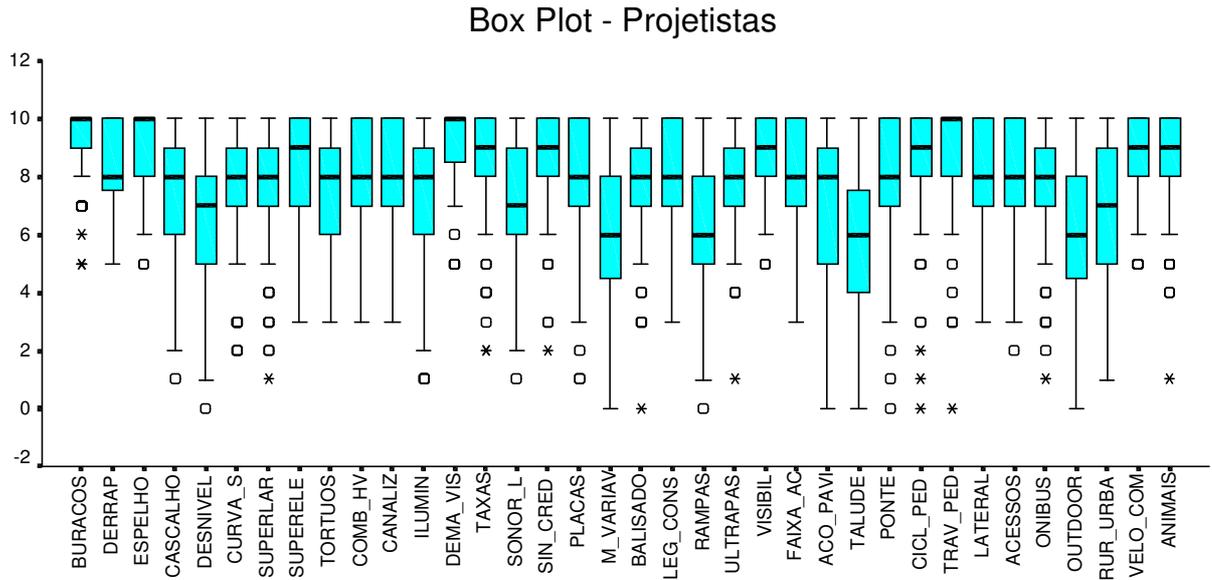


Figura 20. Box plot das características pesquisadas referente ao grupo de projetistas

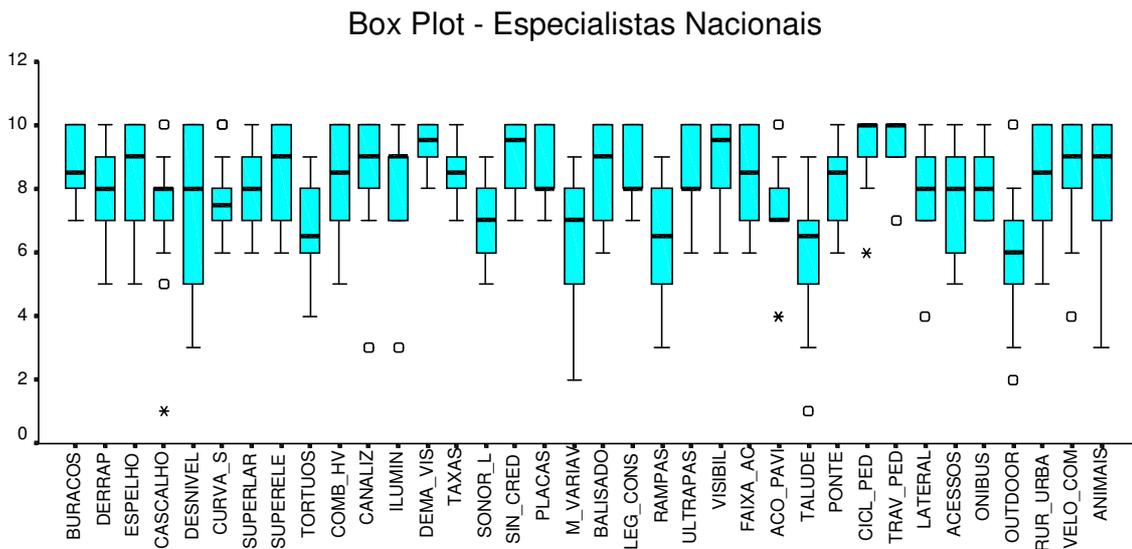


Figura 21. Box plot das características pesquisadas referente ao grupo de especialistas nacionais

O grupo de especialistas internacionais atribuiu os níveis de influência mais baixos entre os grupos pesquisados. A média geral dos níveis de influência atribuídos pelos especialistas internacionais às 36 características do questionário resultou igual a 5,82. Para o grupo de projetistas a média geral foi 7,78, para os especialistas nacionais foi 8,03 e para os policiais rodoviários foi 8,67. O percentual de *outliers* e pontos extremos na amostra de especialistas internacionais também é o menor entre os 4 grupos totalizando 2,44% do total de observações. O baixo valor de *outliers* e pontos extremos indica que existe um percentual

baixo de entrevistados com opiniões expressivamente diferentes ao atribuído pela maioria da amostra. Observa-se que o grupo de especialistas internacionais foi o que respondeu melhor o questionário, pois fez melhor uso da escala. A Figura 22 apresenta as análise de *Box plot* dos grupos de especialistas internacionais.

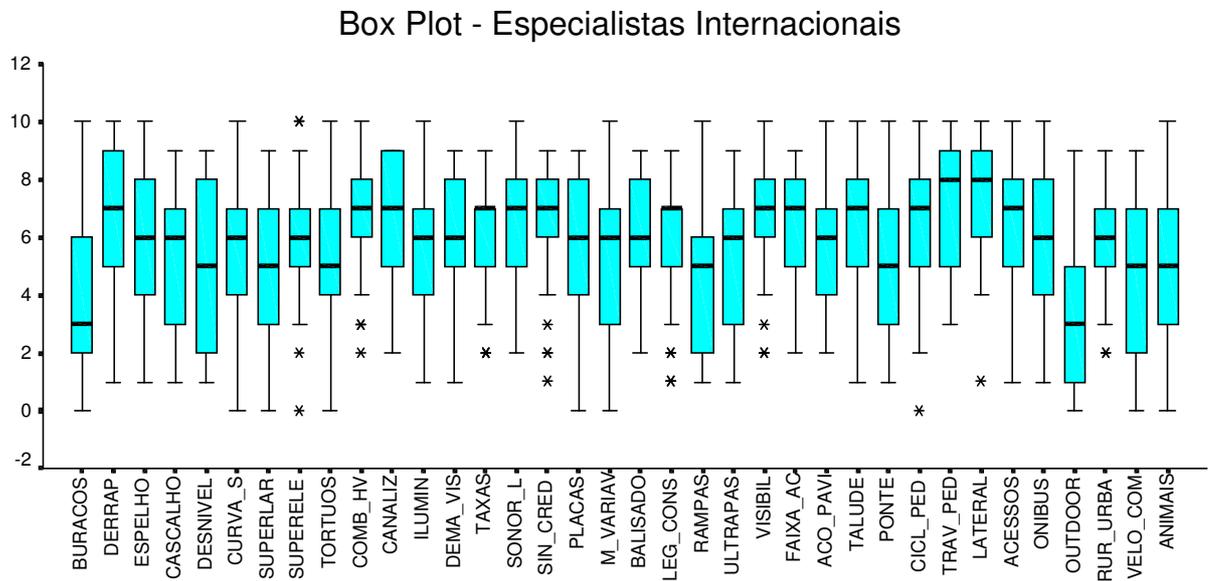


Figura 22. Box plot das características pesquisadas referente ao grupo de especialistas internacionais

O policiais rodoviários, por sua vez, apresentam a menor dispersão (retângulos menores) entre os 4 grupos analisados. Isso ocorreu por que as notas batem no limite superior da escala, o que revela uma má utilização da escala proposta. Do total de observações da amostra de policiais rodoviários, 8,38% são *outliers* e pontos extremos, o maior percentual entre os grupos analisados. Esse percentual refere-se a parcela de policiais rodoviários que possui opinião expressivamente diferente dos demais em relação ao nível de influência das características pesquisadas na segurança viária. A Figura 23 apresenta as análise de *Box Plot* dos grupos de policia rodoviários.

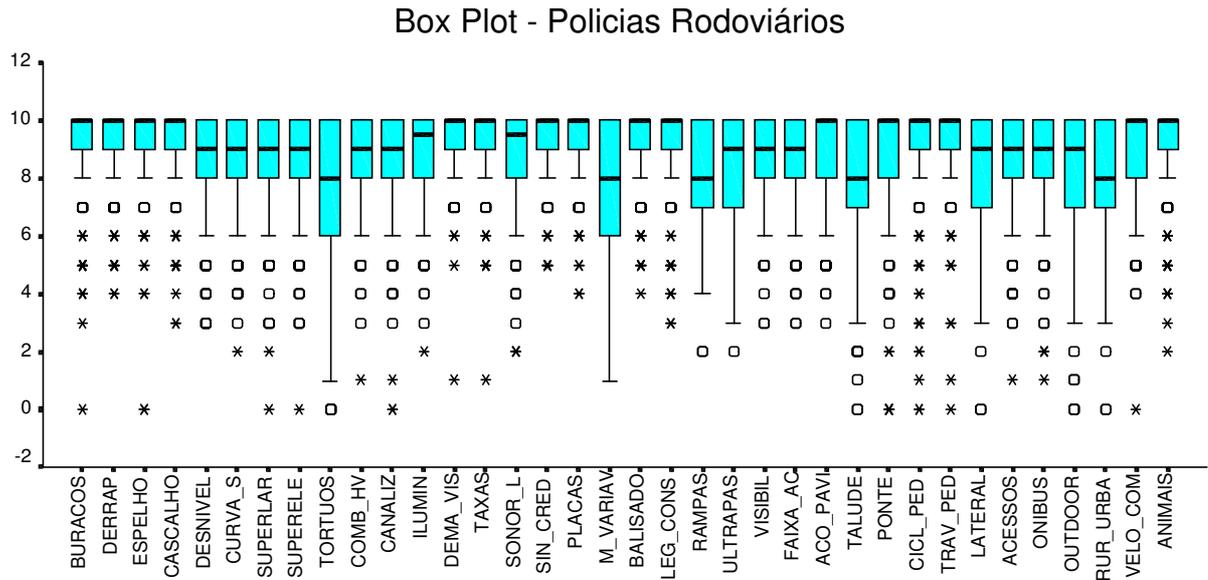


Figura 23. Box plot das características pesquisadas referente ao grupo de policias rodoviários

Nos grupos de projetistas e policiais rodoviários, observou-se uma tendência de concentração das observações no limite superior da escala, o que não é desejável uma vez que denota a não existência de uma relativização das influências das características avaliadas.

A análise de *Box plot* também foi realizada separadamente para cada variável, onde as distribuições das observações são comparadas entre os grupos pesquisados com o intuito de visualizar a existência de diferenças entre as avaliações feitas pelos diferentes grupos. No Anexo 5 são apresentadas as análises de *Box plot* para cada uma das 36 características pesquisadas. Observa-se através dessa análise que, de modo geral, os níveis de influência atribuídos pelo grupo de especialistas internacionais são consideravelmente inferiores aos níveis de influência atribuídos pelos demais grupos. Para as características apresentadas nas Figuras 24, 25, 26 e 27, essa diferença na atribuição dos níveis de influência fica ainda mais evidente.

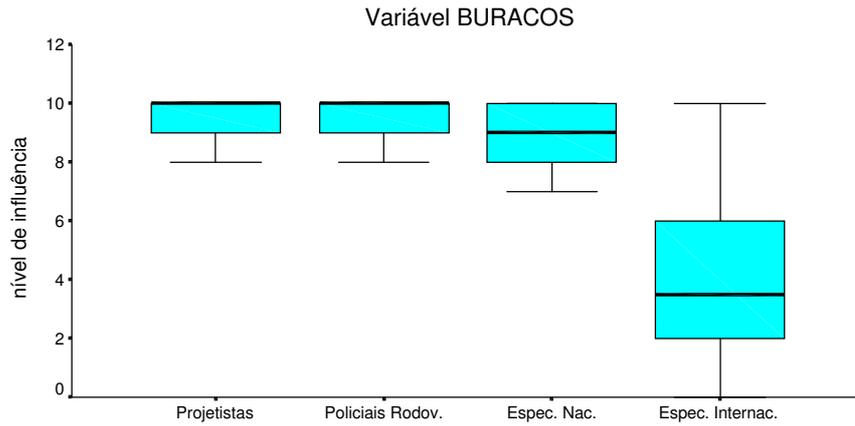


Figura 24. Box plot referente a "buracos"

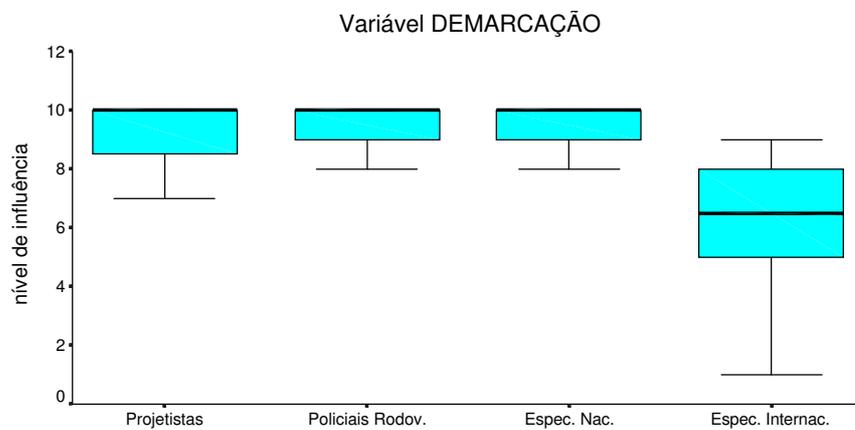


Figura 25. Box plot referente a "demarcação das faixas"

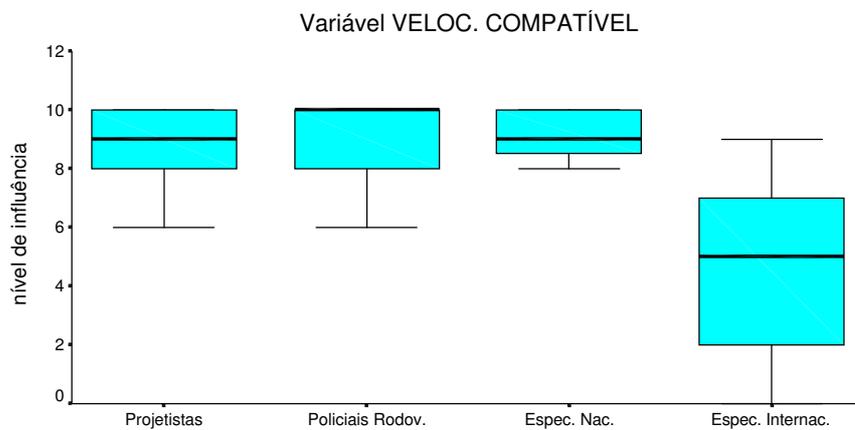


Figura 26. Box plot referente a "velocidade informada compatível com velocidade de projeto"

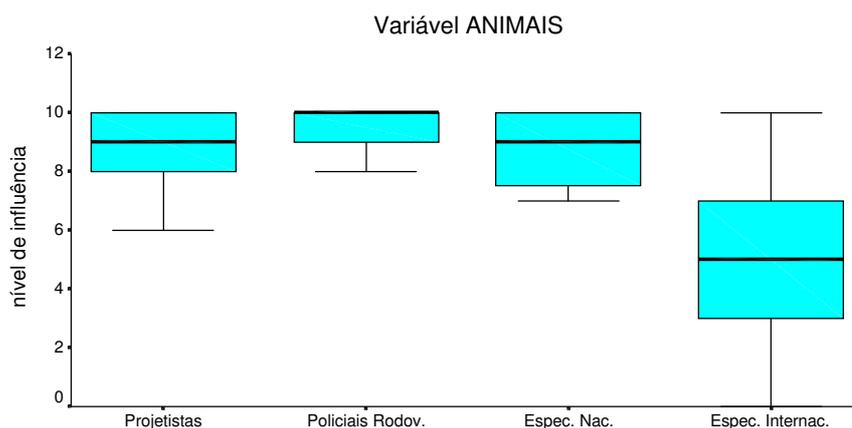


Figura 27. Box plot referente a "presença de animais nas laterais da via"

Nessas figuras também fica evidente a existência de uma maior dispersão nos valores de influência atribuídos pelo grupo de especialistas internacionais. Isso denota uma maior variabilidade na opinião dos especialistas internacionais quanto ao nível de influência dessas características.

Foi também realizada uma análise multivariada da variância (MANOVA) dos níveis de influência atribuídos pelos grupos pesquisados. A MANOVA é um método de avaliação de múltiplas medições de três ou mais variáveis em investigação. Para uma análise ser considerada multivariada todas as variáveis devem ser randômicas e inter-relacionadas de maneira que os seus diferentes efeitos não possam ser interpretados separadamente (HAIR et al., 1998).

Existem diversas técnicas multivariadas para análise de dados. Cada técnica possui suas particularidades e em função delas se dá a sua indicação para a análise de diferentes problemas. Entre as técnicas mais consolidadas está a análise multivariada da variância, denominada de MANOVA (Multivariate analysis of variance). A MANOVA provê as ferramentas necessárias para julgar se a variabilidade observada nos dados é devida ao tratamento (no caso desta pesquisa, devidas aos grupos pesquisados) ou devida a variações aleatórias da amostra. Essa análise permite constatar se a variabilidade entre os grupos de respondentes é significativamente maior que a variabilidade dentro dos grupos.

Quando a MANOVA comprova que a variabilidade dos dados é devida aos tratamentos (grupos pesquisados), significa dizer que os grupos se diferenciam quanto à avaliação da influência das características pesquisadas sobre a segurança de uma rodovia. Por

outro lado, se os grupos não forem estatisticamente diferentes, significa que não há diferenças, comprovadas estatisticamente, entre a avaliação feita pelos grupos.

A MANOVA permitiu identificar que, para grande parte das características pesquisadas, a avaliação dos especialistas internacionais sobre as suas influências na segurança viária, mostra-se significativamente diferente da avaliação dos demais grupos pesquisados. Ou seja, especialistas internacionais tendem a atribuir, às características pesquisadas, níveis de influências significativamente diferentes dos atribuídos pelos demais grupos pesquisados.

A Figura 28 apresenta as médias dos níveis de influência atribuídos a cada característica pelos 4 grupos pesquisados. Verifica-se, nesse gráfico, que, enquanto os valores médios dos grupos de projetistas, especialistas nacionais e policiais rodoviários tendem a se concentrar em níveis relativamente próximos entre si, as médias referentes ao grupo de especialistas internacionais tendem a ser mais baixas que as dos demais grupos.

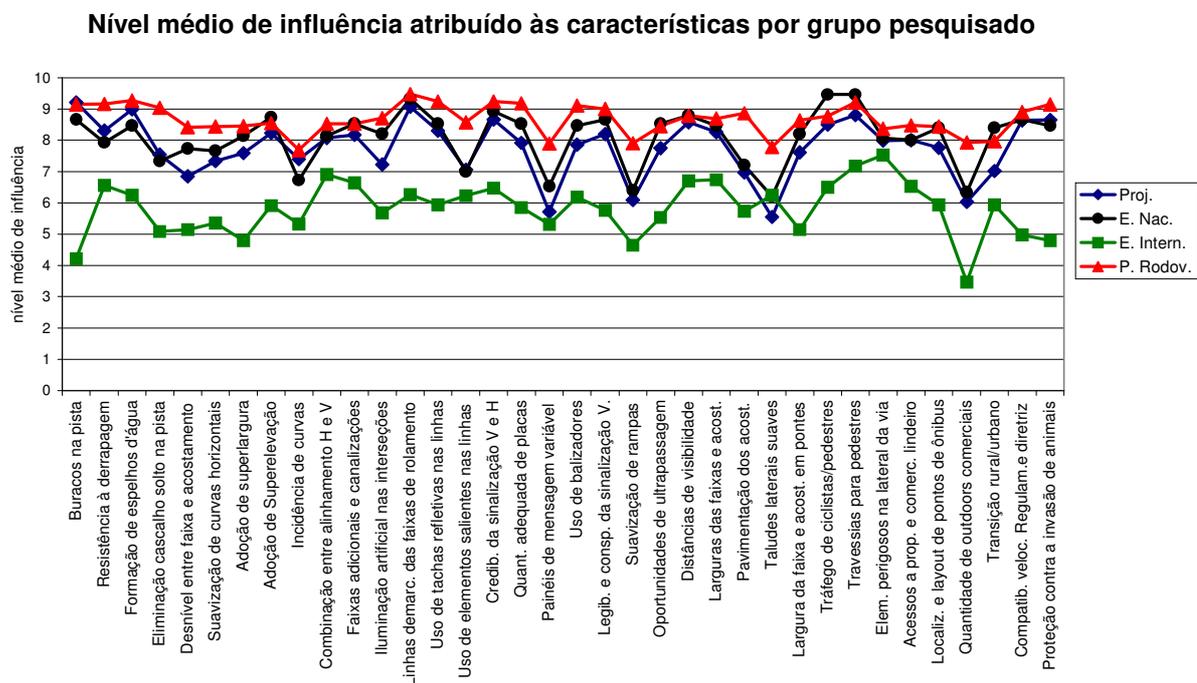


Figura 28. Níveis médios de influência atribuídos às características pesquisadas pelos grupos entrevistados

Na Figura 28, também é possível constatar que algumas características tendem a ser avaliadas como pouco influentes na segurança viária por todos os grupos. Esse é o caso, por

exemplo, da característica ‘rampas suaves’. Por outro lado, existem aquelas características que são consideradas, relativamente às demais, como muito influentes na segurança para alguns grupos e relativamente pouco influentes para outros grupos. Um exemplo dessa última situação é a característica ‘buracos na pista’. Para os projetistas, policiais rodoviários e especialistas nacionais, os buracos na pista são avaliados como uma das características mais influentes. Porém, para os especialistas internacionais, essa característica é uma das menos influentes na segurança viária, muito provavelmente por essa característica ter pouca ou nenhuma incidência nas rodovias contempladas pelo universo de atuação desses especialistas.

Como resultado da MANOVA foi possível identificar 5 padrões distintos quanto à avaliação das características pesquisadas. No primeiro padrão, as respostas do grupo de especialistas internacionais diferem estatisticamente das respostas dos demais grupos. Por sua vez, as respostas dos projetistas, policiais rodoviários e especialistas nacionais não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si. Foram identificados, nesse padrão, 23 das 36 características pesquisadas. Essas 23 características estão relacionados na Tabela 20, acompanhadas do número que as identificam no questionário.

Tabela 20. Padrão 1 de formação de subgrupos estatisticamente diferentes segundo a MANOVA

	Médias dos níveis de influência			
	1	2		
	Espec. Internac.	Espec. Nacionais	Policiais Rodov.	Projetistas
1. buracos na pista	4,20	8,66	9,15	9,21
3. espelhos d'água	6,23	8,46	9,27	8,99
6. curvas horizontais	5,35	7,66	8,44	7,33
7. superlargura	4,79	8,13	8,46	7,59
8. superelevações	5,91	8,73	8,55	8,23
9. tortuosidade	5,32	6,73	7,69	7,40
10. combinação entre alinhamento horizontal e vertical	6,91	8,13	8,53	8,08
11. faixas adicionais e canalizações	6,65	8,53	8,53	8,17
13. linhas demarcadoras das faixas de rolamento	6,26	9,33	9,47	9,07
14. tachas refletivas para reforçar a visibilidade dos limites das faixas de rolamento	5,94	8,53	9,24	8,31
16. sinalização vertical e horizontal	6,47	8,93	9,25	8,66
20. legibilidade e conspicuidade da sinalização vertical	5,76	8,66	9,00	8,20
22. oportunidades de ultrapassagem	5,53	8,53	8,45	7,75
23. distâncias de visibilidade	6,70	8,80	8,78	8,57
24. larguras das faixas e acostamentos	6,73	8,47	8,69	8,26
27. largura da faixa mais acostamento nas pontes	5,15	8,20	8,64	7,62
28. tráfego de ciclistas/pedestres nas adjacências da rodovia	6,50	9,47	8,77	8,50
29. travessias para pedestres	7,17	9,47	9,21	8,80
31. acessos a propriedades e comércio lindeiro	6,53	8,00	8,48	8,01
32. localização e layout de paradas de ônibus	5,94	8,40	8,44	7,77
35. compatibilidade entre velocidade regulamentada e velocidade diretriz de projeto	4,97	8,66	8,90	8,64
36. proteção contra a invasão de animais de grande porte	4,79	8,46	9,15	8,65

No segundo padrão, foram identificados 3 sub-grupos com respostas estatisticamente diferentes. Verificou-se que as respostas dos especialistas internacionais apresentam diferenças significativas, do ponto de vista estatístico, das respostas dos projetistas e especialistas nacionais que também diferem das respostas dos policiais rodoviários. Neste padrão se enquadram as 9 características relacionadas na Tabela 21.

Tabela 21. Padrão 2 de formação de subgrupos estatisticamente diferentes segundo a MANOVA

	Médias dos níveis de influência			
	1	2		3
	Espec. Internac.	Espec. Nacionais	Projetistas	Policiais Rodov.
2. resistência à derrapagem	6,55	7,93	8,31	9,16
4. cascalho solto sobre a pista	5,08	7,33	7,54	9,03
5. desnível entre faixa de rolamento e acostamento	5,14	7,73	6,85	8,42
12. iluminação artificial nas interseções	5,67	8,20	7,22	8,71
17. placas de advertência, placas de regulamentação e placas indicativas	5,85	8,53	7,92	9,18
19. balizadores (marcadores de alinhamento)	6,17	8,46	7,85	9,11
21. rampas	4,64	6,40	6,10	7,91
25. pavimentação dos acostamentos	5,73	7,20	6,97	8,87
33. outdoors com propagandas comerciais	3,47	6,33	6,04	7,93

No terceiro padrão, as avaliações do subgrupo formado por projetistas, especialistas nacionais e especialistas internacionais diferem da avaliação dos policiais rodoviários. As 3 características que se enquadram nesse padrão estão apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22. Padrão 3 de formação de subgrupos estatisticamente diferentes segundo a MANOVA

	Médias dos níveis de influência			
	1			2
	Espec. Internac.	Espec. Nacionais	Projetistas	Policiais Rodov.
15. elementos salientes para reforçar as linhas demarcadoras	6,23	7,00	7,05	8,58
18. painéis de mensagem variável	5,33	6,53	5,72	7,90
26. taludes laterais	6,23	6,20	5,54	7,78

No quarto padrão, as avaliações dos especialistas internacionais e dos projetistas diferem estatisticamente das avaliações dos especialistas nacionais e dos policiais rodoviários. Enquadra-se nesse padrão, a característica apresentada na questão 34 do questionário da pesquisa conforme Tabela 23.

Tabela 23. Padrão 4 de formação de subgrupos estatisticamente diferentes segundo a MANOVA

	Médias dos níveis de influência			
	1		2	
	Espec. Internac.	Projetistas	Espec. Nacionais	Policiais Rodov.
34. transição entre ambientes rural/urbano	5,94	7,01	8,40	7,97

No quinto e último padrão, não foi verificada uma diferença estatisticamente significativa entre as avaliações feitas pelos quatro grupos pesquisados. Enquadra-se nesse padrão, a característica apresentada na questão 30 do questionário da pesquisa constante da Tabela 24.

Tabela 24. Padrão 5 de formação de subgrupos estatisticamente diferentes segundo a MANOVA

	Médias dos níveis de influência			
	1			
	Espec. Internac.	Espec. Nacionais	Projetistas	Policiais Rodov.
30. elementos potencialmente perigosos dispostos ao longo da via	7,53	8,07	7,99	8,37

3.1.3.4 Estimação dos pesos relativos das características

Os pesos relativos das características foram estimados para servirem de ponderadores do nível de influência de cada uma na formulação ISP. O cálculo dos pesos relativos de cada uma das características resulta dos valores médios dos níveis de influência atribuídos, a cada característica, pelos indivíduos pesquisados.

Como as características pesquisadas foram organizadas dentro das 9 macro-categorias com quantidades não-uniformes de características, fez-se necessário relativizar os pesos de cada característica dentro da sua macro-categoria. Os pesos relativos das características foram calculados através da equação 10.

$$peso_{caract_i} = \frac{inf\ luênci a_{caract_i}}{\sum inf\ luênci a _ caract _ da _ macro\ dim ensão} \quad (10)$$

A Figura 29 exemplifica o cálculo dos pesos das características:

macro categoria	característica rodoviária	N	influência média das características	pesos relativos das características dentro da macro categoria
superf	1 Buracos	103	9,21	0,225
	2 Resistência	103	8,31	0,203
	3 Espelhos	103	8,99	0,220
	4 Cascalho	103	7,54	0,184
	5 Desnível	103	6,85	0,168
soma			40,91	1,000

$$= \frac{9,21}{40,91}$$

Figura 29. Exemplo do cálculo dos pesos das características

As 9 macro-categorias e as 34 características que compõem o ISP estão apresentadas na Tabela 25. Cabe ressaltar que, das 36 características incluídas no questionário da pesquisa, duas foram desconsideradas na formulação do ISP. Portanto essas duas não foram incluídas nos cálculos dos pesos relativos.

As duas características que não fazem parte do índice são: o uso de painéis de mensagem variável e o uso de bordos alertadores, conhecidos internacionalmente como *rumble strips*. Apesar de suas relevâncias na provisão de um ambiente viário seguro, essas características não foram incluídas na formulação do ISP por serem pouco adotadas no Brasil.

Tabela 25. Macro-categorias e características que compõem o ISP

		características
superfície pav.	1	Buracos na pista
	2	Resistência à derrapagem
	3	Formação de espelhos d' água
	4	Eliminação cascalho solto na pista
	5	Desnível entre faixa e acostamento
curva	6	Suavização de curvas horizontais
	7	Adoção de superlargura
	8	Adoção de superelevação
	9	Incidência de curvas
	10	Combinação entre alinhamento horizontal e vertical
inters	11	Faixas adicionais e canalizações
	12	Iluminação artificial nas interseções
sinalização V e H	13	Linhas demarcadoras das faixas de rolamento
	14	Uso de tachas refletivas nas linhas
	15	Credibilidade da sinalização vertical e horizontal
	16	Quantidade adequada de placas de sinalização
	17	Uso de balizadores
elem. longit.	18	Legibilidade e conspicuidade da sinalização vertical
	19	Suavização de rampas
seção transversal	20	Oportunidades de ultrapassagem
	21	Distâncias de visibilidade
	22	Larguras das faixas e acostamentos
	23	Pavimentação dos acostamentos
usu. vuln.	24	Taludes laterais suaves
	25	Largura da faixa e acostamentos em pontes
	26	Tráfego de ciclistas/pedestres
laterais	27	Travessias para pedestres
	28	Presença de elementos perigosos na lateral da via
	29	Acessos a propriedade e comércio lindeiro
geral	30	Localização e layout de pontos de ônibus
	31	Quantidade de outdoors comerciais
	32	Transição entre ambientes rural/urbano
	33	Compatibilidade entre velocidade regulamentada e diretriz
	34	Proteção contra a invasão de animais de grande porte

As tabelas apresentadas a seguir apresentam os pesos relativos calculados para as características segundo a ponderação de cada um dos quatro grupos pesquisados. A Tabela 26 refere-se aos pesos calculados para o grupo de especialistas nacionais, a Tabela 27 contém os pesos resultantes da ponderação dos especialistas internacionais, a Tabela 28 apresenta os pesos obtidos para os projetistas e, por último, a Tabela 29 contém os pesos calculados com base no grupo de policiais rodoviários.

Em cada tabela a primeira e a segunda coluna contêm, respectivamente, a especificação das macro-categorias e das características físicas. A terceira coluna apresenta o

número de respondentes do grupo pesquisado. Por fim, a quarta e quinta coluna apresentam os níveis médios de influência e os pesos relativos de cada característica, respectivamente.

Tabela 26. Pesos relativos segundo a ponderação do grupo de especialistas nacionais

macro categoria	característica rodoviária	N	influência média das características	pesos relativos das características dentro da macro-categoria
superf	1 Buracos	15	8,66	0,216
	2 Resistência	15	7,93	0,198
	3 Espelhos	15	8,46	0,211
	4 Cascalho	15	7,33	0,183
	5 Desnível	15	7,73	0,193
	<i>soma</i>			40,11
curva	6 Curvas	15	7,66	0,195
	7 Superlargura	15	8,13	0,206
	8 Superelev.	15	8,73	0,222
	9 Tortuosid.	15	6,73	0,171
	10 Alinhamen.	15	8,13	0,206
	<i>soma</i>			39,38
inters.	11 Projeto	15	8,53	0,51
	12 Iluminação	15	8,20	0,49
	<i>soma</i>			16,73
sinal V e H	13 Demarcação	15	9,33	0,178
	14 Tachas	15	8,53	0,163
	15 Cred. sinaliz.	15	8,93	0,170
	16 Placas	15	8,53	0,163
	17 Balizadores	15	8,46	0,161
	18 Legib/consp	15	8,66	0,165
	<i>soma</i>			52,44
elem long	19 Rampas	15	6,40	0,270
	20 Ultrapass.	15	8,53	0,359
	21 Visibilidade	15	8,80	0,371
	<i>soma</i>			23,73
seção trans	22 Faixas/Acost	15	8,47	0,282
	23 Pavim. aco.	15	7,20	0,239
	24 Taludes	15	6,20	0,206
	25 Pontes	15	8,20	0,273
	<i>soma</i>			30,07
usuários vulne	26 Cicl./Ped.	15	9,47	0,500
	27 Travessias	15	9,47	0,500
	<i>soma</i>			18,94
laterais via	28 Elem.perig.	15	8,07	0,330
	29 Acessos	15	8,00	0,327
	30 Paradas	15	8,40	0,343
	<i>soma</i>			24,47
elem gerais	31 Outdoors	15	6,33	0,199
	32 Rural/Urbano	15	8,40	0,264
	33 Veloc.comp.	15	8,66	0,272
	34 Animais	15	8,46	0,266
	<i>soma</i>			31,85

Tabela 27. Pesos relativos segundo a ponderação do grupo de especialistas internacionais

macro categoria	característica rodoviária	N	influência média das características	pesos relativos das características dentro da macro-categoria
superf	1 Buracos	34	4,20	0,154
	2 Resistência	34	6,55	0,241
	3 Espelhos	34	6,23	0,229
	4 Cascalho	34	5,08	0,187
	5 Desnível	34	5,14	0,189
	<i>soma</i>			27,20
curva	6 Curvas	34	5,35	0,189
	7 Superlargura	34	4,79	0,169
	8 Superelev.	34	5,91	0,209
	9 Tortuosid.	34	5,32	0,188
	10 Alinhamen.	34	6,91	0,244
	<i>soma</i>			28,28
inters.	11 Projeto	34	6,65	0,54
	12 Iluminação	34	5,67	0,46
	<i>soma</i>			12,32
sinal V e H	13 Demarcação	34	6,26	0,172
	14 Tachas	34	5,94	0,163
	15 Cred. sinaliz.	34	6,47	0,178
	16 Placas	34	5,85	0,160
	17 Balizadores	34	6,17	0,169
	18 Legib/consp	34	5,76	0,158
	<i>soma</i>			36,45
elem long	19 Rampas	34	4,64	0,275
	20 Ultrapass.	34	5,53	0,328
	21 Visibilidade	34	6,70	0,397
	<i>soma</i>			16,87
seção trans	22 Faixas/Acost	34	6,73	0,282
	23 Pavim. aco.	34	5,73	0,240
	24 Taludes	34	6,23	0,261
	25 Pontes	34	5,15	0,216
	<i>soma</i>			23,84
usuários vulne	26 Cicl./Ped.	34	6,50	0,475
	27 Travessias	34	7,17	0,525
	<i>soma</i>			13,67
laterais via	28 Elem.perig.	34	7,53	0,377
	29 Acessos	34	6,53	0,327
	30 Paradas	34	5,94	0,297
	<i>soma</i>			20,00
elem gerais	31 Outdoors	34	3,47	0,181
	32 Rural/Urbano	34	5,94	0,310
	33 Veloc.comp.	34	4,97	0,259
	34 Animais	34	4,79	0,250
	<i>soma</i>			19,17

Tabela 28. Pesos relativos segundo a ponderação do grupo de projetistas

macro categoria	característica rodoviária	N	influência média das características	pesos relativos das características dentro da macro-categoria
superf	1 Buracos	103	9,21	0,225
	2 Resistência	103	8,31	0,203
	3 Espelhos	103	8,99	0,220
	4 Cascalho	103	7,54	0,184
	5 Desnível	103	6,85	0,168
	soma			40,91
curva	6 Curvas	103	7,33	0,190
	7 Superlargura	103	7,59	0,197
	8 Superelev.	103	8,23	0,213
	9 Tortuosid.	103	7,40	0,192
	10 Alinhamen.	103	8,08	0,209
	soma			38,63
inters.	11 Projeto	103	8,17	0,53
	12 Iluminação	103	7,22	0,47
	soma			15,40
sinal V e H	13 Demarcação	103	9,08	0,181
	14 Tachas	103	8,31	0,166
	15 Cred. sinaliz.	103	8,66	0,173
	16 Placas	103	7,92	0,158
	17 Balizadores	103	7,85	0,157
	18 Legib/consp	103	8,20	0,164
	soma			50,03
elem long	19 Rampas	103	6,10	0,272
	20 Ultrapass.	103	7,75	0,346
	21 Visibilidade	103	8,57	0,382
	soma			22,42
seção trans	22 Faixas/Acost	103	8,26	0,291
	23 Pavim. aco.	103	6,97	0,245
	24 Taludes	103	5,54	0,195
	25 Pontes	103	7,62	0,268
	soma			28,40
usuários vulne	26 Cicl./Ped.	103	8,50	0,491
	27 Travessias	103	8,81	0,509
	soma			17,31
laterais via	28 Elem.perig.	103	7,99	0,336
	29 Acessos	103	8,01	0,337
	30 Paradas	103	7,77	0,327
	soma			23,77
elem gerais	31 Outdoors	103	6,04	0,199
	32 Rural/Urbano	103	7,02	0,231
	33 Veloc.comp.	103	8,64	0,285
	34 Animais	103	8,65	0,285
	soma			30,35

Tabela 29. Pesos relativos segundo a ponderação do grupo de policiais rodoviários

macro categoria	característica rodoviária	N	influência média das características	pesos relativos das características dentro da macro-categoria
superf	1 Buracos	182	9,15	0,203
	2 Resistência	182	9,16	0,204
	3 Espelhos	182	9,27	0,206
	4 Cascalho	182	9,03	0,201
	5 Desnível	182	8,42	0,187
	<i>soma</i>			<i>45,03</i>
curva	6 Curvas	182	8,45	0,203
	7 Superlargura	182	8,46	0,203
	8 Superelev.	182	8,55	0,205
	9 Tortuosid.	182	7,69	0,185
	10 Alinhamen.	182	8,53	0,205
	<i>soma</i>			<i>41,68</i>
inters.	11 Projeto	182	8,53	0,49
	12 Iluminação	182	8,71	0,51
	<i>soma</i>			<i>17,25</i>
sinal V e H	13 Demarcação	182	9,47	0,171
	14 Tachas	182	9,25	0,167
	15 Cred. sinaliz.	182	9,25	0,167
	16 Placas	182	9,18	0,166
	17 Balizadores	182	9,11	0,165
	18 Legib/consp	182	9,00	0,163
<i>soma</i>			<i>55,26</i>	<i>1,000</i>
elem long	19 Rampas	182	7,91	0,315
	20 Ultrapass.	182	8,45	0,336
	21 Visibilidade	182	8,78	0,349
	<i>soma</i>			<i>25,14</i>
seção transv	22 Faixas/Acost	182	8,69	0,256
	23 Pavim. aco.	182	8,87	0,261
	24 Taludes	182	7,78	0,229
	25 Pontes	182	8,64	0,254
	<i>soma</i>			<i>33,98</i>
usuários vulne	26 Cicl./Ped.	182	8,77	0,488
	27 Travessias	182	9,21	0,512
	<i>soma</i>			<i>17,98</i>
laterais via	28 Elem.perig.	182	8,37	0,331
	29 Acessos	182	8,48	0,335
	30 Paradas	182	8,45	0,334
	<i>soma</i>			<i>25,30</i>
elem gerais	31 Outdoors	182	7,93	0,234
	32 Rural/Urbano	182	7,97	0,235
	33 Veloc.comp.	182	8,90	0,262
	34 Animais	182	9,15	0,270
	<i>soma</i>			<i>33,95</i>

O peso relativo geral de cada característica resulta da consolidação dos níveis de influência atribuídos pelos 4 grupos de profissionais pesquisados em um nível de influência geral. A consolidação dos níveis de influência foi realizada através do cálculo da média geométrica dos influências atribuídas por cada um dos 4 grupos. Diferentemente da média aritmética, a média geométrica se caracteriza por penalizar a variabilidade dos valores utilizados para a obtenção da média. Seu uso é normalmente indicado para os casos de qualidades multiplicativas ou não compensatórias. O uso da média geométrica para consolidar as ponderações feitas pelos 4 grupos faz com as características que tiveram níveis de influência de maior consenso entre os grupos pesquisados (pequena variabilidade) sejam privilegiadas em relação às características de pouco consenso (grande variabilidade).

A média geométrica é obtida a partir da n-ésima raiz do produto dos n valores considerados, conforme equação 11 (MONTGOMERY E RUNGER, 1994):

$$X_g = \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times \dots \times x_n} \quad (11)$$

Portanto, o nível de influência geral, ou peso relativo geral, de cada característica é obtido pela expressão 12.

$$Inf_{geral} = \sqrt[4]{Inf_{EN} \times Inf_{EI} \times Inf_{PROJ} \times Inf_{P.ROD}} \quad (12)$$

A Tabela 30 contém os pesos relativos gerais das características consideradas na formulação do índice proposto nesse trabalho.

Tabela 30. Pesos relativos segundo a ponderação GERAL

macro categoria	característica rodoviária	N	influência média das características	pesos relativos das características dentro da macro-categorias
superf	1 Buracos	334	7,45	0,198
	2 Resistência	334	7,93	0,211
	3 Espelhos	334	8,14	0,217
	4 Cascalho	334	7,10	0,189
	5 Desnível	334	6,92	0,184
		<i>soma</i>		<i>37,54</i>
curva	6 Curvas	334	7,10	0,194
	7 Superlargura	334	7,07	0,194
	8 Superelev.	334	7,77	0,212
	9 Tortuosid.	334	6,72	0,184
	10 Alinhamen.	334	7,89	0,216
		<i>soma</i>		<i>36,55</i>
inters.	11 Projeto	334	7,93	0,519
	12 Iluminação	334	7,36	0,481
		<i>soma</i>	<i>15,29</i>	<i>1,000</i>
sinal V e H	13 Demarcação	334	8,42	0,176
	14 Tachas	334	7,90	0,165
	15 Cred. sinaliz.	334	8,25	0,172
	16 placas	334	7,76	0,162
	17 Balizadores	334	7,82	0,163
	18 Legib/consp	334	7,79	0,163
		<i>soma</i>		<i>47,95</i>
elem long	19 Rampas	334	6,15	0,283
	20 Ultrapass.	334	7,46	0,342
	21 Visibilidade	334	8,16	0,375
		<i>soma</i>	<i>21,77</i>	<i>1,000</i>
seção transv	22 faixas/acost.	334	8,00	0,278
	23 Pavim. Aco.	334	7,11	0,247
	24 Taludes	334	6,39	0,222
	25 Pontes	334	7,26	0,252
		<i>soma</i>	<i>28,76</i>	<i>1,000</i>
usuários vulne	26 cicl./ped.	334	8,23	0,489
	27 Travessias	334	8,62	0,511
		<i>soma</i>	<i>16,85</i>	<i>1,000</i>
laterais via	28 Elem.perig.	334	7,98	0,343
	29 Acessos	334	7,72	0,332
	30 paradas	334	7,56	0,325
		<i>soma</i>	<i>23,27</i>	<i>1,000</i>
elem gerais	31 Outdoors	334	5,70	0,203
	32 rural/urbano	334	7,27	0,259
	33 Veloc.comp.	334	7,59	0,270
	34 Animais	334	7,53	0,268
		<i>soma</i>	<i>28,08</i>	<i>1,000</i>

3.1.4 Formulação do ISP

O $ISP_{global/segm}$, que indica as condições globais de segurança potencial de um segmento rodoviário, é construído a partir dos $ISP_{parciais/segm}$ que refletem as condições potenciais de segurança referentes a cada macro-categoria considerada no estudo. Existem 9 $ISP_{parciais/segm}$, conforme a Tabela 31.

Tabela 31. ISP parciais avaliadas em cada segmento

$ISP_{parcial/segm}$	Macro-categoria avaliada pelo $ISP_{parcial/segm}$
$ISP_{sup.}$	Superfície do pavimento
$ISP_{cur.}$	Curvas
$ISP_{int.}$	Interseções
$ISP_{sin.}$	Sinalização vertical e horizontal
$ISP_{lon.}$	Elementos longitudinais
$ISP_{tran.}$	Elementos da seção transversal
$ISP_{vul.}$	Usuários vulneráveis
$ISP_{lat.}$	Laterais da via
$ISP_{el.g.}$	Elementos gerais

Cada $ISP_{parcial/segm}$ é uma combinação das características que compõem a macro-categoria a qual o $ISP_{parcial/segm}$ se refere, sendo que o número de características dentro de cada macro-categoria difere. Os $ISP_{parciais/segm}$ são obtidos a partir dos pesos calculados para as características viárias e das notas obtidas nas inspeções que refletem as condições em que cada característica se encontra no segmento de rodovia em avaliação. Os $ISP_{parciais/segm}$ resultam do somatório do produto entre o peso e a nota de cada característica da macro-categoria. Sendo assim, os $ISP_{parciais/segm}$ são modelos compensatórios, onde a presença de uma característica em nível alto compensa a presença de outra característica em nível baixo. Os seja, está sendo assumido que, uma boa iluminação em uma interseção (nível alto da característica iluminação) pode compensar o projeto deficiente da interseção (nível baixo para a característica projeto). A equação geral do $ISP_{parcial/segm}$ está apresentada por:

$$ISP_{parcial / segm} = \sum_{i=1}^m (p_i \times n_i) \quad (13)$$

Onde:

$ISP_{parcial/segm}$ – Índice de segurança potencial parcial de um segmento (referente a cada uma das 9 macro-categorias);

p_i – peso relativo da característica i dentro de cada macro-categoria;

n_i – nota da característica i resultante da inspeção em campo;

i – características que compõem macro-categoria.

A consolidação dos 9 $ISP_{parciais/segm}$ para obtenção do $ISP_{global/segm}$ é feita através da aplicação da média geométrica nos $ISP_{parciais/segm}$ do segmento. O uso da média geométrica é apropriado para a consolidação dos 9 $ISP_{parciais/segm}$ em um $ISP_{global/segm}$, uma vez que o mau desempenho em uma macro-categoria não é compensado pelo bom desempenho em outra macro-categoria. Por exemplo, curvas em más condições não são compensadas por boas interseções na provisão de um ambiente viário seguro. Portanto, com a adoção da média geométrica pretende-se valorizar aqueles segmentos que obtiveram valores de $ISP_{parciais/segm}$ homogêneos nas 9 macro-categorias consideradas.

O $ISP_{global/segm}$ é obtido a partir da expressão apresentada na equação 14:

$$ISP_{global/segm} = \sqrt[9]{ISP_{sup} \times ISP_{cur} \times ISP_{int} \times ISP_{sin} \times ISP_{lon} \times ISP_{tran} \times ISP_{vul} \times ISP_{lat} \times ISP_{el.g}} \quad (14)$$

Onde:

ISP_{global} – Índice de segurança potencial global;

ISP_{sup} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria “superfície do pavimento”;

ISP_{cur} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria “curvas”;

ISP_{int} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria “interseções”;

ISP_{sin} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria “sinalização vertical e horizontal”;

ISP_{lon} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria “elementos longitudinais”;

ISP_{tran} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria “elementos da seção transversal”;

ISP_{vul} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘usuários vulneráveis’;

ISP_{lat} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘laterais da via’;

$ISP_{el.g.}$ – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘elementos gerais’.

Na elaboração do procedimento de inspeção, apresentado em detalhe na seção 3.2, estipula-se que os segmentos avaliados em campo tenham comprimento fixo de 1 quilômetro de extensão. O ISP é obtido para cada segmento de 1 quilômetro de extensão dentro do trecho de rodovia avaliado, que, por sua vez, não possui limite pré-determinado para sua extensão. O ISP referente a um segmento de 1 quilômetro ($ISP_{segm.}$) reflete a condição de segurança potencial desse segmento. Porém, a condição de segurança potencial de todo o trecho rodoviário avaliado (conjunto de vários segmentos de 1 quilômetro) é indicada pelo ISP_{trecho} , que é obtido pela média geométrica dos $ISP_{segm.}$. O uso da média geométrica para obtenção dos ISP_{trecho} tem por objetivo privilegiar os trechos rodoviário que apresentam segmentos mais homogêneos quanto às condições de segurança. Dessa forma, busca-se minimizar a indesejável violação da expectativa dos motoristas que ocorre quando estes são submetidos a trechos rodoviários que alternam segmentos com boas e más condições de segurança. O ISP_{trecho} é obtido a partir da equação 15:

$$ISP_{trecho} = \sqrt[n]{\prod ISP_{segm}} \quad (15)$$

Onde:

ISP_{trecho} – Índice de segurança potencial do trecho avaliado (composto por n segmentos);

ISP_{segm} – índice de segurança potencial dos segmentos que compõem o trecho avaliado;

n – número de segmentos que compõem o trecho avaliado.

A Figura 30 apresenta uma síntese dos níveis de agregação existentes na formulação do ISP.

		Segmentos de 1 km				Trecho (conjunto de "n" segmentos)
		segmento 1	segmento 2	...	segmento n	
Média geométrica	ISP parcial/segm	ISP _{sup.}	ISP _{sup.}	ISP _{sup.}	ISP _{sup.}	-
		ISP _{cur.}	ISP _{cur.}	ISP _{cur.}	ISP _{cur.}	-
		ISP _{int.}	ISP _{int.}	ISP _{int.}	ISP _{int.}	-
		ISP _{sin.}	ISP _{sin.}	ISP _{sin.}	ISP _{sin.}	-
		ISP _{lon.}	ISP _{lon.}	ISP _{lon.}	ISP _{lon.}	-
		ISP _{tran.}	ISP _{tran.}	ISP _{tran.}	ISP _{tran.}	-
		ISP _{vul.}	ISP _{vul.}	ISP _{vul.}	ISP _{vul.}	-
		ISP _{lat.}	ISP _{lat.}	ISP _{lat.}	ISP _{lat.}	-
		ISP _{el.g.}	ISP _{el.g.}	ISP _{el.g.}	ISP _{el.g.}	-
ISP _{global/segm}	ISP _{global/segm1}	ISP _{global/segm2}	ISP _{global/segm...}	ISP _{global/segm "n"}	ISP _{global/trecho}	

Média geométrica

Figura 30. Resumo dos ISPs

Os $ISP_{global/trecho}$ é indicado para análises do trecho de rodovia como um todo. Esse índice é útil para indicar quais trechos rodoviários devem ser priorizados no tratamento da segurança. Os índices referentes aos segmentos, por sua vez, são indicados para orientar decisões específicas sobre os locais a tratar e tipos de intervenções a adotar, uma vez que indicam os segmentos que apresentam maiores deficiências de segurança ($ISP_{global/segm.}$) e as macro-categorias que estão mais deficientes ($ISP_{parcial/segm.}$). Ainda é possível, através da análise nas notas das inspeções de campo verificar qual a característica, dentro das macro-categorias que apresenta os maiores problemas quanto a segurança.

3.2 MÓDULO DE INSPEÇÃO DA SEGURANÇA – ELABORAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO

A inspeção de campo consiste na avaliação das condições vigentes na rodovia das características constantes no ISP. A etapa da inspeção é fundamental para a qualidade dos resultados do ISP, uma vez que os dados levantados em campo embasam o cálculo do índice. O detalhamento do procedimento de inspeção tem por objetivo orientar e padronizar o processo de inspeção. A orientação precisa dos avaliadores visa reduzir a variabilidade resultante de inspeções realizadas por diferentes profissionais. Dessa forma, pretende-se garantir a comparabilidade dos índices obtidos em diferentes pontos do tempo e do espaço.

3.2.1 Definição do comprimento dos segmentos

A literatura internacional indica uma predominância da adoção de segmentos homogêneos de comprimento variável na modelagem dos acidentes viários. De fato, quanto maior o grau de homogeneidade dos segmentos em relação às características que se deseja modelar, maior é a possibilidade de se encontrar relações com um bom ajuste entre tais características e a ocorrência de acidentes. Sendo assim, a questão da homogeneidade deve ser buscada para aquelas características que está se investigando a influência sobre a ocorrência de acidentes. Na medida que se pretende avaliar, simultaneamente, a influência de um número cada vez maior de características físicas da rodovia na ocorrência de acidentes, se torna impraticável separar segmentos que sejam homogêneos para todos as características consideradas ao mesmo tempo. Como o presente estudo propõe uma avaliação conjunta de 34 características físicas da rodovia, o uso de segmentos homogêneos deixa de ser uma alternativa viável. Portanto, o método de inspeção proposto nesse estudo adota a utilização de segmentos de comprimento fixo.

A definição do comprimento de segmento adotado nesse método foi orientada por dois aspectos. O primeiro aspecto indica a adoção de segmentos suficientemente curtos para que seja possível identificar, com relativa precisão, qual a condição predominante de cada uma das 34 características no segmento em avaliação. Acredita-se que quanto mais curto o segmento, mais precisa será a descrição de suas condições físicas predominantes. Já o segundo aspecto diz respeito à operacionalização da inspeção em campo. De acordo com esse segundo aspecto, segmentos excessivamente curtos podem tornar a inspeção muito lenta e conseqüentemente muito onerosa. Levando em consideração estes dois aspectos foi determinada a adoção de segmentos de um quilômetro de extensão.

3.2.2 Elaboração da escala de notas e da planilha de inspeção para avaliação em campo

Para calcular o ISP de um determinado segmento é necessário avaliar, através de inspeções de campo, em que condições se encontram as características que compõem o índice. No método proposto a avaliação em campo deve ser feita por meio de uma escala de notas de 4 níveis, elaborada para este fim. A Tabela 32 apresenta a definição genérica de cada um dos quatro níveis. A cada nível é associada uma nota numérica do tipo quanto maior, melhor.

Tabela 32. Descrição genérica dos 4 níveis de notas associados às condições das características físicas inspecionadas na via

	Condições em campo da característica em análise	NOTA
Nível 1	Não existe o “problema” descrito	10
Nível 2	Existe uma quantidade pequena do “problema” descrito	7
Nível 3	Existe uma quantidade moderada do “problema” descrito	3
Nível 4	Existe uma grande quantidade do “problema” descrito	1

A melhor situação possível é aquela onde o segmento não possui o “problema” relacionado a característica em análise. Por exemplo, se a característica em inspeção é a existência de iluminação artificial nas interseções, o segmento que não contém interseções receberá a nota 10 (nota máxima) para essa característica. Ainda para o mesmo exemplo, se o segmento possui uma interseção, mas essa possui boa iluminação artificial, a nota para essa característica seria 7. As notas 3 e 1 seriam dadas, respectivamente, para segmentos com interseção com iluminação artificial deficiente e para segmentos com interseção sem iluminação artificial. Com o objetivo de orientar a atividade de inspeção das condições da rodovia, foi desenvolvido um gabarito associando descrições qualitativas das condições de cada característica para cada uma das 4 notas possíveis. Esse gabarito é apresentado no Anexo 3. A planilha de inspeção de campo, apresentada no Anexo 4, foi desenvolvida para receber o registro das notas das 34 características avaliadas ao longo da inspeção dos trechos rodoviários.

3.2.3 Procedimento de inspeção

A inspeção em campo deve ser feita por uma equipe de, no mínimo, dois indivíduos, sendo um o motorista e outro o avaliador. Embora o gabarito de notas tenha sido desenvolvido com o intuito de orientar e facilitar o processo de inspeção, algumas características avaliadas requerem um bom conhecimento técnico sobre segurança rodoviária para serem apropriadamente avaliadas em campo. Sendo assim, a equipe de inspeção deve possuir qualificação suficiente para que todas características sejam adequadamente avaliadas.

O trecho rodoviário em inspeção deve ser percorrido na velocidade regulamentada. Partindo de um ponto definido como o ponto inicial da inspeção, o trecho em avaliação deve ser percorrido em um sentido de forma contínua para uma observação geral das suas

condições (sem que seja preenchida a planilha de inspeção). Essa primeira passagem pela rodovia tem por objetivo permitir que o avaliador tenha uma percepção geral das condições em que se encontra a rodovia, o que facilitará a posterior avaliação das condições específicas de cada característica. A avaliação específica de cada uma das 34 características do ISP será realizada no percurso de retorno ao ponto inicial da inspeção. Nesse percurso o avaliador, munido do gabarito de notas e da planilha de inspeção (apresentados nos Anexos 3 e 4, respectivamente), irá anotar, de quilômetro em quilômetro, a nota respectiva de cada uma das 34 características do índice.

O acompanhamento da quilometragem, para definição dos segmentos em avaliação, será orientado, conjuntamente, pelos marcos quilométricos da rodovia e pelo odômetro do veículo, para que se alcance uma melhor precisão na definição dos pontos de início e fim de cada segmento de 1 quilômetro inspecionado.

Ao final de cada segmento de 1 km o veículo deve parar para que sejam anotadas as notas das características referentes ao segmento percorrido. Portanto, para cada segmento é atribuída apenas uma nota para cada característica que deve refletir as condições predominantes nos dois sentidos de circulação. Como cada segmento terá um único ISP, que sintetiza as condições de segurança experimentadas pelo usuário nos dois sentidos de circulação e ao longo de toda extensão de 1 quilômetro, o avaliador deve considerar a pior situação observada de cada característica como aquela que determina a segurança de todo o segmento.

Das 34 características avaliadas na inspeção de campo, 5 devem ser avaliados em condições específicas de tempo e luminosidade. A característica 3, referente à formação de espelhos d'água, deve ser, necessariamente, inspecionada em períodos chuvosos. As características 12 (iluminação artificial na interseção), 14 (tachas refletivas usadas nos limites das faixas de rolamento), 17 (balizadores em curvas) e 18 (legibilidade e destaque das placas de sinalização) devem ser inspecionadas no período noturno. Essas exigências de condições específicas de tempo e luminosidade para se proceder a inspeção das características 3, 12, 14, 17 e 18 encontram-se assinaladas na segunda coluna do gabarito de notas apresentado no Anexo 3.

3.3 TESTE DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA

Após a elaboração do ISP e do procedimento de inspeção em campo, foi realizado um teste do método de avaliação da segurança. O teste foi realizado em um trecho da rodovia RS 020, situado entre Taquara e a RS 118. A escolha da rodovia RS 020 foi motivada pela existência de uma grande variação nas condições das características que compõem o ISP. A RS 020 contém ambientes urbanos e rurais, tangentes e curvas e trechos com e sem pontes, interseções e rampas.

3.3.1 Avaliação dos procedimentos de inspeção

O teste do método evidenciou duas dificuldades relacionadas ao procedimento de inspeção em campo. A primeira dificuldade encontrada diz respeito à identificação precisa do início e fim dos segmentos avaliados. Constatou-se que a carência de marcos quilométricos regulares e a imprecisão dos odômetros prejudicam a definição dos limites dos segmentos. Esse problema afeta particularmente a avaliação das condições de segurança ao longo do tempo, uma vez que existirão imprecisões na localização dos segmentos. Para contornar essa dificuldade é importante a utilização de sistemas de posicionamento geo-referenciados (GPS) na delimitação dos segmentos avaliados.

A segunda dificuldade destacada no teste do método refere-se às paradas sucessivas ao longo da rodovia em avaliação, para o registro das notas das características. Com frequência, os pontos onde foi necessário parar (ao final de cada quilômetro inspecionado) não apresentaram condições seguras para fazê-lo. Nessas situações a própria atividade de inspeção impôs um perigo a mais às condições de operação da rodovia. Acredita-se que uma alternativa para superar essa dificuldade seria a filmagem comentada da rodovia e suas laterais para posterior preenchimento da folha de inspeção em escritório. No entanto, a viabilidade técnica dessa alternativa precisa ainda ser testada.

3.3.2 Alterações necessárias apontadas pelo teste de método

O teste do método propiciou o aprimoramento no gabarito de notas e a redefinição de etapas do procedimento de inspeção. As decisões mais significativas resultantes do teste do método foram:

- alterações nas descrições do gabarito de notas com objetivo de agilizar e facilitar o julgamento das características físicas;
- a confirmação da opção pela avaliação das características presentes nos dois sentidos de circulação da rodovia durante o percurso em uma das direções;
- a opção pelo uso de planilhas impressas, ao invés do uso de micro-computador portátil, para anotação das notas resultantes da inspeção;
- a inserção da obrigatoriedade de inspeção noturna da iluminação artificial na interseção, das tachas refletivas usadas nos limites das faixas de rolamento, do uso de balizadores em curvas e da legibilidade e destaque das placas de sinalização;
- a inserção da obrigatoriedade de inspeção em dias de chuva da formação de espelhos d'água.

Inicialmente, pretendia-se realizar as inspeções com auxílio de um micro-computador portátil onde seriam registradas as notas diretamente na planilha de cálculo do ISP. Porém, o preenchimento das notas da inspeção diretamente na planilha excel foi considerado inapropriado. Os benefícios associados à agilidade no preenchimento e na obtenção do ISP não foram considerados suficientes para compensar os incômodos associados à dificuldade de navegação na tela do computador para a visualização e preenchimento das 34 características que compõem o índice.

3.4 SÍNTESE DO MÉTODO PROPOSTO

Essa seção apresenta um roteiro de utilização do método proposto. Sua finalidade é facilitar a compreensão da seqüência de aplicação prática do método.

O método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais pavimentados de pista simples, proposto nesse trabalho, é composto por duas etapas, conforme apresentado na Figura 31. A primeira etapa consiste na inspeção dos trechos rodoviários e a segunda etapa consiste na estimativa da segurança potencial dos trechos inspecionados através do cálculo dos Índices de Segurança Potenciais (ISPs).

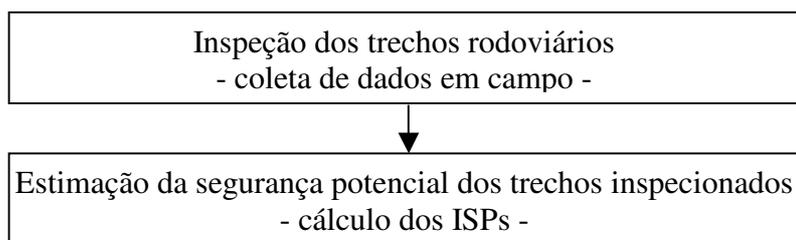


Figura 31. Etapas do método proposto

A etapa de inspeção dos trechos em avaliação consiste na coleta de dados em campo referentes às condições vigentes de 34 características físicas da rodovia. As características físicas inspecionadas, apresentadas no Anexo 4, foram organizadas nas seguintes 9 macrocategorias: superfície do pavimento, curvas, interseções, sinalização horizontal e vertical, elementos longitudinais, seção transversal, usuários vulneráveis, laterais da via, e elementos gerais.

A inspeção em campo deve ser feita por uma equipe de, no mínimo, dois indivíduos, um motorista e um avaliador, que percorrem o trecho rodoviário em inspeção na velocidade regulamentada para a rodovia. O avaliador, munido do gabarito de notas e da planilha de inspeção (apresentados nos Anexos 3 e 4, respectivamente), é responsável por anotar, de quilômetro em quilômetro, a nota respectiva de cada uma das 34 características avaliadas no método.

O gabarito de notas tem a finalidade de orientar o avaliador na identificação das condições de cada uma das 34 características físicas inspecionadas. Cada característica é avaliada de acordo com a escala de notas de 4 níveis elaborada para este fim (ver Anexo 3). A cada nível é associada uma nota numérica do tipo quanto maior melhor.

O trecho rodoviário em inspeção deve ser percorrido, primeiramente, de forma ininterrupta para que o avaliador faça uma observação geral das suas condições de segurança. Em um segundo momento, o trecho é percorrido realizando-se paradas ao final de cada segmento de 1 quilômetro para que sejam anotadas na planilha de inspeção (ver anexo 4) as notas das características referentes ao segmento percorrido. O avaliador deve considerar a pior situação que cada característica apresenta ao longo do segmento percorrido.

A definição do início e fim de cada segmento em avaliação, será orientado, conjuntamente, pelos marcos quilométricos da rodovia e pelo odômetro do veículo.

Idealmente deve-se fazer uso de um sistema de GPS para melhorar a precisão da definição dos segmentos.

A etapa de estimação da segurança potencial dos trechos inspecionados consiste, basicamente, no cálculo dos ISPs. Nessa etapa, as notas registradas na inspeção de campo são transferidas para a planilha de cálculo do índice desenvolvido nesse estudo. São obtidos, então, o $ISP_{global/segm}$, que indica as condições potenciais de segurança de cada segmento de 1 quilômetro inspecionado, e o $ISP_{global/trecho}$, que indica a condição de segurança potencial de todo trecho inspecionado (composto por n segmentos) através da consolidação dos $ISP_{global/segm}$. O $ISP_{global/trecho}$ é obtido através da equação 16:

$$ISP_{global / trecho} = \sqrt[n]{\prod ISP_{global / segm}} \quad (16)$$

Onde:

$ISP_{global/trecho}$ – Índice de segurança potencial do trecho avaliado (composto por n segmentos);

$ISP_{global/segm}$ – índice de segurança potencial dos segmentos que compõem o trecho avaliado;

n – número de segmentos que compõem o trecho avaliado.

O $ISP_{global/segm}$ é obtido a partir dos $ISP_{parciais/segm}$, conforme apresentado na equação 16. Os $ISP_{parciais}$ refletem as condições de segurança potencial dos segmentos inspecionados em relação a cada uma das 9 macro-categorias adotadas no método.

$$ISP_{global / segm} = \sqrt[9]{ISP_{sup} \times ISP_{cur} \times ISP_{int} \times ISP_{sin} \times ISP_{lon} \times ISP_{tran} \times ISP_{vul} \times ISP_{lat} \times ISP_{el.g}} \quad (17)$$

Onde:

$ISP_{global/segm}$ – Índice de segurança potencial global;

ISP_{sup} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘superfície do pavimento’;

ISP_{cur} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘curvas’;

ISP_{int} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘interseções’;

ISP_{sin} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘sinalização vertical e horizontal’;

ISP_{lon} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘elementos longitudinais’;

ISP_{tran} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘elementos da seção transversal’;

ISP_{vul} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘usuários vulneráveis’;

ISP_{lat} – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘laterais da via’;

$ISP_{el.g.}$ – Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria ‘elementos gerais’.

Cada $ISP_{parcial}$ é uma combinação das características que compõem a macro-categoria a qual o índice parcial se refere. Os $ISP_{parciais}$ são obtidos a partir do somatório dos produtos entre o peso e a nota de cada característica da macro-categoria. A equação 18 apresenta a formulação geral do $ISP_{parcial}$:

$$ISP_{parcial/segm} = \sum_{i=1}^m (p_i \times n_i) \quad (18)$$

Onde:

$ISP_{parcial/segm}$ – Índice de segurança potencial parcial (referente a uma das 9 macro-categorias);

p_i – peso relativo da característica i dentro de cada macro-categoria;

n_i – nota da característica i resultante da inspeção em campo;

i – características que compõem macro-categoria.

Os valores dos ISPs de cada segmento dos trechos avaliados são calculados em uma planilha excel e são apresentados associados a uma escala de cores que visa expressar a condição de segurança potencial do segmento. O uso da escala de cores tem por finalidade auxiliar na visualização das condições de segurança potencial ao longo do trecho. Quanto maior o valor do ISP, mais potencialmente seguro é o segmento e mais claro é o tom adotado na sua representação gráfica. Essa representação gráfica é chamada de perfil de segurança do trecho avaliado. A Tabela 33 apresenta as faixas de valores de ISP associados a descrição das condição de segurança potencial a qual estão vinculados e a cor correspondente no perfil de segurança.

Tabela 33. Escala semântica e de cores do ISP

<i>Valor do ISP</i>	<i>Condição correspondente do segmento</i>	<i>Cor Correspondente</i>
1 < ISP <3	Potencialmente muito inseguro	Preto
3 < ISP <5	Potencialmente inseguro	Vermelho
5 < ISP <7	Potencialmente razoavelmente seguro	Laranja
7 < ISP <9	Potencialmente seguro	Amarelo
9 < ISP <10	Potencialmente muito seguro	Branco

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

A aplicação do método proposto de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais pavimentados de pista simples foi realizada em 3 trechos da malha rodoviária do Rio Grande do Sul. Os trechos selecionados para aplicação do método estão apresentados na Tabela 34:

Tabela 34. Trechos inspecionados na aplicação do método

Trechos avaliados			
Rodovia	km inicial - km final	extensão	Localização do segmento
RS-020	5 - 38	33 km	entre Taquara e Vista Alegre
RS-118	24 - 40	16 km	entre a BR-290 e Viamão
RST-470	185 - 203	18 km	entre Veranópolis e Bento Gonçalves

Esses trechos foram selecionados pela sua diversidade, pela disponibilidade dos dados de acidentes cedidos pela Divisão de Trânsito do DAER e pela conveniência de sua localização. As inspeções em campo foram realizadas nos dias 12, 21 e 27 de abril e 29 de junho de 2003.

4.1 PERFIL DE SEGURANÇA DOS TRECHOS AVALIADOS

Os resultados obtidos para o ISP permitem a visualização do perfil de segurança dos trechos avaliados. As Figuras 33, 34 e 35 apresentam os perfis de segurança das rodovias RS-020, RS-118 e RST-470, respectivamente.

km inicial da inspeção: **38** rodovia: **RS 020** data: **12/4/2003**
 km final da inspeção: **5** trecho: **Taquara - Vista Alegre**

km inicial	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
km final	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
ISPglobal/segm	6,19	5,21	4,23	4,61	4,37	5,29	4,52	4,99	4,69	5,37	6,22	6,15	6,66	5,46	5,34	6,06	5,67	4,54	5,16	4,32	6,96	6,21	6,46	6,63	6,62	5,67	5,93	5,55	4,34	4,62	4,55	5,46	4,11	4,22
ISPglobal/trecho	5,30																																	

Figura 32. Perfil de segurança do trecho avaliado da rodovia RS-020

km inicial da inspeção: **24** rodovia: **RS118** data: **21 e 27/4/2003**
 km final da inspeção: **40** trecho: **BR-290 - Viamão**

km inicial	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
km final	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
ISPglobal/segm	5,89	5,85	7,06	5,64	7,97	5,65	7,44	8,07	6,71	4,94	7,72	6,68	3,68	4,58	4,44	3,79
ISPglobal/trecho	5,83															

Figura 33. Perfil de segurança do trecho avaliado da rodovia RS-118

km inicial da inspeção: **185** rodovia: **RST 470** data: **29/6/2003**
 km final da inspeção: **203** trecho: **Veranópolis - Bento G.**

km inicial	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202
km final	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203
ISPglobal/segm	2,44	4,92	4,75	4,34	4,99	4,60	3,58	5,03	4,75	2,57	4,80	5,03	4,84	3,21	4,49	4,67	3,42	4,99
ISPglobal/trecho	4,20																	

Figura 34. Perfil de segurança do trecho avaliado da rodovia RST-470

4.2 ANÁLISE DOS ISP OBTIDOS

O ISP também permite analisar a continuidade das condições de segurança ofertadas aos motoristas ao longo da rodovia. Do ponto de vista da segurança viária, é desejável que o ambiente viário seja o mais homogêneo possível quanto à oferta das condições de segurança. O que se deseja é oferecer ao motorista uma rodovia sem grandes variações nas suas exigências quanto ao desempenho dos motoristas. A análise dos ISPs ao longo da rodovia permite visualizar as variações de demanda impostas pelo ambiente viário sobre o motorista. A Figura 35 apresenta a variação do $ISP_{global/segm}$ ao longo dos segmentos dos trechos avaliados.

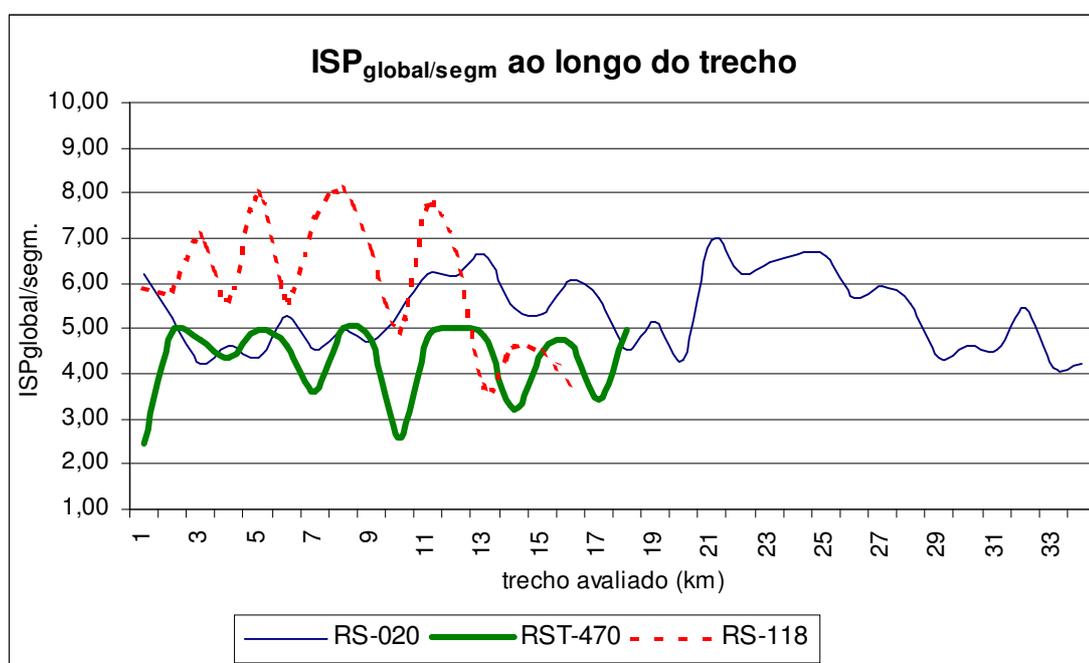


Figura 35. Variação do ISP_{global} ao longo dos trechos avaliados

A linha sólida fina da Figura 35 representa os valores do obtido para a rodovia RS-020, a linha sólida espessa descreve os valores da rodovia RST-470 e a linha tracejada descreve os valores referentes à rodovia RS-118. É possível observar que o trecho avaliado da RS-118 apresenta a maior amplitude de variação para os valores do ISP. Já a rodovia RST-470 pode ser considerada, comparativamente às demais, a mais homogênea no que se refere ao nível de segurança oferecido aos usuários da via, ainda que seu nível de segurança potencial seja o mais baixo. Ou seja, seus ISPs variam em uma amplitude de valores menor. De modo geral, as rodovias que provêm ambientes viários homogêneos quanto às condições

de segurança tendem a ser mais seguras que aquelas onde existem segmentos muito seguros intercalados com segmentos pouco seguros. Ainda, é razoável acreditar que locais com alta demanda por atenção podem ser seguidos por locais com características menos desfavoráveis do ponto de vista de segurança. Frente a esse novo ambiente, aparentemente menos “perigoso”, o motorista tende a relaxar seu nível de atenção e cautela pode não, assim, se envolver em acidentes em locais que apresentam condições menos desfavoráveis à segurança.

Nos locais em que o índice de segurança resultou em valores relativamente baixos é interessante que seja feita uma análise sobre as condições potenciais de segurança referentes a cada uma das macro-categorias avaliadas no ISP. Essa análise pode ser feita através dos $ISP_{\text{parciais/segm}}$. Os $ISP_{\text{parciais/segm}}$ refletem o desempenho do segmento avaliado em cada uma das 9 macro-categorias consideradas no estudo (superfície, curvas, interseções, sinalização horizontal e vertical, elementos longitudinais, seção transversal, usuários vulneráveis, laterais da rodovia e elementos gerais).

A seguir é apresentada uma análise dos dois segmentos da rodovia RST-470 que apresentaram $ISP_{\text{global/segm}}$ inferior a 3. Os segmentos com nota inferior a 3 são considerados, pelo método, como “potencialmente muito inseguros”.

Na Figura 36 é apresentado um gráfico de barras referentes ao desempenho das 9 dimensões avaliadas no segmento compreendido entre os quilômetros 185 e 186. A partir do gráfico é possível constatar que deficiências de segurança desse segmento estão concentradas nas características da rodovia referentes às interseções, a sinalização horizontal e vertical, aos elementos longitudinais, aos usuários vulneráveis e às laterais da via. Portanto, a melhoria das condições desses aspectos deve ser priorizada nas ações voltadas ao aprimoramento da segurança rodoviária.

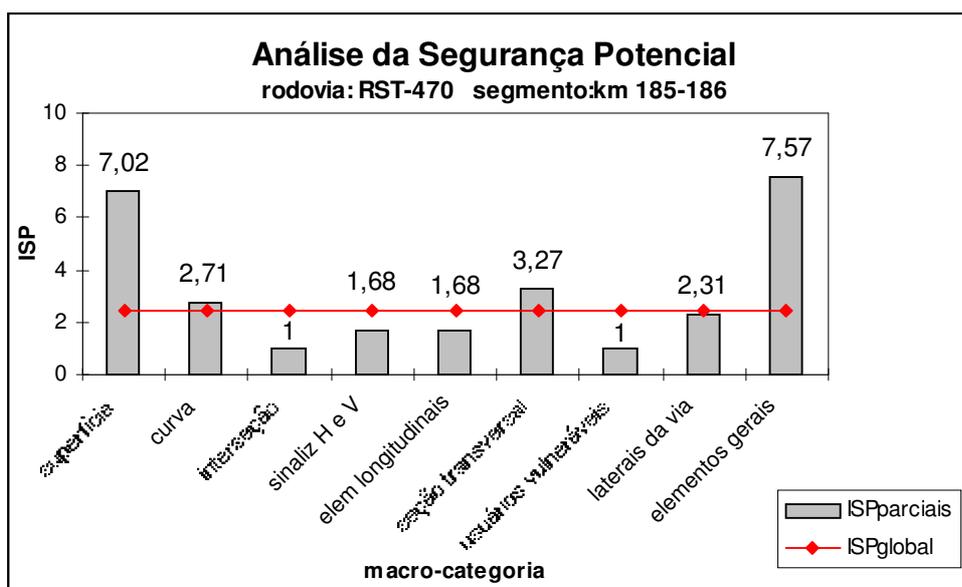


Figura 36. Análise do segmento: 185-186 da RST-470 (ISPglobal = 2,44)

Analisando o gráfico referente ao segmento compreendido entre os quilômetros 194 e 195, apresentado na Figura 37, verifica-se que as deficiências de segurança, que se destacam nesse segmento, estão associadas à sinalização horizontal e vertical, aos elementos longitudinais, aos elementos da seção transversal, aos usuários vulneráveis e às laterais da via. Nesse segmento, portanto, é recomendável que as intervenções para melhoria da segurança se concentrem nesses aspectos.

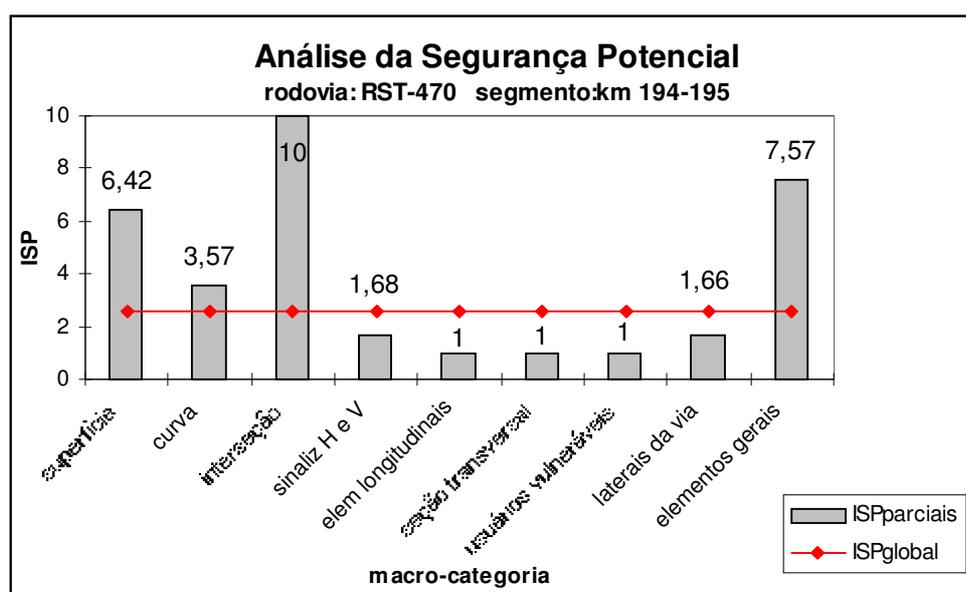


Figura 37. Análise do segmento: 194-195 da RST-470 (ISPglobal = 2,57)

4.3 USO DO ISP COM PREVISOR DE ACIDENTES

Embora o ISP seja um indicador das condições de segurança potenciais de um segmento, e não um modelo de previsão de acidentes, foi realizada uma tentativa de explicar a ocorrência de acidentes através do valor obtido para o ISP. Com esse objetivo foi estimado um modelo de regressão linear onde o número de acidentes nos 3 trechos, nos anos de 2001 e 2002, foi adotado como variável dependente do $ISP_{\text{global/segm}}$.

O valor de R^2 obtido para o modelo, estimado a partir dos dados dos trechos avaliados, foi de 0,10. O valor do R^2 indica que o ISP está explicando em torno de 10% da variabilidade dos dados de acidentes registrados nos trechos de rodovia avaliados. Os resultados da estimação do modelo de regressão encontra-se no Anexo 6.

De acordo com um estudo amplamente referenciado em pesquisas de segurança realizado pelo AUSTRROADS (1994), a parcela de acidentes atribuída ao componente viário-ambiental é de 28%. Desses 28%, 4% são atribuídos exclusivamente ao fator viário-ambiental e 24% refletem a responsabilidade conjunta entre o componente viário-ambiental e o componente humano. O valor de 10% obtido nesse trabalho para nível de explicação das ocorrência de acidentes através do ISP mostra-se compatível com os valores propostos pelo *Austrroads*.

Considerando que o componente viário-ambiental não é o único, nem tampouco o principal componente causador do acidentes, é razoável esperar que o uso de um índice exclusivamente baseado em características viárias não seja capaz de prever a ocorrência da totalidade dos acidentes. O documento produzido pela *European Transport Safety Council* (ETSC, 2001) ressalta que a ocorrência de acidentes pode não refletir as condições de segurança de um determinado local. De fato, os locais que demandam grande atenção e habilidade do condutor devido a sua complexidade e/ou problemas que caracterizam um ambiente inseguro, podem não ser os locais onde os acidentes efetivamente ocorrem. Essa aparente distorção entre ocorrência de acidentes e condições inseguras do ambiente viário poderia ser explicada, de acordo com o ETSC (2001), pelo seguinte raciocínio: quando a falta de segurança de um determinado local é muito nítida, os condutores tendem a ser suficientemente cautelosos, conseguindo com suas atitudes, compensar o risco potencial da

rodovia. Dessa forma, os motoristas trafegam por esses locais pouco seguros sem se envolver em acidentes.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

Esse trabalho propõe um método de avaliação da segurança potencial de rodovias rurais pavimentadas de pista simples, sem a utilização de registros de ocorrência de acidentes. Para atender essa proposição, foi desenvolvido um método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários com base nas características físicas das rodovias.

O desenvolvimento do método contemplou dois módulos. O módulo de estimação da segurança propõe a determinação do Índice de Segurança Potencial (ISP), e o módulo de inspeção da segurança consiste de um procedimento para coleta em campo dos dados necessários para o cálculo do ISP.

No módulo de estimação da segurança, foram inicialmente identificadas 297 características da rodovia que influenciam a ocorrência de acidentes. Dessas 297 características foram selecionadas 34 para compor o ISP. A seleção das 34 características baseou-se em critérios como o impacto da característica na segurança viária e a relevância da característica para a realidade brasileira. A influência de cada uma das características na segurança viária foi obtida com base no conhecimento e experiência de profissionais que atuam na área de segurança e projeto rodoviário. Foram pesquisados 334 profissionais que atuam como policiais rodoviários, projetistas rodoviários nacionais, especialistas nacionais em segurança viária ou especialistas internacionais em segurança viária.

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, foi constatada a existência de uma grande quantidade de características rodoviárias que potencialmente influenciam a ocorrência de acidentes. Ainda, foi possível constatar que algumas características recebem atenção mais destacada em estudos que investigam a influência da rodovia na ocorrência de acidentes.

A pesquisa realizada com os 4 grupos de profissionais revelou que os projetistas rodoviários e policiais rodoviários tendem a não relativizar as influências das características avaliadas, uma vez que apresentaram uma tendência de atribuir nota máxima de influência a maior parte das características. Também constatou-se que, de modo geral, os especialistas internacionais tendem a atribuir, às características pesquisadas, níveis de influência

significativamente diferentes dos atribuídos pelos demais grupos pesquisados. Por sua vez, as respostas dos projetistas, policiais rodoviários e especialistas nacionais não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si.

A partir dos resultados das pesquisas realizadas, foi elaborado o Índice de Segurança Potencial (ISP), que consolida os pesos estimados para as características viárias pesquisadas. O valor do ISP varia de 1 até 10, sendo que, quanto maior o valor do ISP, mais potencialmente seguro é o segmento.

O módulo de inspeção da segurança contemplou o desenvolvimento do procedimento de inspeção em campo das características que compõem o ISP. Nesse módulo, além dos detalhes sobre o procedimento de inspeção em campo, foram desenvolvidos o gabarito de notas para as características e a planilha de inspeção.

A coleta de informações sobre as condições das características da rodovia é fundamental para a qualidade do ISP obtido, uma vez que os dados levantados em campo embasam o cálculo do índice. Para assegurar a padronização da inspeção, foi desenvolvido um procedimento detalhado de inspeção que permite a uniformidade nas avaliações feitas por diferentes equipes de inspeção, em diferentes pontos do tempo e do espaço.

Para finalizar o estudo, foi realizada uma aplicação do método proposto em 3 trechos rodoviários do Rio Grande do Sul. A aplicação do método resultou no perfil de segurança potencial dos trechos avaliados.

Os ISPs obtidos foram, então, analisados conjuntamente com os dados de acidentes ocorridos nos anos de 2001 e 2002 nos trechos avaliados. Nessa análise o ISP foi testado como previsor de acidentes através da estimação de modelos de regressão linear. O resultado do modelo de regressão estimado revelou que o ISP explica em torno de 10% da variabilidade dos dados de acidentes registrados. Uma vez que o componente viário-ambiental não é o único componente causador do acidentes, é razoável esperar que o uso de um índice exclusivamente baseado em características viárias não seja capaz de prever a ocorrência da totalidade dos acidentes.

O ISP proposto é, de fato, um indicador das condições de segurança potencial de um segmento rodoviário e não deve ser visto como uma ferramenta de previsão de acidentes. A principal utilidade do ISP é a identificação do perfil de segurança potencial da rodovia.

Através do ISP é possível localizar aqueles segmentos mais desfavoráveis do ponto de vista da segurança viária, mesmo sem que se disponha de dados sobre a ocorrência de acidentes. Dessa forma, é possível tratar situações desfavoráveis do ponto de vista da segurança viária, antes que quantidades expressivas de acidentes tenham que ocorrer para chamar atenção sobre elas.

O método proposto nesse trabalho provê informações sobre as condições de segurança da rodovia que permitem a atuação sobre o ambiente viário para alterar sua predisposição à ocorrência de acidentes. Nesse sentido, o ISP pode ser usado como uma ferramenta de gerenciamento pró-ativo da segurança rodoviária.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A seguir seguem algumas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros direcionados a contribuir no avanço do tratamento da segurança viária.

- Sabe-se que o acidente resulta da combinação de fatores contribuintes ligados aos componentes humano, viário-ambiental e veicular. O método de avaliação proposto nesse estudo contempla exclusivamente o componente viário-ambiental do acidente. Portanto, seria interessante a concentração de esforços de pesquisa no desenvolvimento de métodos quantitativos de avaliação das condições de segurança de veículos e dos motoristas. A análise conjunta desses métodos poderá conduzir à estimativa dos percentuais de responsabilidade atribuídos a cada um dos 3 componentes do acidente (componente humano; componente veicular e componente viário-ambiental) fundamentada na realidade brasileira.
- Rodovias de pista dupla apresentam características de operação diferentes daquelas observadas em rodovias de pista simples. Da mesma forma, os acidentes em rodovias de pista dupla apresentam particularidades quanto a sua gênese. Portanto, a transferência do método proposto nesta tese para o contexto de rodovias de pista dupla exigiria a realização de pesquisas adicionais. Essas pesquisas devem

contemplar os fatores contribuintes específicos para a ocorrência de acidentes em ambientes rodoviários de pista dupla.

- A preocupação com a segurança viária deve estar presente desde a fase de concepção dos projetos viário. Frequentemente, as intervenções para melhoria das condições de segurança de um via são menos onerosas se ocorrerem em estágios iniciais de elaboração dos projetos viários. Portanto, sugere-se o desenvolvimento de trabalhos que viabilizem a incorporação das avaliações de segurança nesses estágios.
- Com o objetivo de permitir o aprofundamento do estudo das relações entre características viárias e a incidência de acidentes nas rodovias brasileiras, faz-se necessário conhecer, em maior detalhe, as características das condições viárias nos locais que ocorrem concentrações de acidentes. Sendo assim, é importante direcionar recursos e pesquisas no sentido de prover condições para melhorar a qualidade da coleta de dados sobre a rodovia e seu entorno nos locais dos acidentes, bem como da forma de armazenamento e disponibilização desses dados. A coleta automatizada em campo de dados sobre geometria e outras características físicas da rodovia proporcionaria o enriquecimento das bases de dados sobre a componente viário-ambiental do acidente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-MASAEID, H.R. Impact of pavement condition on rural road accidents. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 24, p. 533-531, 1997.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). **A policy on geometric design of highway and streets**. 4ed. Washington, D.C.: AASHTO, 2001. 905p.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). **Highway safety design and operations guide**. Washington, D.C. : AASHTO, 1997. 118p.
- APPLETON, I. **Progress with the introduction of road safety audit in Australia and New Zealand**. Report no. RA/96/519S, Christchurch, 1996. 14p.
- APPLETON, I. Safety audit of traffic control at roadwork sites. **NZ Road Makers Federation Annual Conference**. Nova Zelândia, 1999. 9p.
- AUSTROADS. **Road safety audit**. Austroads National Office, Austrália, 1994. 103p.
- BORNSZTEIN, L.L. **Auditoria de segurança viária na análise e projeto de interseções semaforizadas**. São Paulo, 2001. 183p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- BRANCO, A. M. **Segurança rodoviária**. São Paulo: CL-A Cultural Ltda, 1999. 108p.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos. Norma rodoviária PRO-007/94**. Rio de Janeiro, 1994a. 6p.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Norma rodoviária PRO-008/94**. Rio de Janeiro, 1994b. 10p.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro, 1999. 195 p.
- DNIT. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. **Relatório de extensões do sistema rodoviário nacional**. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/apr/index.htm>. Acesso em: fevereiro de 2003.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Anuário estatístico de Acidentes de Trânsito – 2001**, Brasília, 2002. 45p.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Código de trânsito brasileiro**. Brasília, 2000, 227p.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Estatística de condutores brasileiros - 2002**. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/est_condutores_2002.htm>. Acesso em: fevereiro de 2003.

CANALE, S.; LEONARDI, S.; NICOSIA, F. Definition of an index of performance in order to characterize the level of dangerousness of road infrastructures. In: XXIst World Road Congress. Kuala Lumpur, 1999. **Proceedings of the XXIst World Road Congress**.

COELHO, H.S. **Análise da influência das características físico-operacionais das vias na ocorrência de acidentes de trânsito nas rodovias federais**. Brasília, 1999. 185p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil (Transportes) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília.

CNT. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa rodoviária 2002 - relatório gerencial**. Brasília, 2003. 93p. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>> Acesso em: março de 2003.

CUCCI NETO, J.; WAISMAN, E J. Aplicações de engenharia de tráfego na segurança dos pedestres. In: XIII CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 1999, São Carlos. **Anais do XIII Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Rio de Janeiro, ANPET, v. III, p. 535-545.

FHWA. Federal Highway Administration. **Prediction of the expected safety performance of rural two-lane highway**. FHWA-RD-99-207. Washington, DC, 2000. 194p.

FHWA. Federal Highway Administration. **Safety effectiveness of highway design features - volume II: Alignment**. Report no. FHWA-RD-91-045. Washington, DC, 1992a. 14p.

FHWA. Federal Highway Administration. **Safety effectiveness of highway design features - volume III: Cross Sections**. Report no. FHWA-RD-91-046. Washington, DC, 1992b.

ETSC. EUROPEAN TRANSPORT SAFETY COUNCIL. **Transport safety performance indicators**. Brussels, 2001. 85p. Disponível em: <<http://www.estc.be>>. Acesso em: janeiro de 2003.

- FITZPATRICK, K.; BALKE, K.; HARWOOD, D. W. AND ANDERSON, I. B. **Accident mitigation guide for congested rural two-lane highways**. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Report 440, Washington, DC. 2000. 104p.
- FONTANELE, H. B.; SÓRIA, M. H. A. Estudo para adaptação de um método de classificação de estradas não pavimentadas às condições do município de São Carlos/SP. In: XIV CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 2000, Gramado. **Anais do XVI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Rio de Janeiro, ANPET, 2000, v. I, p. 69-80.
- FRAMARIM, C. S.; LINDAU, L. A. Revisando as técnicas de análise de conflito de tráfego. Em avaliação pelo Comitê Científico do XVII CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES (ANPET). Rio de Janeiro, 2003.
- FRIDSTRÖM, L.; INGEBRIGTSE, S. An aggregate accident modal based on pooled, regional time-series data. **Accident Analysis and Prevention**, v. 23 n. 5, p. 363-378, 1991.
- GAO. GENERAL ACCOUNTING OFFICE. **Research continues on the variety of factors that contribute to motor vehicle crashes**. No. GAO-03-436. EUA, 2003. 51p. Disponível em: <<http://www.gao.gov/cgi-bin/getrpt?GAO-03-436>>. Acesso em: abril de 2003.
- GUERRA, R. D.; BRAGA, M. G. C. A publicidade na faixa de domínio das rodovias: diretrizes para sua regulamentação e avaliação como fonte adicional de recursos. In: VIII CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 1994, Recife. **Anais do VIII Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Rio de Janeiro, ANPET, 1994, v. I, p. 336-346.
- HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Multivariate data analysis**. 5ed., Upper Sadle River, NJ. Prentice Hall, 1998.
- HAUER, E. Empirical Bayes approach to the estimation of ‘unsafety’: the multivariate regression method. **Accident Analysis and Prevention**, v. 24, n. 5, p. 457-477, 1992.
- HIGLE, J.L.; WHTKOWSKI, J.M. Bayesian identification of hazardous locations. **Transportation Research Record 1185**, p. 24-36. 1988.
- HILDEBRAND, E.; WILSON, F. **Road Safety Audit Guidelines**. University of New Brunswick Transportation Group, Canada, 1999. 161p.

- IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas**. Síntese da Pesquisa, Brasília, 2003, 21p.
- IVAN, J.N.; PASUPATHY, R.K.; OSSENBRUGGEN, P.J. Differences in causality factors for single and multi-vehicle crashes on two-lane highway. **Accident Analysis and Prevention**, v. 31, n. 6, p. 696-704, 1999.
- JACOBS, G., AERON, A. e ASTROP, A. **Estimating global road fatalities**. Transport Research Laboratory Department for International Development. Londres, 2000. 40p. Disponível em: <http://www.transport-links.org/transport_links/filearea/publications/1_329_TRL445.pdf> Acesso em: novembro de 2002.
- KOEPPPEL, B.; TUCK-PRIMDAHL, M. Road safety a lethal problem in third world. **The Urban Edge issues & innovations**. v. 14, n. 5, p. 1-3, 1990.
- LEE, G. The effectiveness of signing and lining. **Traffic Engineering & Control**, v. 39, n. 7/8, p. 444-447, 1998.
- LUOMA, J.; P. RÜMÄ Effects of variable speed limit signs on speed behavior and recall of sign. **Traffic Engineering & Control**, v.39, n.4, pp.234-282, 1998.
- MARCON, A.F. **Contribuição ao desenvolvimento de um sistema de gerência de pavimentos para a malha rodoviária estadual de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, 1996. Tese de Doutorado em Engenharia Civil (Transportes) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica.
- MENESES, F.A.B.; PORTO Jr., W.; LOUREIRO, C.F.G. Análise e tratamento de trechos rodoviários críticos em ambientes urbanos e suburbanos de grandes cidades. In: XIII CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 1999, São Carlos. **Anais do XIII Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**. v. 3, p. 101-104.
- MIAOU, S.; LUM, H. Modeling vehicle accident and highway geometric design relationship. **Accident Analysis and Prevention**. v. 25, n. 6, p. 689-109. 1993.
- MILTON, J.; MANNERING, F. The relationship among highway geometrics, traffic-related elements and motor-vehicle accident frequencies. **Transportation**. v. 25, p. 395-413, 1998.
- Mn/DOT. MINNESOTA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **An overview of Mn/DOT's Pavement condition rating procedures and indices**. USA, 2003b. 8p. Disponível em: <<http://www.mrr.dot.state.mn.us/pavement/PvmtMgmt>>. Acesso em: abril de 2003.

- Mn/DOT. MINNESOTA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Mn/DOT distress identification manual**. USA, 2003a. 44p. Disponível em: <<http://www.mrr.dot.state.mn.us/pavement/PvmtMgmt/DistressManual>>. Acesso em: abril de 2003.
- MIRANDA, V.A.A. **Utilização do método tripod na investigação dos fatores envolvidos nos acidentes de trânsito**. Rio de Janeiro, 1997. 169p. Tese de Doutorado em Engenharia Civil (Transportes) – Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MOMM, L.; DOMINGUES F. A. A. Segurança rodoviária: contribuição da macrotextura do pavimento. In: IX CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 1995, São Carlos. **Anais do IX Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**. v. 1, p. 114-125.
- MONT'ALVÃO, C.; BRAGA, M.G.C. A apresentação de informações sobre o tráfego e a utilização de painéis de mensagem variável. **Transportes**. v. 7, n. 2, p. 68-96. 1999.
- MONTGOMERY, D.C.; RUNGER G. C. **Applied statistics and probability for engineers**. 1a. ed., Wiley & Sons, 1994, 895p.
- MORGAN, R. Safety beyond standards: America's biggest road safety audit challenge. In: 21st CENTURY ITE INTERNATIONAL CONFERENCE, 1999, Kissimmee. **Proceedings of the 21st Century ITE international conference**.
- MORGAN, R. Organizational culture: an impediment to effective road safety audit. In: AUSTROADS INTERNATIONAL ROAD SAFETY AUDIT FORUM, 1998, Melbourne. **Proceedings of the Austroads International Road Safety Audit Forum**.
- NAVIN, F.; ZEIN, S.; NEPOMUCENO, J.; HO, G. Road safety audit and reviews: the state-of-the-art and beyond. In: 69TH INSTITUTE OF TRANSPORTATION ANNUAL MEETING, 1999, Las Vegas. **Proceedings of 69th Institute of Transportation Annual Meeting**.
- NODARI, C. T.; LINDAU, L.A. Auditoria de segurança viária. **Transportes**, v. 9, n. 2, p. 48-66, 2001.
- NOLAND, R. B. Traffic fatalities and injuries: the effect of changes in infrastructure and other trends. **Accident Analysis and Prevention**, v. 35, n. 4, p. 599-611, 2003.
- OGDEN, K.W. **Safer roads: a guide to road safety engineering**. Ashgate Publishing limited, University Press, Cambridge, 1996. 516p.

- OGDEN, K.W. The effects of paved shoulders on accident on rural highways. **Accident Analysis and Prevention**, v. 29, n. 3, p. 353-362, 1997.
- OMT. ONTARIO MINISTRY OF TRANSPORTATION. **Road Safety Audit**. Appendix A and B, Traffic Office, Canada, 2000.
- OKAMOTO, H.; KOSHI, M. A method to cope with the random errors of observed accident rates in regression analysis. **Accident Analysis and Prevention**, v. 21, n. 4, p. 317-332, 1989.
- PANITZ, M.A. Auditoria de segurança viária: a oportunidade perdida para redução da severidade de acidentes rodoviários. In: X CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, Brasília, 1996. **Anais do X Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**, v. II, p. 695-705.
- PIEPLES, T. **Feasibility and design audits**. Notes of presentation on Road Safety Audit Seminar promoted by Institute of Transport Engineers, Kissimmee, Florida, 1999.
- PROCTOR, S.; BELCHER, M. **The use of road safety audits in Great Britain**. TMS Consultancy. Coventry, England. 1993.
- PEO. PROFESSIONAL ENGINEERS ONTARIO. **Report of the highway 407 safety**. Review Committee. Disponível em: <<http://www.peo.on.ca>>. Acesso em: março de 2002.
- RIO GRANDE DO SUL. Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER). **Estatísticas de tráfego rodoviário – 1994**. Porto Alegre, 1995. 157p.
- RUMAR, K. **Transport safety visions, targets and strategies: beyond 2000**. European Transport Safety Council (ETSC), Bruxelas, Bélgica. 1999.
- SARAF, C. L. **Pavement condition rating system – review of PCR methodology**. Report no. FHWA/OH-99/004. Federal Highway Administration, Washington, DC, 1998. 130p.
- SAYED, T. **ICBC consultant training**. Insurance Company of British Columbia, Vancouver, BC, Canada,. 20-21 June, 2000.
- SAYED, T.; NAVIN, F. Caring highways, ITS and traffic safety. In: 2ND TRANSPORTATION SPECIALTY CONFERENCE, 1998, Halifax. **Proceedings of the 2nd Transportation Specialty Conference**. Canadian Society for Civil Engineering.

- SAYED, T.; NAVIN, F.; ABDELWAHAB, W. A countermeasure-based approach for identifying and treating accident-prone locations. **Canadian Journal of Civil Engineering**. v. 24, p. 683-691, 1997.
- SAYED, T.; ABDELWAHAB, W. Using accident correctability to identify accident-prone locations. **Journal of Transportation Engineering**, v.123, n.2, p.107-113, 1997.
- SCARINGELA, R.S.; MARTINEZ, A.; RODOLPHO, A. J. Auditoria de segurança viária nos projetos de sinalização semafórica da cidade de São Paulo. In: IX CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 1995, São Carlos. **Anais do IX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, v. 3, p. 405-409.
- SHANKAR, V.; MANNERING, F.; BARFIELD, W. Effect of roadway geometric and environmental factors on rural freeway accident frequencies. **Accident Analysis and Prevention**, v. 27, n. 3, p. 371-389, 1995.
- SOUZA, R. O.; FARIAS, M. F.; SHIMOISHI, J.M. Análise comparativa entre índices de irregularidade longitudinal do pavimento. In: XIV CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 2000, Gramado. **Anais do XVI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Rio de Janeiro, ANPET, 2000, v. I, p. 81-92.
- IHT. THE INSTITUTION OF HIGHWAYS & TRANSPORTATION. **Guidelines for the safety audit of highways**. England, 1996. 50p.
- TNZ. TRANSFUND NEW ZEALAND. (**Development of a safety performance index for safety audit of existing roads**. Report no.RA97/640s, Review and Audit Division New Zealand, 1998.
- TRRL. TRANSPORT AND ROAD RESEARCH LABORATORY. **Towards safer roads in developing countries – A guide for planners and engineers**. England, 1991.
- TAC. TRANSPORTATION ASSOCIATION OF CANADA. **The Canadian road safety audit guide**. Version 3 (Draft). Canadá, 2001, 81p.
- TRB. TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Designing safer roads: practices for resurfacing, restoration and rehabilitation**. Special report 214, Washington, DC: National Research Council, 1987.
- TRB. TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Strategic plan for improving roadside safety**. NCHRP web document 33. No. G17-13. Washington, D.C.: National Research Council, 2001.

TRENTACOSTE, M.; BOEKAMP, P.; DEPUE, L.; LIPINSKI, M.E.; MANNING, D.; SCHERTZ, G.; SHANAFELT, J.; WERNER, T.; WILSON, E. M. **FHWA Study tour for road safety audits – part 1**. Washington, D.C.: American Trade Initiative, Inc., Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, 1997a.

TRENTACOSTE, M.; BOEKAMP, P.; DEPUE, L.; LIPINSKI, M.E.; MANNING, D.; SCHERTZ, G.; SHANAFELT, J.; WERNER, T.; WILSON, E. M. **FHWA Study tour for road safety audits – part 2**. American Trade Initiative, Inc., Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, 1997b.

UNITED NATIONS. Guidelines on road safety action plans and programmes. New York, 1999, 66p.

UNIVERSITY OF MICHIGAN. **International roughness index (IRI)**. USA, 2003.
Disponível em: <<http://www.umtri.umich.edu/erd/roughness/iri.html>> Acesso em abril de 2003.

WANG, J.; HUGHES, W.E.; STEWART, R. **Safety effects of cross-section design for rural, four-lane, non-freeway highways: final report**. Report no. FHWA-RD-98-071, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1998.

WINNETT, M. A.; WHEELER, A. H. **Vehicle-activated signs – a large-scale evaluation**. Report 548. Transportation Research Laboratory. 2002.

WTIC. UNIVERSITY OF WISCONSIN. WISCONSIN TRANSPORTATION INFORMATION CENTER. **Safety evaluation for roadways - SAFER Manual**. EUA, 1996, 40p.

ANEXOS

ANEXO 1 - QUADRO SÍNTESE DOS *CHECKLISTS* DOS MANUAIS DE AUDITORIA
DE SEGURANÇA VIÁRIA

CRITÉRIOS	Sub- Critérios		Desdobramento		fonte			
	inglês	português	inglês	português	Austroad s	Transfun d	New Brunswick	Ontário
	1 General topics / Tópicos Gerais	Landscaping	Paisagem lateral	Is landscaping in accordance with guidelines (e.g. clearances, sight distance)	O landscaping está em acordo com padrões/diretrizes (ex. zonas livre de obstáculos, distâncias de visibilidade)	x	-	x
2			Are required clearance and sight distances not likely to be restricted following future plant growth (landscaping and natural)	As áreas livres de obstáculo e as distancias de visibilidade serão provavelmente restringidas com o desenvolvimento lindeiro?	x	-	x	x
3	Parking	Estacionamento	Are provisions for parking satisfactory in relation to traffic operations and safety?	A provisão de estacionamento é satisfatória em relação a operação do tráfego e a segurança?	x	x	-	x
4	Traffic barriers warrants	Barreiras de tráfego	Presence of non-traversable or fixed object hazards within clear zone.	Presença de non-transversal ou objetos fixos perigosos dentro da zona livre de obstáculos.	-	-	x	-
5			Does a potencial risk exist for vehicles crossing over median into the path of na opposing vehicle?	Existe risco do veículo cruzar o canteiro central e ir para pista de sentido contrário?	-	-	x	-
6			Accident history of area	Histórico de acidentes da área.	-	-	x	-
7	Consistency of design parameters	Consistência dos parâmetros de projeto	Ensure design parameters are consistent in alignment, cross section, interchanges and intersections.	Assegurar que os parâmetros de projeto são consistentes em relação ao alinhamento, a seção transversal, a interseções e a interchanges.	-	-	x	-
8	Rest areas / Picnic sites	Áreas de descanso / Locais de picnic	Are rest/picnic areas desirable?	As área de picnic e descanso são desejáveis?	-	-	x	-

9								
10			Is the number of rest areas/picnic sites within the project adequate?	O número de áreas de picnic e descanso no projeto é adequado?	-	-	x	-
11			Do rest area/picnic sites have safe access?	O acesso as áreas de picnic e descanso são seguros?	-	-	x	-
12			Are rest areas/picnic sites placed at appropriate locations?	As áreas de picnic e descanso estão situadas em lugares apropriados	-	-	x	-
13			Have appropriate signs been chosen and placed correctly to notify drivers of na upcoming rest area/picnic site?	Existem placas adequadas e corretamente posicionadas informando com antecedencia sobre as área de picnic/descanso?	-	-	x	-
14	Accident reports	Registros de acidentes	Accident reports available for specific facility?	Existem registros de acidentes específicos para determinadas facilidades?	-	-	x	-
15			Frequency of accidents at facility.	Frequência de acidentes em determinada facilidade.	-	-	x	-
16			Common accident characteristics discussed in reports	Características comuns de acidentes discutidas nos registros.	-	-	x	-
17	Temporary works	Obras temporárias	Interaction between temporary work and traffic flow.	Interação entre obras temporárias e fluxo de tráfego.	-	-	x	-
18			Overall standart of temporary traffic control	Padrões gerais de controle do tráfego temporário	-	x	-	-
19			Pavement surface conditions	condição da superfície do pavimento nas zonas de trabalho	-	x	-	-
20			Is temporary work adequately signed?	As obras temporárias são adequadamente sinalizadas?	-	x	x	-
			Visibility of temporary work area from approaching traffic.	Visibilidade da área de obras temporárias pelo tráfego em aproximação.	-	-	x	-

21			Are all locations free of construction or maintenance equipment that are no longer required?	O local é livre de equipamentos de construção e manutenção não mais necessários?	x	-	-	x
22			Are all locations free of signing or temporary traffic control device that are no longer required?	Existem placas ou controladores de tráfego não mais necessários?	x	-	x	x
23	Headlight glare	Ofuscamento devido ao farol dianteiro	Severity of head light glare during night operations.	Severidade do ofuscamento por faróis dianteiros durante operação noturna	-	-	x	-
24			Have any problems due to headlight glare (e.g. two-way service road close to main traffic lanes) been adressed?	Existem possíveis problemas devido a ofuscamento por farol dianteiro (e.g. via de serviço de dois sentidos próxima a faixa principal de tráfego)?	x	-	-	x
25	urban/rural interface	interface rural/urbana			-	x	-	-
26	Alignment and cross section / Alinhamento e seção transversal	Visibilidade, sight distance / Visibilidade, distância de visibilidade	Is sight distance adequate for the route speed?	A distância de visibilidade é adequada para velocidade praticada na via?	-	-	-	x
27			Is sight distance adequate for traffic using the route?	A distância de visão é adequada ao tipo de tráfego que usa a rodovia?	x	-	-	x
28			Is adequate sight distance provided for intersections, crossing (e.g. pedestrian, cyclist, cattle, railway)?	Existe distância de visibilidade adequada em interseções, cruzamentos (ex. pedestres, ciclistas, gado, rodovia) etc?	x	-	-	x
29	Design speed / posted speed	Velocidade de projeto / velocidade sinalizada	Is the horiz and vert alignment suitable for (85th percentile) the traffic speed? If not:	O alinhamento horz e vert é adequado a velocidade do tráfego (85 percentil)? Se não:	x	x	x	x
30			a) Are warning signs installed?	a) Existem sinais de advertência instalados?	x	-	-	x
31			b) Are advisory speed signs installed?	b) Existem sinais indicando a velocidade?	x	-	-	x

32			Check the continuity of the design speed and the posted speed.	Checar a continuidade da velocidade de projeto e velocidade sinalizada?	-	-	x	-
33			Is the traffic following the posted speed?	O tráfego segue velocidade sinalizada?	-	-	x	-
34			Are the posted advisory speeds for curves appropriate?	A velocidade sugerida nas curvas é adequada?	x	x	x	x
35	overtaking	ultrapassagem	Are adequate passing opportunities provided?	São providas oportunidades adequadas de ultrapassagem?	x	x	-	x
36			Passing lanes	Faixas de ultrapassagem	-	x	-	-
37	widths	larguras	Are all traffic lanes and carriageway width, including bridges, adequate?	As faixas de tráfego e os leitos carroçáveis, incluindo pontes, são adequados?	x	x	-	x
38			Is the lane width sufficient for road design/classification?	A largura da faixa é suficiente para o projeto viário / classificação?	-	-	x	-
39	shoulders	acostamento	Are shoulder widths appropriate for all vehicles and road users (e.g. for broken down or emergency vehicle)?	A largura apropriada para comportar todos tipos de veículos e usuários da via (ex. veículos de emergência e/ou veículos quebrados)?	x	x	x	x
40			Are shoulder traversable for all vehicles and road users?	A via apresenta condições de trafegabilidade para todos veículos e usuários da via?	x	-	-	x
41			Is the shoulder cross slope sufficient to provide proper drainage?	Possui inclinação transversal adequada para drenagem?	x	-	x	x
42			Is treatment of embankment sufficient?	O tratamento dos taludes são suficientes?	-	x	x	-
43			Are there drop-offs?	Existem desníveis?	-	-	x	-
44			Are rumble strip properly installed where warranted?	existem faixas sonorizadoras longitudinais onde justificáveis?	-	-	x	-

45			Is shoulder surfacing appropriate for road classification?	O revestimento do acostamento é adequado a classe da via? (bordo alertador)	-	-	x	-
46	batter slopes - Side Slope	inclinação lateral (talude)	Are the batter slopes and table drains safe for run off vehicles to traverse?	Os taludes laterais e grades de drenos são seguros para veículos que saiam da pista?	x	x	-	x
47	cross sectional elements:	elementos transversais:	Determine if the proposed project has a suitable cross section for the ultimate requirements of the road including: classification; design speed; level of service/peak service volumes.	Determinar se o projeto proposto tem elementos de seção transversal adequados para a via de acordo com sua: Classificação, velocidade de projeto e nível de serviço/volume pico de serviço.	-	-	x	-
48			Determine if adjustments in dimensions can be made for future expansion possibilities.	Determine se ajustes nas dimensões podem ser feitos para possíveis expansões futuras.	-	-	x	-
49	a)Cross slopes / superelevation	a)talude / superelevação	Do crown and cross slope design provide sufficient storm water drainage?	A inclinação da rodovia é suficiente para drenar a água durante temporais?	-	-	x	-
50			Do different rates of cross slope exist along adjacent traffic lanes?	Existem taxas de inclinação diferentes ao longo das faixas de tráfego?	-	-	x	-
51	b)drainage	b)drenagem	Is the drainage channel appropriate for topography, maintenance and snow drift?	O canal de drenagem é apropriado para a topografia, manutenção e acúmulo de neve?	-	-	x	-
52			Is there possibility of surface flooding or overflow from surrounding or intersecting drains and water courses	Existe a possibilidade de transbordamento ou alagamento proveniente dos arredores ou de drenos ou cursos d'água?	-	-	x	-
53			Does the proposed roadway have sufficient drainage?	A via tem drenagem suficiente?	-	x	x	-

54	c)pavement widening	c)largura do pavimento (ou calçamento)	Is sufficient pavement width provided along curves where off tracking characteristics of vehicles are expected?	A largura da área pavimentada é suficiente ao longo das curvas onde se espera que...	-	-	x	-
55	alignment	alinhamento	Are there excessive curves that cause sliding in adverse weather conditions?	Existem curvas muito acentuadas que possam causar derrapagem em condições meteorológicas adversas?	-	-	x	-
56	d)horizontal alignment	d) alinhamento horizontal	check that a transition curve is required between a tangent and a circular curve.	checar se é necessário curvas de transição entre tangentes e curvas circulares	-	-	x	-
57			Is the superelevation with transition curves suitable in relation to effects of drainage?	A combinação de superelevação e curvas de transição são adequadas em relação aos efeitos de drenagem?	-	-	x	-
58	e)vertical alignment	e)alinhamento vertical	Are there excessive grades which could be unsafe in adverse weather conditions?	Existem rampas excessivamente acentuadas que possam ser inseguras em condições meteorológicas adversas?	-	-	x	-
59			Is a climbing lane provided where overtaking and passing manoeuvres are limited due to terrain?	São providas faixa de ultrapassagem (climbing lanes) onde ultrapassagem e "passing manoeuvres" são limitadas devido ao terreno?	-	-	x	-
60			Is a climbing lane provided in areas where the design gradient exceeds the critical length of the grade?	Existem climbing lanes onde o grau de inclinação projetado excede o comprimento crítico para a inclinação?	-	-	x	-
61			Verify that escape lanes are provided where necessary on steep grades. If not are escape lanes feasible?	verificar se existem faixas de escape onde necessário em inclinações descendentes acentuadas, se não ver se faixas de escape são viáveis.	-	-	x	-

62			Are there adequate provision of passing opportunities?	São providas de oportunidades de ultrapassagem adequadas?	-	-	x	-
63			are there sufficient spacing between passing zones?	Existe espaçamento suficiente entre zonas de ultrapassagem?	-	-	x	-
64	f)combined vertical and horizontal alignment	f)combinação do alinhamento vertical e horizontal	Check the interaction of horizontal and vertical alignments in teh road(i.e., roller coaster alignment, sequencing of horizontal/vertical curves)	checar a interação entre os alinhamentos vertical e horizontal na via (roller croaster alignments, sequenciamento de curvas horiz/vert)	-	-	x	-
65	readability by drivers	legibilidade pelos motoristas	Are there any sections of roadway which may cause confusion?	existem locais que podem confundir o usuário (ex. marca antigas)	x	-	x	x
66			Is alignment of road clearly defined?	O alinhamento da via é claramente definido?	x	-	x	x
67			Has disused pavement (if any) been removed or treated?	Existem áreas pavimentadas não utilizadas sendo removidas ou tratadas?	x	-	-	x
68			Have old pavement markings been removed properly?	As marcações antigas no pavimento foram devidamente removidas?	x	-	x	x
69			Do streetlights and tree lines conform with the road alignment?	Os postes de iluminação e o alinhamento de arvores estão em concordância com o alinhamento da via?	x	-	x	x
70	classification	classificação	Check the apropriateness of classification and design for the proposed project's design volume and traffic composition.	checar se a classificação e o projeto são apropriados para volume e composição de tráfego propostos.	-	-	x	-
71			Is the design of proposed project flexibleenough to accommodate unforeseen increases in volume or changes in traffic characteristics?	O projeto e a classe da rodovia é suficientemente flexível para acomodar crescimentos de fluxo e mudanças nas características de trafego não previstos?	-	-	x	-

72	bridge structures	pontes	Check that the horizontal and vertical alignment conforms with the approach roadways.	Checar se o alinhamento vertical e horizontal se ajusta as rodovias que interceptam.	-	-	x	-
73			Check for sufficient vertical clearance and proper signage of height restrictions.	Checar a existência de espaço vertical suficiente e sinalização dos limites de altura.	-	-	x	-
74			Is the horizontal clearance adequate from the roadway to the bridge rail/parapets?	Existe espaço adequado entre a rodovia e a mureta/cerca de pontes?	-	-	x	-
75			Is stopping and passing sight distances obstructed by bridge abutments and parapets?	As distâncias de visibilidade para parada ou para ultrapassagem são obstruídas pelas muretas da ponte?	-	-	x	-
76			Is signage required for the delineation, weight restriction, or warning of deck freezing? Is it properly installed?	É necessário placas para delineamento, restrição de peso ou avisos de congelamento do deck? Estão adequadamente instalados?	-	-	x	-
77			Are there drainage grates that interfere with cyclists?	Existem grades de drenos que atrapalhem ciclistas?	-	-	x	-
78			Are shoulders widths reduced across structure? Are warning signs required?	Existe redução da largura de acostamento na estrutura? Existem placas advertindo essa redução.	-	-	x	-
79			Is the proper clearance window provided at underpasses? Is the window providing the minimum clearance for height and width?	São providas a altura e largura necessárias nas passagens subterrâneas?	-	-	x	-
80			Are the proper curb height used for sidewalks, parapets and safety curbs on bridge structures?	São usados meio-fio de altura apropriada nas calçadas e parapeitos e nas guias de segurança das pontes?	-	-	x	-

81			Are the proper drainage features incorporated into the design of underpasses, overpasses and bridges structures to prevent ponding?	O projeto inclui dispositivos de drenagem para evitar a formação de poças e água nas passagens subterrâneas, elevadas e pontes?	-	-	x	-	
82			Will there be a visual perception of narrowing or funneling at underpasses and overpasses due to location and type of abutment walls in relation to the traveled roadway passing under the structure?	Existirá uma percepção visual de afunilamento ou estreitamento nos túneis e elevadas devido a localização dos pilares em relação a via que passa por baixo da estrutura?	-	-	x	-	
83			Are the toes of slope at abutments clear of the clear recovery zone for the classification of highway?	A base dos taludes são nítidas dentro da faixa livre de obstáculos própria para a categoria da rodovia	-	-	x	-	
84			Do all the appropriate side clearances, median clearances and hazard clearance for bridges meet classification standards?	Os espaços laterais, espaços dos canteiros centrais e a hazard clearance das pontes obedecem os padrões da classe da via.	-	-	x	-	
85	Intersections / Interseções	location / spacing	localização / espaçamento	Are intersections located safely with respect to horizontal and vertical alignment?	A localização das interseções é adequada em relação ao alinhamento horizontal e vertical?	x	-	-	x
86				Is there sufficient spacing between intersections?	Existe espaçamento suficiente entre interseções?	-	-	x	-
87				Does horizontal/vertical alignment affect the location/spacing of the intersections?	O alinhamento vertical e horizontal afeta a localização/espaçamento da interseção?	-	-	x	-
88				Are junctions and access adequate for all permitted vehicle movements?	Os acessos e entroncamentos adequados para todos os movimentos veiculares permitidos?	-	-	x	-

89	controls	controles	Are pavement marking and intersection control signing satisfactory?	A sinalização horizontal e placas de controle da interseção são satisfatórias?	x	x	-	x
90	Regulatory-side road controls	controle de acesso das vias laterais			-	x	-	-
91	controls: marking	controles: marcações	Are pavement markings clearly visible in day and night time conditions?	As marcações no pavimento são visíveis durante os períodos do dia e noite?	-	x	x	-
92			Check retroreflectivity of markings.	Checar reflexividade da marcações.	-	-	x	-
93	controls: signs	controles: placas	check visibility and readability of signs to approaching users.	Checar visibilidade e condições de leitura das placas para usuários em aproximação.	-	x	x	-
94			Check locations and number of signs	Checar a localização e quantidade de placas	-	-	x	-
95			Check for any missing/redundant/broken signs	checar placas faltando/redundantes/quebradas.	-	-	x	-
96			Are stop/yield signs used appropriate?	Placas de pare e de a preferencia são usadas adequadamente?	-	-	x	-
97	controls: signal	controles: semáforos			-	x	-	-
98			Have high intensity signals/target boards/shields been provided where sunset and sunrise may be a problem?	Existem semáforos/painéis/?? de alta intensidade onde pode haver problemas com nascer ou por do sol?	-	-	x	-
99			Check locations and number of signals. Are signals visible?	Checar a quantidade e localização dos semáforos. Ver se estão visíveis?	-	-	x	-
100			Ensure that traffic signals adjacent to roads do not affect driver perception of the road.	Assegurar que os semáforos de vias adjacentes não afetem a percepção dos motoristas da via.	-	-	x	-
101			Are auxiliary heads necessary?	São necessários displays auxiliares?	-	-	x	-

102			Are primary and secondary signal heads properly positioned?	Os semáforos estão adequadamente posicionados?	-	-	x	-
103	controls: signal phasing	controle: fases semaforicas	Are minimal green and clearance phases provided?	São providos verde mínimos e vermelho geral?	-	-	x	-
104			Is the signal phasing plan consistent with adjacent intersections?	O plano semaforico é consistente com as interseções adjacentes?	-	-	x	-
105	visibility, sight distance	visibilidade, distância de visão	Is sight distance adequate for all movements and all users?	Distância de visão é adequada a todos movimentos e todos usuários?	x	x	x	x
106			Are sight lines obstructed by signs, bridge abutments, buildings, landscaping, etc.?	As linhas de visão estão obstruídas por placas, pilares, prédios, paisagens, etc.?	-	-	x	-
107			Could sight lines be temporarily obstructed by parked vehicles, snow storage, seasonal foliage, etc.?	As linhas de visão podem ser temporariamente obstruídas por veículos estacionados, acumulo de neve ou vegetação sazonal?	-	x	x	-
108			Do grades at intersections allow desirable sight distance?	As inclinações nas interseções permitem distancia de visibilidade desejável?	-	-	x	-
109	visibility/conspicuity	visibilidade/conspicuidade			-	x	-	-
110			Does the horiz and vert alignment provide adequate visibility of the intersection?	O alinhamento vertical e horizontal permite adequada visibilidade da interseção?	-	-	x	-
111			Are sight lines to the intersection obstructed?	As linhas de visão da interseção estão obstruídas?	-	-	x	-
112	layout	desenho	Is the intersection layout obvious to all users?	O desenho da interseção é lógico para todos usuários?	x	x	-	x
113			Are the turning radii and tapers appropriate?	Os raios de curvatura e estreitamentos são adequados?	x	-	-	x

114			Is the alignment of kerbs, traffic island and medians satisfactory?	O desenho dos meios-fios, ilhas e divisórias são satisfatórios?	x	-	-	x
115			Are lane width adequate for all vehicles classes?	A largura das faixas é adequadas para todas classes de veículos?	-	-	x	-
116			Are there any upstream and downstream features which may affect safety? (visual clutter, angle parking, high volume driveways)	Existem características a montante ou jusante que possam afetar a segurança (obstruções visuais, estacionamento oblíquos, vias de alto tráfego) ?	-	-	x	-
117			Are separate through lanes needed but not provided?	São necessárias mas não providas faixas separadas para o tráfego de passagem?	-	-	x	-
118	layout - manoeuvres	layout das manobras	Are vehicle manoeuvres obvious to all users?	As manobras dos veículos são óbvias para todos usuários?	-	x	x	-
119			Identify any potential conflicts in movements.	Identificar qualquer conflito potencial nas manobras.	-	-	x	-
120	layout - auxiliary/turning lanes	layout de faixas auxiliares e de conversão	Are they of appropriate length?	Possuem comprimento apropriado?	-	-	x	-
121			Is there advance warning of approaching auxiliary lanes?	As faixa auxiliar são sinalizadas com antecedência?	-	-	x	-
122			Is sight distance for entering/leaving vehicles adequate?	Existe distancia de visibilidade adequada para veículos entrando ou saindo?	-	-	x	-
123			Are tapers intalled where needed? Are they correctly aligned?	existem estreitamentos instalados onde necessário? Estão corretamente alinhados?	-	-	x	-
124	warnings	advertências	Where intersections occur at the end of high speed environments (e.g. at approaches to towns), are there traffic control devices to alert drivers?	Existem avisos para alertar motoristas quando as interseções ocorrem ao final de ambientes de alta velocidade (ex. nas aproximações de cidades)?	x	-	-	x

125			Are lateral rumble strips required and properly positioned?	São necessária faixas laterais sonoras e estão apropriadamente posicionadas	-	-	x	-	
126			Are pavement markings appropriate for the intersection?	As marcações no pavimento são apropriadas para a interseção?	-	-	x	-	
127			Is adequate warning provided for signals not visible from na appropriate sight distance? (signs, flashing lits, etc.).	É provida adequada advertência dos semáforos não visíveis de uma distancia apropriada (placas, luz piscante, etc)	-	-	x	-	
128	roundabouts and islands	rotatórias e ilhas			-	x	-	-	
129	destination signs	placas indicativas de destinos			-	x	-	-	
130	running distance kms (return)	distancias dos retornos			-	x	-	-	
131	Interchange / interseção em mais de um nível	location / spacing	localização / espaçamento	Does the location of the interchange serves the needs of the surroundingcommunity.	A interchange atende as necessidades da comunidade dos arredores?	-	-	x	-
132				Determine if the spacing between interchanges in the network is sufficient.	Determine se o espaçamento entre interchanges na rede é suficiente.	-	-	x	-
133	weaving lanes	faixas de entrelaçamento	Ensure appropriate lenght and number of weaving lanes.	Assegure comprimento e número apropriado de faixas de entrelaçamento.	-	-	x	-	
134	ramps	rampas	Is the design speed appropriate for site limitations, ramp configurations, and vehicle mix?	A velocidade de projeto é apropriada para as limitações do local, configurações das rampas e mix de veículos.	-	-	x	-	
135			Adequae distance between sucessive entrance and exit noses?	Existe distância adequada entre entradas e saídas sucessivas?	-	-	x	-	

136			Is design of main lane adequate at exit/entrance terminals?	O projeto da via principal é adequado nos terminais de saída e entrada?	-	-	x	-
137	ramps: exit terminals	rampas de terminais de saída	Is the length adequate for deceleration.	O comprimento é adequado para a desaceleração?	-	-	x	-
138			Is adequate sight and decision sight distance provided?	É provida adequada distancia de visibilidade e distancia de decisão?	-	-	x	-
139			Are spiral curves warranted? If so, do spirals begin and end at appropriate locations?	Se justiça a adoção de curvas espirais? Se sim, as espirais começam ou terminam em locais apropriados?	-	-	x	-
140	ramps: entrance terminals	rampas de terminais de entrada	Is the length appropriate for acceleration and safe and convenient merging with through traffic?	O comprimento é apropriado para aceleração, segurança e mistura com o trafego de passagem?	-	-	x	-
141			Are spiral curves warranted? If so, do spirals begin and end at appropriate locations?	Se justiça a adoção de curvas espirais? Se sim, as espirais começam ou terminam em locais apropriados?	-	-	x	-
142			Is the length of acceleration adequate for traffic composition?	O comprimento da faixa de aceleração é conveniente para a composição do tráfego?	-	-	x	-
143			Is there an adequate view of the speed change lane at the nose?	Existe uma visão adequada da pista de mudança de velocidade?	-	-	x	-
144			Is visibility obscured by traffic barriers and other obstructions?	A visibilidade é atrapalhada por barreiras de trafego e outras obstruções?	-	-	x	-
145	service road system	vias de serviço	Is there adequate distance between the highway and the service road to allow for future development?	Existe distância adequada entre a rodovia e a via de serviço para futuras ampliações?	-	-	x	-
146			Does service road traffic adversely affect traffic flow along the highway?	O tráfego na via de serviço afeta desfavoravelmente o fluxo ao longo da rodovia?	-	-	x	-

147			Is there sufficient access to/from the service road?	Existem acessos suficientes para a via de serviço?	-	-	x	-	
148	Lane balance/basic lanes/lane continuity	balanceamento de pistas/pista básica/continuidade de pista	Is the number of lanes appropriate for safe operations and to accommodate variations in traffic patterns?	O número de pistas é apropriado para operação segura e acomodação de variações nos padrões de tráfego.	-	-	x	-	
149			Is there coordination of lane balance and basic lanes?	Existe coordenação entre o balanceamento das pistas e as pistas básicas?	-	-	x	-	
150			Is lane continuity maintained?	A continuidade da pista é mantida?	-	-	x	-	
151	Auxiliary/turning lanes	faixa auxiliar ou de conversão	Are they of appropriate length?	São de comprimento apropriado?	-	-	x	-	
152			Is there advance warning of approaching auxiliary lanes.	Existe avisos antecipando a aproximação de pistas auxiliares	-	-	x	-	
153			Is sight distance for entering/leaving vehicles appropriate?	A distância de visibilidade para veículos entrando e saindo é apropriada?	-	-	x	-	
154			Are tapers installed where needed? Are they correctly aligned?	existem estreitamentos instalados onde necessário? Estão corretamente alinhados?	-	-	x	-	
155			Is the service road being used for its original intent?	As vias de serviço estão sendo usados para seu original propósito?	-	-	x	-	
156	Auxiliar lanes and turn lanes / Faixa auxiliar e faixa de conversão	shoulders	acostamento	Are appropriate shoulder widths provided at merges in accordance with design guidelines?	São providas larguras de acostamento adequada as diretrizes do projeto?	x	-	-	x
157		sign	sinalização	Is signing and marking installed in accordance with standards?	As placas e marcações na via estão de acordo com os padrões?	x	-	-	x
158		visibility, sight distance	visibilidade, distância de visão	have right turn movements within the length of the auxiliary lane been avoided?	Existem movimentos de conversão a direita evitados dentro do comprimento da faixa auxiliar?	x	-	-	x

159			has stopping sight distance been provided to the rear of turning vehicles?	É provida distância de visibilidade para a traseira de veículos em conversão?	x	-	-	x	
160			Has stopping sight distance been provided for entering and leaving vehicles?	É provida distância de visibilidade para veículos que estejam entrando ou saindo da via?	x	-	-	x	
161	turning traffic	tráfego de conversão	Is there advance warning of the approaching auxiliary lane (1km, 5 km ...)?	Existência de placas advertindo a aproximação da faixa auxiliar (5km, 1km, ...)	x	-	-	x	
162	tapers	estreitamentos	Are starting and finishing tapers located and aligned correctly?	O início e final dos estreitamentos estão localizados e alinhados corretamente?	x	-	-	x	
163	Non-motorised traffic / Tráfego não motorizado	path	Are there appropriate travel path and crossing points for pedestrians and cyclists?	existem caminhos e pontos de travessias adequados para ciclistas e Pd.?	x	-	-	x	
164		bus stops	paradas de ônibus	Are bus stops appropriately located with adequate clearance from the traffic lane for safety and visibility?	A paradas de onibus adequadamente localizadas e construídas com adequada área livre para sua visibilidade e segurança em relação ao tráfego?	x	-	-	x
165		elderly and disabled	idosos e deficientes	Are there adequate provision for the elderly, the disabled, children, wheelchair and baby carriages (e.g., holding rails, curb and median crossing, ramps)?	Existem facilidades para idosos, deficientes, cadeira de rodas, carrinho de bebe ?(ex. Corrimão, meio-fio rebaixado, travessia nas ilhas e rampas)	x	-	-	x
166			Where necessary, are hand rails provided (e.g. bridges, ramps), and are they adequate?	Onde necessário existem corrimãos adequados (pontes, rampas)?	x	-	-	x	

167			Distance between stop line and pedestrian crossing at signalized intersections (for visibility of pedestrian from truck driver's seat)	A distancia entre a linha de retenção do semáforo e a travessia de pedestres é adequada para permitir que motoristas de caminhão enxerguem os pedestres?	x	-	-	x
168			Signal timing (cycle length, pedestrian clearance time, are pedestrian buttons operable?)	Tempos de semáforo - comprimento de ciclo adequado, tempo para pedestres, botoeiras funcionando	x	-	-	x
169	cyclists	ciclistas	Is the pavement width adequate for the number of cyclists using the route?	largura do calçamento adequado para a quantidade de ciclistas usando a rota?	x	-	-	x
170			Are bicycle safe grates provided at catchbasins where necessary?	existem grades de segurança para bicicletas em buracos de bueiros?	x	-	-	x
171			Is the bicycle route continuous, i.e. free of squeeze points or gaps?	A ciclovia tem continuidade, isto é, é livre de pontos de estrangulamentos e interrupções?	x	-	-	x
172	barriers and fencing	barreiras e cercas	Where necessary, is crash barriers installed to separate vehicle, pedestrians and cyclists flows?	onde necessário existem barreiras para separar fluxos de veículos, pedestres e ciclistas?	x	-	-	x
173			Is fencing of your design (e.g. avoid solid horizontal rails)?	As cercas são adequadas (ex. evitam barras horizontais)?	x	-	-	x
174			Where necessary, is fencing installed to guide pedestrians and cyclists to crossing or overpasses?	Onde necessário existem cercas para guiar os pedestres e ciclistas para travessias ou passarelas?	x	-	-	x
175	Signs and Lighting / Sinalização e Iluminação (austroads, Ontario)	placas	Are all necessary regulatory, warning and direction signs (including detours) in place? Are they conspicuous (visible)?	Existem todas as placas de regulamentação, advertência e orientação necessárias (incluindo desvios) corretamente localizadas? São visíveis?	x	x	x	x

	Visual Aid / Ajuda Visual (new brunswick)								
176			Destination signs and road name signs	Placas de destino e de nome de vias	-	x	-	-	
177			Are frangible bases provided where its impossible to locate extrudes aluminum sign standards outside clear zone?	São usadas bases "frangíveis" onde não é possível usar placas padrão de alumínio "extruded" fora da área livre de obstáculos?	-	-	x	-	
178			Are there any redundant/missing/broken signs?	Existem placas redundantes/faltando/quebradas?	x	-	x	x	
179			Are traffic signs in their correct locations, and properly positioned with respect to lateral clearance and height?	As placas de trafego estão corretamente localizadas e posicionadas em relação a sua altura e paisagem lateral?	x	-	x	x	
180			Are the correct signs used for each situation, and is each sign necessary?	As placas estão sendo usadas corretamente para cada situação e cada placa é necessária?	x	x	-	x	
181			Are proper grades of retroreflective sheetings used?	São usados níveis adequados de reflectancia?	-	-	x	-	
182			Are all signs effective for all likely conditions (e.g. day, night, rain, fog, rising and setting sun, oncoming headlights, poor lighting)?	As placas são adequadas para visualização em todas condições prováveis de tempo e luz?	x	-	x	x	
183			Check operation of variable message sign.	Checar operação de placas de mensagem variável.	-	-	x	-	
184			Check consistency of variable message signs with respect to standard fonts and phrases.	Checar consistência das placas de mensagem variável com os padrões de fonte e frases.	-	-	x	-	
185			Is signage of horizontal alignment adequate where required?	A sinalização de alinhamento horizontal é adequada onde	-	-	x	-	

			necessária?					
186			Have bases been installed at the proper height? Are they frangible?	As bases estão instaladas em altura apropriada? São frangíveis?	-	-	x	-
187			Do sign supports conform to accepted standards and guidelines?	Os suportes das placas estão de acordo com as normas e padrões aceitáveis?	x	-	-	x
188			Are signs placed so as not to restrict sight distance, particularly for vehicles?	Existem placas instaladas prejudicando a distancia de visibilidade particularmente para veículos em conversão?	x	-	x	x
189	lighting	iluminação	Is appropriate lighting installed at intersections, roundabouts, pedestrian and bicycle crossing, pedestrian refuges, etc.?	Existe iluminação adequada em interseções, rotatórias, travessias e refúgios de pedestres e ciclistas, etc.?	x	x	-	x
190			Has lighting for signs, particularly overhead signs, been provided where necessary?	Existe iluminação para placas, especialmente placas em pórticos?	x	-	x	x
191			Is all lighting operating satisfactorily?	Todo o sistema de iluminação opera satisfatoriamente?	x	-	-	x
192			Are all locations free of any lighting which may conflict visually with traffic signals or signs?	Existe alguma iluminação conflitando com a visualização de semáforos e placas.	x	-	x	x
193			Have bases been installed at the proper height?	As bases das luminárias estão instaladas em altura apropriada?	-	-	x	-
194			Affect of adjacent road lighting on driver perception of road?	A iluminação de vias adjacentes afeta a percepção do usuário a respeito da rodovia?	-	-	x	-
195			Check appropriate location of luminaires at interchanges, intersections ect.	Checar se é apropriada a localização das luminárias nas interseções, confluência etc.	-	-	x	-

196			Will luminaires create glare for road users on adjacent roads?	As luminárias irão provocar ofuscamento nos usuários das vias adjacentes?	-	-	x	-
197			Are the appropriate type of pole used for all locations and correctly installed(e.g. slip base at correct height, rigid poles protected if within clear zone)?	São usados tipos adequados de postes para todos locais e estão corretamente instalados (e.g., base deslizante em altura correta e postes rígidos protegidos quando dentro das zonas livres de obstáculos)?	x	-	x	x
198	marking and delineation	marcação e demarcação	Have retroreflective markers been installed?	Existem sinalização refletiva?	x	-	-	x
199			where coloured markers are used,have they been installed correctly?	A sinalização com cores instaladas corretamente, quando usada?	x	-	-	x
200			Is all necessary pavement markings installed?	Existe as marcações necessária no pavimento?	x	x	-	x
201			Are pavement markings (center line, edge lines, trasverse lines) clearly visible and effective for all likely conditions (e.g., day, night, rain, fog, rising or setting sun, oncoming headlights, light coloured pavement surface, poor lighting)?	As marcações do pavimento são visíveis em todas condições prováveis de tempo e luz?	x	-	x	x
202			On light colored pavement surfaces (e.g., concrete) are RRPMS used to simulate traffic lanes?	Em pavimentos claros (concreto) são usados RRPMS para simular faixas de tráfego?	x	x	-	x
203			Is delineation adequate and in accordance with guidelines (e.g. post-mounted delineators, Raised Pavement Markers, Chevron alignment markers)?	As linhas longitudinais são adequadas e em acordo com padrões e diretrizes aceitos(linhas lateris em relevo, placas chevron) ?	x	x	-	x

204			Is delineation effective for all likely conditions (e.g., day, night, rain, fog, rising or setting sun, oncoming headlights, light coloured pavement surface, poor lighting)?	A marcação longitudinal é eficiente todas condições prováveis de tempo e luz ? (dia, noite, chuva, neblina, nascer ou por do sol, faróis em aproximação)	x	-	x	x
205			If chevron alignment markers are installed, have the correct types of markers been used? (has retroreflectivity been measured?)	Onde são usados Chevrons, existem tipos corretos de marcadores sendo utilizados?	x	-	x	x
206			Are vehicle paths through intersections delineated where required?	Onde necessários os caminhos dos veículos são delineado nas interseções?	x	-	-	x
207			Have old pavement markings been removed?	Marcações antigas no pavimento foram removidas	-	-	x	-
208			Estimate obliteration.	Estimar "destruição"?	-	-	x	-
209			Has raised profile edge marking been provided where necessary (e.g. fatigue zones)? (RRPM)	Existem linhas laterais em relevo para trechos monótonos?	x	x	x	x
210			On truck routes, are reflective devices appropriate to driver's eye height?	Nas rotas usadas por caminhões os dispositivos reflexivos são adequados para altura dos olhos dos motoristas?	x	-	-	x
211	Physical Objects / Objetos físicos	clear zone	Is clear Zone provided in accordance with the accepted standards and guidelines?	São providas zonas livres de obstáculos de acordo com os padrões e diretrizes aceitas?	x	x	-	x
212		zona livre	Is the appropriate treatment or protection provided for any objects within the clear zone (e.g., slip-base or fragile poles, crash attenuators, crash cushions, sloping culvert, headwalls)?	Existe tratamento apropriado de objetos dentro das zonas livres de obstáculos?	x	x	-	x

213			Check that clear zone is of adequate dimensions.	Checar se as zonas livre de obstáculos são de dimensões adequadas.	-	-	x	-
214			Ensure no unprotected objects (temporary or permanent) are within the required clear zone.	Assegurar que não existam objetos não protegidos (permanentes ou temporários) dentro da zona livre de obstáculos requerida.	-	-	x	-
215	crash barriers Guard rails	barreiras de colisão Defensas	Are crash barriers installed at all necessary locations, including on bridges, in accordance with accepted standads and guidelines?	As defensas estão instaladas onde necessário e obedecendo aos padrões e diretrizes existentes?	x	x	-	x
216			Is the length of crash barrier at each installation adequate?	O comprimento da barreira de colisão em cada instalação é adequado?	x	-	-	x
217			Is the crash barriers correctly installed?	As barreiras de colisão estão corretamente instaladas?	x	-	-	x
218			Are the crash barrier system suitable for the purpose	O tipo de barreira de colisão é adequado ao tipo de situação?	x	-	-	x
219			Are GREAT or crash cushions installed where necessary (e.g. off ramps, bridge piers)?	Existem GREAT(Guard rail energy absorving terminal) or crsh cushions onde necessários?	x	-	-	x
220			Where works are subject to staged costruction,are temporary barriers installed in accordance to acceptable standards and guidelines?	Onde necessário existem barreiras temporárias instaladas de cordo com as normas?	x	-	-	x
221			Is there a safe run off area behind breakway terminals?	existem áreas seguras para veiculos saindo da via no final de trechos de escape (runaway)?	x	-	-	x
222	fencing	cerca	Is pedestrian fencing where needed?	Os pedestres são protegidos por cercas onde necessário?	x	-	-	x

223			Is fencing in the clear zone free of separate horizontal rails?	As cercas nas zonas livres de obstáculos são desprovidas de barras de separação horizontais	x	-	-	x
224			Is there adequate delineation/visibility of guide rails and fences at night?	Existe adequada demarcação/visibilidade dos corrimãos e cercas no período da noite?	x	-	-	x
225	poles and other obstructions	postes ou outras obstruções	Unprotected median widths appropriate for lighting poles?	A largura das divisórias centrais não protegidas é apropriada para os postes de iluminação?	-	-	x	-
226			Consider de location of services and utilities with respect to the project (i.e. buried and overhead) clearance for overhead wires?	É considerada a provisão de área para instalação de cabos aéreos de serviços e outras utilidades ?	-	-	x	-
227			Appropriate positioning of traffic signals and other service poles?	Posicionamento apropriado de semáforos e outros postes de serviços?	-	-	x	-
228	medians	divisórias centrais	Is type of median chosen appropriate for width available?	O tipo de divisória central escolhido é apropriado para a largura disponível?	-	-	x	-
229			Do barriers possess the proper geometrical configuration?	As barreiras possuem configuração geométrica apropriada?	-	-	x	-
230			Are slopes of grass median adequate?	As inclinações das divisória de grama são adequadas?	-	-	x	-
231			Are median barriers sufficiently offset from roads?	As barreiras de divisórias são suficientemente defasadas ?	-	-	x	-
232			Do road side barriers and bridge barriers meet the appropriate crash test performance level that is consistent with the roadway classification?	As barreiras laterais e de pontes estão de acordo com o nível apropriado de teste de performance em colisões para a classificação da via?	-	-	x	-
233			Is there sufficient width for overpass/underpass pers	Existe largura suficiente para os pilares de elevadas e túncis e iluminação	-	-	x	-

			and light standards	túneis e iluminação					
234			Check appropriate spacing between median crossovers?	Checar espaçamento apropriado entre travessias de divisórias centrais.	-	-	x	-	
235	hazardous object protection	proteção a objetos perigosos	Is adequate protection provided where required?(i.e. barriers,energy attenuators)	É provida adequada proteção onde necessário? (barreiras, atenuadores de impacto)	-	x	x	-	
236			Is protection visible in all operating conditions?	A proteção é visível em todas as condições de operação?	-	-	x	-	
237			Are end treatments of guiderrails properly treated?	As terminação dos tratamentos possuem tratamento apropriado?	-	-	x	-	
238			Are dimentios (i.e. lenght) of protection appropriate?	As dimensões (ex comprimento) das proteções são apropriadas?	-	-	x	-	
239			Are barrier tretments consistent throughout?	O tratamento de barreiras e consistente por toda sua extensão?	-	-	x	-	
240			Is there appropriate transition from one barrier to another?	Existe transição apropriada de uma barreira para a outra	-	-	x	-	
241			Are reflectorized tabs used to delineate guiderrails?	São usados sinais reflexivos para delinear os guiderrails?	-	-	x	-	
242	culvert	dreno	Check adequate protection of culverts at abutting driveway and intersecting roads.	Checar a proteção dos drenos nos taludes e interseções	-	-	x	-	
243	railroad crossing	cruzamento de ferrovia	ensure proper active/passive signing and pavement marking.	assegurar a existência de sinalização horizontal e vertical ativa/passiva apropriada.	-	-	x	-	
244			Ckeck sight distance for signing and also approaching trains.	checar distancia de visibilidade adequada de placas e de trens em aproximação.	-	-	x	-	
245	Traffic Signs	operation	operation	Are traffic signals operating correctly?	Os semáforos operam corretamente?	x	-	-	x

			correctly?	corretamente?					
246	/ Semáforos		Is the location of signal displays appropriate?	A localização dos displays é apropriada?	x	-	-	x	
247			Is the number of signal displays appropriate?	A quantidade de displays é apropriada?	x	-	-	x	
248	visibility	visibilidade	Are traffic signals clearly visible to approaching motorists?	Os semáforos são claramente visíveis para veículos em aproximação?	x	-	-	x	
249			Is the end of likely vehicle queues visible to motorists so that they may stop safely?	O final da provável fila que se forme tem boa visibilidade para que eles possam fazer uma parada segura?	x	-	-	x	
250			Are any visibility problems caused by the rising or setting sun been addressed?	semáforo com visibilidade prejudicada pelo nascer ou por do sol?	x	-	-	x	
251			Are signal displays shielded so that they can be seen only by the motorists for whom they are intended?	Os displays dos semáforos são protegidos de forma a só serem vistos por aqueles motoristas que devem respeitá-lo?	x	-	-	x	
252			Where signal displays are not visible from an adequate distance, are signal warning signs and/or flashing lights installed?	Existem placas ou luzes de advertência antecedendo semáforos que não tenham boa visibilidade a uma distância adequada?	x	-	-	x	
253			other provision	outras provisões	Where necessary, are there provisions for visually impaired pedestrians (e.g. audio-tactile push buttons, tactile markings)? Are they working?	existem equipamentos para pedestres deficientes visuais em bom estado de funcionamento'?	x	-	-
254			Where necessary, are there provisions for elderly or disabled pedestrians (e.g. extended green phase).	Os tempos semafóricos são adequados para pedestres idosos ou deficientes físicos?	x	-	-	x	
255	Delineation	linemarking	faixas de marcação??	Are all pavement markings (centre line, edge line, transverse line) in good order?	As linhas de marcação estão em boas condições (linhas centrais, laterais e transversais)?	x	x	-	x

256	delineators / guide posts	delineadores?	Are delineators correctly placed, clean and visible?	Os delineadores estão corretamente localizados, limpos e visíveis?	x	x	-	x
257	Raised Pavement Markers - RPMs	Marcações com relevo no pavimento	Are RRPM's in good order?	As linhas laterais em relevo estão em boas condições?	x	x	-	x
258	Chevron Alignment markers	placa tipo chevron	Are Chevron Alignment Markers placed correctly, in accordance to standards and guidelines?	as placas tipo chevron estão posicionadas corretamente em concordância com padrões e diretrizes?	x	x	-	x
259	Pavement / Pavimento (austroads) Road surface / superfície da via (new brunswick)	resistência a derrapagem	Does the pavement appear to have adequate skid resistance, particularly on curves, steep grades and approaches to intersection?	Pavimento com adequada resistência a derrapagem particularmente em curvas e aproximações de interseções?	x	-	x	x
260			Has skid resistance testing been carried out where necessary?	Teste de resistência a derrapagem foram realizados onde necessário?	x	-	x	x
261	Ponding	Empoçamento	Is the pavement free of areas where ponding or sheet flow of water may occur with resultant safety problems?	Superfície livre de formação de poças ou lâminas d'água que possam afetar a segurança?	x	x	x	x
262	loose screenings/ loose gravel	pedregulhos soltos	Is the pavement free of loose screenings/ gravel?	O pavimento esta livre de pedregulhos soltos?	x	-	-	x
263	Pavement defects	defeitos no pavimento	Is the pavement free of defects (e.g., excessive roughness or rutting, potholes, etc.) which could result in safety problems (e.g. loss of steering control)?	O pavimento é livre de defeitos (buracos, rugosidade, fendas) que possam resultar em problemas de segurança (perda do controle do veículo)?	x	x	x	x

264			Check for segregation of mix(pooling of bitumen, segregation od aggregates)?	Checar a segregação do mix (agrupamento de beyumen, segregação deagregados)?	-	-	x	-	
265	surface texture	textura da superfície	Visibility in wet conditions	Visibilidade quando molhada.	-	-	x	-	
266			check headlight glare/reflection during night time operations.	checar reflexo durante operações noturnas	-	-	x	-	
267	Shoulder condition / Edge break	condições do acostamento			-	x	-	-	
268	Environmental Considerations / Considerações Ambientais	wheather	clima	Check the effect of rain, fog, snow, ice, wind on design features of the project	Checar os efeitos da chuva, neblina, neve, gelo, vento nas características do projeto	-	-	x	-
269				Has snow fall accumulation been considered in the design? (ie storage, sight distance around snowbanks,etc.)	O acumulo de neve foi considerado no projeto?	-	-	x	-
270				Chec the mitigating measures for effects of snow with respect to: prevailing winds; snow drifting; open terrain.	Checar medidas mitigadoras para o efeito da neve em relação a: ventos predominantes; derretimento da neve; terrenos abertos.	-	-	x	-
271		animals	animais	Are any known animal travel/migration routes in surrouding areas which could affect design?	Existe alguma rota de migração de animais na região que pode afetar o projeto.	-	-	x	-
272			Are fencing and underpasses installed where required?	Existem cercas e passagens subterrâneas onde necessário?	-	-	x	-	
273			Ensure appropriate signing (ie cattle crossing, deer warning, etc) where required.	Assegure apropriado sinalização onde necessário (aviso de cervo, travessia de ?)	-	-	x	-	
	Road Users /	motorised traffic	tráfego motorizado			-	-	-	-

	Usuários da via								
274	heavy vehicles and public transport	veículos pesados e transporte público	Can facility accommodate movements of heavy / public transport vehicles where required? (clearance, turning radii, shoulder width, operational capacity?)	A facilidade pode acomodar movimentos de veículos pesados/transporte público onde necessário? (vãos, raio de curvatura, largura do acostamento, capacidade operacional?)	-	-	x	-	
275			Is there adequate signage of heavy vehicle/public transport activity?	Existe sinalização a respeito das atividades de veículos pesados/transporte público?	-	-	x	-	
276	road maintenance / emergency vehicles	manutenção da via /veículos de emergência	Can facility accommodate movements of road maintenance and emergency vehicles? (clearance, turning radii, shoulder width)	A facilidade pode acomodar movimentos de manutenção da via e veículos de emergência? (vãos, raios de curvatura, largura do acostamento)	-	-	x	-	
277			Are medians and cross overs visible and in adequate location for this vehicles?	As divisórias centrais e os ?? São visíveis e adequadamente localizadas para esses veículos?	-	-	x	-	
278	Slow moving vehicles	veículos lentos	Can shoulders accommodate slow-moving vehicles where required? (width; structural capacity; continuity).	Os acostamentos podem acomodar veículos lentos onde necessário? (largura, capacidade estrutural; continuidade)	-	-	x	-	
279			Is there appropriate signing of slow-moving vehicles como necessário?	Existe apropriada sinalização a respeito dos veículos lentos como se faz necessário?	-	-	x	-	
280	Snow-mobiles and ATV	Snow-mobiles and ATV	Check visibility of adjacent trail signage. Could it cause confusion to road users?	Checar visibilidade da sinalização de trilhas adjacentes. Podem causar confusão para os usuários da via?	-	-	x	-	
281			Check signage and visibility of points where trails cross the highway.	Checar sinalização e visibilidade dos pontos onde as trilhas caminhos cruzam a rodovia.	-	-	x	-	

282			Has adequate stopping sight distance been considered where trails cross the highway?	Está sendo considerada adequada distancia de visibilidade para parada onde as trilhas cruzam a rodovia?	-	-	x	-
283			Could headlight of oncoming snowmobile/ATV confuse motorists?	As luzes dos snow mobiles/ATVs podem ofuscar os motoristas?	-	-	x	-
	non-motorised traffic	tráfego não motorizado			-	-	-	-
284	cyclists and Pedestrians	ciclistas e pedestres	Are shoulders wide enough to accommodate cyclists/pedestrians where required?	Os acostamentos tem largura suficiente para veículos ciclistas e pedestres onde necessário?	-	-	x	-
285			Pedestrian and Cyclists facilities	Facilidades para pedestres e ciclistas	-	x	-	-
286			Are shoulders/sidewalks provided on bridges?	São providos acostamentos /calçada nas pontes?	-	-	x	-
287			Will snow storage disrupt pedestrian access or visibility?	O acumulo de neve prejudica o acesso ou visibilidade dos pedestres?	-	-	x	-
288	Access and adjacent development / Acessibilidade e desenvolvimento adjacente	right of way preferencial	check width of ROW as affected by access requirements	Checar se a preferencia é afetada pelos acessos.	-	-	x	-
289			Are there any upstream or downstream factors which may affect access?	Existem fatores a jusante ou montante que poderão afetar o acesso a rodovia?	-	-	x	-
290			Will there be "visual clutter" (excessive commercial signing or lighting) beyond ROW?	Existe poluição em frente as preferenciais?	-	-	x	-
291	proposed development	desenvolvimento proposto/previsto	Check effects on traffic patterns	Checar efeitos no s padrões de tráfego.	-	-	x	-

292	driveways	acessos	check interaction between driveway and road. Is driveway adequately designed for land use?	Checar interação dos acessos com a rua. O projeto dos acessos é adequado ao uso do solo.	-	-	x	-
293			check for adequate space between driveways on same side of street	Checar se os espaço entre os acessos em um mesmo lado da rua (entradas de veículos) é adequado.	-	-	x	-
294			Check effects on traffic paterns	Checar efeitos no s padrões de tráfego.	-	-	x	-
295	property access	acesso a propriedade			-	x	-	-
296	roadside development	desenvolvimento das laterais da via	Check effects on traffic paterns	Checar efeitos no s padrões de tráfego.	-	-	x	-
297	building Setbacks	recoo para edificação	Ensure adequate distance from edge of ROW.	Assegurar distancia adequada da borda do ROW.	-	-	x	-

ANEXO 2 - QUESTIONÁRIO DA PESQUISA

- Versão em português (modelo impresso) -
- Versão em inglês (modelo digital)
- Lista de descrição dos itens

Antes de responder, por favor, faça uma leitura rápida de todas as questões para se familiarizar com a estrutura do questionário e facilitar o seu julgamento sobre o grau de influência de cada item.

Em caso de dúvida sobre algum item, consulte a lista com as descrições (em anexo)

Por favor, marque na escala qual a sua avaliação sobre o grau de influência positiva dos seguintes itens na **MELHORIA da segurança de um segmento de rodovia rural pavimentado simples** (uma faixa em cada sentido).

Condições da superfície

1. Eliminação dos buracos na pista pavimentada.

	0			5					10	
	Nenhuma influência positiva na segurança					Grande influência positiva na segurança				

2. Pavimento com boa resistência à derrapagem.

	0			5					10	
	Nenhuma influência positiva na segurança					Grande influência positiva na segurança				

3. Eliminação de espelhos d'água.

	0			5					10	
	Nenhuma influência positiva na segurança					Grande influência positiva na segurança				

4. Eliminação de cascalho solto sobre a pista pavimentada.

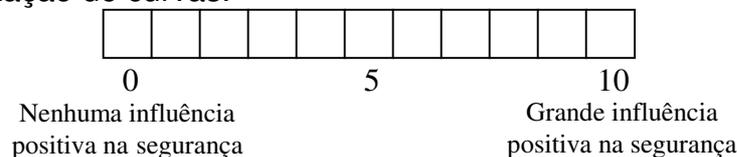
	0			5					10	
	Nenhuma influência positiva na segurança					Grande influência positiva na segurança				

5. Eliminação do desnível entre faixa de rolamento e acostamento.

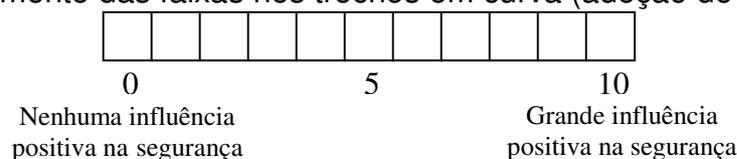
	0			5					10	
	Nenhuma influência positiva na segurança					Grande influência positiva na segurança				

Curvas

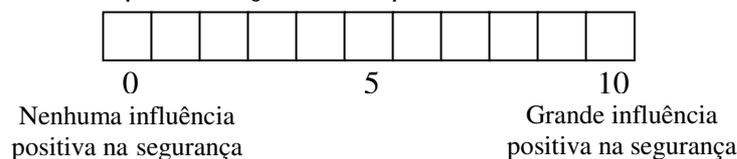
6. Suavização de curvas.



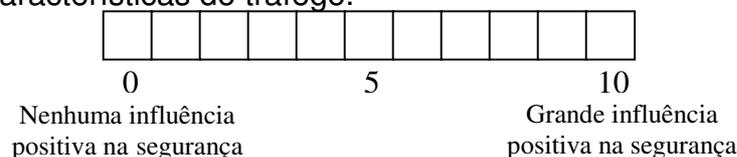
7. Alargamento das faixas nos trechos em curva (adoção de superlargura).



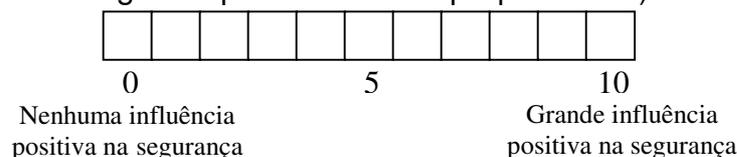
8. Provisão de superelevações adequadas nas curvas horizontais.



9. Incidência de curvas (tortuosidade) apropriada para o tipo de região, classe da via e características do tráfego.

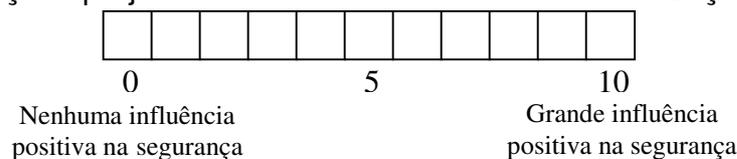


10. Combinação cuidadosa entre alinhamento horizontal e vertical (ex. evitar declives acentuados seguidos por curvas com pequeno raio).

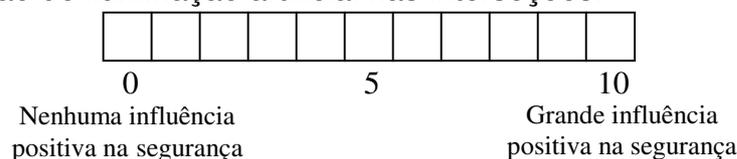


Interseções

11. Interseções projetadas com faixas adicionais e canalizações.

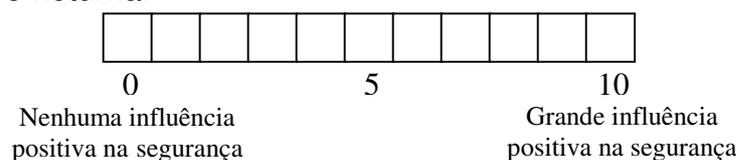


12. Provisão de iluminação artificial nas interseções.

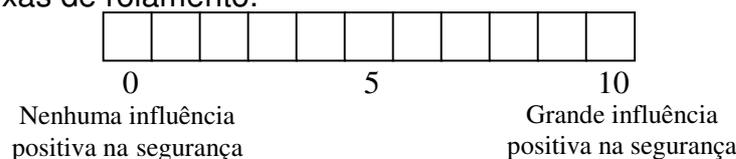


Sinalização Vertical e Horizontal

13. Linhas demarcadoras das faixas de rolamento em boas condições de visibilidade diurna e noturna.



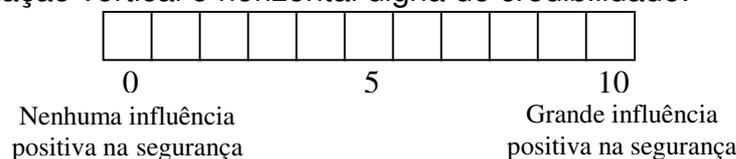
14. Provisão de pequenas tachas refletivas para reforçar a visibilidade dos limites das faixas de rolamento.



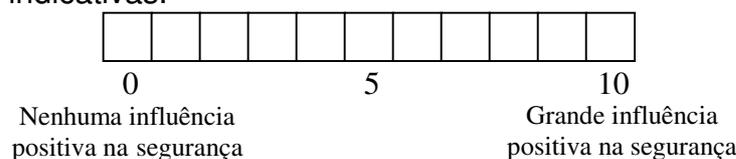
15. Provisão de elementos salientes (por exemplo: tachas), que produzem vibração no volante, para reforçar as linhas demarcadoras de proibição de ultrapassagem e de limite das faixas de rolamento.



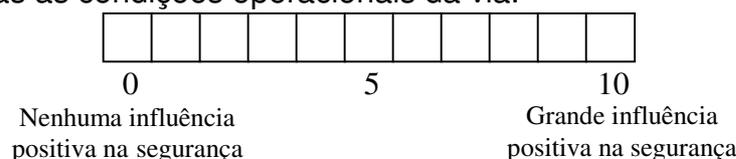
16. Sinalização vertical e horizontal digna de credibilidade.



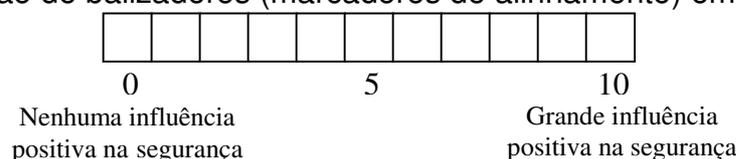
17. Utilização adequada de placas de advertência, placas de regulamentação e placas indicativas.



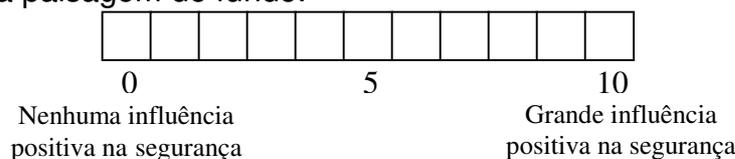
18. Provisão de painéis de mensagem variável divulgando somente informações relativas às condições operacionais da via.



19. Provisão de balizadores (marcadores de alinhamento) em curvas acentuadas.

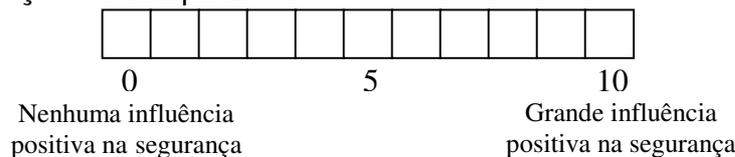


20. Placas de sinalização com boa legibilidade diurna e noturna e bom destaque sobre a paisagem de fundo.

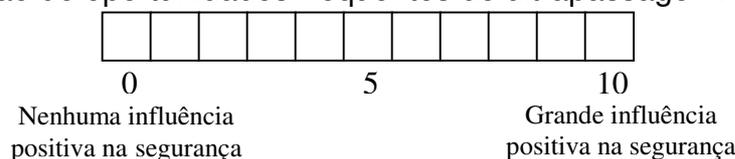


Elementos longitudinais

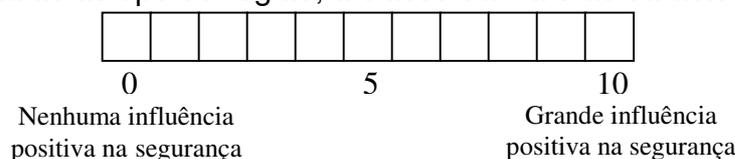
21. Suavização de rampas.



22. Provisão de oportunidades freqüentes de ultrapassagem.

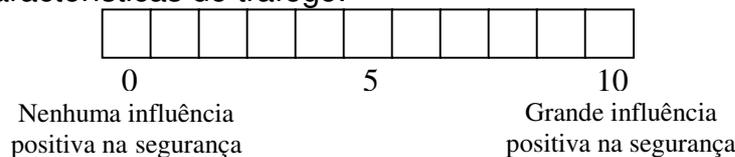


23. Distâncias de visibilidade (em curvas horizontais, curvas verticais e interseções) adequadas ao tipo de região, à classe da via e às características do tráfego.

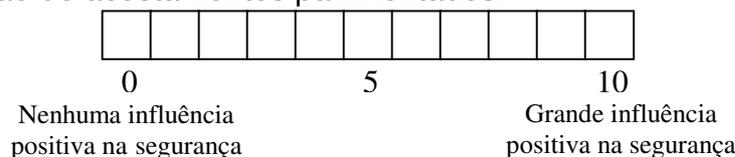


Elementos da seção transversal

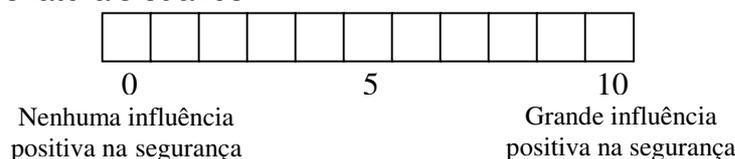
24. Larguras das faixas e acostamentos adequados ao tipo de região, à classe da via e às características do tráfego.



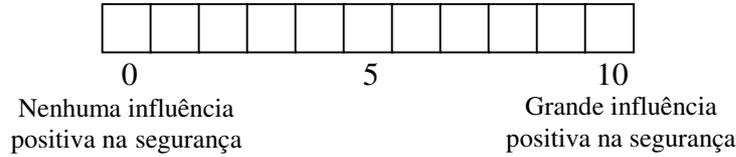
25. Provisão de acostamentos pavimentados.



26. Taludes laterais suaves.

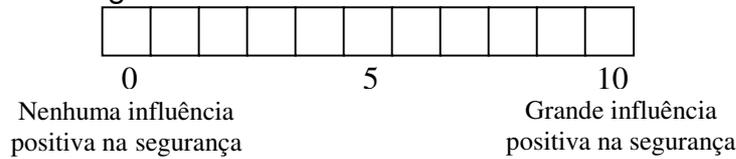


27. Largura da faixa mais acostamento nas pontes coincidente com largura da faixa mais acostamento na estrada.

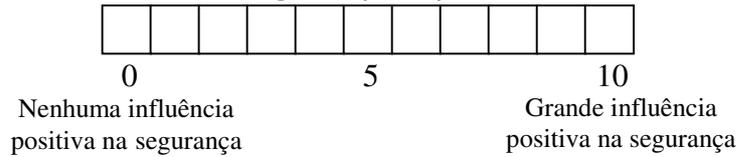


Usuários vulneráveis

28. Provisão de condições para tráfego de ciclistas/pedestres nas adjacências da rodovia ao longo dos trechos urbanos.

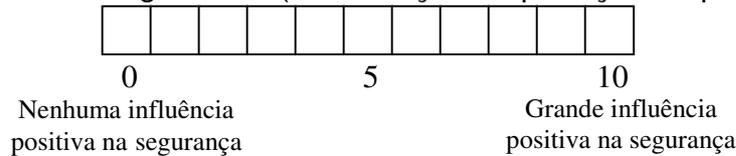


29. Provisão de travessias seguras para pedestres.

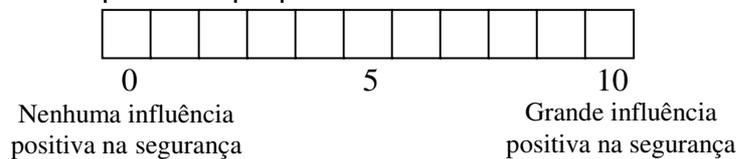


Laterais da via

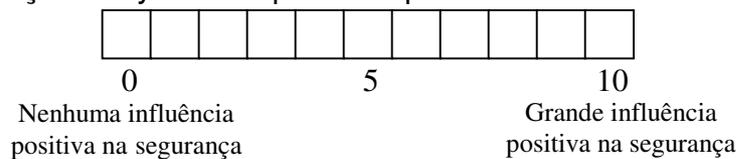
30. Provisão de tratamento adequado a elementos potencialmente perigosos dispostos ao longo da via (ex: remoção ou proteção de postes, árvores, etc.).



31. Acessos adequados a propriedades e comércio lindeiro.



32. Localização e layout adequado de paradas de ônibus



Geral

33. Limitação no uso de outdoors que veiculam propagandas comerciais.

	0			5					10		
	Nenhuma influência positiva na segurança										Grande influência positiva na segurança

34. Transição adequada entre ambientes rural/urbano.

	0			5					10		
	Nenhuma influência positiva na segurança										Grande influência positiva na segurança

35. Velocidade regulamentada (permitida) compatível com a velocidade diretriz de projeto.

	0			5					10		
	Nenhuma influência positiva na segurança										Grande influência positiva na segurança

36. Proteção contra a invasão de animais de grande porte.

	0			5					10		
	Nenhuma influência positiva na segurança										Grande influência positiva na segurança

Por favor, preencha as informações abaixo solicitadas. Essas informações são de grande importância no processo de análise dos dados.

Muito Obrigado!

Como melhor se classifica sua atividade profissional?

- Projetista rodoviário
- Gestor / fiscal de projeto e execução rodoviária
- Gestor / fiscal de operação rodoviária
- Técnico em segurança viária
- Outra. Especifique: _____

Qual sua formação? (se necessário assinale mais que uma alternativa)

- Curso técnico. Qual curso? _____
- Curso superior incompleto. Qual curso? _____
- Curso superior completo. Qual curso? _____
- Especialização. Qual área? _____
- Mestrado/doutorado. Qual área? _____
- Outros. Especifique? _____

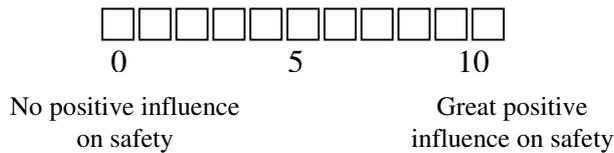
Idade: ____ anos

Sexo: masculino feminino

(OPCIONAL) Se você não se importar, por favor informe:

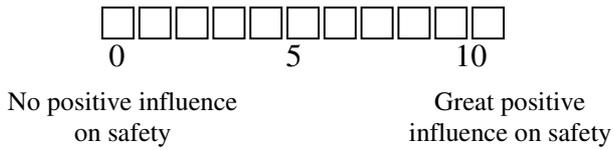
Nome: _____ **e-mail:** _____ **fone:** (____) _____

5. Eliminating the edge break (between lane and shoulder)..... < description = F1>

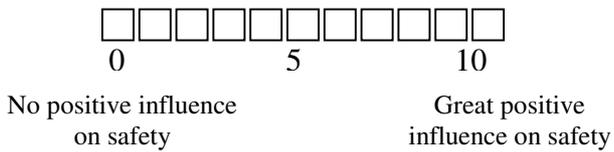


Horizontal curves

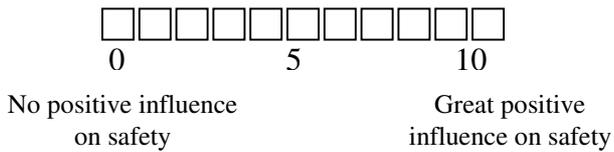
6. Flatter horizontal curves..... < description = F1>



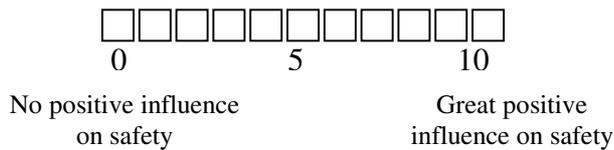
7. Wider lanes on curves / wider shoulders on curves..... < description = F1>



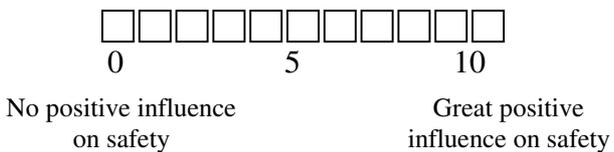
8. Providing adequate superelevation on curves..... < description = F1>



9. Density of curves appropriated to the highway class, type of terrain and traffic composition..... < description = F1>

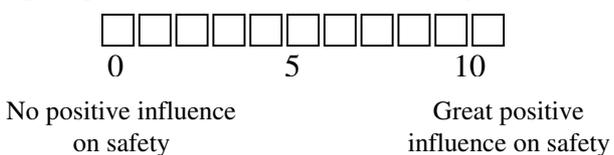


10. Careful combination of horizontal and vertical alignments (e.g. avoiding steep downgrades followed by a curve with small radius)..... < description = F1>



Intersections

11. Designing intersections with auxiliary lanes and channelization < description = F1>



26. Flatter side slopes..... < description = F1>

0 5 10

No positive influence on safety Great positive influence on safety

27. Bridge width matching road width..... < description = F1>

0 5 10

No positive influence on safety Great positive influence on safety

Vulnerable users

28. Providing cycling and walking conditions on the side of the roadway along urban sections..... < description = F1>

0 5 10

No positive influence on safety Great positive influence on safety

29. Providing safe crossings for pedestrians..... < description = F1>

0 5 10

No positive influence on safety Great positive influence on safety

Roadside

30. Providing appropriate treatment for potentially hazard locations (e.g., fencing, crash cushions, removal of obstructions)..... < description = F1>

0 5 10

No positive influence on safety Great positive influence on safety

31. Appropriate access to properties and roadside commercial facilities..... < description = F1>

0 5 10

No positive influence on safety Great positive influence on safety

32. Appropriate location and layout of bus stops..... < description = F1>

0 5 10

No positive influence on safety Great positive influence on safety

How can you best classify your professional activity?

- Roadway designer
- Manager of Roadway Project or Roadway Construction*
- Manager of roadway operation
- Road safety expert
- Other. Specify:

How many years have you been working in the above activity? years**Where have you been working in the above activity (specify country)?**

Your age: years

Gender: male female

Education (fill as many as necessary)

- Technical course.
Subject:
- Unfinished undergraduate degree.
Subject:
- Undergraduate degree.
Subject:
- Graduate degree.
Subject:
- Master/doctorate degree.
Subject:
- Other.
Specify?

Optional information: you do not need to inform but I would appreciate in case I need to contact you regarding the data you kindly provided me.

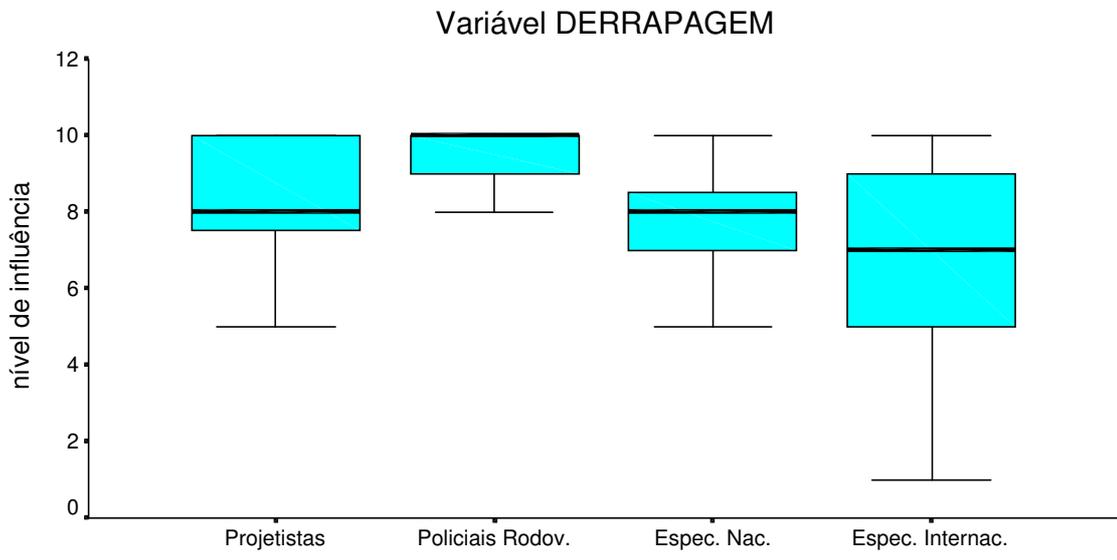
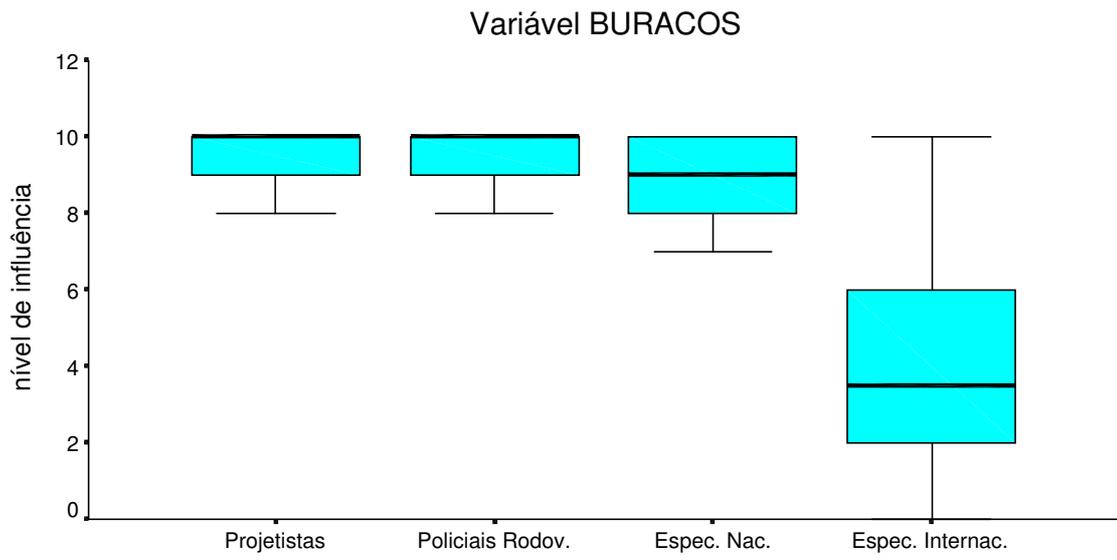
Name:	e-mail:
--------------	----------------

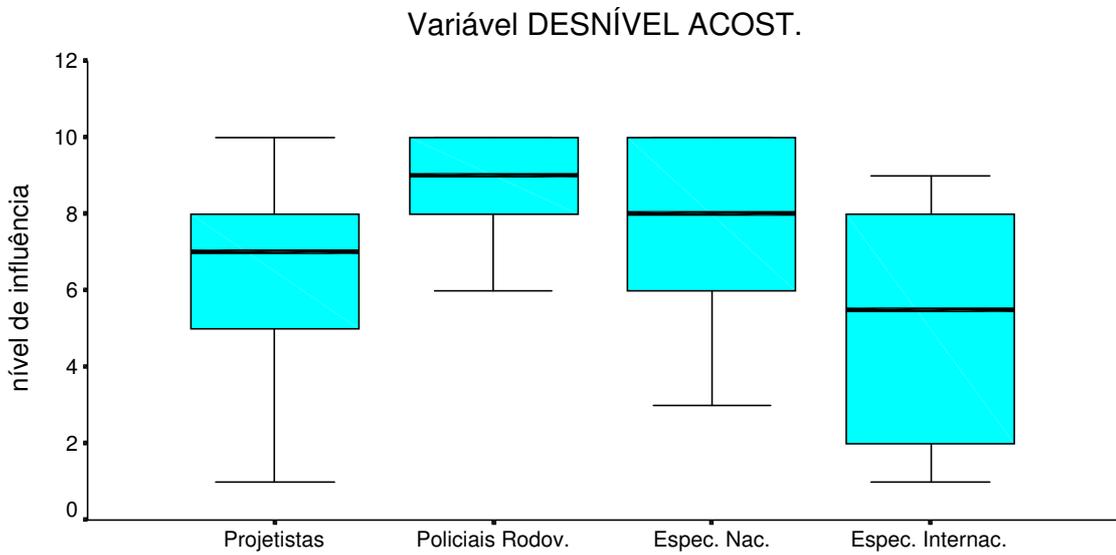
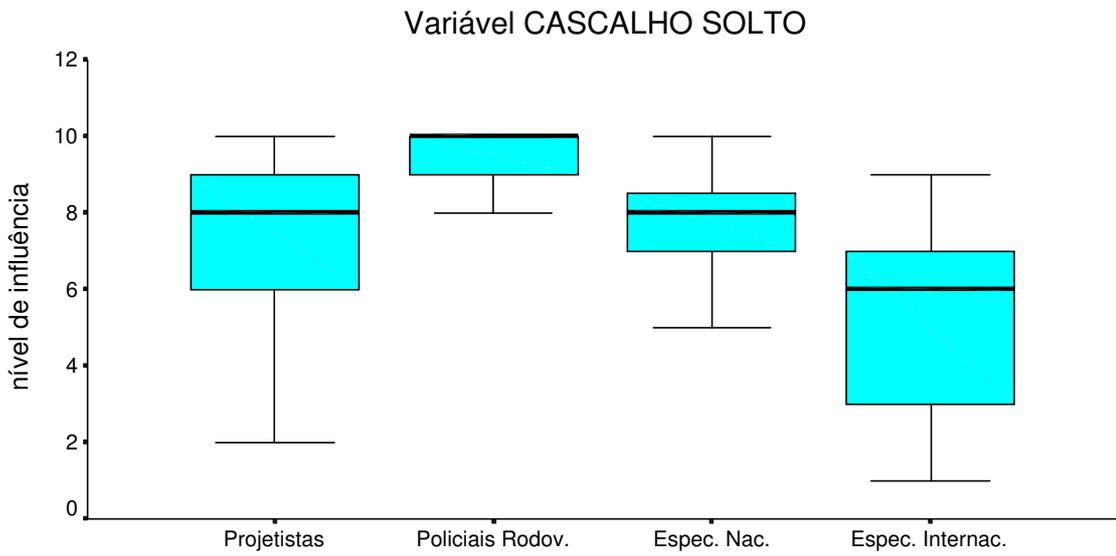
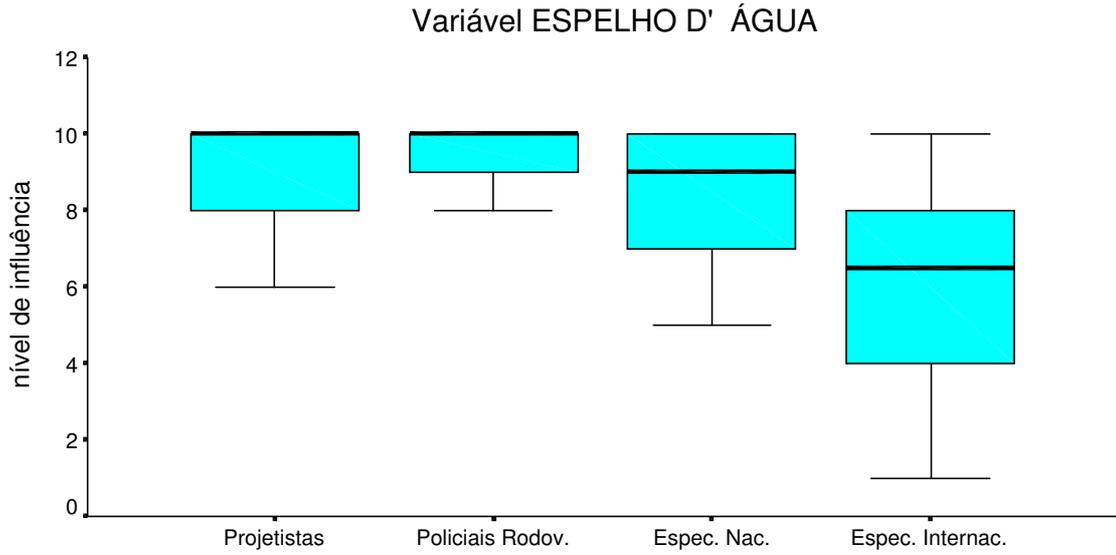
ANEXO 3 - GABARITO DE NOTAS

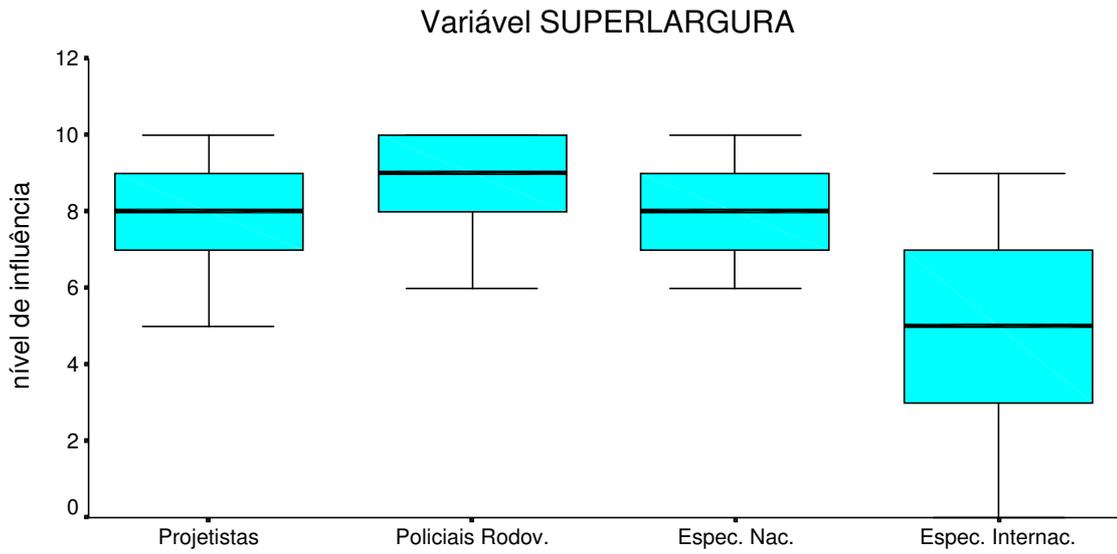
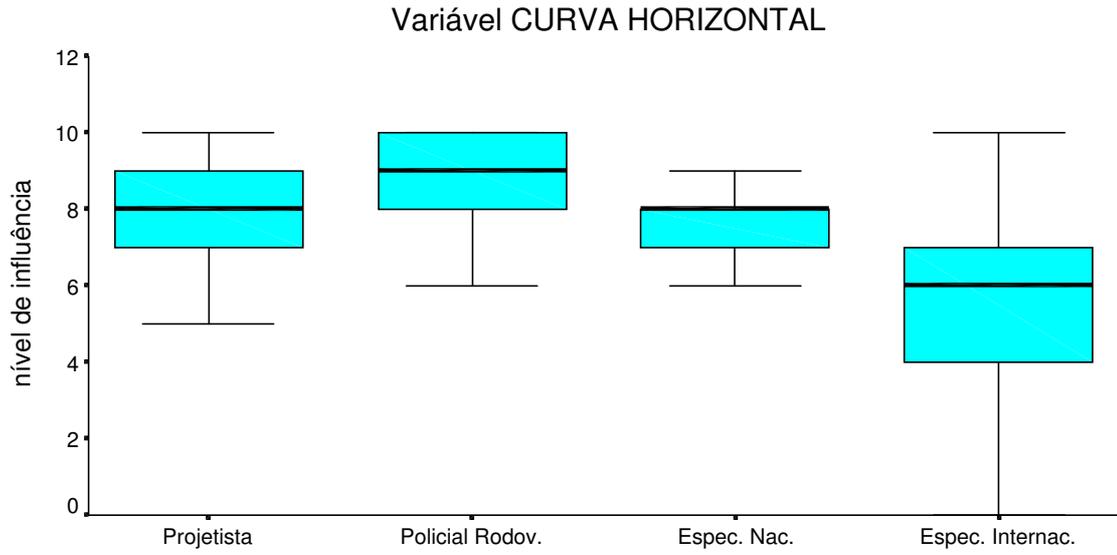
		ITENS DO QUESTIONÁRIO	NOTA			
			10	7	3	1
superf	CH	1 Buracos na superfície	não tem	eventuais	frequentes	constantes
		2 resistência à derrapagem da superfície (verificar a formação de espelhamento)	não tem	eventuais	frequentes	constantes
		3 Formação de espelhos d' água	não tem	eventuais	frequentes	constantes
		4 cascalho solto na pista	não tem	eventuais	frequentes	constantes
		5 Desnível entre faixa de tráfego e acostamento (verificar se a saída do veículo pode implicar perda de controle o veículo)	não tem	permite retorno	permite a parada e depois o retorno	não permite retorno
curva		6 Severidade das Curvas (verificar necessidade de reduzir velocidade)	sem curva	curva sem redução velocidade	moderada redução vel.	redução acentuada de vel
		7 Superlargura	sem curva	visível	talvez existente	sem superlargura
		8 Superelevação	sem curva	suficiente	insuficiente	invertida
		9 Quantidade de curvas no segmento (tortuosidade)	sem tortuosidade	eventuais	frequentes	constantes
		10 Combinação entre alinhamento horizontal e vertical (verificar se pode levar a má interpretação do ambiente por parte do motorista)	não tem	compromete pouco a interpretação	compromete moderadamente a interpretação	compromete muito a interpretação
inters.	NO	11 Interseções (verificar uso de canalizações e faixas adicionais)	não tem	bom projeto	projeto regular	projeto deficiente
		12 Iluminação artificial nas interseções	não tem	boa iluminação	iluminação deficiente	sem iluminação
sinal V e H	NO	13 Linhas demarcadoras das faixas	linhas bem visíveis	linhas desbotadas	linhas ora visíveis ora ausentes	sem linhas
		14 Tachas refletivas usadas nos limites das faixas de rolamento (verificar presença em situações potencialmente perigosas como curvas, interseções e acessos)	sempre presentes e visíveis	presentes e visíveis nas situações potencialmente perigosas	presentes mas pouco visíveis	não tem
	NO	15 Credibilidade da informação veiculada pela sinalização vertical e horizontal (verificar coerência ou discrepância com a realidade da via)	boa credibilidade	moderada credibilidade	pequena credibilidade	nenhuma credibilidade
		16 Quantidade de placas de advertência, regulamentação e indicativas (verificar se não existe excesso/falta de informação necessária)	quantidade adequada	quantidade levemente inadequada (excesso ou falta)	quantidade moderadamente inadequada (excesso ou falta)	quantidade inadequada (excesso ou falta)
		17 Uso de balizadores em curvas	não tem curvas	uso adequado (inclusive ausência)	uso inadequado	ausência de balizadores necessários
NO	18 Legibilidade e destaque das placas de sinalização (verificar visibilidade noturna e/ou destaque frente a vegetação-anúncios comerciais e/ou manutenção da placa, incluindo obstrução pela vegetação)	adequada	pequena deficiência	moderada deficiência	grande deficiência	
elem long		19 Perfil longitudinal (rampas) (verificar necessidade de redução da velocidade de veículos pesados ou de baixa potência)	sem rampa	rampa não causa redução de velocidade	moderada redução de velocidade.	redução acentuada de velocidade
		20 Oportunidades de ultrapassagem (verificar linha tracejada ou 3ª faixa)	oportunidades constantes	oportunidades frequentes	oportunidades eventuais	ausência de oportunidades
		21 Distâncias de visibilidade em curvas H e V e interseções (verificar restrição por elementos como vegetação, postes, placas, curvas H e V)	plano, reto e sem interseção	boa visualização	visualização comprometida	visualização muito comprometida

ANEXO 4 - PLANILHA DE INSPEÇÃO

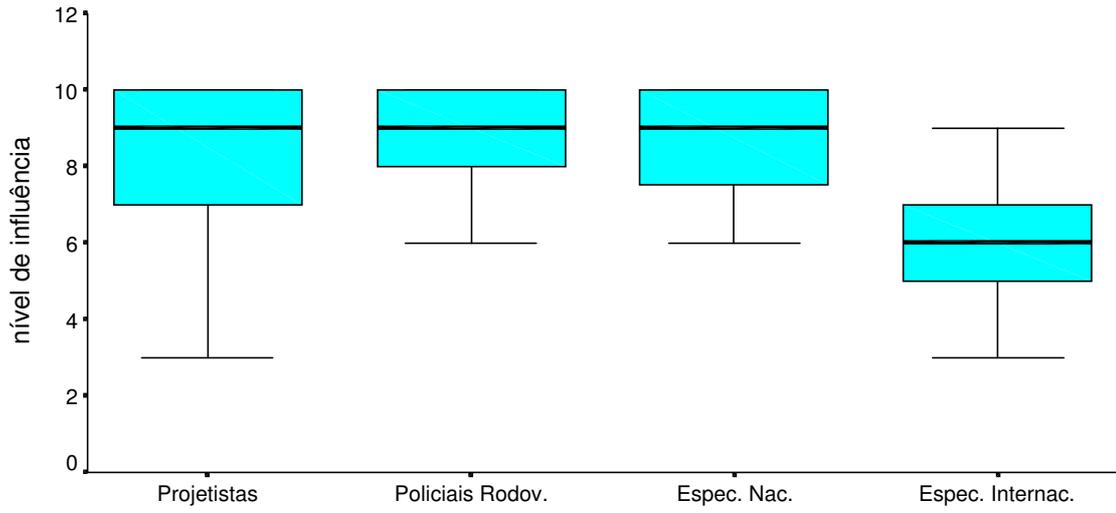
ANEXO 5 - BOXPLOT POR VARIÁVEL



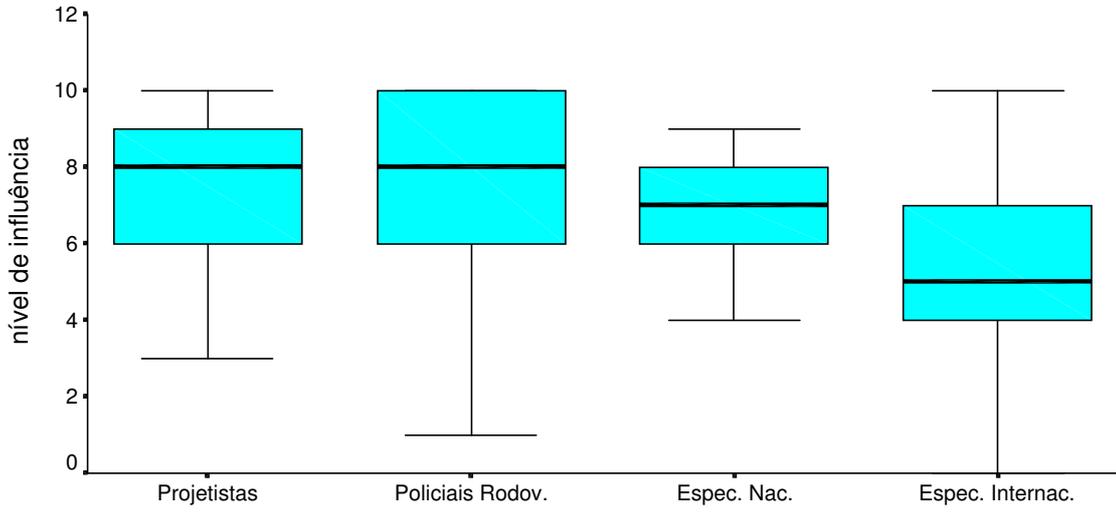


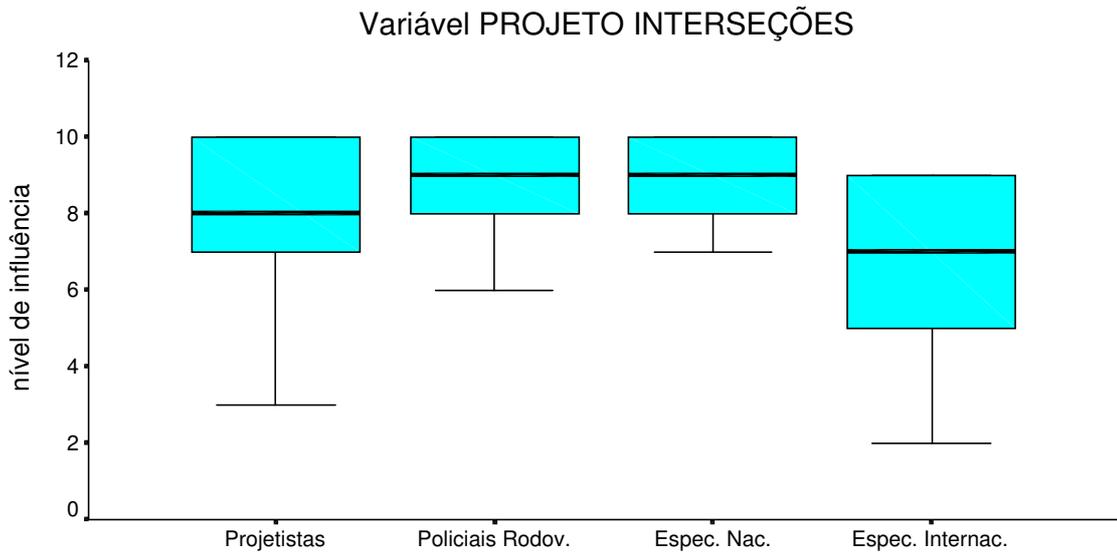
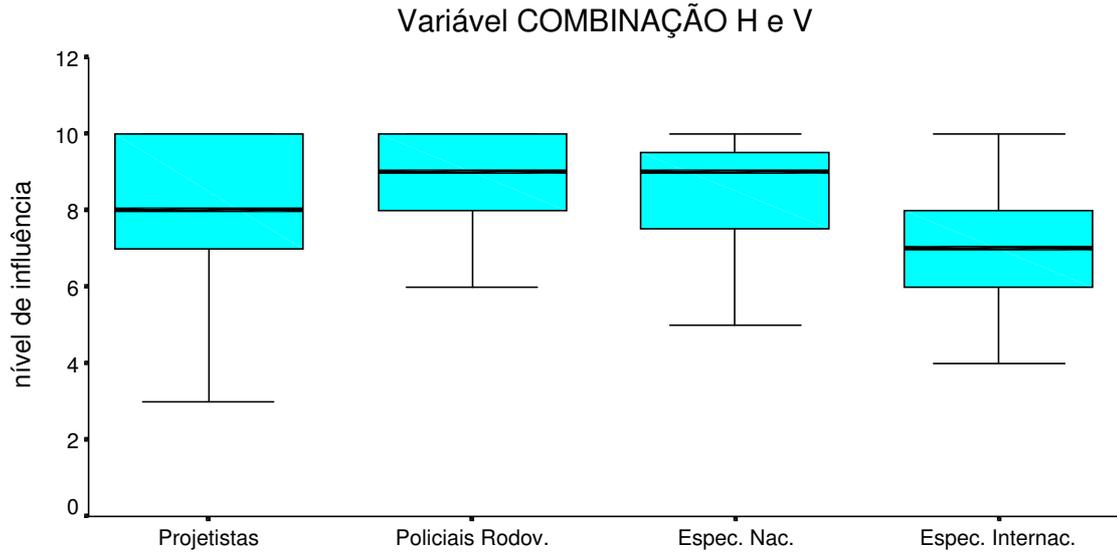


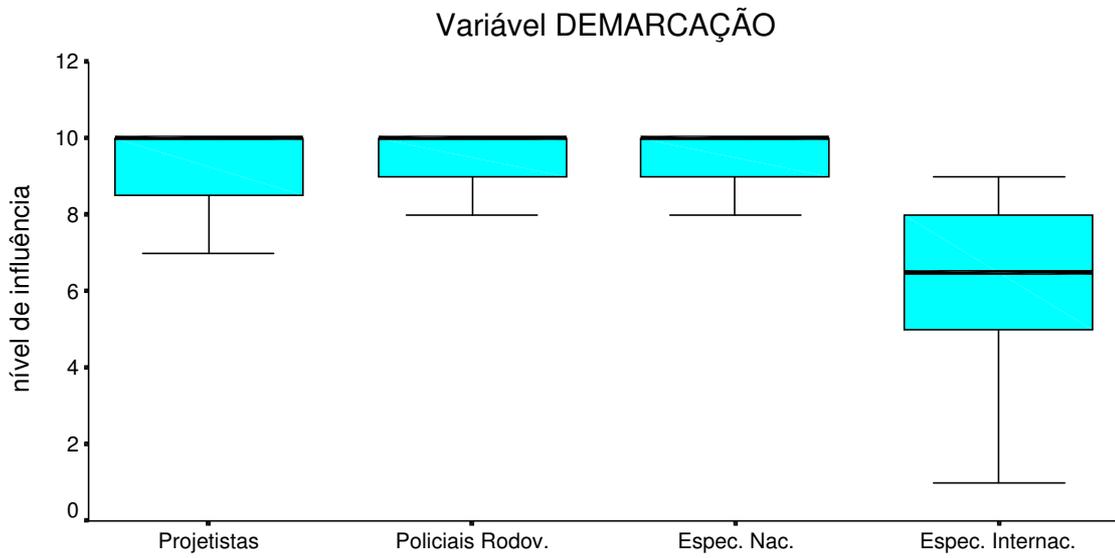
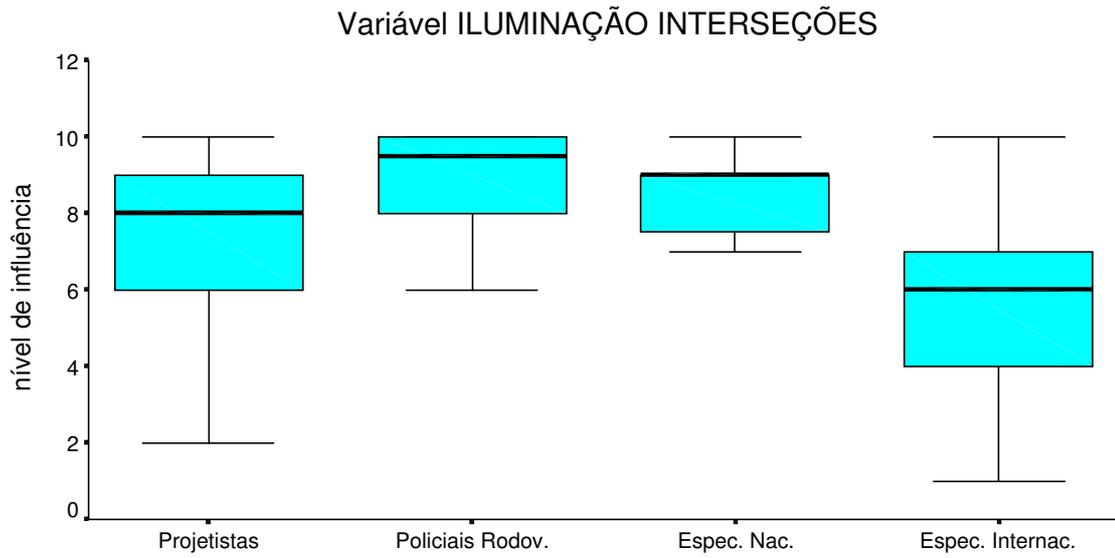
Variável SUPERELEVAÇÃO

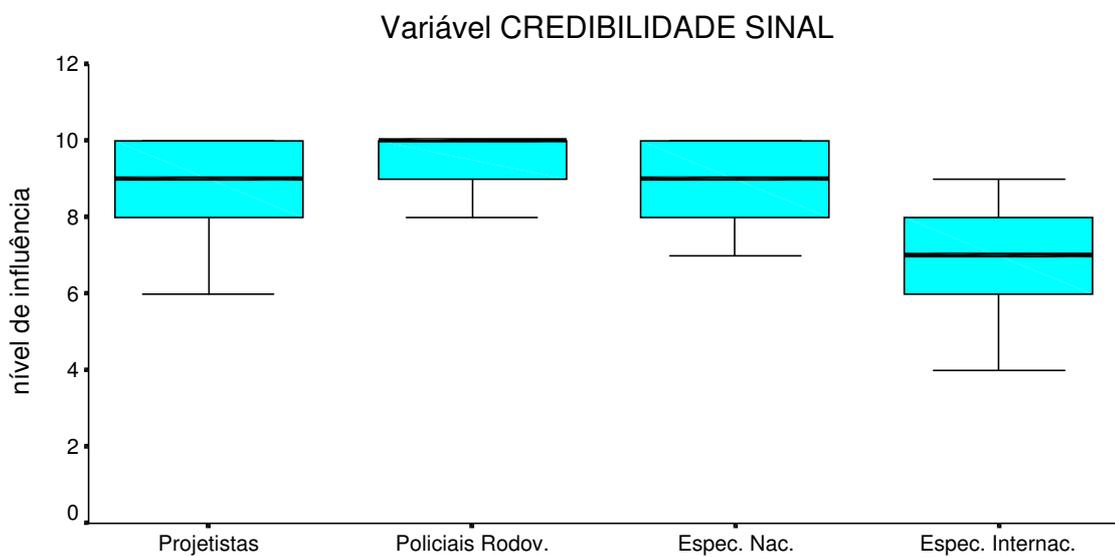
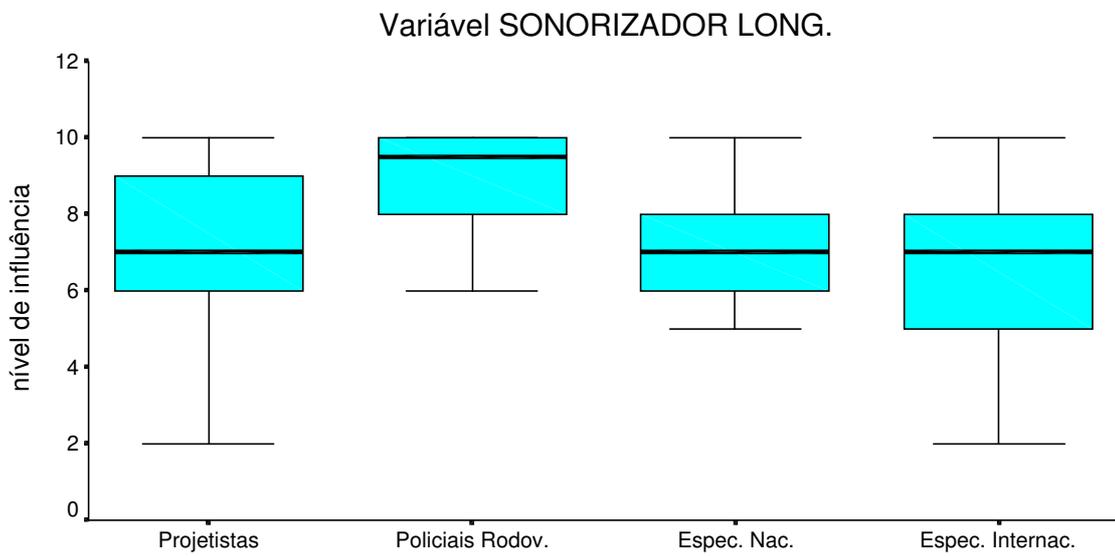
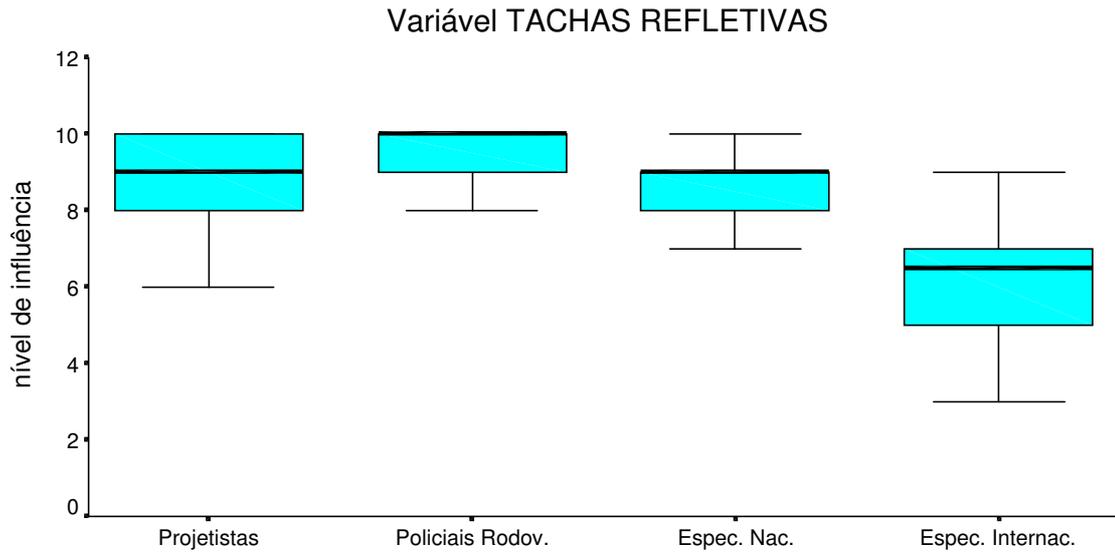


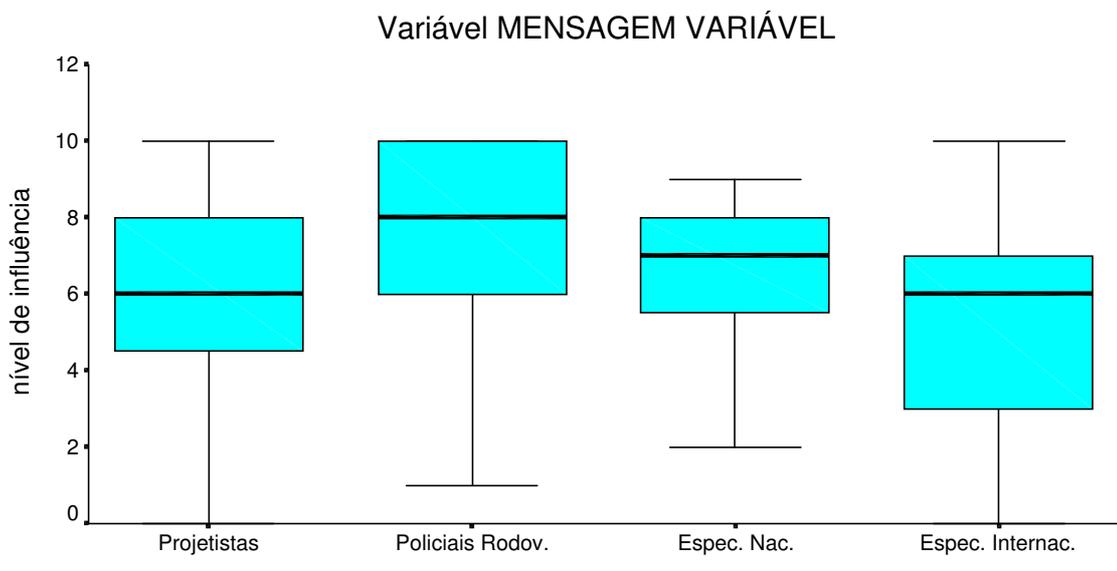
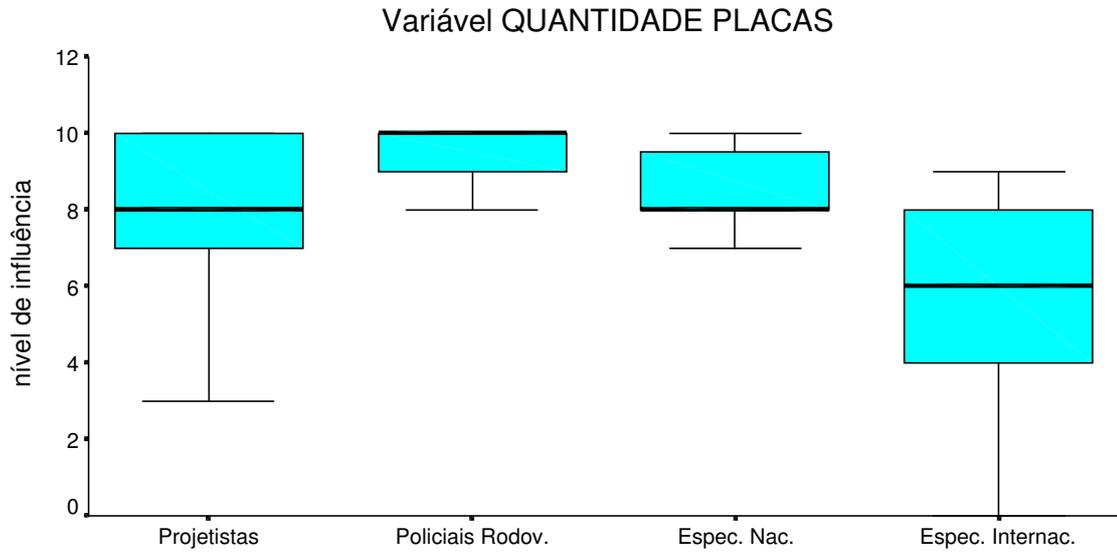
Variável TORTUOSIDADE

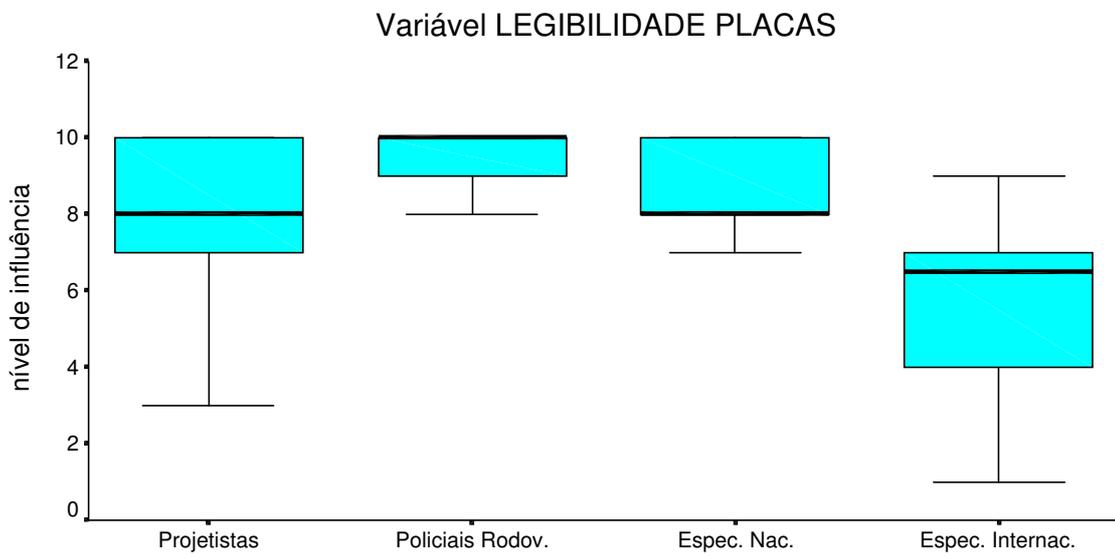
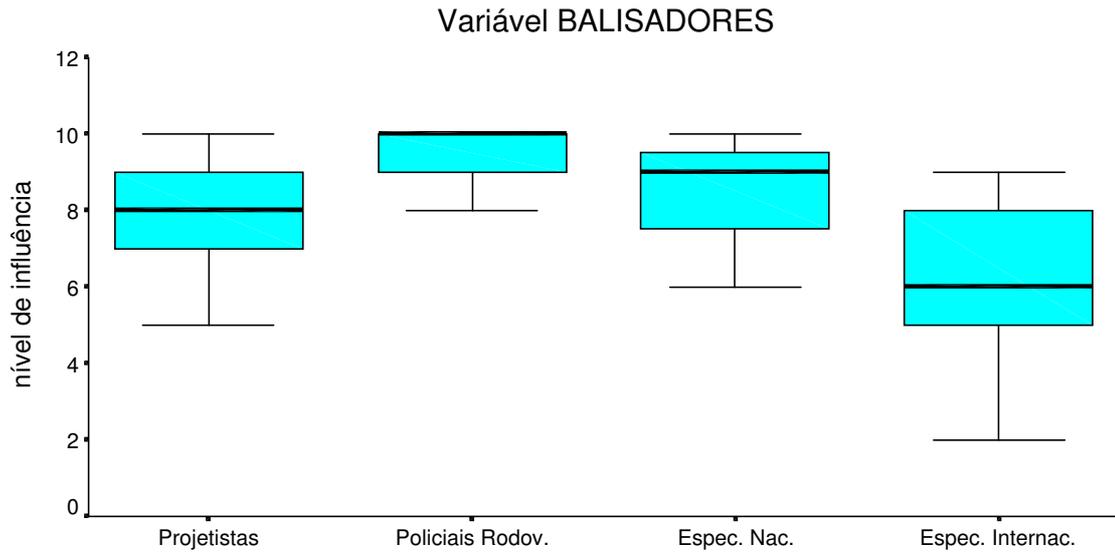


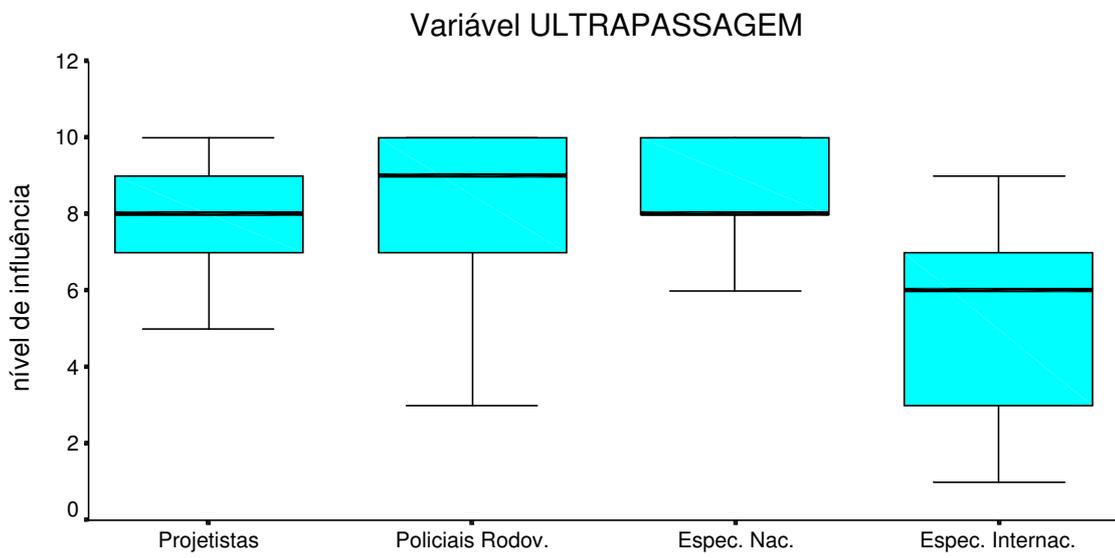
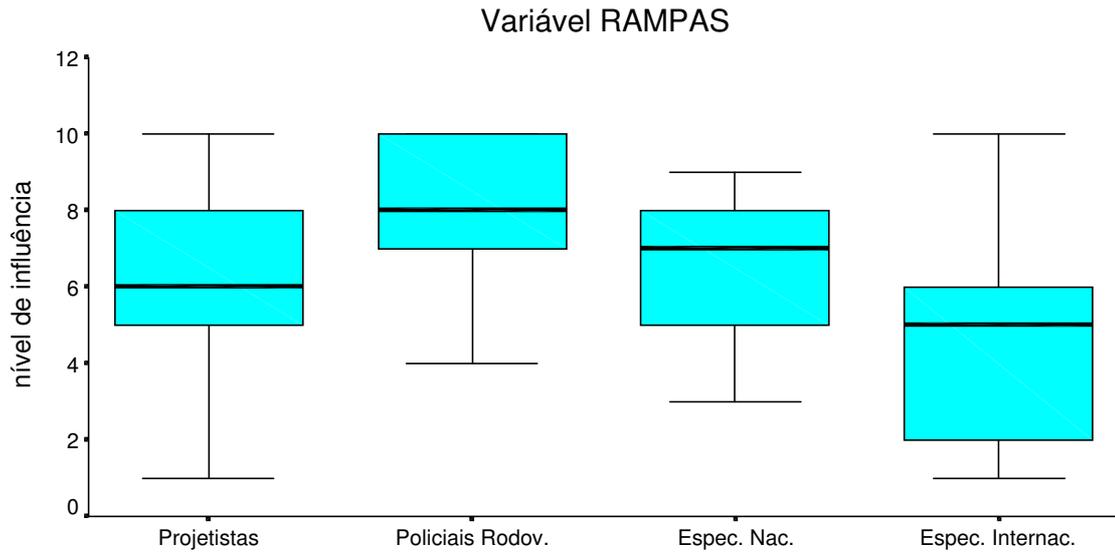


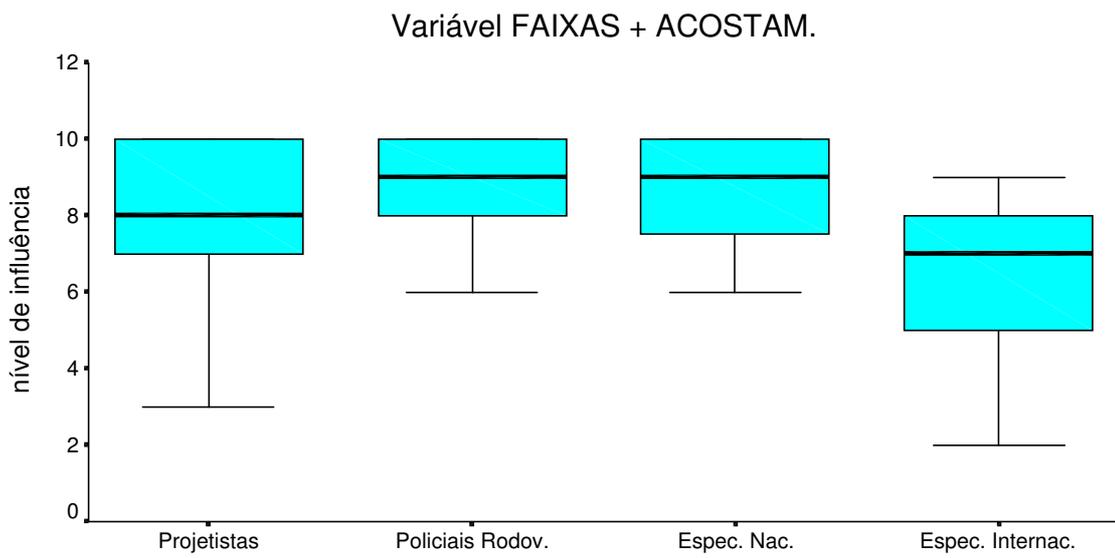
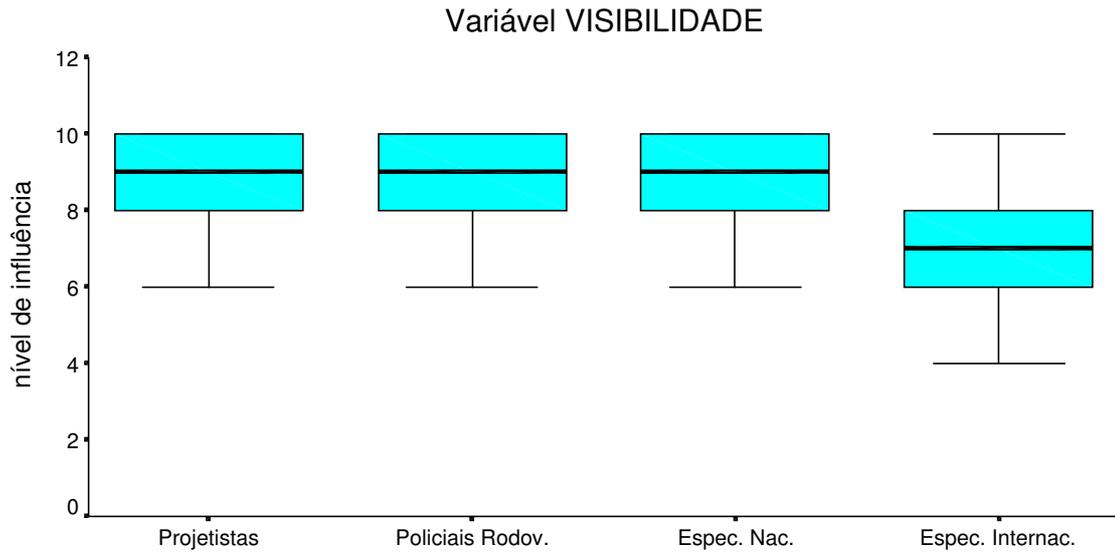


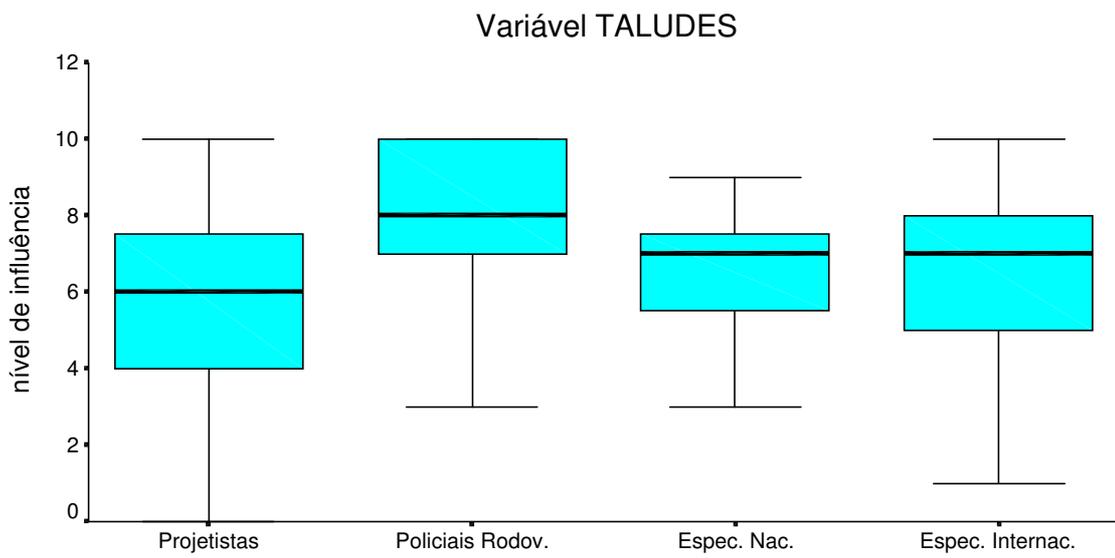
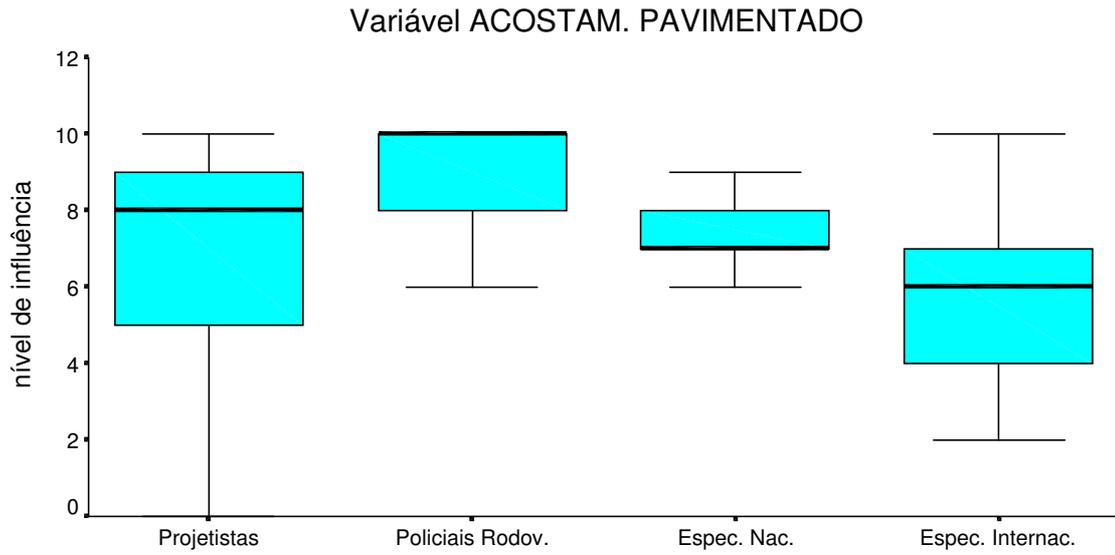


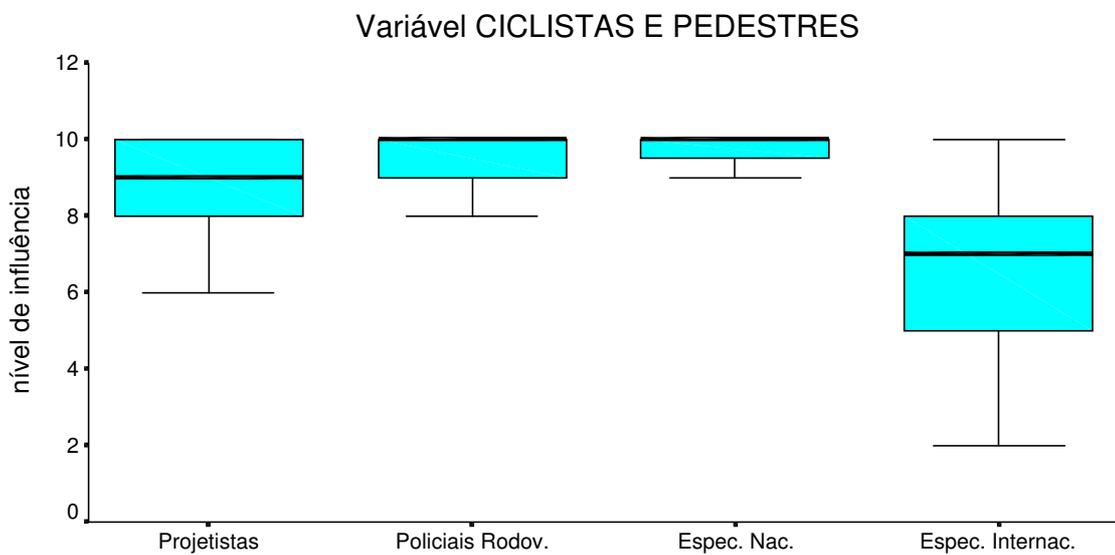
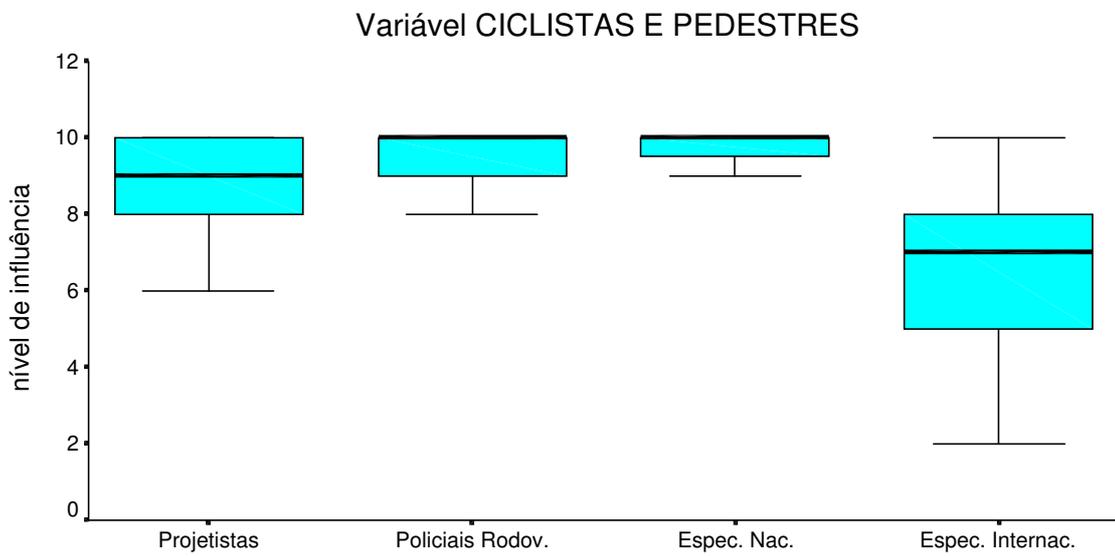
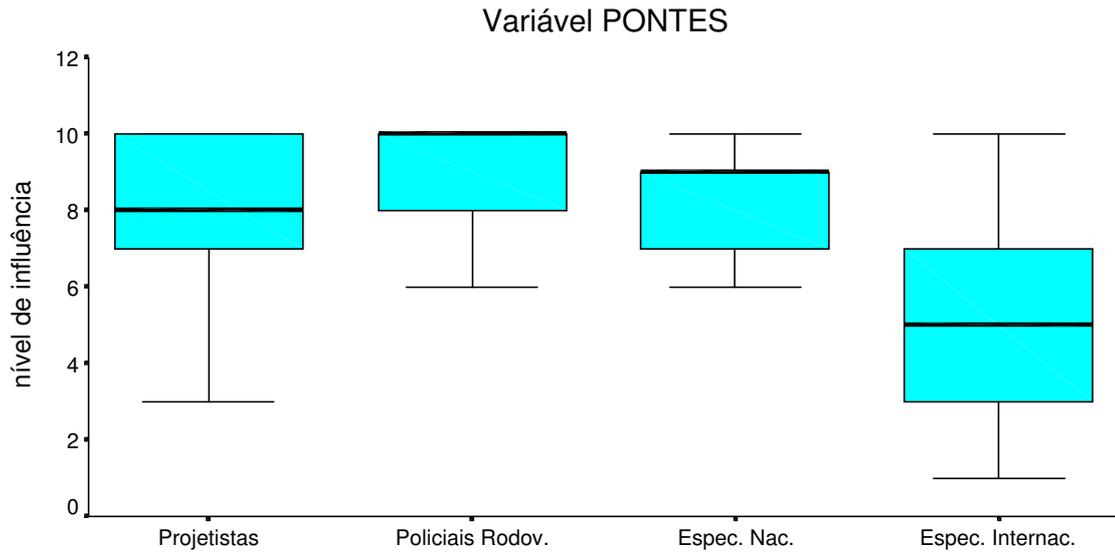


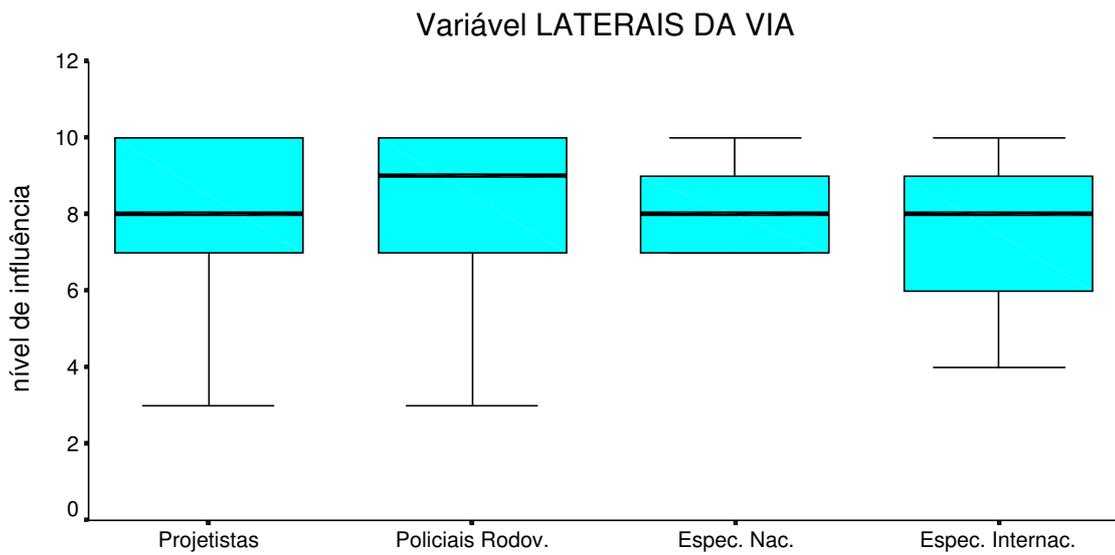
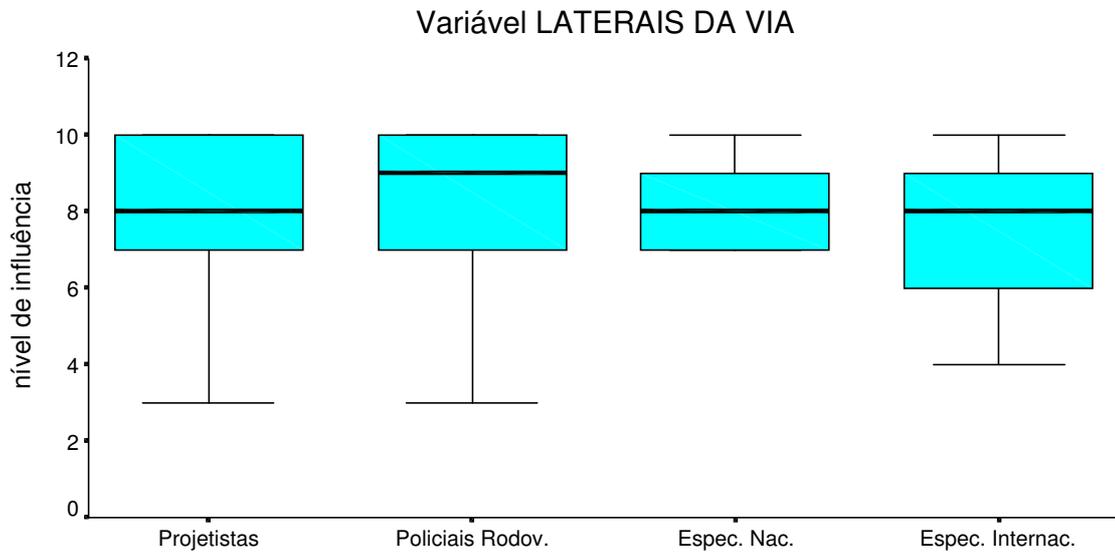


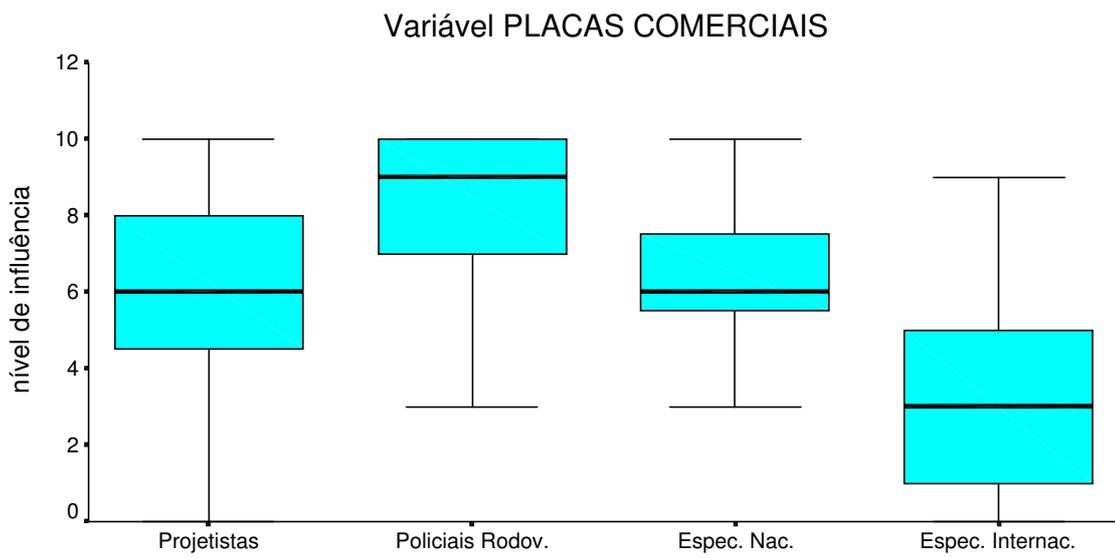
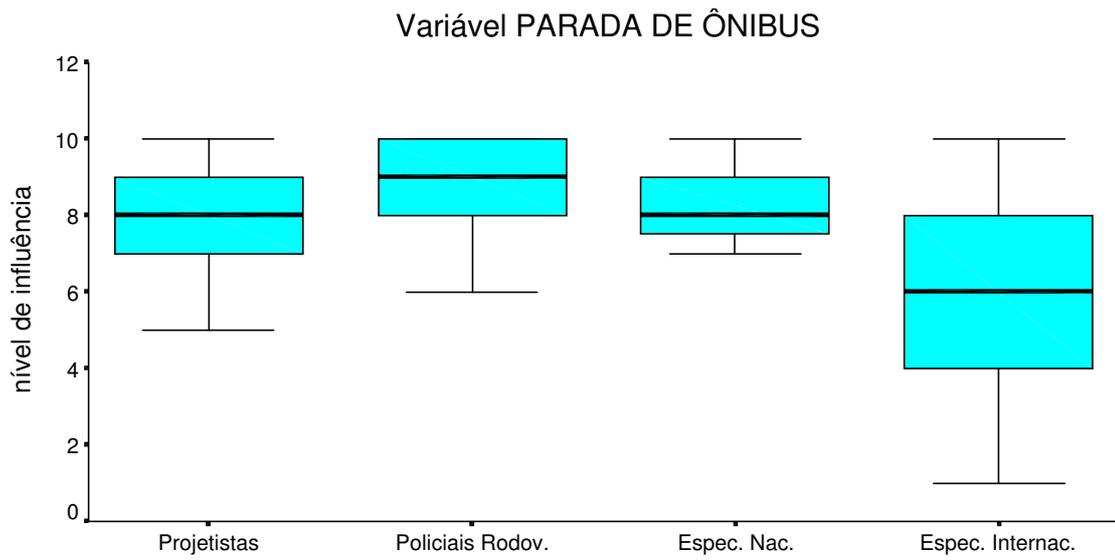


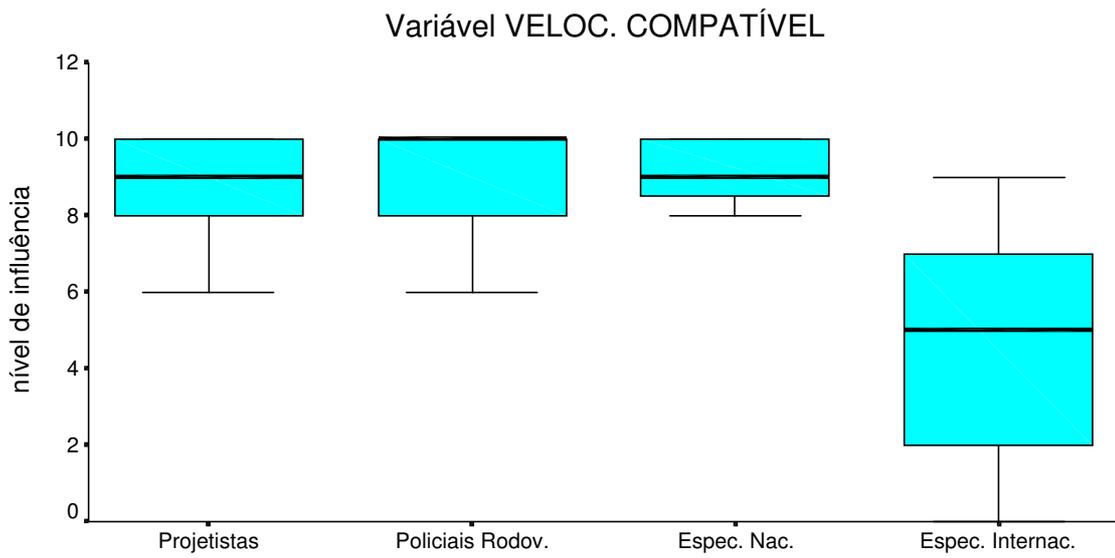
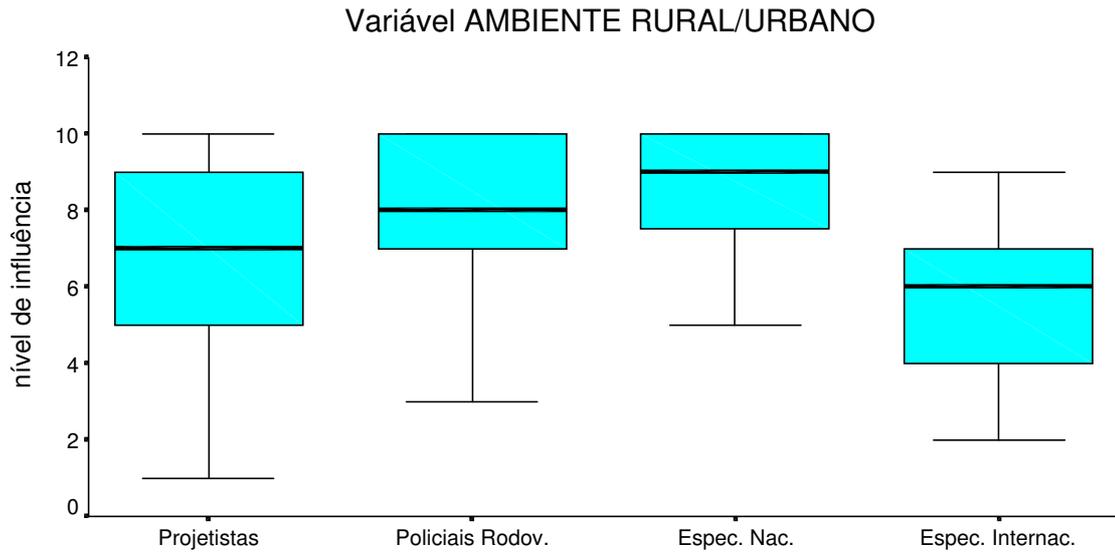


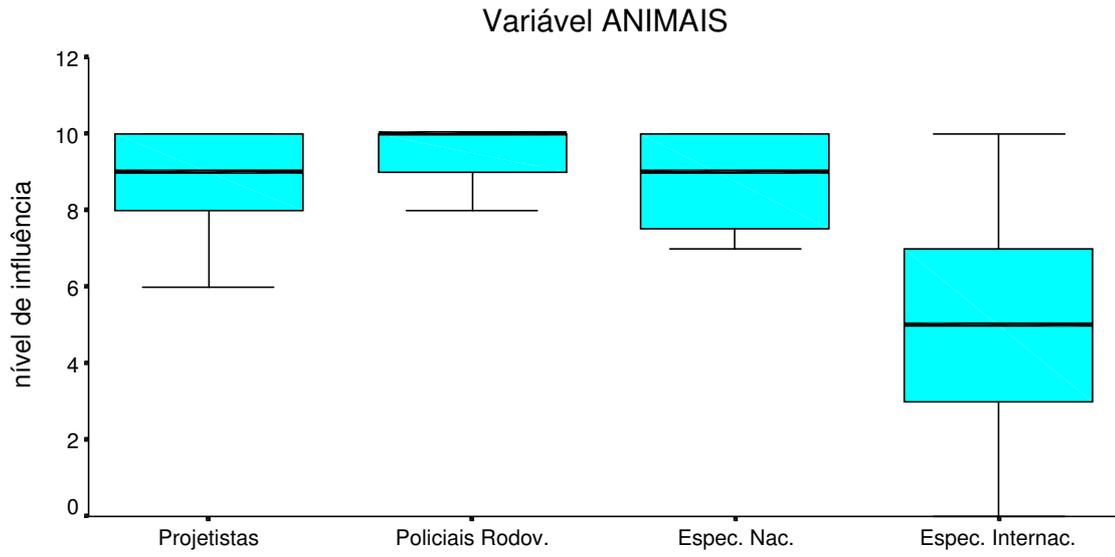












ANEXO 6 - RESULTADOS DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO LINEAR

DADOS: Rodovias RS-020, RS-118 e RST-470
Acidentes referentes a 2001 e 2002

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,34
R-Quadrado	0,12
R-quadrado ajustado	0,1
Erro padrão	7,16
Observações	68

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	443,53	443,53	8,64	0,004521094
Resíduo	66	3386,75	51,31		
Total	67	3830,28			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	18,31	3,89	4,6	1,94949E-05	10,36759246	26,25227299	10,36759246	26,25227299
Variável X 1	-2,18	0,74	-2,94	0,004521094	-3,661225116	-0,699673463	-3,661225116	-0,699673463