

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE
SEGURANÇA OFERECIDAS POR INTERSEÇÕES NÃO
SEMAFORIZADAS DE RODOVIAS DE PISTA SIMPLES**

CÁSSIA BRETAS PINTO COELHO

ORIENTADORA: MARIA ALICE PRUDÊNCIO JACQUES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES

PUBLICAÇÃO: T.DM – 001A/2010

BRASÍLIA/DF: JANEIRO/2010.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE
SEGURANÇA OFERECIDAS POR INTERSEÇÕES NÃO
SEMAFORIZADAS DE RODOVIAS DE PISTA SIMPLES**

CÁSSIA BRETAS PINTO COELHO

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM TRANSPORTES.**

APROVADA POR:

Prof.^a Maria Alice Prudêncio Jacques, PhD (UnB - ENC)
(Orientadora)

Prof. Paulo Cesar Marques da Silva, PhD (UnB - ENC)
(Examinador Interno)

Prof.^a Christine Tessele Nodari, Dra (UFRGS)
(Examinadora Externa)

FICHA CATALOGRÁFICA

COELHO, CÁSSIA

Procedimento para análise das condições de segurança oferecidas por interseções não semaforizadas de rodovias de pista simples [Distrito Federal] 2010.

xxii, 189 p., 210 x 297mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2010).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Interseção Rodoviária

2. Segurança Rodoviária

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COELHO, C. (2010). Procedimento para análise das condições de segurança oferecidas por interseções não semaforizadas de rodovias de pista simples. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM – XXXX/2010. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 189p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Cássia Bretas Pinto Coelho.

TÍTULO: Procedimento para análise das condições de segurança oferecidas por interseções não semaforizadas de rodovias de pista simples.

GRAU: Mestre

ANO: 2010

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Cássia Bretas Pinto Coelho

SQN 216, Bloco B, Apto 621, Asa Norte. 70.875-020 Brasília – DF – Brasil.

DEDICATÓRIA

Aos pais queridos, Tereza e Salomão, e
ao marido e amigo, Marco André.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Professora Maria Alice, por ter-me aceitado como orientanda e permitir-me trabalhar muitas vezes de forma independente, compreendendo minhas ausências e chamando-me em momentos oportunos. Pela dedicação, atenção e disponibilidade para as atividades de orientação, cuja qualidade foi de extrema importância para o sucesso deste trabalho.

Aos professores do mestrado que, com grande dedicação e paciência, contribuíram para a minha formação profissional em transportes. Ao Professor Paulo César, membro da banca examinadora, por sua constante tranquilidade, proferindo sempre sugestões consistentes ao trabalho e também votos de sucesso. Aos Professores Ricardo e Pastor, pela atenção nos seminários iniciais e suas conseqüentes intervenções no intuito de somar à pesquisa.

À Professora Christine Nodari, examinadora externa da banca, pelas críticas e sugestões enriquecedoras.

Ao Júlio, por estar sempre de disposto a me ajudar nas questões administrativas do Programa, com sua paciência e alegria constantes.

Aos colegas do PPGT, pela ajuda nos inúmeros momentos de estudos ao longo desses anos de mestrado. Agradeço também pelas distrações necessárias e pelos votos de sucesso recebidos nesta etapa final.

Ao Luiz Cláudio Varejão, Coordenador-Geral de Operações Rodoviárias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, por permitir-me desenvolver este trabalho, reconhecendo a necessidade da prática do constante aperfeiçoamento profissional. Agradeço também por compreender as muitas ausências em virtude das aulas e suas conseqüentes atividades. Pela reconhecida ajuda nas atividades de pesquisa de campo, necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos agentes Gerson, Jones, Marco Antônio e Paulo, pela preciosa ajuda e agradável companhia quando dos trabalhos de campo.

Ao Waldomiro, pela incansável disponibilidade em procurar e disponibilizar-me os projetos executivos das interseções selecionadas para estudo.

Aos meus pais queridos, pela educação ministrada e apoio incondicional. Por respeitarem minhas escolhas e não medirem esforços para ajudar-me nas suas concretizações. Agradeço, também, pelas inúmeras palavras de encorajamento, essenciais para a realização desta pesquisa.

Ao meu marido pela cumplicidade, amizade, dedicação, compreensão e ajuda nos momentos de dificuldades. Por reconhecer e compreender a necessidade da prática de estudos quase infindáveis.

Aos amigos e demais familiares que puderam compreender as incontáveis ausências, necessárias para o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que me incentivaram ao longo de todo o mestrado.

RESUMO

PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA OFERECIDAS POR INTERSEÇÕES NÃO SEMAFORIZADAS DE RODOVIAS DE PISTA SIMPLES

As características geométricas de dispositivos rodoviários podem prevenir ou estimular a ocorrência dos acidentes de trânsito, que resultam da interação entre a ação do homem, as condições do veículo e as condições da via e do ambiente. Desta forma, a elaboração de métodos capazes de mensurar o impacto das citadas características no desempenho da segurança viária oferecida aos seus usuários torna-se medida auxiliar na elaboração de projetos mais adequados ou ainda na definição de prioridades quando da implantação de melhorias ou adequações viárias.

Neste contexto, por meio desta dissertação, propõe-se desenvolver um procedimento para analisar as condições de segurança potenciais oferecidas por interseções rodoviárias, que são elementos de descontinuidade em qualquer rede viária, interferindo diretamente na sua segurança, capacidade de tráfego e velocidade de operação dos veículos. Baseado em características geométricas identificadas como prioritárias, o procedimento permite avaliar interseções rodoviárias não semaforizadas de rodovias de pista simples, implantadas em nível e em áreas rurais, tanto na fase de projetos quanto na sua plena operação, conforme a segurança potencial oferecida aos seus usuários. Os estudos foram desenvolvidos em cinco interseções rodoviárias, inseridas em duas rodovias federais distintas, localizadas no Estado de Minas Gerais.

Os resultados obtidos permitiram verificar a aplicabilidade do procedimento proposto na análise preliminar da segurança de interseções. Sua utilização, associada à análise das condições de segurança manifestas, torna-se ferramenta auxiliar na implantação de classes de prioridades quando da necessidade de adequações ou melhorias geométricas.

ABSTRACT

PROCEDURE FOR ANALYZING THE SAFETY CONDITIONS OF UNSIGNALIZED INTERSECTIONS ON SINGLE-LANE HIGHWAYS

The geometric characteristics of highway devices can serve to either prevent or stimulate traffic accidents, which can result from a combination of human error, vehicle conditions, and road and weather conditions. Therefore, methods for measuring the impact of these characteristics on the effectiveness of highway safety are helpful in developing more appropriate projects and defining priorities for highway improvements or adaptations.

This dissertation sought to develop a procedure for analyzing potential safety conditions of highway intersections, which disrupt the continuity of highway networks and directly affect safety, traffic flow, and vehicle speed. Specific geometric characteristics were prioritized and used as a basis for evaluating the safety potential of unsignalized at-grade intersections on single-lane highways in rural areas that are either still in project stages or already fully operational. Five highway intersections on two different federal highways in the state of Minas Gerais were studied.

The results verified the applicability of the proposed procedure in preliminary analyses of intersection safety. This procedure is a helpful tool for prioritizing geometric improvements or adaptations, when used together with existing safety conditions analyses.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	OBJETIVOS	3
1.1.1.	OBJETIVO GERAL	3
1.1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.2.	JUSTIFICATIVA	4
1.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO	5
2.	INTERSEÇÕES RODOVIÁRIAS	7
2.1.	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE INTERSEÇÕES EM NÍVEL	12
2.2.1.	ALINHAMENTO	13
2.2.2.	DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE	15
2.2.3.	CURVA HORIZONTAL	20
2.2.4.	LARGURA DE RAMOS	22
2.2.5.	FAIXAS DE MUDANÇA DE VELOCIDADE	23
2.2.6.	FAIXAS DE CONVERSÃO À ESQUERDA	26
2.2.7.	SUPERELEVÇÃO	29
2.2.8.	CURVAS VERTICAIS	30
2.2.	TÓPICOS CONCLUSIVOS	31
3.	FATORES CONTRIBUINTES DE ACIDENTES DE TRÂNSITO	33
3.1.	CONTROLE DE ACESSOS PRÓXIMOS ÀS INTERSEÇÕES	35

3.2.	MANOBRAS DE CONVERSÃO	35
3.3.	PROJETO-TIPO DE INTERSEÇÕES NÃO SEMAFORIZADAS	39
3.4.	ALINHAMENTO DAS APROXIMAÇÕES DE INTERSEÇÕES	41
3.5.	CIRCULAÇÃO DE PEDESTRES E CICLISTAS	43
3.6.	DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE	44
3.7.	DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE TRÁFEGO	46
3.8.	TÓPICOS CONCLUSIVOS	47
4.	GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA VIÁRIA EM INTERSEÇÕES	49
4.1.	ANÁLISE DE CONFLITOS DE TRÁFEGO	52
4.1.1.	Técnica Sueca – Universidade de <i>Lund</i>	53
4.1.2.	Técnica Americana - FHWA	55
4.2.	AUDITORIA DE SEGURANÇA VIÁRIA	57
4.2.1.	Técnica Americana - FHWA	58
4.2.2.	Técnica Canadense – <i>New Brunswick</i>	61
4.2.3.	Técnica Irlandesa – NRA	64
4.3.	MÉTODOS DE ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA GEOMÉTRICA	65
4.3.1.	IHSDM	66
4.3.2.	IDRM	68
4.4.	TÓPICOS CONCLUSIVOS	71
5.	ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DE INTERSEÇÕES EM NÍVEL EM RODOVIAS DE PISTA SIMPLES	73
5.1.	METODOLOGIA DE PESQUISA – ESQUEMA LÓGICO	73

5.2.	SELEÇÃO DOS FATORES PRIORITÁRIOS, QUANTO À SEGURANÇA VIÁRIA, DE INTERSEÇÕES RODOVIÁRIAS EM NÍVEL	76
5.3.	CARACTERIZAÇÃO DAS INTERSEÇÕES DE RODOVIAS PAVIMENTADAS DE PISTA SIMPLES, SITUADAS EM ÁREAS RURAIS	77
5.4.	ANÁLISE, <i>IN LOCO</i> , DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E OPERACIONAIS DE INTERSEÇÕES RODOVIÁRIAS	87
5.4.1.	Interseção Nova Era	90
5.4.2.	Interseção Barão de Cocais	100
5.4.3.	Interseção Taquaraçu de Minas	108
5.4.4.	Interseção Luizlândia do Oeste	117
5.4.5.	Interseção Andrequicé	126
5.5.	SÍNTESE DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS INTERSEÇÕES	135
5.5.1.	Características Geométricas	135
5.5.2.	Características operacionais	138
5.6.	ASSOCIAÇÕES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DAS INTERSEÇÕES E A SEGURANÇA VIÁRIA	139
6.	PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DE INTERSEÇÕES RODOVIÁRIAS	142
6.1.	PROCEDIMENTO PROPOSTO	142
6.2.	APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO PROPOSTO	146
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	149
7.1.	CONCLUSÕES	150
7.2.	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	151
7.3.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	152

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	154
APÊNDICES	158
APÊNDICE A: Técnica Sueca de Análise de Conflitos de Tráfego – Documentos Auxiliares	159
APÊNDICE B: Técnica americana de análise de Conflito de Tráfego – Documentos Auxiliares	160
APÊNDICE C: Análise de Conflitos de Tráfego – Formulário Proposto	163
APÊNDICE D: Técnica americana de Auditoria de Segurança Viária – Documentos Auxiliares	164
APÊNDICE E: Técnica canadense de Auditoria de Segurança Viária – Documentos Auxiliares	167
APÊNDICE F: Técnica irlandesa de Auditoria de Segurança Viária – Documentos Auxiliares	170
APÊNDICE G: Auditoria de Segurança Viária – Relatório de Vistoria <i>in loco</i> utilizado	173
APÊNDICE H: Interseções Rodoviárias analisadas – <i>Layout's</i> encontrados	175
APÊNDICE I: Relatórios de Auditoria de Segurança Viária - Vistorias <i>in loco</i> das interseções rodoviárias selecionadas	180

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Triângulo de Visibilidade e seus respectivos dispositivos de Controle de Tráfego (DNIT, 2005)	18
Tabela 2.2: Distância de visibilidade ao longo da rodovia principal em interseções controladas pela sinalização “Parada Obrigatória” na rodovia secundária, caso B1 (DNIT, 2005)	19
Tabela 2.3: Distância de visibilidade ao longo da rodovia principal em interseções controladas pela sinalização “Dê a Preferência” na rodovia secundária, caso C2 (DNIT, 2005)	19
Tabela 2.4: Distância de visibilidade ao longo da rodovia principal em interseções, caso E (DNIT, 2005)	20
Tabela 2.5: Distância de visibilidade de parada (m) (DNIT, 2005)	20
Tabela 2.6: Raios mínimos para bordos de pista de conversão (m) (DNIT, 2005)	21
Tabela 2.7: Comprimento mínimo das espirais nas curvas de conversão (DNIT, 2005)	22
Tabela 2.8: Comprimento mínimo dos arcos circulares para curvas compostas (DNIT, 2005)	22
Tabela 2.9: Largura das pistas de conversão (m) (DNIT, 2005)	23
Tabela 2.10: Comprimentos do <i>taper</i> nas faixas de mudança de velocidade (DNIT, 2005)	25
Tabela 2.11: Comprimentos das faixas de desaceleração (DNIT, 2005)	25
Tabela 2.12: Comprimentos das faixas de aceleração (DNIT, 2005)	25
Tabela 2.13: Fatores de ajustamento para faixas de mudança de velocidade em virtude do greide adotado (DNIT, 2005)	26
Tabela 2.14: Orientações para adoção de faixas de conversão à esquerda para rodovias de pista simples (DNIT, 2005)	27

Tabela 2.15: Comprimentos mínimos de desaceleração para faixas de conversão à esquerda (DNIT, 2005)	29
Tabela 2.16: Comprimentos das faixas de armazenamento (DNIT, 2005)	29
Tabela 2.17: Taxas de superelevação para curvas em interseções (%) (DNIT, 2005)	30
Tabela 2.18: Valores de K segundo aceleração centrífuga admissível (m) (DNIT, 2005)	31
Tabela 2.19: Valores de K segundo distância de visibilidade de parada (m) (DNIT, 2005)	31
Tabela 3.1: Importância das variáveis independentes para as taxas de colisões – Rodovias de Pista Simples (modificado - Karlaftis e Golias, 2001)	35
Tabela 3.2: Estudos referentes à eficiência da instalação de faixas exclusivas para conversão à esquerda em interseções rodoviárias (modificado - FHWA, 2002)	36
Tabela 3.3: Estudos referentes à eficiência da instalação de faixas exclusivas para conversão à direita em interseções rodoviárias (modificado - FHWA, 2002)	37
Tabela 3.4: Redução percentual esperada no total de acidentes – Faixas de conversão à esquerda, instalada nas aproximações da rodovia principal, para interseções de área rural (modificado - FHWA, 2002)	37
Tabela 3.5: Redução percentual esperada no total de acidentes – Faixas de conversão à direita, instalada nas aproximações da rodovia principal, para interseções de área rural e urbana (modificado - FHWA, 2002)	38
Tabela 3.6: Estudos de projetos-tipo de interseções rodoviárias <i>versus</i> acidentes de trânsito (modificado – FHWA, 2002)	40
Tabela 3.7: Configurações geométricas de projetos-tipo de interseções rodoviárias <i>versus</i> acidentes de trânsito (modificado – FHWA, 2002)	40
Tabela 3.8: Fator Modificador de Acidentes para Interseções Inclinadas (modificado – FHWA, 2002)	43
Tabela 3.9: Fator Modificador de Acidentes <i>versus</i> Distância de Visibilidade de Interseções (modificado – FHWA, 2002)	45

Tabela 4.1: Estágios típicos do processo de auditoria viária americana (FHWA, 2006)	58
Tabela 4.2: Estágios recomendados para diferentes projetos (Hamilton Associates, 1998, <i>apud</i> Hildebran e Wilson, 1999)	62
Tabela 4.3: Principais métodos para análise de consistência geométrica (Trentin, 2007)	66
Tabela 4.4: Problemas potenciais relacionados à segurança de interseções não semaforizadas - IDRM	69
Tabela 4.5: Modelos de engenharia – IDRM	70
Tabela 5.1: Elementos das interseções rodoviárias em nível a serem analisados	77
Tabela 5.2: Interseções rodoviárias selecionadas para análise	79
Tabela 5.3: Dados de acidentes de trânsito nas interseções rodoviárias selecionadas para análise - BR-381/MG (DataTranWeb – DPRF)	84
Tabela 5.4: Dados de acidentes de trânsito nas interseções rodoviárias selecionadas para análise - BR-040/MG DataTranWeb – DPRF)	85
Tabela 5.5: Severidade dos Acidentes de Trânsito e seus pesos atribuídos (modificado – CEFTRU, 2002)	86
Tabela 5.6: Taxa de Severidade de Acidentes de Trânsito – Interseções Rodoviárias, ano-base 2005	87
Tabela 5.7: Alinhamento Horizontal – Interseção Nova Era	92
Tabela 5.8: Alinhamento Vertical – BR-381	92
Tabela 5.9: Triângulos de Visibilidade – Interseção Nova Era	93
Tabela 5.10: Conflitos de Tráfego – Interseção Nova Era	95
Tabela 5.11: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Nova Era – Dados Gerais	96
Tabela 5.12: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Nova Era – Aproximação IPA-BH	97

Tabela 5.13: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Nova Era – Aproximação BH-IPA	97
Tabela 5.14: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Nova Era – Dados globais	98
Tabela 5.15: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento - Interseção Nova Era	99
Tabela 5.16: Alinhamento Horizontal – Interseção Barão de Cocais	101
Tabela 5.17: Triângulos de Visibilidade – Interseção Barão de Cocais	102
Tabela 5.18: Conflitos de Tráfego – Interseção Barão de Cocais	104
Tabela 5.19: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Barão de Cocais – Dados Gerais	105
Tabela 5.20: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Barão de Cocais – Aproximação IPA-BH	105
Tabela 5.21: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Barão de Cocais – Aproximação BH-IPA	106
Tabela 5.22: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Barão de Cocais – Dados globais	106
Tabela 5.23: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento - Interseção Barão de Cocais	107
Tabela 5.24: Alinhamento Horizontal – Interseção Taquaraçu de Minas	110
Tabela 5.25: Alinhamento Vertical – BR-381	110
Tabela 5.26: Triângulos de Visibilidade – Interseção Taquaraçu de Minas	111
Tabela 5.27: Conflitos de Tráfego – Interseção Taquaraçu de Minas	113
Tabela 5.28: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Taquaraçu de Minas – Dados Gerais	113
Tabela 5.29: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Taquaraçu de Minas – Aproximação BH-IPA	114

Tabela 5.30: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Taquaraçu de Minas – Aproximação IPA-BH	115
Tabela 5.31: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Taquaraçu de Minas – Dados globais	115
Tabela 5.32: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento - Interseção Taquaraçu de Minas	116
Tabela 5.33: Alinhamento Horizontal – Interseção Luizlândia do Oeste	119
Tabela 5.34: Triângulos de Visibilidade – Interseção Luizlândia do Oeste	120
Tabela 5.35: Conflitos de Tráfego – Interseção Luizlândia do Oeste	121
Tabela 5.36: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Luizlândia do Oeste – Dados Gerais	121
Tabela 5.37: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Luizlândia do Oeste – Aproximação BR-040	122
Tabela 5.38: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Luizlândia do Oeste – Aproximações BR-365	123
Tabela 5.39: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento BR 040 - Interseção Luizlândia do Oeste	124
Tabela 5.40: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento BR 365 - Interseção Luizlândia do Oeste	125
Tabela 5.41: Alinhamento Horizontal – Interseção Andrequicé	128
Tabela 5.42: Alinhamento Vertical – Interseção Andrequicé	128
Tabela 5.43: Triângulos de Visibilidade – Interseção Andrequicé	129
Tabela 5.44: Conflitos de Tráfego – Interseção Andrequicé	130
Tabela 5.45: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Andrequicé – Dados Gerais	131

Tabela 5.46: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Andrequicé – Aproximação BSB-BH	132
Tabela 5.47: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Andrequicé – Aproximação BH-BSB	132
Tabela 5.48: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Andrequicé – Dados mglobais	133
Tabela 5.49: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento - Interseção Andrequicé	134
Tabela 5.50: Principais características geométricas – Interseções adotadas	137
Tabela 5.51: Principais características operacionais – Interseções adotadas	138
Tabela 6.1: Características Geométricas Prioritárias <i>versus</i> Pesos atribuídos	145
Tabela 6.2: Condição de segurança potencial das interseções estudadas	147

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Estatísticas de Acidentes de Trânsito em Rodovias Federais Brasileiras	1
Figura 2.1: Exemplos de Interseções Rodoviárias (Pimenta e Oliveira, 2004)	8
Figura 2.2: Tipos básicos de movimentos em interseções rodoviárias (DNIT, 2005)	11
Figura 2.3: Tipos básicos de conflitos em interseções rodoviárias (DNIT, 2005)	12
Figura 2.4: Métodos de Realinhamento (DNIT, 2005)	14
Figura 2.5: Triângulos de Visibilidade em Interseções (DNIT, 2005)	16
Figura 2.6: Tipos de faixas de mudança de velocidade (DNIT, 2005)	24
Figura 2.7: Faixas de giro à esquerda deslocadas (DNIT, 2005)	28
Figura 3.1: Fatores associados à segurança viária, contribuintes para acidentes de trânsito	34
Figura 3.2: Faixas exclusivas de conversão em interseções não semaforizadas	38
Figura 3.3: Faixas exclusivas de conversão recuadas (<i>offset</i>) em interseções não semaforizadas	39
Figura 3.4: Realinhamento de aproximações em interseções não semaforizadas	41
Figura 4.1: Pirâmide da segurança - Interação rodovia - usuários em eventos contínuos (Hydén, 1987, <i>apud</i> Hernández, 2002)	53
Figura 4.2: Limites entre a severidade dos conflitos (Hernández, 2002)	54
Figura 4.3: Diferentes fases e estágios da auditoria de segurança viária americana (FHWA, 2006)	59
Figura 4.4: IHSDM – Interactive Highway Safety Desing Model	67
Figura 5.1: Metodologia de Pesquisa – Esquema Lógico	74

Figura 5.2: Localização das interseções rodoviárias, selecionadas para análise – Mapa Rodoviário BR-381 (<i>Google Maps</i>)	79
Figura 5.3: Localização das interseções rodoviárias, selecionadas para análise – Mapa Rodoviário BR-040 (<i>Google Maps</i>)	79
Figura 5.4: Classificação quanto à ocupação da área – BR-381 (SGV LabTrans / DNIT)	80
Figura 5.5: Classificação quanto à ocupação da área – BR-040 (SGV LabTrans / DNIT)	81
Figura 5.6: Entroncamento BR-381 – MG-436; Acesso a Barão de Cocais (<i>Google Earth</i>)	82
Figura 5.7: Entroncamento BR-381 – Acesso a Taquaraçu de Minas (<i>Google Earth</i>)	82
Figura 5.8: Entroncamento BR-040 – MG-220; Acesso a Andrequicé (<i>Google Earth</i>)	83
Figura 5.9: Medidor de velocidade portátil - ULTRA LYTE LR (LTI 20-20)	89
Figura 5.10: Vista parcial da rodovia principal – Interseção Rodoviária Nova Era	90
Figura 5.11: Interseção Rodoviária Nova Era	91
Figura 5.12: Restrições à visibilidade – Interseção Rodoviária Nova Era	94
Figura 5.13: Movimentos inadequados – Interseção Rodoviária Nova Era	95
Figura 5.14: Distribuição Volumétrica por classes de veículos - Interseção Nova Era	99
Figura 5.15: Vista parcial da rodovia principal – Interseção Rodoviária Barão de Cocais	100
Figura 5.16 Interseção Rodoviária Barão de Cocais	100
Figura 5.17: Restrições à visibilidade – Interseção Rodoviária Barão de Cocais	103
Figura 5.18: Distribuição Volumétrica por classes de veículos - Interseção Barão de Cocais	108
Figura 5.19: Vista parcial da rodovia principal – Interseção Rodoviária Taquaraçu de Minas	109
Figura 5.20: Interseção Rodoviária Taquaraçu de Minas – Aproximação Rodovia Secundária	109

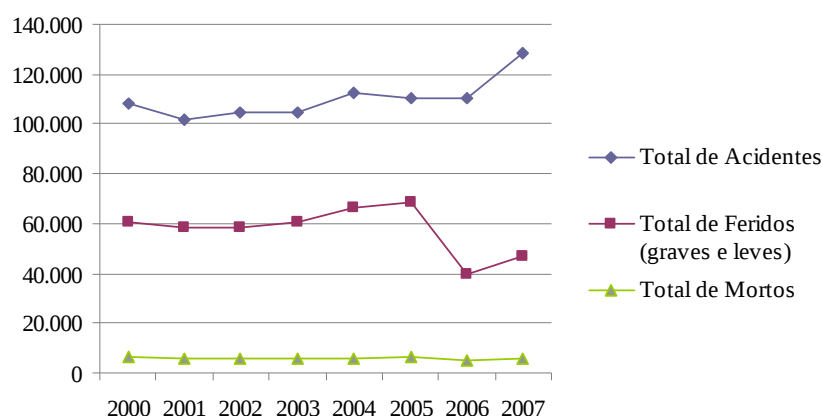
Figura 5.21: Restrições à visibilidade – Interseção Rodoviária Taquaraçu de Minas	111
Figura 5.22: Distribuição Volumétrica por classes de veículos - Interseção Taquaraçu de Minas	117
Figura 5.23: Interseção Rodoviária Luizlândia do Oeste	118
Figura 5.24: Distribuição Volumétrica por classes de veículos BR-040 - Interseção Luizlândia do Oeste	125
Figura 5.25: Distribuição Volumétrica por classes de veículos BR-365 - Interseção Luizlândia do Oeste	126
Figura 5.26: Interseção Rodoviária Andrequicé	127
Figura 5.27: Distribuição Volumétrica por classes de veículos - Interseção Andrequicé	134
Figura A.1: Formulário de Campo – Técnica Sueca de Análise de Conflitos de Tráfego (Almqvist, 1998, <i>apud</i> Pietrantonio, 1999)	159
Figura B.1: Formulário de Campo – Técnica Americana de Análise de Conflitos de Tráfego (FHWA, 1989)	160
Figura B.2: Relatório de Observação <i>in loco</i> – Check-list Operacional (FHWA, 1989)	161
Figura B.3: Relatório de Observação <i>in loco</i> – Check-list Físico (FHWA, 1989)	162
Figura C.1: Formulário de Campo Adotado - Análise de Conflitos de Tráfego	163
Figura D.1: Características a serem observadas (Folha 01) - Técnica Americana de Auditoria de Segurança Viária (FHWA, 2006)	164
Figura D.2: Características a serem observadas (Folha 02) - Técnica Americana de Auditoria de Segurança Viária (FHWA, 2006)	165
Figura D.3: Características a serem observadas (Folha 03) - Técnica Americana de Auditoria de Segurança Viária (FHWA, 2006)	166
Figura E.1: Características a serem observadas em interseções rodoviárias - Técnica Canadense de Auditoria de Segurança Viária (Hildebran e Wilson, 1999)	167

Figura E.2: Características detalhadas a serem observadas em interseções rodoviárias (Folha 01) - Técnica Canadense de Auditoria de Segurança Viária (Hildebran e Wilson, 1999)	168
Figura E.3: Características detalhadas a serem observadas em interseções rodoviárias (Folha 02) - Técnica Canadense de Auditoria de Segurança Viária (Hildebran e Wilson, 1999)	169
Figura H.1: Interseção Rodoviária de Nova Era	175
Figura H.2: Interseção Rodoviária de Barão de Cocais	176
Figura H.3: Interseção Rodoviária de Taquaraçu de Minas	177
Figura H.4: Interseção Rodoviária de Luizlândia do Oeste	177
Figura H.5: Interseção Rodoviária de Andrequicé	179
Figura I.1: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Nova Era (Folha 01)	180
Figura I.2: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Nova Era (Folha 02)	181
Figura I.3: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Barão de Cocais (Folha 01)	182
Figura I.4: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Barão de Cocais (Folha 02)	183
Figura I.5: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Taquaraçu de Minas (Folha 01)	184
Figura I.6: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Taquaraçu de Minas (Folha 02)	185
Figura I.7: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Luizlândia do Oeste (Folha 01)	186
Figura I.8: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Luizlândia do Oeste (Folha 02)	187
Figura I.9: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Andrequicé (Folha 01)	188
Figura I.10: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Andrequicé (Folha 02)	189

1. INTRODUÇÃO

Considerados um problema de saúde pública pela OMS (2004), os acidentes de trânsito são eventos complexos resultantes da interação dos seus elementos intervenientes, a saber: a ação do homem (reflexo de suas condições físicas, psicológicas e de preparo como usuário do sistema viário); as condições do veículo; e as condições da via e do ambiente (geometria e sinalização da via, ocupação das áreas lindeiras, condições atmosféricas, etc). Estima-se que anualmente cerca de 1,2 milhões de pessoas (3 mil por dia) são levadas ao óbito e mais de 50 milhões sofrem lesões em virtude dos acidentes de trânsito ocorridos mundialmente (OMS, 2004).

No Brasil, verifica-se um crescente aumento das estatísticas de acidentes (Figura 1.1), imputando à sociedade custos cada vez mais elevados. Conforme IPEA (2006), acidentes com vítimas em rodovias têm um custo médio de R\$ 86.032,00, enquanto para aqueles com ocorrência de fatalidades esse custo é de R\$ 418.341,00, um acréscimo de cerca de 500%.



(*) Em 2006, exceto Rio Grande do Norte. Em 2002, exceto Pará - 2ª quinzena de dezembro e Piauí - 2ª quinzenas de junho e setembro.

Figura 1.1: Estatísticas de Acidentes de Trânsito em Rodovias Federais Brasileiras (DataTranWeb – DPRF e DNIT, 2004)

A conformação espacial de uma rodovia pode prevenir ou estimular a ocorrência de acidentes (García, 2008). Além do mais, tal conformação, associada à velocidade, ou ao excesso desta, é tida como um dos principais elementos na ocorrência e na gravidade dos acidentes viários. Pesquisadores diversos afirmam que a velocidade operacional, ou seja, aquela que o condutor aplica em seu veículo segundo sua percepção de conforto e segurança repassados pela rodovia, é o melhor indicativo de comportamento estabelecido na relação entre os três principais elementos anteriormente citados: condutor, veículo e rodovia.

Os problemas de consistência geométrica ocorrem quando as características de um determinado trecho de rodovia sofrem alterações em segmentos consecutivos (Trentin, 2007). Esta ausência de homogeneidade proporciona condições inseguras de trafegabilidade aos usuários, uma vez que provoca velocidades operacionais distintas. Desta forma, no intuito de se observar e analisar tais inconsistências, desde meados do século XX, métodos variados, baseados em modelos de estimativa da velocidade operacional praticada em rodovias, têm sido desenvolvidos e utilizados como ferramenta para avaliar problemas de projeto e operação de rodovias existentes ou em fase de planejamento.

Reforçando a importância da harmonia entre as características geométricas de uma via, a *Federal Highway Administration* – FHWA, desde o ano 2000, recomenda que o *software* IHSDM – *Interactive Highway Safety Desing Model* seja empregado na fase dos estudos preliminares e determina sua utilização para efeito da realização do projeto de rodovias rurais nos Estados Unidos. De forma complementar, no intuito de analisar a segurança viária em interseções de rodovias rurais de pista simples, o IHSDM disponibiliza ainda o módulo IDRM – *Intersection Desing Review Module*, por meio do qual pode-se analisar os elementos geométricos de uma interseção, para um esperado nível de segurança e operação.

Segundo a *National Cooperative Highway Research Program* – NCHRP (2003), interseções são constituídas por duas ou mais rodovias que se cruzam ou até mesmo se unem, configurando-se em pontos de concentração de colisões, uma vez que nelas ocorrem diversos movimentos conflitantes. A inter-relação entre a circulação de veículos oriundos de rodovias de maior porte e, portanto, desenvolvendo maiores velocidades operacionais, e aqueles oriundos de rodovias locais e ou propriedades marginais é tida como um importante fator potencial de insegurança. Em interseções não semaforizadas há um risco potencial adicional,

em virtude de veículos parados ou trafegando em velocidades mais baixas criarem diferenciais de velocidade entre os demais veículos trafegando na mesma direção. Segundo Kuciamba e Cirillo (1992), *apud* NHCRP (2003), em território americano, mais de 50% e 30% de todas as colisões ocorridas em áreas urbanas e rurais, respectivamente, deram-se em interseções rodoviárias.

No Brasil, a malha rodoviária é composta em sua maioria por rodovias de pista simples construídas nas décadas de 60 e 70, favorecendo, segundo o IPEA (2006), a ocorrência de acidentes com maior gravidade, como as colisões frontais – principal causa de morte nas rodovias federais (33 vítimas para cada 100 colisões). Ainda, conforme DNER (1998), o crescimento desordenado das áreas lindeiras às rodovias brasileiras acarretou o elevado número de interseções. Segundo DNIT (2005), os trechos de rodovias detentores de interseções, principalmente em curvas horizontais e verticais, possuem índice relativo de acidentes no mínimo quatro vezes maior do que aqueles trechos de rodovias sem a presença desses pontos de conflitos.

Reconhece-se, portanto, que as principais características geométricas da via e suas interseções devem estar dispostas de forma harmônica e equilibrada, no intuito de permitir ao condutor desenvolver velocidades compatíveis com o seu dimensionamento e operação. Desta forma, é importante a definição de instrumentos que permitam analisar as características geométricas de interseções não semaforizadas e em nível de rodovias federais de pista simples, situadas em áreas rurais, a fim de promover a segurança dos usuários nesses locais.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Elaboração de um procedimento de análise dos elementos geométricos de interseções não semaforizadas e em nível, de rodovias de pistas simples situadas em áreas rurais, associados às características físicas dos segmentos viários em suas imediações (para efeito da análise das condições de visibilidade nas aproximações), a fim de permitir a identificação dos principais fatores geométricos contribuintes de acidentes nesses locais. Tal procedimento poderá ser

aplicado tanto na fase de projetos, quanto na fase de operação de interseções, no intuito de, respectivamente, permitir adequações geométricas para prevenir a ocorrência de acidentes e, ainda, subsidiar ações mitigadoras para a redução dos acidentes de trânsito observados nesses locais.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificação de associações entre características geométricas de interseções de rodovias de pista simples, situadas em áreas rurais, e
 - a) o número e a gravidade de acidentes de trânsito nesses locais, e;
 - b) o número de conflitos de tráfego nesses locais.
- Análise da relação entre a velocidade operacional dos veículos em interseções e segmentos adjacentes e
 - a) suas respectivas características geométricas;
 - b) o número de conflitos de tráfego nesses locais, e;
 - c) o número de acidentes de trânsito nesses locais.

1.2. JUSTIFICATIVA

As rodovias construídas nas décadas de 60 e 70 representam a grande parte da malha rodoviária brasileira. Contemplam, portanto, uma geometria restritiva e inconsistente, uma vez que a prática adotada na referida época era minimizar custos de implantação, aproveitando o relevo e caminhos existentes para a definição de traçados (Trentin, 2007). Desta forma, o significativo e notório avanço tecnológico dos inúmeros veículos em circulação atualmente no território brasileiro, aliado ao elevado e crescente volume de tráfego,

permitem presumir que as citadas rodovias têm se tornado um tanto quanto inadequadas, contribuindo para o aumento dos índices de acidentes.

Segundo DNER (1998), em trechos de rodovias onde há interseções, algumas características adicionais elevam consideravelmente o risco de acidentes, a saber: (i) interseções em trechos em curva, com ausência de roçada, presença de taludes elevados e construções, assim como demais características que prejudicam a visibilidade; (ii) interseções em fundo de vales, precedidos por dois trechos em declive; (iii) interseções nas extremidades de trechos consecutivos em aclave e declive; (iv) interseções em ângulos muito agudos; e (v) combinação das condições anteriormente citadas. Somam-se a essas características físicas as de ordem operacional do trânsito, que podem elevar ainda mais a insegurança em trechos de rodovias que possuem interseções.

Desta forma, os elevados índices de acidentes em rodovias brasileiras, principalmente em trechos caracterizados pela presença de interseções, têm trazido grandes preocupações às entidades competentes. Assim, a realização de estudos das características geométricas de interseções de rodovias de pista simples, tanto na fase de projetos, quanto na fase operacional, considerando também a velocidade operacional efetiva, diretamente afetada pelas características geométricas do local, é útil na definição de melhorias ou mesmo na elaboração de projetos de novas rodovias, no intuito de reduzir os índices de acidentes ocorridos em suas áreas de influência.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O procedimento para análise das condições de segurança oferecidas por interseções não semaforizadas de rodovias de pista simples, assim como todas as referências teóricas necessárias para seu desenvolvimento e os respectivos estudos de caso, tem sua apresentação estruturada conforme os capítulos abaixo relacionados.

A apresentação do tema da dissertação, abrangendo a hipótese levantada, bem como os principais objetivos e justificativas para o desenvolvimento do referido trabalho, encontram-se no Capítulo 1.

O Capítulo 2 contempla uma breve explanação a respeito de interseções rodoviárias, dando maior ênfase àquelas implantadas em nível e não detentoras de equipamentos semafóricos. As principais características geométricas, constantes de projetos executivos, também foram incluídas no referido capítulo.

Os principais fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes de trânsito nas dependências de uma interseção rodoviária em nível e não semaforizada, inserida em pista simples e em área rural, assim como aqueles ditos prioritários, quanto à segurança viária, utilizados posteriormente na elaboração do procedimento de análise proposto, são apresentados no Capítulo 3.

O Capítulo 4 relata os métodos de gerenciamento da segurança viária utilizados. Assim, baseando-se em programas pró-ativos, faz-se uma breve explanação das técnicas de análise de conflitos de tráfego sueca e americana, bem como das auditorias de segurança viária recomendadas pela FHWA e demais instituições internacionais. Apresenta-se, ainda, o *software* IHSDM, particularmente o seu módulo de interseções rodoviárias.

As interseções rodoviárias em nível, implantadas em rodovias de pista simples e não semaforizadas, utilizadas no estudo *in loco* das condições de segurança, são apresentadas no Capítulo 5. Dados referentes aos volumes de tráfego, às velocidades operacionais, às estatísticas de acidentes e aos conflitos de tráfego potenciais, levantados individualmente, constam também do referido capítulo e têm como propósito alcançar os objetivos específicos do trabalho, de forma a subsidiar a elaboração do procedimento proposto.

O Capítulo 6 apresenta, enfim, o procedimento para análise das condições de segurança oferecidas por interseções não semaforizadas de rodovias de pista simples, fruto da referida pesquisa bibliográfica, bem como dos estudos de campo, constantes dos capítulos anteriores.

Por fim, as conclusões obtidas ao longo de todo o desenvolvimento da pesquisa, assim como sugestões propostas, são apresentadas no Capítulo 7.

2. INTERSEÇÕES RODOVIÁRIAS

Interseções rodoviárias são áreas de confluência, entroncamento ou cruzamento de duas ou mais vias, abrangendo todo o espaço destinado a facilitar os movimentos dos veículos que por elas circulam (DNIT, 2005). Constituem-se em elementos de descontinuidade em qualquer rede viária e devem ter projetos que assegurem a circulação ordenada dos veículos e mantenham o nível de serviço da rodovia, garantindo a segurança nas áreas em que as suas correntes de tráfego sofrem influência de outras correntes, internas e externas. Têm, portanto, grande importância no projeto de uma rodovia, uma vez que podem interferir na segurança, capacidade de tráfego e velocidade de operação dos veículos.

Podem ser classificadas inicialmente em dois grandes grupos, ilustrados na Figura 2.1: (i) interseções em nível, quando as vias que se interceptam possuem a mesma cota no ponto comum, e (ii) interseções em desnível, quando existem vias e/ou ramos da interseção cruzando-se em cotas diferentes. As interseções em nível podem ainda ser divididas em três subgrupos: (a) cruzamento, quando uma via for cortada por outra; (b) entroncamento, quando uma via começa ou termina em outra; e (c) rotatória, quando duas ou mais vias encontram-se em um ponto e a solução escolhida baseia-se no uso de uma praça central de distribuição do tráfego (Pimenta e Oliveira, 2004). Os cruzamentos e entroncamentos podem ainda, segundo AASHTO (2004), possuir canalizações e faixas exclusivas de conversão.

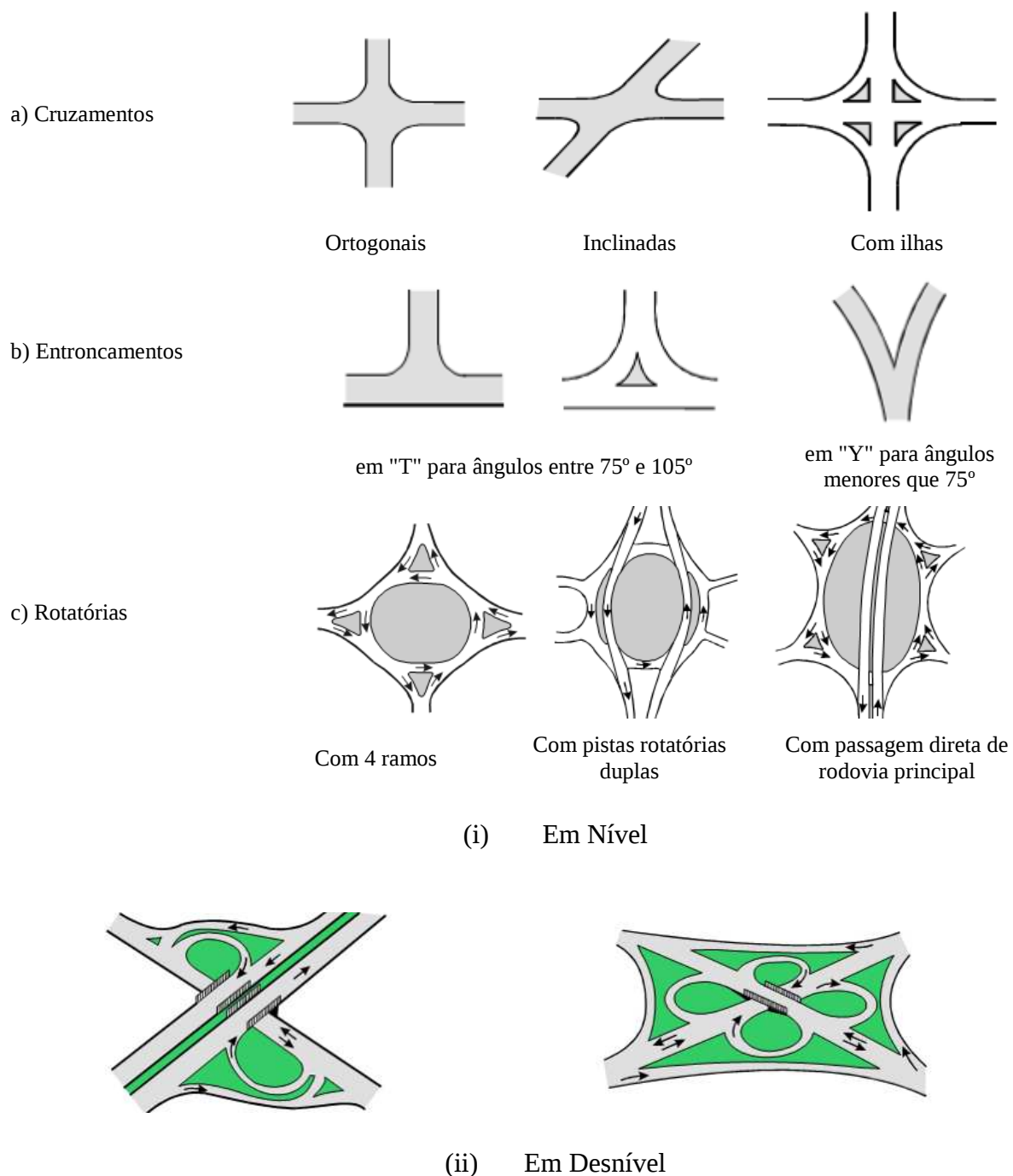


Figura 2.1: Exemplos de Interseções Rodoviárias (Pimenta e Oliveira, 2004)

Segundo Pimenta e Oliveira (2004), a capacidade de escoamento de tráfego, a segurança e o conforto dos usuários das vias e da interseção e os custos das obras necessárias são os principais fatores que influenciam na escolha do projeto executivo. Ainda, conforme os referidos pesquisadores, interseções devem ser projetadas de forma a não criar restrições ao

escoamento do tráfego das vias que chegam até elas e, portanto, não devem tornar-se pontos de congestionamento de tráfego. Assim, os seguintes elementos devem ser considerados quando da elaboração de um projeto de interseções (AASHTO, 2004):

(i) Fatores Humanos:

Hábitos e expectativas dos condutores, habilidades ao tomar decisões, tempos de reação e decisão, conformação aos caminhos naturais pelos movimentos, usos e hábitos dos ciclistas e pedestres;

(ii) Considerações do Tráfego:

Capacidades de projeto e real, movimentos de conversão na hora de projeto, tamanho e características operacionais dos veículos, variedade dos movimentos, velocidades operacionais, presença de transporte público, histórico de colisões, movimentos de ciclistas e pedestres;

(iii) Elementos Físicos:

Usos e características das propriedades lindeiras, alinhamentos verticais, distância de visibilidade, ângulos das interseções, área de conflitos, faixas de mudança de velocidade, características dos projetos geométricos, dispositivos de controle de tráfego, equipamentos de iluminação pública, características de segurança, locais para circulação de bicicletas, fatores ambientais e presença de calçadas;

(iv) Fatores Econômicos:

Custos de melhorias, efeitos do controle ou limitação do direito de passagem para propriedades residenciais ou comerciais onde o uso de canalizações restringe ou proíbe os movimentos veiculares, consumo de energia;

(v) Área Funcional da Interseção:

Área que se estende tanto a montante quanto a jusante da interseção, incluindo faixas auxiliares e suas respectivas canalizações. Consiste, portanto, de três elementos básicos: (a) distância de percepção – reação, (b) distância de manobra, (c) distância de armazenamento da fila.

A configuração de projeto adotada influencia diretamente os diversos movimentos entre veículos ao longo de área funcional de uma interseção (ver Figura 2.2). Segundo DNIT (2005), tais movimentos podem ser classificados em:

- Movimentos de Cruzamento: quando a trajetória de uma corrente de tráfego corta a trajetória dos veículos de outra, requerendo a existência de intervalos em uma corrente ou a sua interrupção momentânea;
- Movimentos Convergentes (ou de Incorporação): quando a trajetória dos veículos de duas ou mais correntes de tráfego se unem para formar uma única, havendo necessidade de regulação do direito de passagem ou existência de intervalos adequados;
- Movimentos Divergentes: quando os veículos de uma corrente de tráfego se separam e formam trajetórias independentes;
- Movimentos de Entrecruzamento (Entrelaçamento): quando a trajetória dos veículos de duas ou mais correntes independentes se combinam, formam uma corrente única e depois se separam.

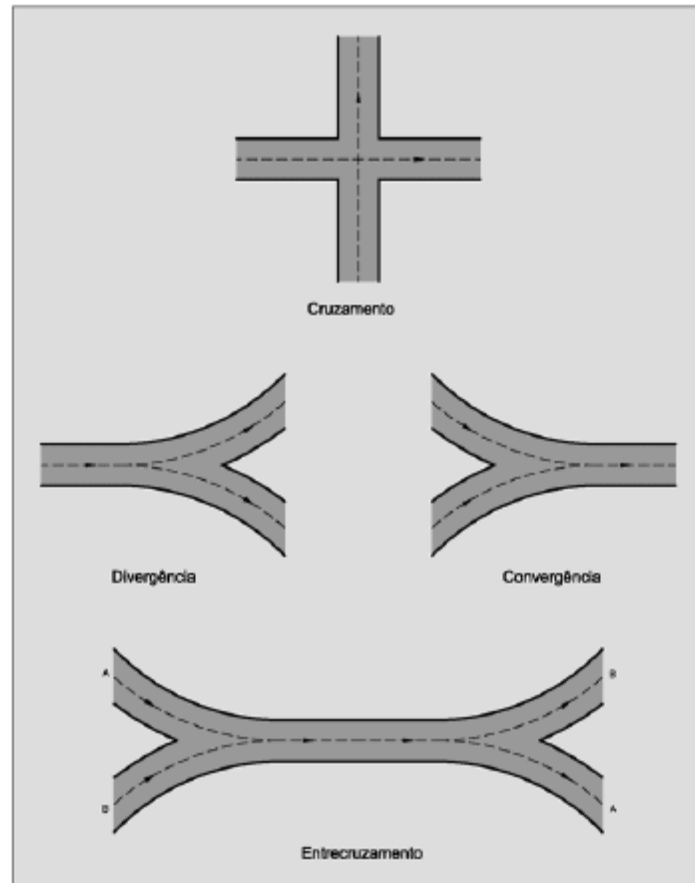


Figura 2.2: Tipos básicos de movimentos em interseções rodoviárias (DNIT, 2005)

Além do mais, os locais onde ocorrem os movimentos acima descritos são reconhecidamente pontos de conflitos, havendo, segundo o DNIT (2005), três tipos básicos, a saber: (i) conflito de cruzamento, (ii) conflito de convergência, e (iii) conflito de divergência (Figura 2.3).

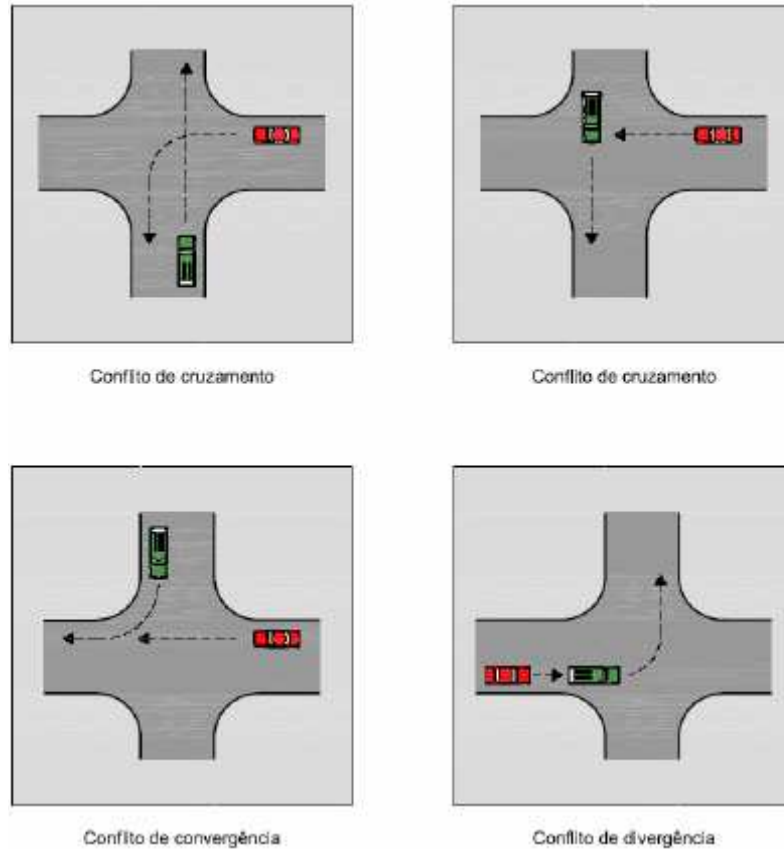


Figura 2.3: Tipos básicos de conflitos em interseções rodoviárias (DNIT, 2005)

2.1. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE INTERSEÇÕES EM NÍVEL

Conforme descrito anteriormente, os projetos de interseções rodoviárias devem ser elaborados de forma criteriosa em virtude da interferência direta na segurança, capacidade de tráfego e velocidade de operação dos veículos. Desta forma, segue abaixo breve relato dos principais elementos geométricos de interseções em nível. Além do mais, alguns deles serão também abordados no Capítulo 3 sob a ótica da contribuição para a ocorrência e/ou gravidade de acidentes de trânsito em interseções rodoviárias.

2.2.1. Alinhamento

Embora o alinhamento vertical (greide) e alinhamento horizontal de uma rodovia principal, no local de instalação de uma interseção, sejam estabelecidos por condicionantes que dificultam a realização de alterações, quase sempre é possível introduzir modificações em pontos de geometria desfavorável, objetivando garantir não só a visibilidade em todas as direções, como também assegurar melhores condições de operação (DNIT, 2005).

Alinhamentos horizontais devem oferecer pouca restrição à visibilidade e à operação de tráfego. Para tanto, o DNIT (2005), recomenda que as vias de interseções rodoviárias se encontrem segundo um ângulo igual ou próximo a 90° , preferencialmente entre 75° e 90° . De acordo com a Autarquia, ângulos de 60° somente são aceitáveis quando apresentarem significativa redução nos ônus de desapropriação, comprovados em estudos de viabilidade técnica e econômica.

Segundo AASHTO (2004), rodovias que se interceptam em ângulos agudos exigem extensas áreas de pista em curva e tendem a restringir a visibilidade, particularmente de condutores de veículos de carga. Aumentam, ainda, o tempo de exposição dos veículos que cruzam a corrente de tráfego direto. Já para conversões em ângulos obtusos, há a existência de áreas cegas à direita do veículo.

A Figura 2.4 apresenta variações de realinhamento para interseções cujos valores angulares são externos ao intervalo limite, visando assegurar melhores condições de operação.

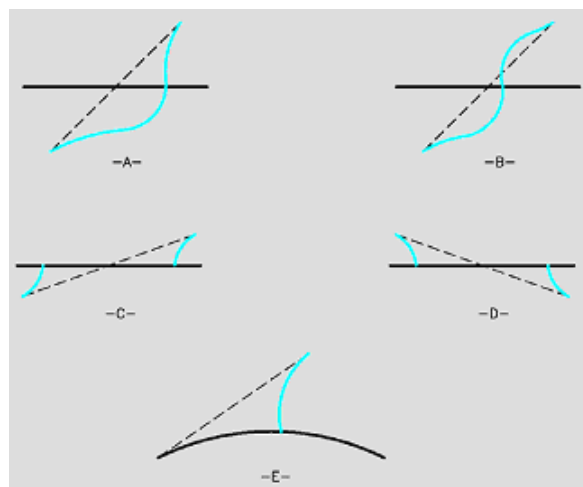


Figura 2.4: Métodos de Realinhamento (DNIT, 2005)

As soluções apresentadas nas alternativas “a” e “b”, constantes da citada figura, são utilizadas em interseções em ângulo agudo, permitindo equivalência de velocidades operacionais nas aproximações das vias que se interceptam. Interseções afastadas (*offset*), outro método de realinhamento, também podem ser utilizadas e estão representadas nas alternativas “c” e “d”. Constata-se que, quando do comparativo entre as duas alternativas anteriormente citadas, a “c” promove maior deficiência de continuidade e segurança aos condutores da rodovia, uma vez que estes, quando do movimento de deslocamento ao longo da rodovia secundária, necessitam realizar manobra de conversão à esquerda na rodovia principal e, por conseguinte, interromper o deslocamento nesta em busca de um intervalo aceitável. A alternativa “e” apresenta proposta de realinhamento quando a rodovia principal é interceptada em uma curva horizontal.

Por fim, conforme Figura 2.4, pode-se observar que quaisquer que sejam os procedimentos de realinhamento entre vias que se interceptam, todos visam tornar seus ângulos de cruzamento aproximadamente iguais a 90°.

Quanto ao alinhamento vertical, greides excessivamente íngremes tornam difícil o controle de veículos em cruzamentos, além de reduzir a distância de visibilidade ao longo das vias de uma interseção rodoviária. Desta forma, os greides de vias que se interceptam devem ser tão suaves quanto possível. Segundo AASHTO (2004), greides de até 3% pouco diferem, quanto à distância de parada e aceleração de veículos, quando comparados aos trechos planos. Greides acima de 3% exigem correção de diversos fatores de projeto, no intuito de produzir condições equivalentes às de rodovias planas, devendo, portanto, ser evitados na chegada às interseções rodoviárias. Por fim, greides de até 6%, com seus correspondentes ajustes nos elementos de projeto, somente podem ser adotados a fim de evitar um projeto excessivamente oneroso (DNIT, 2005).

2.2.2. Distância de Visibilidade

A distância de visibilidade em interseções permite ao condutor reconhecer potenciais conflitos entre veículos. Por meio dela, ao condutor é oferecido tempo suficiente para cessar o deslocamento do veículo ou adequar sua velocidade de deslocamento apropriadamente, evitando, assim, a ocorrência de colisões (AASHTO, 2004). Conclui-se, portanto, que a distância de visibilidade necessária é função das velocidades dos veículos envolvidos e das distâncias percorridas durante os tempos de percepção, reação e frenagem (DNIT, 2005).

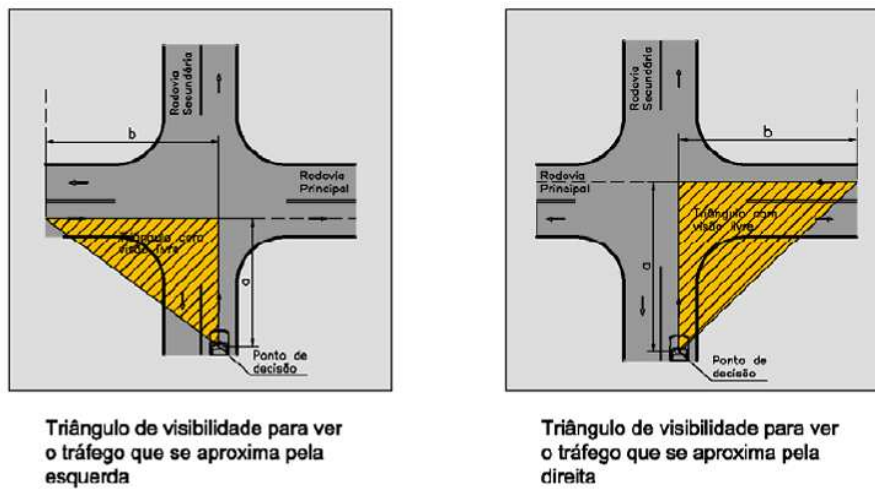
As áreas ao longo das aproximações de interseções e seus respectivos cruzamentos, segundo AASHTO (2004), devem estar livres de obstruções, de maneira a não bloquear a visão de condutores de veículos, permitindo-lhes reconhecer conflitos potenciais com outros usuários. Para tanto, deve-se analisar tanto o alinhamento vertical, quanto o horizontal, das rodovias que se interceptam, bem como a altura e posicionamento de objetos adjacentes. Deve, portanto, a distância de visibilidade acomodar satisfatoriamente o trinômio “espaço – tempo – velocidade”, indicando o triângulo de visibilidade livre necessário mostrado na Figura 2.5.

Segundo DNIT (2005), os triângulos de visibilidade livre devem ter suas áreas desobstruídas de objetos cujas alturas representam obstáculos para a visão dos condutores, tais como: edificações, veículos estacionados, taludes de corte, cercas, árvores, arbustos e lavouras de altura elevada. Relacionam-se, ainda, diretamente com o veículo de projeto considerado – para carro de passeio, admite-se olhos do condutor e objeto a ser visto a 1,08 m acima da superfície da plataforma de rolamento; para veículos de carga, esta altura é de 2,33 m para os olhos do condutor e 1,08 m para o objeto a ser visto.

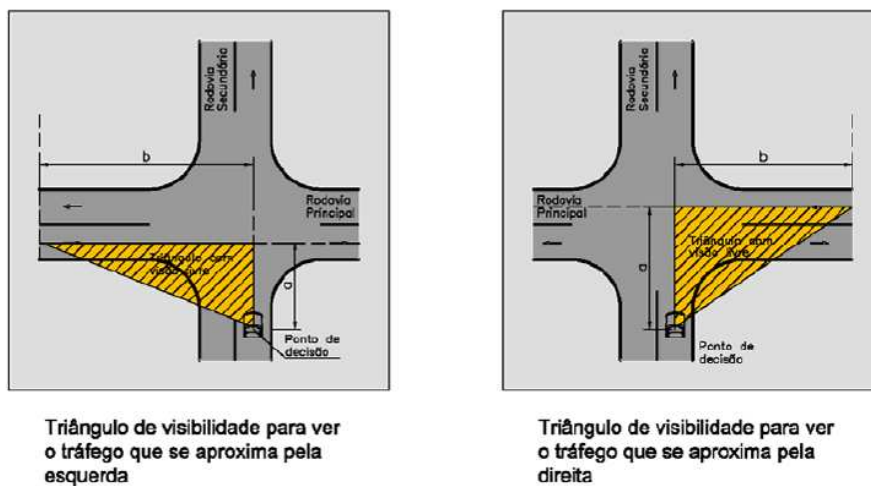
Para AASHTO (2004), os comprimentos dos catetos dos triângulos de visibilidade, ao longo das rodovias que se interceptam, devem permitir ao condutor de veículo evitar potenciais conflitos de tráfego em um tempo e distância suficientes para a redução de velocidade ou, ainda, cessar o deslocamento, evitando assim a colisão.

O uso de dispositivos de controle de tráfego em interseções rodoviárias interfere diretamente nos citados triângulos de visibilidade livre. Assim, pode-se observar na Figura 2.5 (a), aqueles necessários para os veículos que se aproximam de uma interseção controlada por placas “Dê a

Preferência” ou, ainda, sem dispositivo de controle de tráfego. Os triângulos de visibilidade necessários para as interseções controladas por placas “Pare” constam da Figura 2.5 (b).



(a) Para tráfego em movimento
(Interseções sem dispositivo de controle de tráfego ou “Dê a Preferência”)



(b) Para tráfego parado
(Interseções com “Pare”)

Figura 2.5: Triângulos de Visibilidade em Interseções (DNIT, 2005)

Ainda, a Figura 2.5 mostra que os vértices dos triângulos de visibilidade nas aproximações da rodovia secundária representam os pontos de decisão dos condutores. A partir do referido local, ao condutor é permitido reduzir a velocidade ou cessar o deslocamento, evitando-se uma possível colisão na aproximação da interseção (deslocamento pela rodovia secundária em uma distância “a”).

Além do mais, segundo AASHTO (2004), a geometria do triângulo de visibilidade deve permitir tanto aos condutores de veículos oriundos da rodovia principal (detentores do direito de passagem), quanto da secundária, a capacidade de visualização mútua. Esta propriedade é chamada de intervisibilidade. A dimensão “b”, conhecida como distância de visibilidade da interseção e constante da Figura 2.5, reflete o comprimento necessário para atender a tal propriedade. Assim, pode-se afirmar que ações de redução de velocidade, cessão de deslocamento e, por consequência, prevenção de colisões não é privativa dos condutores de rodovias secundárias, sendo, também, oferecidas aos condutores da rodovia principal.

Conforme dito anteriormente, os triângulos de visibilidade e suas respectivas dimensões dependem diretamente do tipo de controle de tráfego utilizado nas interseções, em virtude de oferecer ao condutor diferentes restrições legais e, por conseguinte, distintos comportamentos. Desta forma, a Tabela 2.1 apresenta procedimentos para determinação das distâncias de visibilidade, conforme dispositivo de controle utilizado.

Inicialmente, optou-se por dar maior ênfase aos movimentos de conversão à esquerda (casos B1, C2 e E da Tabela 2.1), realizados em interseções rodoviárias de pista simples. Tais escolhas deram-se em virtude do entendimento de que as citadas manobras são as de maior periculosidade para os condutores de veículos e, ainda, da quase inexistência de travessias a partir da rodovia secundária nas interseções analisadas na presente pesquisa (predominância de interseções do tipo “T”, conforme consta do Capítulo 5).

Conforme DNIT (2005), para os casos de conversão à esquerda, os pontos de tomada de decisão, ou seja, os pontos de partida da rodovia secundária (distância “a”), devem ser de (i) 4,40 m a 5,40 m para o caso B1, e de (ii) 25 m para o caso C2, ambos medidos a partir do bordo da faixa de tráfego da rodovia principal. Contudo, a AASHTO (2004) recomenda, para o caso B1, que tais medidas sejam acrescidas, ainda, de (i) metade da largura da via para os veículos que se aproximam pela esquerda, e (ii) 1,5 vezes a largura da via para os veículos que se aproximam pela direita.

Tabela 2.1: Triângulo de Visibilidade e seus respectivos dispositivos de Controle de Tráfego (DNIT, 2005)

CASO	DESCRIÇÃO
A	Interseções sem Controle.
B	Interseções controladas pela sinalização “Parada Obrigatória” na rodovia secundária.
B1	Giro à esquerda a partir da rodovia secundária.
B2	Giro à direita a partir da rodovia secundária.
B3	Travessia a partir da rodovia secundária.
B4	Quando há canteiro central na rodovia principal.
C	Interseções controladas pela sinalização “Dê a Preferência” na rodovia secundária.
C1	Travessia a partir da rodovia secundária.
C2	Giro à esquerda ou à direita a partir da rodovia secundária.
D	Interseções controladas pela sinalização “Parada Obrigatória” em todas as correntes de tráfego.
E	Giros à esquerda a partir da rodovia principal.

As Tabelas 2.2, 2.3 e 2.4 contêm os valores da distância de visibilidade ao longo da rodovia principal (distância “b”) para os casos B1, C2 e E, segundo DNIT (2005). Ressalta-se, entretanto, que os valores constantes das tabelas citadas são, em sua quase totalidade, inferiores aos valores constantes da AASHTO (2004) em 5 m, não apresentando, contudo, padronização quanto à velocidade de projeto de referência. Assim, para o caso B1, a redução ora informada é predominantemente nos intervalos de velocidade de projeto de 60 km/h a 80 km/h. No caso C2, não há intervalos predominantes, sendo a diferença aleatória. Por fim, no caso E, apenas os intervalos de velocidade de projeto de 90 km/h a 120 km/h são semelhantes aos apresentados pelo DNIT (2005).

Tabela 2.2: Distância de visibilidade ao longo da rodovia principal em interseções controladas pela sinalização “Parada Obrigatória” na rodovia secundária, caso B1 (DNIT, 2005)

Veículo de projeto	Distâncias de visibilidade necessárias para um veículo parado girar à esquerda em uma rodovia de duas faixas e dois sentidos de tráfego, sem canteiro central (m)										
	Velocidade diretriz da rodovia principal (km/h)										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<i>Aproximações com greide até 3%</i>											
VP	40	65	85	105	125	145	165	190	210	230	250
CO/O	55	80	105	130	160	185	210	240	265	290	315
SR/RE	65	95	130	160	190	225	255	290	320	350	385
<i>Aproximações com greide de 4%</i>											
VP	45	65	85	105	130	150	170	195	215	235	255
CO/O	55	80	110	135	160	190	215	245	270	295	325
SR/RE	65	100	130	165	195	230	260	295	325	360	390
<i>Aproximações com greide de 5%</i>											
VP	45	65	90	110	130	155	175	200	220	240	265
CO/O	55	85	110	140	165	195	220	250	275	305	330
SR/RE	65	100	130	165	200	230	265	300	330	365	395
<i>Aproximações com greide de 6%</i>											
VP	45	70	90	115	135	160	180	205	225	250	270
CO/O	55	85	110	140	170	195	225	255	280	310	335
SR/RE	65	100	135	170	200	235	270	305	335	370	405

Obs.: VP – veículos leves; CO – veículos comerciais rígidos, não articulados, abrangendo caminhões e ônibus convencionais; O – veículos comerciais rígidos de maiores dimensões, abrangendo caminhões e ônibus longos; SR – veículos comerciais articulados; RE – veículos comerciais com reboque.

Tabela 2.3: Distância de visibilidade ao longo da rodovia principal em interseções controladas pela sinalização “Dê a Preferência” na rodovia secundária, caso C2 (DNIT, 2005)

Veículo de projeto	Distâncias de visibilidade ao longo da rodovia principal para um veículo girar à esquerda ou à direita a partir da rodovia secundária (m)										
	Velocidade diretriz da rodovia principal (km/h)										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
VP	45	65	90	110	135	155	180	200	220	245	265
CO/O	55	85	110	140	165	195	220	250	280	305	335
SR/RE	65	100	135	165	200	235	265	300	335	365	400

Obs.: Valores para rodovia principal, com duas faixas e dois sentidos, sem canteiro central.

Tabela 2.4: Distância de visibilidade ao longo da rodovia principal em interseções, caso E (DNIT, 2005)

Veículo de projeto	Distâncias de visibilidade necessárias para os veículos que giram à esquerda da rodovia principal (m)										
	Velocidade diretriz da rodovia principal (km/h)										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
VP	30	45	60	75	90	105	120	140	155	170	185
CO/O	35	55	70	90	110	125	145	165	180	200	215
SR/RE	40	65	85	105	125	145	165	190	210	230	250

Obs.: Valores para rodovia principal, com duas faixas e dois sentidos, sem canteiro central.

Tem-se, ainda, a distância de visibilidade de parada, elemento essencial para a operação segura e eficiente do tráfego em uma interseção que, segundo DNIT (2005), permite ao condutor, cuja vista encontra-se à altura de 1,10 m da pista, parar o veículo antes de alcançar um obstáculo de 0,15 m de altura; a AASHTO (2004) considera essas alturas iguais a 1,08 m e 0,6 m, respectivamente. É, portanto, diretamente relacionada (i) à distância percorrida durante o tempo de percepção, decisão e reação do condutor, cerca de 2,5 s, a partir da visão do obstáculo; e (ii) à distância percorrida do início da frenagem até a completa imobilização. A Tabela 2.5 apresenta os valores de projeto adotados pelo DNIT (2005) para as distâncias de visibilidade de parada em interseções rodoviárias.

Tabela 2.5: Distância de visibilidade de parada (m) (DNIT, 2005)

Velocidade diretriz (km/h)	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Minima	15	20	30	45	60	75	90	110	130	155	180	205
Desejada	15	20	30	45	65	85	110	140	175	210	255	310

2.2.3. Curva Horizontal

Curvas simples, curvas compostas de dois ou três centros ou curvas com transição em espiral, principalmente as clotóides, podem ser usadas em interseções rodoviárias. Para DNIT (2005), as referidas curvas de transição são aquelas que melhor representam o trajeto natural dos veículos, envolvendo, contudo, maior complexidade de cálculos e locação em campo. A escolha de qual tipo de curva adotar e, portanto, seus respectivos raios, devem considerar aspectos como (i) atendimento aos veículos que realizam manobras de conversão no local,

especialmente os de maior porte, sem que haja invasão de outras faixas de rolamento; (ii) segurança dos pedestres; (iii) ângulo de giro; e (iv) custo de desapropriação. A Tabela 2.6 apresenta os valores de raios mínimos necessários para a conversão de veículos de projeto em interseções, a serem adotados em seus respectivos projetos geométricos.

Segundo AASHTO (2004), projetos para ângulos de conversão maiores que 90° usualmente resultam em interseções de largas áreas pavimentadas, com porções muitas vezes inutilizadas, podendo causar dificuldades entre os condutores e grandes extensões para a travessia de pedestres. Para reduzir tais dificuldades, a AASHTO (2004), recomenda o uso de (i) curvas compostas de três centros, (ii) curvas compostas de dois centros ou, ainda, (iii) curvas circulares de raios amplos juntamente com ilhas triangulares.

Tabela 2.6: Raios mínimos para bordos de pista de conversão (m) (DNIT, 2005)

Ângulo de conversão	Veículo de projeto	Curva circular simples raio (m)	Curva composta de três centros		Curva circular simples com taper		
			Raios (m)	Afastam. (m)	Raio (m)	Afastamento (m)	Taper (m)
30°	VP	18	-	-	-	-	-
	CO	30	-	-	-	-	-
	SR	60	-	-	-	-	-
45°	VP	15	-	-	-	-	-
	CO	23	-	-	-	-	-
	SR	53	60-30-60	1,0	36	0,6	15:1
60°	VP	12	-	-	-	-	-
	CO	18	-	-	-	-	-
	SR	45	60-23-60	1,7	29	1,0	15:1
75°	VP	11	30-8-30	0,6	8	0,6	10:1
	CO	17	36-14-36	0,6	14	0,6	10:1
	SR	-	45-15-45	2,0	20	1,0	15:1
90°	VP	9	30-6-30	0,8	6	0,8	10:1
	CO	15	36-12-36	0,6	12	0,6	10:1
	SR	-	55-18-55	2,0	18	1,2	15:1
105°	VP	-	30-6-30	0,8	6	0,8	8:1
	CO	-	30-11-30	1,0	11	1,0	10:1
	SR	-	55-14-55	2,5	17	1,2	15:1
120°	VP	-	30-6-30	0,6	6	0,6	10:1
	CO	-	30-9-30	1,0	9	1,0	10:1
	SR	-	55-12-55	2,6	14	1,2	15:1
135°	VP	-	30-6-30	0,5	6	0,5	10:1
	CO	-	30-9-30	1,2	9	1,2	10:1
	SR	-	48-11-48	2,7	12	2,0	15:1
150°	VP	-	23-6-23	0,6	6	0,6	10:1
	CO	-	30-9-30	1,2	9	1,2	8:1
	SR	-	48-11-48	2,1	11	2,1	6:1
180°	VP	-	15-5-15	0,2	5	0,2	20:1
	CO	-	30-9-30	0,5	9	0,5	10:1
	SR	-	40-8-40	3,0	8	3,0	5:1

Obs.: *Taper's* são faixas de mudanças de velocidade, caracterizadas por possuir largura variável.

Quanto ao comprimento mínimo de curvas espirais e de curvas compostas, as Tabelas 2.7 e 2.8, respectivamente, apresentam seus valores, relacionando-os à velocidade de projeto e ao raio mínimo. Para curvas compostas, conforme DNIT (2005), os raios de curvas devem atender preferencialmente uma relação inferior a 1,75, nunca ultrapassando 2, de forma a não acarretar variações bruscas de direção.

Tabela 2.7: Comprimento mínimo das espirais nas curvas de conversão (DNIT, 2005)

Velocidade de projeto da curva de conversão (km/h)	30	40	50	60	70
Raio mínimo (m)	25	50	80	115	160
Comprimento mínimo da espiral (m)	20	25	35	45	60

Tabela 2.8: Comprimento mínimo dos arcos circulares para curvas compostas (DNIT, 2005)

Raio da Curva Central (m)		30	50	60	75	100	125	>150
Comprimento do primeiro arco (m)	Mínimo	12	15	20	25	30	35	45
	Desejável	20	20	30	35	45	55	60

Obs.: Valores válidos somente quando o primeiro raio é o dobro do segundo.

2.2.4. Largura de Ramos

Conforme DNIT (2005), a largura de um ramo (pistas que conectam vias que se interceptam) de uma interseção é composta da largura da faixa de rolamento, do acostamento e/ou faixa de segurança. Deve, ainda, obrigatoriamente, permitir a ultrapassagem de um veículo imobilizado, exceto quando em ramos de pequenas extensões. A Tabela 2.9 apresenta as larguras das pistas de conversão de interseções rodoviárias.

Tabela 2.9: Largura das pistas de conversão (m) (DNIT, 2005)

Raio do bordo interno da pista (m)	Caso I Uma faixa de trânsito sem previsão de passagem à frente			Caso II Uma faixa de trânsito com previsão para passagem de um veículo parado			Caso III Duas faixas de trânsito, com um ou dois sentidos		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,4	5,5	7,0	6,0	7,8	9,2	9,4	11,0	13,6
25	4,8	5,0	5,8	5,6	6,9	7,9	8,6	9,7	11,1
30	4,5	4,9	5,5	5,5	6,7	7,6	8,4	9,4	10,6
50	4,2	4,6	5,0	5,3	6,3	7,0	7,9	8,8	9,5
75	3,9	4,5	4,8	5,2	6,1	6,7	7,7	8,5	8,9
100	3,9	4,5	4,8	5,2	5,9	6,5	7,6	8,3	8,7
125	3,9	4,5	4,8	5,1	5,9	6,4	7,6	8,2	8,5
150	3,6	4,5	4,5	5,1	5,8	6,4	7,5	8,2	8,4
Tangente	3,6	4,2	4,2	5,0	5,5	6,1	7,2	7,9	7,9
Modificação da largura em face das condições dos bordos do pavimento									
Acostamento									
Não estabilizado	-			-			-		
Meio-fio transponível	-			-			-		
Meio-fio intransponível:									
Um lado.	+ 0,30 m			-			+ 0,30 m		
Dois lados.	+ 0,60 m			+ 0,30 m			+ 0,60 m		
Barreira rígida:									
Um lado	+ 0,60 m			+ 0,30 m			+ 0,60 m		
Dois lados	+1,20 m			+ 0,60 m			+ 1,20 m		
Acostamento estabilizado de um ou dois lados.	Largura da faixa para as condições B e C pode ser reduzida em tangente para 3,60 m se o acostamento for igual ou superior a 1,20 m			Subtraia a largura do acostamento. A largura não deve ser menor que a correspondente ao Caso 1.			Subtraia 0,60 m se a largura do acostamento for igual ou superior a 1,20 m.		

Obs: A = Predominam veículos VP, mas é dada alguma consideração para veículos CO; B = Número suficiente de veículos CO para governar o projeto, mas é dada alguma consideração para veículos SR; C = Número suficiente de veículos O e SR para governar o projeto.

2.2.5. Faixas de Mudança de Velocidade

Faixas de mudança de velocidade são faixas auxiliares que têm por objetivo proporcionar espaço adequado para que os condutores de veículos possam realizar manobras de aceleração ou desaceleração, sem provocar conflitos ou interferências ao fluxo de tráfego direto (DNIT, 2005). Classificadas como *taper* ou paralela (Figura 2.6), as referidas faixas necessitam possuir largura e comprimento suficientes para a execução das variações de velocidade, sendo as suas inclusões dependentes de fatores como (i) velocidade; (ii) volume de tráfego; (iii) percentagem de veículos pesados; e (iv) capacidade e tipo da rodovia.

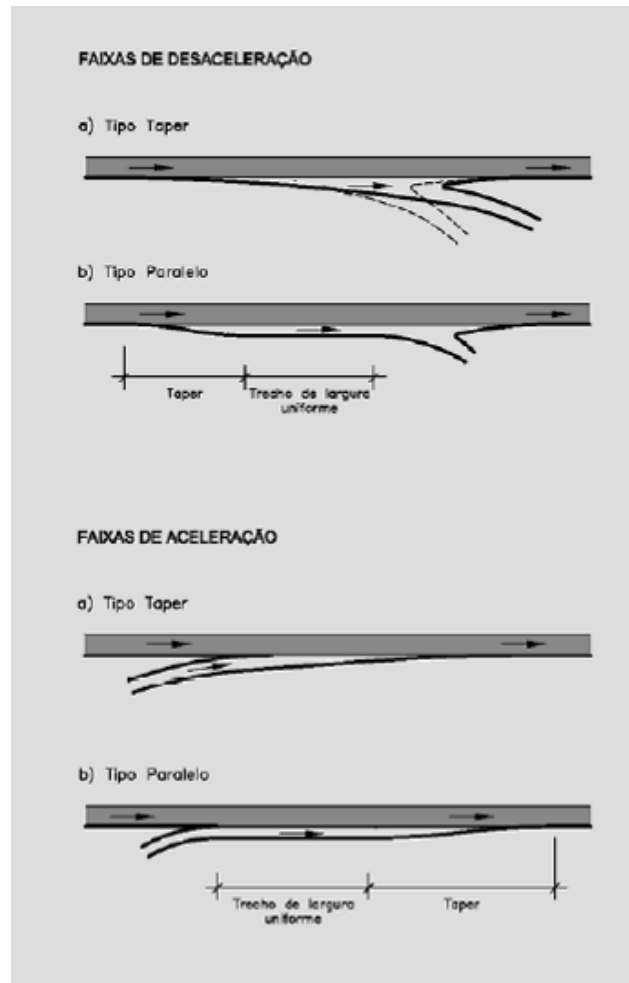


Figura 2.6: Tipos de faixas de mudança de velocidade (DNIT, 2005)

Conforme DNIT (2005), os condutores de veículos levam em média cerca de 3 a 4 s para se deslocar lateralmente de uma faixa de tráfego direto para uma faixa de mudança de velocidade. Os comprimentos dos *tapers*, constantes da Tabela 2.10, são obtidos considerando-se um tempo médio de 3,5 s. Já os comprimentos dos trechos de largura uniforme, ou seja, as faixas de mudança de velocidade do tipo paralelo, devem ser obtidos por meio das Tabelas 2.11 e 2.12; a largura destes trechos deve ser pelo menos a largura normal de uma faixa de trânsito em plena via.

Tabela 2.10: Comprimentos do *taper* nas faixas de mudança de velocidade (DNIT, 2005)

Velocidade diretriz da rodovia (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Velocidade média (km/h)	38	46	54	62	71	79	86	92	98
Comprimento mínimo (m)	39	45	53	60	69	77	84	89	95
Comprimento arredondado (m)	40	45	55	60	70	80	85	90	100

As Tabelas 2.11 e 2.12 apresentam os comprimentos das faixas de desaceleração e aceleração, respectivamente, para um greide de até 2%. Greides elevados geram a necessidade de correções, conforme Tabela 2.13.

Tabela 2.11: Comprimentos das faixas de desaceleração (DNIT, 2005)

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de desaceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de saída (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	60	110	105	95	85	70	60	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	70	-
90	80	145	140	135	120	110	100	90	80
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	90	180	180	170	160	150	140	120	105
120	100	200	195	185	175	170	155	140	120

Obs.: O comprimento mínimo da faixa de desaceleração será sempre o *taper*.

Tabela 2.12: Comprimentos das faixas de aceleração (DNIT, 2005)

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de aceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de entrada (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	90	70	60	45	-	-	-	-
60	55	130	110	100	70	55	-	-	-
70	60	180	150	140	120	90	60	-	-
80	70	230	210	200	180	140	100	70	-
90	80	280	250	240	220	190	140	100	80
100	85	340	310	290	280	240	200	170	110
110	90	390	360	350	320	290	250	200	160
120	100	430	400	390	360	330	290	240	200

Obs.: O comprimento mínimo da faixa de aceleração será sempre o *taper*.

Tabela 2.13: Fatores de ajustamento para faixas de mudança de velocidade em virtude do greide adotado (DNIT, 2005)

Faixas de Desaceleração									
Velocidade diretriz da rodovia (km/h)	Fator de multiplicação								
Todas	Rampa ascendente de 3% a 4% 0,90						Rampa descendente de 3% a 4% 1,20		
Todas	Rampa ascendente de 5% a 6% 0,80						Rampa descendente de 5% a 6% 1,35		
Faixas de Aceleração									
Velocidade diretriz da rodovia (km/h)	Fator de multiplicação								
	Velocidade de projeto das curvas de conversão								Todas as velocidades
	20	30	40	50	60	70	80		
	Rampa ascendente de 3% a 4%						Rampa descendente de 3% a 4%		
40	1,2	1,2						0,70	
50	1,2	1,2	1,2					0,70	
60	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4			0,70	
70	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5		0,65	
80	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	0,65	
90	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	0,60	
100	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	0,60	
110	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	0,60	
120	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	0,60	
	Rampa ascendente de 5% a 6%						Rampa descendente de 5% a 6%		
40	1,3	1,4						0,60	
50	1,3	1,4	1,4					0,60	
60	1,4	1,5	1,5	1,5				0,60	
70	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7			0,60	
80	1,4	1,5	1,5	1,7	1,8	1,9		0,55	
90	1,5	1,6	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	0,55	
100	1,6	1,7	1,7	1,9	2,2	2,4	2,5	0,50	
110	1,9	2,0	2,0	2,2	2,6	2,8	3,0	0,50	
120	2,0	2,1	2,3	2,5	3,0	3,2	3,5	0,50	

2.2.6. Faixas de Conversão à Esquerda

As faixas de conversão à esquerda, segundo DNIT (2005), são introduzidas nas interseções para desempenhar o papel de faixa de desaceleração e armazenagem de veículos que desejam executar manobras de conversão à esquerda, objetivando aumentar a capacidade e melhorar a operação e segurança na interseção.

De um modo geral, a instalação das referidas faixas de conversão, também conhecidas como faixas de giro, é diretamente relacionada ao volume de tráfego oposto, aquele que se deseja transpor, e ao volume de tráfego avançando, composto por aqueles que se deslocam diretamente e os girando à esquerda. Desta forma, a Tabela 2.14 orienta quanto à conveniência de prover a interseção de faixas de conversão à esquerda em rodovias de pista

simples. Os valores constantes na referida tabela são idênticos aos apresentados pela AASHTO (2004).

Tabela 2.14: Orientações para adoção de faixas de conversão à esquerda para rodovias de pista simples (DNIT, 2005)

Volume oposto (veic/h)	Volume avançando (veic/h)			
	Percentagens de giro à esquerda			
	5%	10%	20%	30%
<i>Velocidade de operação = 60 km/h</i>				
800	330	240	180	160
600	410	305	225	200
400	510	380	275	245
200	640	470	350	305
100	720	515	390	340
<i>Velocidade de operação = 80 km/h</i>				
800	280	210	165	135
600	350	260	195	170
400	430	320	240	210
200	550	400	300	270
100	615	445	335	295
<i>Velocidade de operação = 100 km/h</i>				
800	230	170	125	115
600	290	210	160	140
400	365	270	200	175
200	450	330	250	215
100	505	370	275	240

Uma faixa exclusiva de conversão à esquerda pode ser incluída entre as faixas de tráfego direto opostas, para armazenagem dos veículos que aguardam a oportunidade de giro, por meio do alargamento da rodovia ou utilizando o canteiro central, no caso de duas pistas (DNIT, 2005). Essa faixa adicional deve ser caracterizada por marcas no pavimento, canalização por ilhas divisórias ou outros meios e identificação adequada da transição a partir da faixa de uso comum.

Pode, ainda, ser deslocada para o interior do canteiro central, resultando em (i) melhor visibilidade do tráfego direto que vem em sentido contrário; (ii) possibilidade menor de conflito entre os movimentos de giros à esquerda de correntes de tráfego opostas; e (iii) maior número de giros à esquerda em um mesmo período de tempo. A Figura 2.7 ilustra os dois principais tipos de faixas de conversão à esquerda deslocadas.

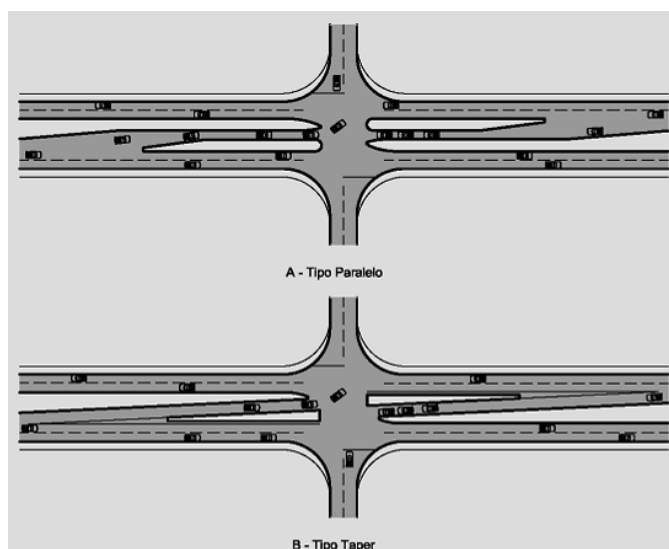


Figura 2.7: Faixas de giro à esquerda deslocadas (DNIT, 2005)

As faixas de conversão à esquerda definem as trajetórias desejadas, separam os pontos de conflitos, facilitam os movimentos prioritários do tráfego e removem veículos desacelerando, parando ou lentos das correntes diretas de tráfego (DNIT, 2005). Seus respectivos projetos conduzem, portanto, à adoção de velocidades seguras e transição suave para essas faixas.

De acordo com o DNIT (2005), as faixas de conversão à esquerda devem ter pelo menos 3,0 m de largura, sendo desejável a manutenção da mesma largura da faixa de tráfego. Entretanto, quando o excedente do canteiro central for menor que 1,20 m, pode-se reduzir a largura destas faixas para 2,7 m. No caso de faixas deslocadas, providas de ilhas divisórias, tem-se os limites de 3,60 a 4,20 m.

Por fim, as citadas faixas de conversão à esquerda são constituídas por três partes, a saber: (i) *taper*; (ii) comprimento de desaceleração; (iii) comprimento para armazenamento de veículos. Os comprimentos dos *tapers* constam do item anteriormente descrito. Os comprimentos de desaceleração, para greides menores que 3%, e de armazenamento constam das Tabelas 2.15 e 2.16, respectivamente.

Tabela 2.15: Comprimentos mínimos de desaceleração para faixas de conversão à esquerda (DNIT, 2005)

Velocidade de projeto (km/h)	Comprimento da desaceleração (m)
50	70
60	100
70	130
80	165
90	205

Tabela 2.16: Comprimentos das faixas de armazenamento (DNIT, 2005)

Números de veículos que giram por hora	≤ 60	100	200	300
Extensão da faixa (m)	15	30	50	75

2.2.7. Superelevação

O veículo, ao percorrer um trecho de rodovia em curva horizontal, está sujeito à ação da força centrífuga, atuante no sentido de dentro para fora da curva, tendendo a mantê-lo em trajetória retilínea, ou seja, tangente à curva (Lee, 2005). A trajetória desejada é, portanto, mantida devido ao atrito entre o pneu e a superfície de rolamento, gerado quando do movimento do volante no sentido da curva. Os efeitos das duas forças laterais, anteriormente citadas, tanto sobre os passageiros, quanto sobre as cargas em movimento, podem ser contrabalançados com o uso da superelevação da pista de rolamento, que nada mais é que a declividade transversal da pista nos trechos em curvas.

Em projetos de interseções rodoviárias tal efeito não poderia ser diferente, principalmente nos movimentos de conversão. Desta forma, a Tabela 2.17 apresenta os valores de superelevação sugeridos para diversas velocidades de projeto e raios de curva, devendo, segundo DNIT (2005), serem adotados os valores da metade ou terço superior.

A grande variação nas velocidades prováveis em curvas de interseções, resultantes dos volumes de tráfego, dificulta a sua definição precisa, de modo que uma gama de taxas de superelevação é dada para cada combinação de velocidade de projeto e raio de curva da interseção.

Tabela 2.17: Taxas de superelevação para curvas em interseções (%) (DNIT, 2005)

Raio (m)	Velocidade de projeto da curva (km/h)					
	20	30	40	50	60	70
15	2 - 10					
25	2 - 7	2 - 10				
50	2 - 5	2 - 8	4 - 10			
70	2 - 4	2 - 6	3 - 8	6 - 10		
100	2 - 3	2 - 4	3 - 6	5 - 9	8 - 10	
150	2 - 3	2 - 3	3 - 5	4 - 7	6 - 9	9 - 10
200	2	2 - 3	2 - 4	3 - 5	5 - 7	7 - 9
300	2	2 - 3	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6
500	2	2	2	2 - 3	3 - 4	4 - 5
700	2	2	2	2	2 - 3	3 - 4
1000	2	2	2	2	2	2 - 3

Obs.: i) Preferivelmente devem ser usados valores situados no terço superior do intervalo dado; ii) Para velocidades superiores a 70 km/h, deve-se adotar valores correspondentes às vias em geral.

2.2.8. Curvas Verticais

Tendo como função concordar com as tangentes verticais dos greides, as curvas verticais empregadas em interseções são normalmente (i) parábolas simples, também conhecidas como parábolas de 2º grau, e (ii) parábolas compostas. Podem, ainda, ser formadas por segmentos de curvas côncavas (limitantes da distância de visibilidade no período noturno) ou convexas (limitantes da distância de visibilidade nos períodos noturnos e diurnos).

As parábolas simples são definidas pelo seu parâmetro de curvatura K, que traduz a taxa de variação da declividade longitudinal na unidade de comprimento estabelecida para cada velocidade (DNIT, 2005). Representa, portanto, o comprimento da curva no plano horizontal, em metros, para cada 1% de variação da declividade longitudinal. Assim, os comprimentos L das curvas de concordância vertical são obtidos pelo produto dos valores do parâmetro K e da diferença algébrica A, em percentagem, das rampas concordadas ($L = K A$). Além do mais, segundo DNIT (2005), os valores de K são estabelecidos levando simultaneamente em consideração (i) a máxima aceleração centrífuga admissível – Tabela 2.18; (ii) a menor distância de visibilidade requerida – Tabela 2.19, e; (iii) um valor mínimo absoluto que considera aspectos de visibilidade e aparência ($L_{\min} = 0,6 V$, sendo L expresso em metros e V em km/h).

Tabela 2.18: Valores de K segundo aceleração centrífuga admissível (m) (DNIT, 2005)

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
a = 1,5% g	4,72	8,39	13,11	18,88	25,69	33,56	42,47	52,44	63,45	75,51
a = 5,0% g	1,42	2,52	3,93	5,66	7,71	10,07	12,74	15,73	19,03	22,65

Obs: Aceleração centrífuga admissível (m/s^2) entre 1,5% e 5%, conforme se trate, respectivamente, de rodovia de elevado ou de reduzido padrão.

Tabela 2.19: Valores de K segundo distância de visibilidade de parada (m) (DNIT, 2005)

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Curvas verticais convexas										
K – Mínimo	2	5	9	14	20	29	41	58	79	102
K – Desejável	2	5	10	18	29	48	74	107	164	233
Curvas verticais côncavas										
K – Mínimo	4	7	11	15	19	24	29	36	43	50
K – Desejável	4	7	12	17	24	32	42	52	66	80

As parábolas compostas oferecem maior facilidade de implantação do que as anteriormente citadas, embora apresentem maior complexidade na determinação de suas distâncias de visibilidade. São definidas, conforme DNIT (2005), como ramos sucessivos de parábolas de 2º grau, de eixos verticais, com mesmos sentidos de curvatura e tangentes no ponto de contato.

2.2. TÓPICOS CONCLUSIVOS

Interseções rodoviárias são elementos de descontinuidade em qualquer rede viária e devem, portanto, ter projetos que assegurem a circulação ordenada e segura dos seus usuários. Assim, quando da elaboração de seus respectivos projetos geométricos, diversos elementos devem ser considerados, especialmente aqueles relativos aos fatores humanos, às condições do tráfego, aos elementos físicos, aos fatores econômicos e à sua área funcional.

Especificamente quanto aos elementos físicos, inúmeras são as características geométricas estabelecidas em norma, relacionadas, principalmente, aos veículos de projeto a ser adotado e a velocidade diretriz da via, no intuito de garantir a segurança viária oferecida aos usuários de

interseções em nível. Têm-se (i) os alinhamentos horizontal e vertical, (ii) a distância de visibilidade, (iii) as curvas horizontal e vertical, (iv) a largura dos ramos, (v) os dispositivos facilitadores para as manobras de conversão, e (vi) a superelevação como os principais elementos geométricos constituintes.

Sob a ótica da segurança viária, pode-se selecionar as características i, ii, iii e v como aquelas de maior relevância. Os alinhamentos horizontal e vertical ao longo da rodovia principal constituinte de uma interseção interferem diretamente na segurança dos veículos, uma vez que podem oferecer restrições à visibilidade e, ainda, dificultar o controle dos veículos que por ela trafega, a depender do ângulo de interseção entre as rodovias, bem como dos greides adotados.

Outro fator relacionado à segurança de interseções é a distância de visibilidade. Tal característica, cujos valores normativos estão relacionados aos dispositivos de controle de tráfego utilizados, permite aos condutores de veículos terem ampla visão da área funcional de uma interseção, reconhecendo-se, assim, os potenciais conflitos entre veículos.

Curvas horizontal e vertical também podem oferecer (i) restrições ao deslocamento dos veículos em virtude dos raios adotados, principalmente para aqueles de maior porte, e (ii) limitações de visibilidade – curvas côncavas são limitadores no período noturno e curvas convexas são limitadores tanto no período noturno quanto no período diurno.

Por fim, têm-se os dispositivos facilitadores de manobras de conversão – faixas de mudança de velocidade e faixas exclusivas de conversão. Tais faixas promovem espaços adequados para as manobras de aceleração, desaceleração ou conversão, permitindo a realização dos referidos movimentos sem impactar ou interferir no fluxo de tráfego direto.

3. FATORES CONTRIBUINTES DE ACIDENTES DE TRÂNSITO

Segundo Oliveira (2000), *apud* Campos (2005), “o esquema viário no seu conjunto cria situações patologicamente propícias a acidentes”. Desta forma, tem-se que as características físicas e técnicas da via (o traçado viário e seus elementos geométricos), as características operacionais do fluxo de veículos (a sinalização e as condições da pista – estado de conservação e pavimentação) e, por fim, as características urbanísticas das mesmas podem ser diretamente associadas à segurança viária.

As características geométricas da via influenciam (i) a habilidade do condutor em manter o controle do veículo e identificar situações perigosas; (ii) a existência de oportunidades de conflitos, tanto em relação à quantidade quanto ao tipo; (iii) as consequências de uma saída de pista de um veículo desgovernado; e (iv) o comportamento e a atenção dos motoristas (TRB, 1987, *apud* Nodari, 2003). Assim, sendo os fatores geométricos da via, aliados à sinalização viária, os objetos da presente pesquisa, buscou-se levantar, por meio de pesquisa bibliográfica, aqueles de maior influência na ocorrência de acidentes de trânsito. A Figura 3.1 apresenta, de forma sucinta, os principais fatores constantes de projetos geométricos de rodovias, associados aos problemas de segurança viária (Lamm *et al.*, 1999, *apud* García, 2008).

Interseções rodoviárias são áreas de elevada concentração de ocorrência de colisões, embora sejam apenas pequenas porções da totalidade de um sistema rodoviário. Segundo GES (2006) e FARS (2007), *apud* FHWA (2009), cerca de 40% das colisões ocorridas em rodovias americanas, no ano 2006, deram-se nos referidos dispositivos viários. A ocorrência de interrupção do tráfego, ao longo da rodovia principal, em virtude de manobras de conversões, aliada aos cruzamentos ou inserções de veículos oriundos da rodovia, promovem condições potenciais de insegurança.

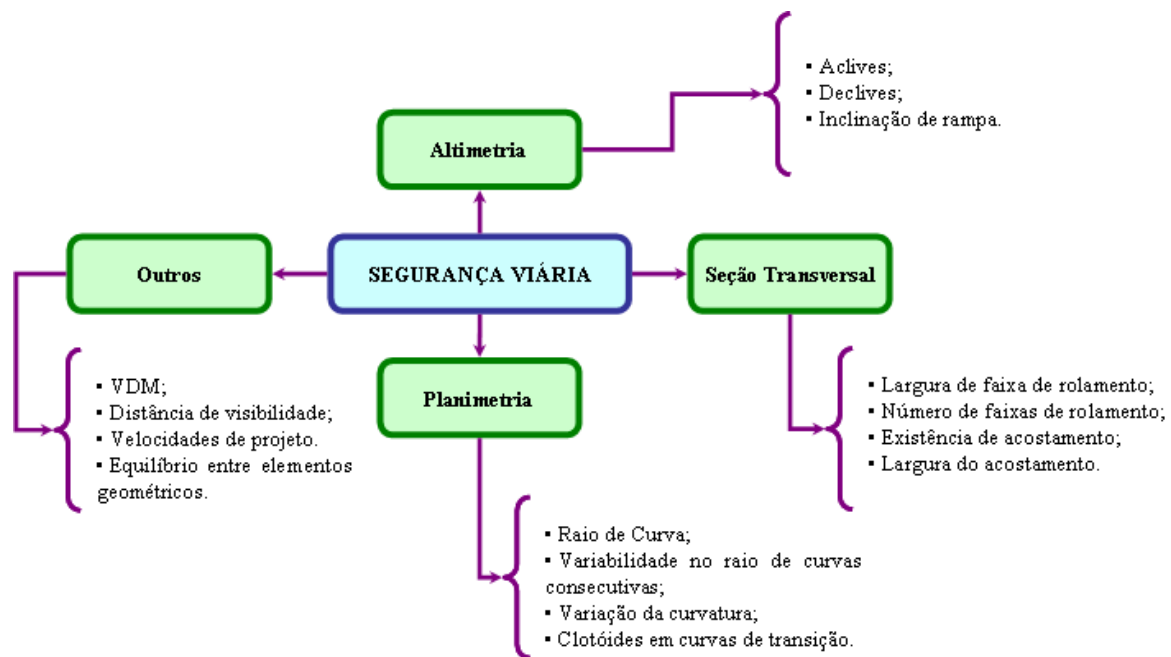


Figura 3.1: Fatores associados à segurança viária, contribuintes para acidentes de trânsito

Similarmente ao que ocorre nos segmentos rodoviários entre interseções, entende-se que os elementos físicos, dispostos ao longo da área funcional de uma interseção rodoviária, podem ser associados diretamente à segurança viária percebida pelos usuários. Isto se dá porque estes elementos influenciam diretamente o comportamento de condutores, assim como limitam as manobras prováveis e permitidas aos veículos.

Corroborando com a necessidade de tratamento das citadas interseções rodoviárias, quanto à segurança viária, o NCHRP (2003) discorre sobre diversos fatores associados à ocorrência de colisões em interseções não semaforizadas, estabelecendo estratégias, distribuídas em nove categorias, no intuito de minimizar a ocorrência de tais acidentes de trânsito. Tal plano é parte integrante do “Programa Estratégico de Segurança em Interseções”, conforme FHWA (2009), cujo objetivo é assistir ao planejamento, desenvolvimento, implantação e manutenção de dispositivos de infraestrutura capazes de minimizar colisões em interseções rodoviárias.

Os principais fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes de trânsito em interseções rodoviárias são apresentados a seguir. Muitos deles constarão, posteriormente, do procedimento de análise quanto à segurança viária dos citados dispositivos viários, constante do Capítulo 06.

3.1. CONTROLE DE ACESSOS PRÓXIMOS ÀS INTERSEÇÕES

Segundo Karlaftis e Golias (2001), em pesquisa baseada no Inventário Rodoviário do Departamento de Transportes de Indiana e nos Relatórios de Acidentes da Polícia Estadual de Indiana, cujos dados foram coletados no período de 1991 a 1995, o controle de acessos em rodovias de pista simples tem importância relativa de 14 %, quanto às taxas de colisões. A Tabela 3.1 apresenta os resultados para as demais variáveis independentes, quando do estudo para rodovias de pistas simples.

Tabela 3.1: Importância das variáveis independentes para as taxas de colisões – Rodovias de Pista Simples (modificado - Karlaftis e Golias, 2001)

Variável	Importância Relativa (%)
AADT	100
Largura da Faixa	72
Índice de Serventia	59
Atrito Pneu x Pavimento, quando molhado	32
Tipo de Revestimento	30
Controle de Acesso	14

O efetivo gerenciamento de acessos é, portanto, importante para a manutenção da segurança de interseções e suas áreas adjacentes. Segundo NCHRP (2003), pontos de acesso até 76,5 m a montante ou jusante de uma interseção são geralmente inadequados, devendo serem fechados ou relocados. Havendo impeditivo para tal procedimento, devem ser implementadas restrições aos movimentos de entrada e saída por meio de sinalização, de ilhas de canalização na entrada da rodovia principal, do redesenho dos modelos de circulação interna dos acessos, da instalação de canteiros centrais na rodovia principal, ou ainda pela combinação desses fatores.

3.2. MANOBRAS DE CONVERSÃO

Muitas colisões em interseções estão relacionadas às manobras de conversão, principalmente à esquerda (NCHRP, 2003). A interrupção do fluxo de tráfego ou redução da velocidade

operacional ao longo da rodovia principal, geradas por veículos próximos às aproximações aguardando momento oportuno para a realização das referidas manobras, tanto à esquerda, quanto à direita, tornam-se potenciais conflitos de tráfego. Tais conflitos corroboram, portanto, com a ocorrência de colisões, principalmente traseiras e laterais, entre os citados veículos e aqueles que trafegam ao longo da rodovia ou, ainda, aqueles que trafegam em sentido oposto. A implantação de faixas exclusivas de conversão, particularmente em aproximações de rodovias de altas velocidades e elevados volumes de tráfego, segundo NCHRP (2003), podem ser utilizadas a fim de reduzir os acidentes de trânsito anteriormente referidos.

Diversos estudos têm sido desenvolvidos, no intuito de documentar os impactos relativos à segurança, devido ao uso de faixas exclusivas de conversão. As Tabelas 3.2 e 3.3 contemplam os resultados de alguns desses estudos, contendo estimativas quantitativas da eficiência da instalação de faixas exclusivas para conversão à esquerda e à direita, respectivamente.

Tabela 3.2: Estudos referentes à eficiência da instalação de faixas exclusivas para conversão à esquerda em interseções rodoviárias (modificado - FHWA, 2002)

Estudo	Influência percentual na frequência de acidentes de trânsito	Observação
Harwood <i>et al.</i> (2000)	- 24	Faixa exclusiva implantada em uma única aproximação da rodovia principal (pista simples em área rural).
	- 42	Faixas exclusivas implantadas nas duas aproximações da rodovia principal (pista simples em área rural).
McFarlane (1979)	- 60	Instalação da faixa exclusiva, associada ao canteiro central (separação física) – área rural.
	- 50	Instalação de faixa exclusiva, associada ao canteiro central (pintura no pavimento) – área rural.
Foody e Richardson (1973)	- 76	Interseções não semarorizadas.
Tamburri e Hammer (1968) / Wilson <i>et al.</i> (1967)	- 18	Interseções não semarorizadas.
Agent (1983)	- 77	Interseções não semarorizadas.

Tabela 3.3: Estudos referentes à eficiência da instalação de faixas exclusivas para conversão à direita em interseções rodoviárias (modificado - FHWA, 2002)

Estudo	Influência percentual na frequência de acidentes de trânsito	Observação
Harwood <i>et al.</i> (2000)	- 5	Faixa exclusiva implantada em uma única aproximação da rodovia principal (pista simples em área rural).
	- 10	Faixas exclusivas implantadas nas duas aproximações da rodovia principal (pista simples em área rural).
Vogt e Bared (1998)	+ 27	Interseções “T” em rodovias rurais de pista simples.

Baseado nos trabalhos acima descritos, o FHWA (2002) promoveu um estudo para a análise da eficiência de faixas de conversão à esquerda e à direita, instaladas em interseções em nível. A referida pesquisa limitou-se a projetos de interseções rodoviárias do tipo “T” e “Quatro Ramos”, implantadas em oito estados norte americanos (Illinois, Iowa, Louisiana, Minnesota, Nebraska, Carolina do Norte, Oregon e Virgínia). Os resultados, constantes das Tabelas 3.4 e 3.5, foram obtidos após análise conjugada das configurações geométricas, dispositivos de controles de tráfego e volume de tráfego. Eles mostram que a simples implantação de faixas exclusivas de conversão pode contribuir para uma significativa redução de acidentes de trânsito ocorridos em interseções rodoviárias.

Tabela 3.4: Redução percentual esperada no total de acidentes – Faixas de conversão à esquerda, instalada nas aproximações da rodovia principal, para interseções de área rural (modificado - FHWA, 2002)

Tipo de Interseção	Dispositivo de Controle de Tráfego	Número de aproximações da rodovia principal onde serão instaladas as faixas exclusivas	
		Uma	Todas
Interseção “T”	Placa “Pare”	44	-
Interseção “Quatro Ramos”	Placa “Pare”	28	48

Tabela 3.5: Redução percentual esperada no total de acidentes – Faixas de conversão à direita, instalada nas aproximações da rodovia principal, para interseções de área rural e urbana (modificado - FHWA, 2002)

Dispositivo de Controle de Tráfego	Número de aproximações da rodovia principal onde serão instaladas as faixas exclusivas	
	Uma	Todas
Placa “Pare”	14	26

O uso das referidas faixas exclusivas em interseções rodoviárias, tanto para conversões à esquerda quanto à direita, ilustradas na Figura 3.2, promovem, portanto, a eliminação dos veículos próximos às aproximações que aguardam momento oportuno para a realização das referidas manobras, reduzindo os conflitos entre esses veículos e aqueles que trafegam ao longo da rodovia ou, ainda, aqueles que trafegam em sentido oposto.

Embora tenham sua eficiência comprovada nos estudos diversos acima expostos, a adoção de faixas exclusivas gera, contudo, um problema potencial - o bloqueio visual devido ao fluxo de tráfego oposto. A promoção de *offset*, ou seja, afastamento lateral, das referidas faixas exclusivas permite eliminar o potencial conflito de tráfego quando de suas instalações. Tal estratégia pode ser aplicada em interseções compostas por canteiro central, cujo tamanho é capaz de comportar o referido deslocamento, por meio de sinalização horizontal ou até mesmo ilhas, de forma a reduzir a frequência de colisões entre veículos convergindo à esquerda, à direita, ou cruzando a rodovia secundária e ao longo da rodovia principal. A Figura 3.3 contempla exemplos de faixas exclusivas recuadas em interseções não semaforizadas.



(a) À direita



(b) À esquerda

Figura 3.2: Faixas exclusivas de conversão em interseções não semaforizadas



(a) À direita



(b) À esquerda

Figura 3.3: Faixas exclusivas de conversão recuadas (*offset*) em interseções não semaforizadas

Por fim, tem-se ainda o diferencial de velocidade como fator contribuinte de acidentes. Segundo NCHRP (2003), interseções não semaforizadas localizadas em rodovias separadas por barreiras físicas e que possuem histórico de alta proporção de colisões traseiras, relacionadas com o diferencial de velocidade causado por veículos que entram na rodovia principal a partir de conversões à esquerda ou à direita, devem ser tratadas com a implantação de faixas de aceleração. Tais faixas são conhecidas como faixas auxiliares ou de mudança de velocidade que permitem aos condutores acelerarem seus veículos, em faixa exclusiva, no intuito de atingir à velocidade da rodovia, antes de proceder à entrada no fluxo de tráfego ao longo desta.

3.3. PROJETO-TIPO DE INTERSEÇÕES NÃO SEMAFORIZADAS

As configurações de um projeto de interseção podem também corroborar com a potencialidade de ocorrência de acidentes de trânsito. Seus projetos-tipo devem, portanto, ser adequadamente selecionados, a fim de se minimizar tais potencialidades.

Conforme FHWA (2002), é de grande aceitabilidade na literatura que interseções do tipo “quatro ramos” apresentam elevadas frequências de acidentes, quando comparadas com interseções “T”. Tal assertiva pode ser facilmente deduzida em virtude das interseções “quatro

ramos” apresentarem maior quantidade de pontos de conflitos de tráfego, ou seja, maiores oportunidades para a ocorrência de acidentes do que as do tipo “T”. A Tabela 3.6 apresenta alguns estudos desenvolvidos com o intuito de demonstrar a relação entre projetos-tipo de interseções rodoviárias e a ocorrência de acidentes de trânsito.

As configurações geométricas possíveis para cada projeto-tipo devem também ser consideradas quando da análise de segurança de interseções rodoviárias. Interseções “quatro ramos”, tanto as convencionais, quanto as *offset*, também chamadas por “T” afastadas, apresentam relações distintas com relação à ocorrência de acidentes. Situação similar pode ser esperada quanto às interseções “T” e “Y”. A Tabela 3.7 contempla os resultados obtidos em estudo realizado por Hana *et al.* (1976), *apud* FHWA (2002).

Tabela 3.6: Estudos de projetos-tipo de interseções rodoviárias *versus* acidentes de trânsito (modificado – FHWA, 2002)

Estudo	Dados Interseção Rodoviária			Acidentes de Trânsito (acidentes/ano)	Relação Acidentes / Projeto-tipo
	Área de Implantação	Dispositivo de Controle	Projeto-tipo		
Bauer e Harwood (1996)	Rural	Placa “Pare”	“Quatro Ramos”	1,1	2 x
			“T”	0,6	-
	Urbana	Placa “Pare”	“Quatro Ramos”	2,2	1,7 x
			“T”	1,3	
Hanna <i>et al.</i> (1976)	Rural	-	“Quatro Ramos”	-	+ 69 %

Obs: A relação acidentes / projeto-tipo apresentada trata-se de comparativo entre interseções “Quatro Ramos” e “T”.

Tabela 3.7: Configurações geométricas de projetos-tipo de interseções rodoviárias *versus* acidentes de trânsito (modificado – FHWA, 2002)

Projeto-tipo	Relação Acidentes de Trânsito / Configuração Geométrica
“Quatro Ramos”	- 57 % → <i>Offset</i> comparado com Convencional
“Três Ramos”	+ 50 % → “Y” comparado com “T”

Embora os resultados acima descritos, contribuam para o uso de interseções “quatro ramos” – *offset*, em virtude de esta apresentar maior segurança aos usuários de rodovias, seu uso não deve ser utilizado indiscriminadamente. Interseções não semaforizadas com baixo volume de tráfego na rodovia secundária devem ser atendidas preferencialmente por interseções do tipo T. Desta forma, segundo NCHRP (2003), em caso de interseções de quatro ramos contempladas por tais características, deve-se proceder à conversão em duas interseções T, afastadas uma da outra, criando, portanto, duas interseções operando independentemente, conforme mostra a Figura 3.4 (b). De forma análoga, tem-se que interseções não semaforizadas com alto volume de tráfego na rodovia secundária devem ser atendidas por projetos-tipo “quatro ramos” convencional, como mostra o exemplo da Figura 3.4 (a).

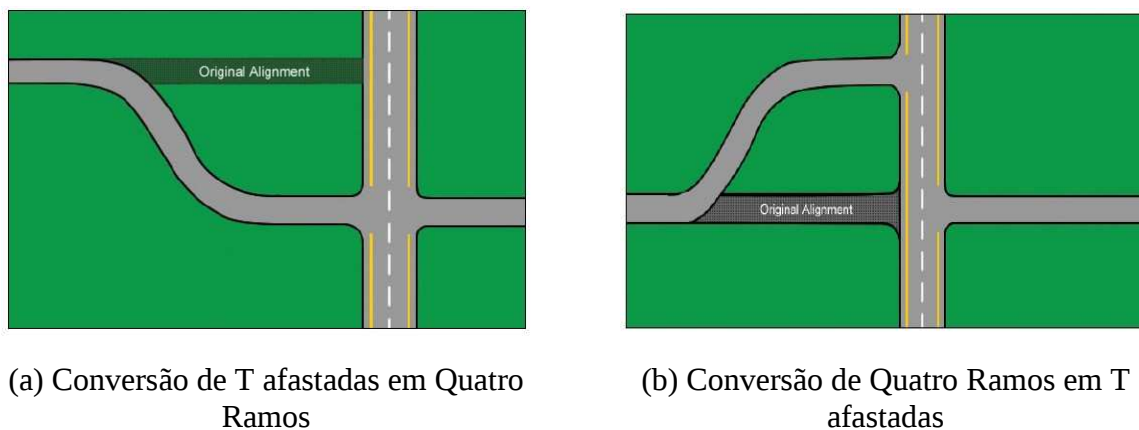


Figura 3.4: Realinhamento de aproximações em interseções não semaforizadas

Por fim, segundo Ceder e Eldar (2001), a distância ótima entre os ramos das interseções afastadas tem como fundamentos (i) a função “atraso mínimo” aceito pelas filas formadas; (ii) a probabilidade de deslocamento de demais veículos; e (iii) as limitações orçamentárias e de segurança.

3.4. ALINHAMENTO DAS APROXIMAÇÕES DE INTERSEÇÕES

O alinhamento das aproximações de interseções não semaforizadas está diretamente associado à potencialidade de ocorrência de acidentes. Segundo McCoy *et al.* (1994), *apud* FHWA

(2002), acidentes em interseções rurais, controladas por placas “Pare”, tanto para aquelas do tipo “T”, quanto “Quatro Ramos”, têm seu número elevado à medida que se eleva, também, o ângulo entre as aproximações das rodovias constituintes do dispositivo rodoviário.

Conforme NCHRP (2003), quando rodovias se interceptam de forma não perpendicular, ou seja, formando ângulos agudos ou obtusos, experimentam um ou mais dos problemas abaixo transcritos, devendo, desta forma, ser realinhadas no intuito de torná-las o mais perpendicular possível.

- aumento da distância de percurso quando de cruzamentos ou conversões, resultando no incremento de tempo de exposição ao tráfego da rodovia secundária;
- redução do ângulo de visão dos condutores para uma conveniente observação do tráfego oposto e de pedestres;
- dificuldade do alinhamento do veículo, quando de conversões à direita ou à esquerda;
- prática de velocidade acima da aconselhável, quando da conversão à esquerda em ângulo obtuso por veículos oriundos da rodovia principal, podendo acarretar saída de pista;
- obstrução da linha de visão de condutores causada pelo corpo do veículo quando em uma aproximação em ângulo agudo;
- dificuldades em virar a cabeça, pescoço ou partes superiores do corpo para uma adequada linha de visão.

Para Harwood *et al.* (2000), *apud* FHWA (2002), a condição de maior frequência de acidentes em interseções, cujas aproximações interceptam-se em ângulos não retos, pode ser observada por meio do fator modificador de acidentes (AMF), constante de estudo para a obtenção de algoritmo de previsão da condição esperada de segurança em interseções de pista simples, implantadas em áreas rurais. Estabelecido para diferentes elementos geométricos e, ainda, dispositivos de controle de tráfego, o AMF tem como valor base a unidade (1,0). Valores acima resultam em dispositivos associados e/ou contribuintes para elevadas ocorrências de

acidentes. De forma análoga, valores menores que uma unidade indicam dispositivos de baixa influência na ocorrência de acidentes. A Tabela 3.8 apresenta os formulários para a obtenção do citado fator moderador, quanto às interseções inclinadas, ou seja, aquelas cujas aproximações se interceptam em ângulos não perpendiculares.

Tabela 3.8: Fator Modificador de Acidentes para Interseções Inclinadas (modificado – FHWA, 2002)

Tipo de Interseção	Dispositivo de Controle de Tráfego	Fator Modificador de Acidentes (AMF)
Interseção “T”	Placa “Pare”	$AMF = e^{(0,0040 SKEW)}$
Interseção “Quatro Ramos”	Placa “Pare”	$AMF = e^{(0,0054 SKEW)}$

Obs.: SKEW = diferencial angular, expresso pelo valor absoluto da diferença entre 90° e o ângulo da interseção.

3.5. CIRCULAÇÃO DE PEDESTRES E CICLISTAS

Conforme NCHRP (2003), cerca de 1/3 de todas as colisões relativas aos pedestres americanos ocorrem em até 15,20 m da interseção. Destes, 30% envolvem veículos convergindo, 22% pedestres cruzando a rodovia ou lançados à frente do veículo, cujo condutor teve sua visão bloqueada justamente na hora do impacto, e 16% violações por parte dos condutores. Algumas facilidades para os pedestres, como (i) calçadas contínuas, (ii) sinalização viária associada à delimitação dos pontos de cruzamento, (iii) sinalização de pedestres, (iv) calçadas recuadas e (v) iluminação, podem ser instaladas a fim de reduzir os elevados índices de acidentes de trânsito.

Além do mais, a associação do alto volume de tráfego, das altas velocidades e da ausência de espaço próprio são os principais problemas para o deslocamento de ciclistas ao longo das interseções. Tais dificuldades podem, contudo, ser minimizadas por meio de (i) alargamento das faixas de tráfego ao longo da rodovia ou adicionando faixas exclusivas para ciclistas; (ii) refúgios no canteiro central em cruzamentos chaves da rodovia secundária; (iii) estruturas independentes de ciclistas e pedestres onde necessárias; (iv) projetos de grelhas (associadas a dispositivos de drenagem) mais seguras para ciclistas; e (v) suaves pavimentos nos acostamentos das interseções (NCHRP, 2003).

3.6. DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE

A adequada distância de visibilidade para condutores em aproximações de interseções controladas por placas “Pare” ou “Dê a preferência” é largamente reconhecida como um dos mais importantes fatores contribuintes para a completa segurança de interseções não semaforizadas.

Segundo David e Norman (1976), *apud* FHWA (2002), a realização de melhoramentos em interseções rodoviárias, no intuito de sanear deficiências quanto às distâncias de visibilidade, contribui para uma elevada redução dos índices de acidentes de trânsito. Hanna *et al.* (1976), *apud* FHWA (2002), em estudo comparativo quanto às taxas de acidentes de trânsito ocorridas em interseções rodoviárias oferecendo (i) boa e (ii) má distâncias de visibilidade, encontraram uma relação direta entre as citadas variáveis. Segundo o referido estudo, interseções rodoviárias com distância de visibilidade adequada apresentaram taxas de acidentes da ordem de 1,13 acidentes por milhão de veículos ao longo da área da interseção, enquanto aquelas consideradas detentoras de “pobres” distâncias de visibilidade foram responsáveis por uma taxa de 1,33 acidentes por milhão de veículos. Estima-se, portanto, uma redução de 15% no número de acidentes quando a distância de visibilidade das interseções (ISD) é completamente oferecida.

O uso de fatores modificadores de acidentes (AMF) é considerado o melhor método de avaliação dos efeitos da segurança viária oferecidos por distâncias de visibilidade de interseções (FHWA, 2002). A Tabela 3.9 contempla os valores adotados para AMF, quanto à referida distância em interseções controladas por placas “Pare” instaladas na rodovia secundária.

Distâncias de visibilidade podem, ainda, ser garantidas por meio de restrições de ocupação nas áreas lindeiras às interseções ou, ainda, de adequações nos seus alinhamentos vertical e horizontal. Segundo Mitchell (1972), *apud* FHWA (2002), a remoção de obstáculos visuais ao longo de uma interseção rodoviária permite a redução do total de acidentes de trânsito em 67%.

Tabela 3.9: Fator Modificador de Acidentes *versus* Distância de Visibilidade de Interseções (modificado – FHWA, 2002)

AMF	Quadrante da interseção com limitação visual
1,05	01
1,10	02
1,15	03
1,20	04

Obs.: A limitação visual somente irá existir se a distância de visibilidade encontrada for menor que a distância de visibilidade segundo a AASHTO para a velocidade de 20 km/h. Além do mais, as restrições de visibilidade devem estar divididas entre o alinhamento da rodovia e terreno.

As curvas verticais, côncavas ou convexas, são usadas para promover a transição suave entre segmentos rodoviários com diferentes graus de inclinação. Conforme DNIT (2004), segmentos de curvas côncavas são limitantes da distância de visibilidade no período noturno, enquanto os segmentos convexas oferecem limitações nos períodos noturnos e diurnos. Além do mais, do ponto de vista da segurança, é inadequado instalar interseções rodoviárias aos “pés” ou “cristas” de curvas verticais convexas, por oferecerem distâncias de visibilidade limitadas (FHWA, 2002). No primeiro caso, os condutores de veículos necessitam de maior distância de visibilidade de parada. Já no segundo caso, os condutores de veículos dispõem de maior tempo para deslocar-se, em virtude da menor taxa de aceleração, expondo-se, portanto, por maior tempo na área de conflito da interseção.

Quanto ao alinhamento horizontal, segundo FHWA (2002), aproximações de interseções implantadas em curvas horizontais oferecem aos condutores de veículos dificuldades quanto (i) ao discernimento do correto caminho de viagem, (ii) à perspectiva visual (foco direcionado tangencialmente para o trajeto a seguir), e (iii) à elevada complexidade de deslocamento no ambiente.

Por fim, tem-se que muitas colisões podem ocorrer em virtude de julgamento inadequado por parte dos condutores de veículos quanto à distância para os veículos em aproximação (NCHRP, 2003). Tal julgamento errôneo pode ser fruto ou reforçado pela ocorrência de distâncias de visibilidade insuficientes ou, ainda, pelo mau comportamento de condutores ao

ignorar dispositivos de controle de tráfego. Desta forma, sistemas automáticos podem ser usados para assistir aos condutores no julgamento adequado dos intervalos necessários para entrar na rodovia principal. Ainda, sinalização horizontal disposta a uma distância pré-determinada da interseção também auxilia ao condutor quando da decisão de aceitar o intervalo do fluxo de tráfego.

3.7. DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE TRÁFEGO

O uso de dispositivos de controle contribui com a segurança de interseções rodoviárias não semaforizadas, uma vez que promove o disciplinamento de todo o tráfego em sua área funcional. Assim, segundo FHWA (2002), as interseções rodoviárias podem ser caracterizadas por: (i) ausência de controle; (ii) uso placas “Dê a preferência”; (iii) uso placas “Pare”; (iv) uso dispositivos semafóricos, e; (v) rotatórias.

Interseções rodoviárias onde não há dispositivos de controle, segundo Poch e Mannering (1996), *apud* FHWA (2002), apresentam índices de acidentes de trânsito menores que aquelas detentoras de dispositivo de controle de tráfego. Entretanto, tal afirmativa somente pode ser observada devido ao baixo volume de tráfego existente em interseções não controladas, quando comparadas com as demais. Assim, em estudo posterior, Hauer (1988), *apud* FHWA (2002), constatou que a implantação de placas “Dê a preferência” em interseções onde anteriormente não havia dispositivo de controle é responsável pela redução dos acidentes de trânsito em até 63%. No entanto, poucos benefícios foram alcançados quando da substituição da referida sinalização por placas “Pare”. Segundo Hanna *et al.* (1976), *apud* FHWA (2002), as taxas de acidentes de trânsito em interseções rodoviárias, cujo controle de tráfego é realizado por meio de placas “Pare”, são as menores, quando comparadas com demais interseções e dispositivos de tráfego para elevados volumes de tráfego.

A implantação de placas “Pare” em todas as aproximações da interseção permite reduzir as colisões em ângulo reto e angulares, promovendo maior disciplina aos movimentos e reduzindo as velocidades de deslocamento, tanto ao longo da rodovia, quanto nas manobras de conversões (NHCRP, 2003). O referido procedimento permite, ainda, minimizar os efeitos

da segurança quando da restrição da distância de visibilidade. Entretanto somente deve ser usado em aproximações com moderado volume de tráfego, no intuito de evitar atrasos desnecessários.

Por fim, têm-se ainda as rotatórias. Estas servem a moderados fluxos de tráfego e oferecem menor atraso que o dispositivo acima descrito. Seu uso, segundo NCHRP (2003), reduz em 38% o total de colisões, 76% as lesões e 90% as fatalidades e incapacidades dos condutores envolvidos em colisões.

3.8. TÓPICOS CONCLUSIVOS

Fatores relativos ao esquema viário, como (i) as suas respectivas características físicas e técnicas, (ii) as características operacionais do fluxo de tráfego e (iii) as características urbanísticas, contribuem para a potencialidade de ocorrência de acidentes de trânsito. Similarmente ao ocorrido nos segmentos rodoviários entre interseções, entende-se que os elementos físicos, dispostos ao longo da área funcional de uma interseção, podem associar-se diretamente à segurança percebida pelos usuários, uma vez que são limitadores das manobras prováveis e permitidas, bem como impactantes no comportamento dos condutores de veículos.

Estudos relativos aos fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes em interseções não semaforizadas de rodovias de pista simples, implantadas em nível e em área rural, são escassos na literatura. Há alguns poucos, principalmente aqueles publicados por NCHRP (2003) e FHWA (2002).

Conforme os referidos estudos, acessos próximos às interseções devem ser evitados, de forma a não haver interferências diretas no seu fluxo de tráfego. Além do mais, muitas colisões dão-se em virtude da realização de manobras de conversão, uma vez que tais deslocamentos promovem interrupção do fluxo de tráfego ou redução da velocidade operacional ao longo da rodovia principal. O uso de faixas exclusivas de conversão, particularmente em aproximações de rodovias de altas velocidades e elevados volumes de tráfego, podem contribuir para a redução das estatísticas de acidentes de trânsito.

Outros elementos físicos de grande importância para a segurança viária oferecida aos condutores de veículos das citadas interseções são (i) os projetos-tipo adotados e (ii) o alinhamento das aproximações, por estarem associados à potencialidade de conflitos de tráfego e limitações visuais.

A circulação de pedestres e ciclistas é também fator preocupante quanto à segurança em interseções, principalmente naquelas caracterizadas pelo alto volume de tráfego e pelas elevadas velocidade de deslocamento, associados à ausência de dispositivos próprios para os referidos usuários.

Por fim, a distância de visibilidade e os dispositivos de controle de tráfego são elementos de grande importância para a segurança viária de interseções. Configuram-se como fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes, por estarem associados à capacidade dos condutores em reconhecer os potenciais conflitos de tráfego e realizar suas consequentes manobras evasivas a fim de evitar as colisões.

4. GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA VIÁRIA EM INTERSEÇÕES

A segurança viária é uma atividade complexa, envolvendo diferentes níveis da sociedade. Segundo Linderholm (1992), *apud* Hernández (2002), os problemas de segurança de trânsito têm diferentes dimensões, a saber: (i) o nível superior, compreendendo a estrutura da sociedade; (ii) o nível inferior, abrangendo os projetos e sistema de tráfego; e (iii) o nível intermediário, onde está inserido o uso do sistema viário por seus usuários com o respectivo desempenho. Embora os problemas de segurança de tráfego sejam originários, muitas vezes, de deficiências apresentadas nos dois primeiros níveis, é no terceiro que os profissionais da segurança viária mais detêm seu trabalho.

O gerenciamento da segurança viária surge como uma ferramenta eficiente no tratamento dos problemas de segurança de trânsito, buscando abranger os três níveis anteriormente citados. Pode, ainda, ser classificado em duas categorias, a saber: (i) técnicas reativas ou corretivas, e (ii) técnicas pró-ativas ou preventivas. Para Nodari (2003), os programas reativos têm por objetivo promover a melhoria das condições de segurança por meio das informações constantes dos registros de acidentes, enquanto os programas preventivos permitem a identificação das potenciais situações de risco presentes na malha viária, antecedendo a ocorrência de acidentes.

Segundo Pietrantonio (1999), a precariedade de dados de acidentes de trânsito resulta na dificuldade em realizar um diagnóstico devidamente informado, tornando-se um dos aspectos mais delicados no estudo dos problemas de segurança de trânsito. Tal deficiência dá-se em virtude de os acidentes não serem observados de forma controlada durante sua ocorrência, tanto no que se refere aos fatores objetivos, como aos aspectos subjetivos envolvidos. Além do mais, Jacobs *et al.* (2000), *apud* Hernández (2002), estimam que 25 a 50% dos acidentes de trânsito com fatalidades ocorridos em países em desenvolvimento não constam dos registros policiais. O uso de dados complementares, muitas vezes obtidos por meio de programas preventivos, torna-se, portanto, uma legítima ferramenta para o desenvolvimento de uma análise precisa e integrada dos problemas de segurança viária.

As técnicas de análise de conflitos, exemplos de programas pró-ativos, são importantes maneiras de avaliar os riscos potenciais de ocorrência de acidentes de uma interseção rodoviária, sem, contudo, ter que aguardar a ocorrência de um acidente (FHWA, 1989). São técnicas de resposta rápidas, ricas em informações descritivas sobre os aspectos de segurança envolvidos na operação do tráfego e também passíveis de análise quantitativa, permitindo a obtenção de informações atualizadas e pertinentes (PIETRANTONIO, 1999). Visam, portanto, proporcionar um diagnóstico e uma avaliação mais precisa e detalhada dos problemas de segurança de trânsito e dos efeitos de alternativas de intervenção por meio de observação direta da operação do tráfego no local.

A legitimidade da utilização de dados sobre os conflitos de tráfego para a análise dos problemas de segurança viária pode ser vista, conforme Pietrantonio (1999), por duas óticas distintas:

- (i) sendo os problemas de segurança viária essencialmente relacionados com a ocorrência dos acidentes de trânsito, a aplicação da análise de conflitos possibilitaria a demonstração da existência de uma forte relação entre a ocorrência de um e outro tipo de fenômeno;
- (ii) admitindo um conceito mais geral para a segurança de trânsito, estendendo sua amplitude para incorporar outros eventos relacionados com a percepção de situações de risco e com o desconforto gerado por elas, a utilização de dados sobre conflitos de tráfego decorreria da necessidade de se avaliar estas outras dimensões do problema, de forma a complementar a descrição dos eventos revelados pela ocorrência de diferentes tipos de acidentes.

As auditorias de segurança viária são outros exemplos de programas preventivos. Para Austroads (1994), *apud* Nodari (2003), a auditoria de segurança viária é “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”. Tem por objetivo identificar deficiências nas condições de segurança de um projeto viário, ou até de uma via já em

operação, e indicar possíveis medidas capazes de prevenir a ocorrência de potenciais acidentes ou reduzir sua severidade (NODARI, 2003).

Segundo CONASET (2003), *apud* Pedroso (2003), as auditorias de segurança viária são aplicadas em diferentes estágios, indo desde a concepção do projeto até a sua operação propriamente dita, e visam alcançar os seguintes e principais benefícios:

- redução do número e gravidade de acidentes;
- diminuição de trabalhos corretivos futuros;
- redução nos custos associados aos acidentes, à manutenção de infra-estrutura e às modificações propostas relativas à segurança viária;
- inserção crescente do conceito de segurança viária e sua importância nas equipes de planejadores, projetistas, construtores e mantenedores.

A segurança viária de segmentos rodoviários pode, ainda, ser observada por meio de técnicas de análise da consistência geométrica. Conforme dito anteriormente, divergências geométricas em segmentos consecutivos induzem ao usuário de rodovias o desenvolvimento de velocidades operacionais distintas, proporcionando condições inseguras de trafegabilidade. A análise da consistência geométrica de uma via existente ou em fase de planejamento visa, portanto, identificar tais inconsistências e, desta forma, subsidiar a adoção de medidas mitigadoras.

O IHSDM, *software* desenvolvido para o desenvolvimento da análise anteriormente citada, é composto por diversas ferramentas que possibilitam avaliar os efeitos das características geométricas, adotadas em um segmento rodoviário, sobre a sua operacionalidade e segurança viária. Ele analisa, portanto, um projeto, fornecendo informações quantitativas sobre seu desempenho operacional e de segurança, divergindo das auditorias de segurança viária, uma vez que estas apresentam aspectos qualitativos, baseados em soluções de projeto ótimas e tão somente focados em segurança. Para FHWA (2006), o IHSDM pode ser entendido como uma ferramenta complementar, por oferecer entradas quantitativas às auditorias, particularmente na fase de projetos.

As principais técnicas de análise de conflitos de tráfego e de auditorias de segurança viária, bem como o *software* IHSDM, especificamente seu módulo IDRM, exemplo de ferramenta eletrônica de análise da segurança viária oferecida por interseções rodoviárias, serão a seguir apresentadas.

4.1. ANÁLISE DE CONFLITOS DE TRÁFEGO

As primeiras tentativas de utilizar métodos indiretos para a avaliação da segurança viária datam da década de 1960. Perkins e Harris (1968), *apud* Hernández (2002), pesquisadores da *General Motors* em Detroit, elaboraram um estudo com o objetivo de desenvolver um método para identificar problemas de segurança viária com diferentes tipos veiculares, cujos resultados despertaram o interesse no uso de diversos métodos de avaliação da segurança de trânsito e, assim, contribuíram para o desenvolvimento de técnicas de análise de conflitos em diferentes países.

Atualmente, conforme Pietrantonio (1999), tem-se como principais técnicas de análise de conflitos de tráfego: (i) a sueca, desenvolvida por pesquisadores da *University of Lund*; (ii) a norte-americana, desenvolvida pela *Federal Highway Administration – FHWA*; (iii) a inglesa, elaborada pelo *Transport Research Laboratory – TRL*; e (iv) a francesa, criada pelo *Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité – INRETS*.

As técnicas de análise de conflitos podem ser utilizadas para identificar locais críticos potenciais (aqueles onde nenhum acidente foi registrado) e, ainda, como diagnóstico auxiliar no tratamento de locais críticos onde ocorreram acidentes. Embora tenham sido desenvolvidas em países industrializados ou desenvolvidos, as técnicas anteriormente citadas podem ser utilizadas também em países em desenvolvimento, conforme comprovado por Hernández (2002) em estudo realizado na cidade de São Carlos, estado de São Paulo, baseado na técnica sueca, cujo objetivo foi desenvolver uma metodologia de análise do desempenho da segurança viária para países em desenvolvimento.

Os fundamentos teóricos, aplicações práticas e limitações das técnicas de análise de conflitos de tráfego sueca e americana, bem como os procedimentos selecionados para a elaboração do

método de análise das condições de segurança de interseções rodoviárias, objeto do presente trabalho, serão discutidos nos tópicos seguintes.

4.1.1. Técnica Sueca – Universidade de Lund

A técnica sueca de análise de conflitos de tráfego foi desenvolvida, durante a década de 1970, pelo Departamento de Engenharia de Tráfego da Universidade de Lund. Sofreu diversos aprimoramentos ao longo de 20 anos e, posteriormente, em 1991, recebeu o Prêmio Volvo de Segurança de Tráfego.

Segundo Hydén (1987), *apud* Hernández (2002), conflito de tráfego é todo evento observado onde dois ou mais veículos que se aproximam de uma interseção em espaços e tempos semelhantes, ocasionariam uma colisão iminente caso seus movimentos permanecessem inalterados. A interação entre rodovia – usuários é descrita como uma cadeia de eventos relacionados à segurança e constam da Figura 4.1, onde os acidentes são localizados na parte superior da pirâmide e as passagens mais seguras em sua base.

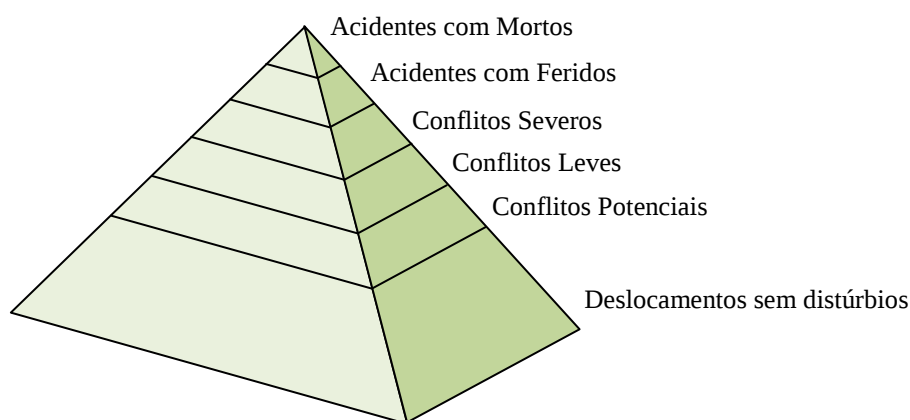


Figura 4.1: Pirâmide da segurança - Interação rodovia - usuários em eventos contínuos (Hydén, 1987, *apud* Hernández, 2002)

O objetivo central da técnica de análise sueca é mensurar a severidade de conflitos de tráfego, por meio da unidade “tempo para o acidente”, utilizando-se somente daqueles classificados como severos. Para tanto, a referida técnica adota como hipótese central a existência de uma relação próxima entre conflitos e acidentes de trânsito.

Conflitos severos são entendidos, segundo Hydén (1987), *apud* Hernández (2002), como o rompimento da interação entre a rodovia e seus usuários. A severidade dos conflitos de tráfego está associada a dois fatores: (i) o tempo para o acidente (TA) e (ii) a velocidade de conflito (V). O primeiro é classificado como a distância temporal remanescente para um acidente, compreendida entre o início de uma manobra evasiva e a colisão potencial, caso as direções e velocidades do condutor fossem mantidas, enquanto o segundo é a velocidade em que o condutor adota a referida ação evasiva (Svensson, 1989, *apud* Hernández, 2002). A distância métrica compreendida entre o ponto de iniciativa da ação evasiva e o ponto potencial de colisão definida como a “distância para o ponto de colisão” (d). Na prática, o tempo para o acidente (TA) é obtido por meio da razão entre a distância para o ponto de colisão (d) e a velocidade de conflito (V).

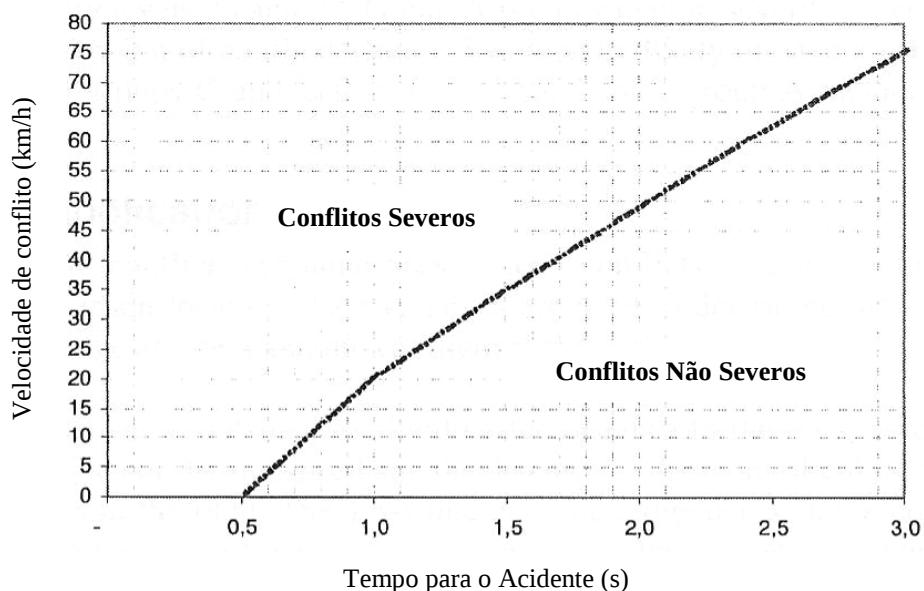


Figura 4.2: Limites entre a severidade dos conflitos (Hernández, 2002)

Três a cinco dias são necessários para analisar a segurança de uma dada localidade, por meio da técnica de conflito sueca. Os observadores, devidamente treinados, devem detectar e registrar os conflitos ocorridos, bem como as distâncias e velocidades de conflito observadas, em formulários próprios (cada planilha refere-se a um único evento), conforme Apêndice A, Figura A.1, durante seis a sete horas diárias. Segundo Pietrantonio (1999), os registros complementares utilizados na determinação do nível de severidade são de extrema

importância na aplicação da referida técnica, tornando-a deveras descritiva. Assim, para cada evento registrado, para cada usuário envolvido no conflito de tráfego, deve-se registrar (i) o tipo de veículo, (ii) sua velocidade aproximada, (iii) sua distância ao ponto de colisão, (iv) o tipo de manobra evasiva realizada, (v) os demais usuários intervenientes, e (vi) o esquema das trajetórias observadas.

Para Pietrantonio (1999), os observadores devem ter uma boa capacidade de avaliação subjetiva da severidade dos conflitos, uma vez que sua classificação somente será conhecida posteriormente à vistoria *in loco*. Necessitam, ainda, dar atenção especial às características usualmente presentes em conflitos relevantes, entre elas o fato de que (i) a manobra do primeiro usuário é inesperada e (ii) a reação do segundo repentina, em certa medida.

Por fim, não há cuidados especiais quanto à localização dos pontos de observação, além dos aspectos práticos relativos à visibilidade ampla dos movimentos dos usuários envolvidos. Segundo Almqvist (1998), *apud* Pietrantonio (1999), recomenda-se adotar distâncias de 10 a 25 metros da interseção, selecionando tantos pontos de observação quantos forem necessários para o registro de conflitos em todas as aproximações e travessias.

4.1.2. Técnica Americana - FHWA

A técnica americana de análise de conflitos de tráfego foi desenvolvida inicialmente em 1979, após extensiva pesquisa conduzida no intuito de desenvolver os conceitos básicos e procedimentos de coleta de dados. Foi aprimorada em 1985, quando, por meio de estudo complementar, constatou-se a boa utilização da técnica em substituição ao uso de dados de acidentes de trânsito.

Para FHWA (1989), todo e qualquer evento envolvendo dois ou mais usuários de rodovias, deslocando-se para o mesmo espaço físico e ao mesmo tempo, no qual a ação de um usuário causa ao outro a adoção de medidas evasivas a fim de evitar a colisão, é reconhecidamente um conflito de tráfego. Ainda, a identificação de tal evento dar-se-á pela ocorrência dos quatro seguintes passos:

- (i) um veículo desloca-se da área de aproximação para o interior de uma interseção;

- (ii) um segundo veículo, também se deslocando na área interna da interseção, encontra-se em rota de colisão com o veículo anterior;
- (iii) o condutor do segundo veículo reage, portanto, por meio de uma frenagem brusca ou desvio;
- (iv) o segundo veículo, após realizar manobra evasiva, evitando a colisão com o veículo anterior, dá continuidade ao seu deslocamento inicial ao longo da área da interseção.

Os conflitos de tráfego ocorridos em interseções de rodovias são definidos segundo diferentes tipos de manobras e modelos de acidentes, configurando-se, portanto, em situações básicas que permitem a detecção de deficiências operacionais e de segurança em interseções (FHWA, 1989). São consideradas seis situações básicas, a saber: (i) deslocamento de fluxos de mesmo sentido, podendo ocorrer quando de conversões à esquerda, de conversões à direita, com veículos em velocidade reduzida, de mudança de faixa; (ii) conversões à esquerda de fluxos opostos; (iii) cruzamento de vias; (iv) conversões em sinais fechados; (v) tráfego de pedestres, e (vi) conflitos secundários.

As observações dos conflitos de tráfego, segundo a técnica americana, devem ser realizadas nas aproximações da rodovia principal, de maneira concomitante ou alternadamente. Os observadores, devidamente treinados, devem instalar-se em locais que ofereçam uma clara visão da interseção e seus movimentos. É recomendada a adoção de 30 a 92 metros da aproximação, à direita do fluxo de tráfego que se deseja analisar, podendo esta distância ser ajustada, conforme a velocidade praticada pelos usuários e as condições geométricas das aproximações. Os conflitos de tráfego, cujos veículos devem ser observados por trás e em direção à interseção, são registrados em formulário padrão, constante do Apêndice B, Figura B.1, em intervalos de até 25 minutos.

Por fim, embora a referida técnica considere todos os conflitos que ocorrem na área de observação, realizando apenas contagem por tipo, é sugerido aos observadores realizarem a completa caracterização do local, por meio de (i) inventário físico, (ii) diagrama da interseção,

(iii) contagem de tráfego, e (v) registros fotográficos, conforme relatório de observação *in loco* (Apêndice B, Figuras B.2 e B.3).

4.2. AUDITORIA DE SEGURANÇA VIÁRIA

O constante crescimento do número de veículos motorizados e não-motorizados nas redes viárias, associado com as limitações econômicas para a construção, sinalização e manutenção das referidas redes, contribuem para a geração de um ambiente potencial para a ocorrência de acidentes. Assim, ao longo dos anos, em um esforço para aumentar a segurança nas rodovias, diversas agências de transporte introduziram em suas atividades programas concebidos especificamente para abordar alguns dos principais elementos contribuintes de acidentes.

A auditoria de segurança viária, exemplo de tais programas, é um exame formal do desempenho da segurança de uma rodovia ou interseção, existente ou planejada, realizado por uma equipe de auditores multidisciplinares e independentes, que estimam e relatam, qualitativamente, as deficiências potenciais quanto à segurança e, assim, identificam as oportunidades de melhorias para saná-las, considerando sempre todos os usuários da rodovia (FWHA, 2006).

Segundo Hildebran e Wilson (1999), o conceito originou-se no Reino Unido durante a década de 1980 e teve como objetivo inicial a redução da sinistralidade rodoviária, por meio da incorporação de uma abordagem pró-ativa, assegurando um elevado nível de segurança viária, da fase de planejamento à plena operação da via. Atualmente, diversos países apresentam procedimentos próprios de auditoria, como Reino Unido, Austrália, Nova Zelândia, Estados Unidos, Canadá e Irlanda. Embora existam algumas divergências conceituais, todas elas são voltadas para a segurança de todos os usuários da via a ser analisada.

Os fundamentos teóricos, aplicações práticas e limitações das técnicas americana, canadense e irlandesa, juntamente com os procedimentos adotados para a elaboração do método proposto, serão discutidas nas seções a seguir apresentadas.

4.2.1. Técnica Americana - FHWA

A auditoria de segurança viária americana foi elaborada, ao longo da década de 90, por pesquisadores multidisciplinares da *Federal Highway Administration* após amplo estudo das técnicas australiana e new-zelandesa e aplicações de programas pilotos em 14 estados americanos. Trata-se de uma técnica pro-ativa e de baixo custo utilizada na melhoria da segurança viária, auxiliando no desenvolvimento de soluções e adoção de medidas distintas daquelas previstas originalmente no projeto (FHWA, 2006). É um exame formal do desempenho da segurança de uma rodovia ou interseção, existente ou planejada, realizado por uma equipe de auditores multidisciplinares e independentes, ao longo de oito estágios distintos, constantes da Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Estágios típicos do processo de auditoria viária americana (FHWA, 2006)

Estágio	Descrição
01	Identificação do projeto ou rodovia a serem auditados
02	Seleção dos auditores
03	Realização de uma pré-auditoria entre interessados (Auditores, Projetistas e Proprietários)
04	Revisão dos dados do projeto e vistoria <i>in loco</i>
05	Análises finais e confecção de relatório
06	Apresentação do relatório final aos Proprietários e Projetistas
07	Confecção e apresentação de resposta
08	Incorporação, quando apropriado, das soluções apresentadas ao projeto

Os projetos de rodovias ou aquelas já em operação a serem auditadas, são selecionados no primeiro estágio. Nessa etapa são definidos também os parâmetros a serem utilizados no processo, como (i) escopo, (ii) cronograma, (iii) requisitos para a seleção dos auditores, (iv) atividades da auditoria, (v) conteúdo e formatação dos relatórios e (vi) relatórios de respostas e expectativas.

Segundo FHWA (2006), a auditoria pode ser conduzida ao longo de todo o ciclo de um projeto. Contudo, quando iniciada ainda na fase de planejamento, ela oferece maiores oportunidades na geração de benefícios. Em projetos já na fase de execução, as adequações propostas para a melhoria do desempenho da segurança viária trazem maiores dificuldades,

custos e atrasos. A Figura 4.3 ilustra as diferentes etapas de um projeto, bem como os possíveis estágios para o início de uma auditoria de segurança viária americana.

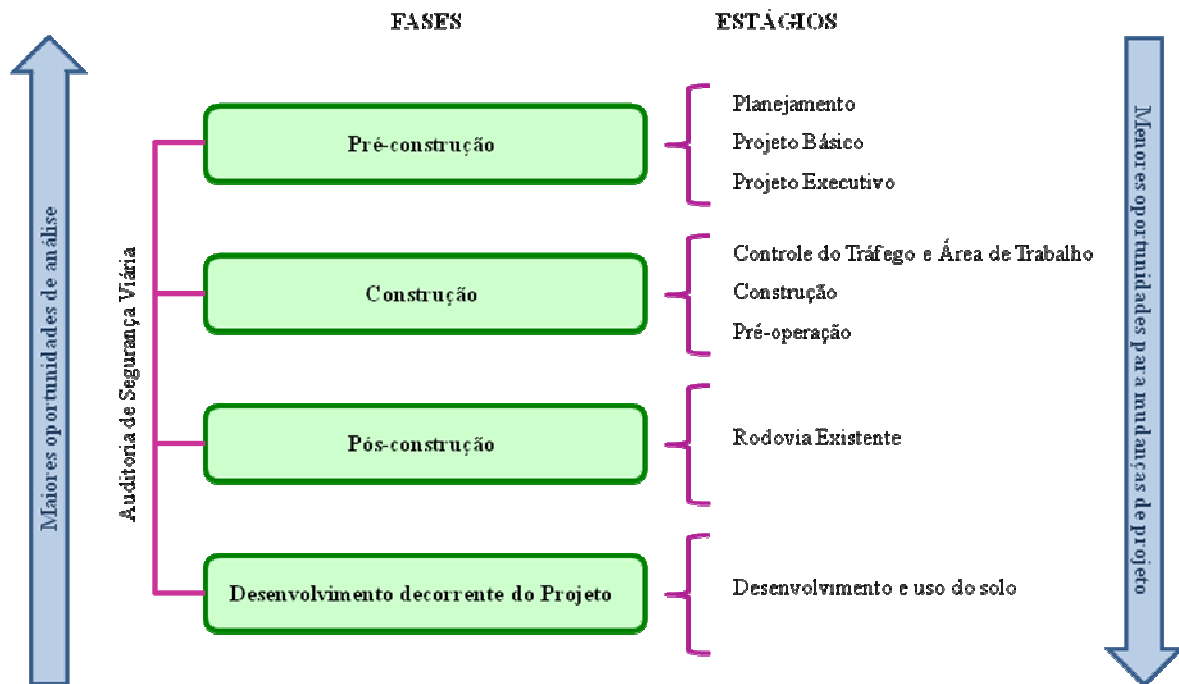


Figura 4.3: Diferentes fases e estágios da auditoria de segurança viária americana (FHWA, 2006)

Os projetos de rodovias já em operação são selecionados para a implantação de uma auditoria, conforme suas características de segurança nominal (desempenho das colisões) ou subjetiva (confiança nos parâmetros normativos). Demais especificações e limitações técnicas, necessárias para a realização de uma auditoria de segurança viária em interseções já existentes (objeto deste trabalho) constarão de um item próprio, apresentado a seguir. Assim, para FHWA (2006), tem-se:

- **Alta Prioridade:** interseções ou segmentos viários, cujos projetos geométricos não são conhecidos e possuem registros de desempenho da segurança deficientes;
- **Prioridade:** interseções ou segmentos viários cujos projetos geométricos são conhecidos, mas possuem registros de desempenho da segurança deficientes;

- **Baixa prioridade:** interseções ou segmentos viários cujos projetos geométricos não são conhecidos, mas possuem registros de desempenho da segurança satisfatórios;

A seleção dos profissionais que irão compor a equipe de auditoria, objeto da segunda etapa, é realizada de forma a garantir a ampla independência da equipe de projetos, sua multidisciplinaridade e a qualidade dos profissionais. Segundo FHWA (2006), o número de profissionais a ser selecionado está diretamente relacionado com a complexidade do projeto, recomendando-se, entretanto, que sejam escolhidos especialistas em segurança viária, engenheiros de operações e tráfego, bem como engenheiros projetistas.

Devem ser realizadas reuniões de pré-auditorias envolvendo os proprietários do projeto, os projetistas e os auditores, a fim de discutir todo o escopo e informações disponíveis. Em tais pré-auditorias, constantes da etapa terceira, todas as informações relevantes são entregues aos auditores, o cronograma revisado e aprovado. Os auditores, de posse dos projetos, realizam a minuciosa revisão do mesmo, quanto à segurança viária, e promovem uma vistoria *in loco*, a fim de identificar preliminarmente as áreas e/ou elementos deficientes, compondo a quarta etapa. As análises finais de todo o processo de auditoria, bem como a confecção dos respectivos relatórios, constam da quinta etapa. Nela também são estabelecidas as escalas de prioridades e as soluções mitigadoras. A entrega dos relatórios finais aos proprietários e projetistas, bem como suas conseqüentes respostas, constam das etapas sexta e sétima, respectivamente. O processo de auditoria é finalizado na oitava etapa, com as incorporações, quando apropriadas, das soluções apresentadas no relatório final de auditoria.

Os processos de auditoria de segurança viária em interseções ou rodovias existentes, segundo FHWA (2006), baseiam-se, essencialmente, em vistorias *in loco*, em projetos *as-built*, quando atualizados, e demais dados de projetos. Propõem avaliar as características geométricas de uma interseção ou rodovia, bem como suas condições locais, diretamente relacionadas à probabilidade de ocorrência e severidade de colisões. Além do mais, por meio de sua aplicação, pode-se (i) promover revisão das interações entre os diversos elementos de projeto e a rede viária adjacente; (ii) observar o comportamento dos usuários com relação aos dispositivos viários oferecidos; (iii) determinar, adequada e seguramente, o atendimento a todas as necessidades dos usuários; e (iv) observar as tendências de operações emergenciais na localidade.

A condução de auditorias em rodovias já em operação difere daquelas realizadas em rodovias na fase de planejamento ou em construção, em virtude da possibilidade de observação da interação entre os usuários e os dispositivos viários oferecidos. Para FHWA (2006), a observação de potenciais incidentes comportamentais pode sugerir a adoção de elementos de projetos, imprescindíveis para a segurança viária.

Por fim, a técnica americana oferece uma lista de elementos viários a serem observados, quando da realização do processo de auditoria, constantes do Apêndice D, Figuras D.1 a D.3, relacionados com a identificação das deficiências da segurança. Essas observações permitem, portanto, criar um retrato fidedigno da via, determinando seu nível de segurança, potencialidade de colisões e suas respectivas severidades.

4.2.2. Técnica Canadense – *New Brunswick*

Desde meados da década de 1990, diversas províncias canadenses (*British Columbia, Alberta, Ontario, Quebec, Nova Scotia, Prince Edward Island e New Brunswick*) têm aplicado, em seus respectivos sistemas viários, procedimentos pró-ativos de avaliação do desempenho da segurança viária.

Segundo *Roads and Traffic Authority – RTA* (1991), *apud* Hildebran e Wilson (1999), auditoria de segurança viária é um meio de verificar a concepção, implementação e operação de um projeto rodoviário, quanto a um conjunto de princípios de segurança, com o intuito de prever e tratar acidentes de trânsito. O objetivo principal é, portanto, identificar potenciais deficiências na segurança viária para todos os usuários da via e, assim, considerar medidas necessárias para a sua eliminação ou mitigação.

Eficiente em muitos projetos, não importando o seu tamanho e complexidade, a auditoria de segurança viária tem sido aplicada em cinco diferentes estágios, da fase de planejamento até a fase de pós-operação. Hamilton Associates (1998), *apud* Hildebran e Wilson (1999), relacionou uma série de projetos rodoviários e os correspondentes estágios recomendados para auditoria. Tal relação, constante da Tabela 4.2, consiste em um guia auxiliar para as agências rodoviárias canadenses, utilizado ao longo do processo decisório de qual projeto e estágio auditar.

Tabela 4.2: Estágios recomendados para diferentes projetos (Hamilton Associates, 1998, *apud* Hildebran e Wilson, 1999)

Projeto	Estágio – Auditoria de Segurança viária				
	Planejamento	Projeto Básico	Projeto Executivo	Pré-operação	Pós-operação
Nova Rodovia Principal	x	x	x	x	x
Nova Rodovia Secundária		x	x	x	x
Adequações – Rodovia Principal		x	x	x	
Adequações – Rodovia Secundária		x	x		
Crescimento – Rodovia Principal	x	x	x	x	x
Crescimento – Rodovia Secundária		x	x		
Dispositivos de <i>Traffic Calming</i>			x	x	x

Segundo Hildebran e Wilson (1999), a complexidade dos esforços adotados no decorrer de um processo de auditoria diverge em cada estágio. Na fase de planejamento, à equipe de auditores é permitido avaliar a potencialidade do desempenho da segurança do projeto proposto, com respeito à sua localização, padrão rodoviário e escopo. A análise é voltada para o impacto da implantação do novo projeto na rede viária já existente, bem como na identificação das necessidades de todos os usuários, quanto à segurança. Conforme dito anteriormente, processos de auditoria aplicados nesta fase promovem maior eficiência, com melhores soluções e a custos reduzidos. A análise da segurança, relativa (i) ao *layout* adotado para as interseções, (ii) ao alinhamento vertical e horizontal, (iii) à seção transversal, (iv) à distância de visibilidade e (v) demais características geométricas normativas, é realizada no segundo estágio. Desta forma, todo o processo conduzido na fase de elaboração do projeto básico deve ser finalizado anteriormente à aquisição da área necessária para a implantação do novo projeto, de forma a evitar complicações futuras, caso haja necessidade de adequações significativas no alinhamento previsto. Na fase de elaboração do projeto executivo, os auditores devem avaliar o projeto geométrico, iluminação, sinalização, tráfego e paisagismo, sob a ótica da sua operacionalidade, de forma a subsidiar a adequada elaboração dos documentos contratuais para a construção. A auditoria na fase pré-operação, realizada

anteriormente à abertura ao tráfego do novo complexo rodoviário, é conduzida por meio de uma inspeção *in loco*, visando garantir o completo atendimento a todas as necessidades dos usuários, quanto à segurança viária. Por fim, quando da efetiva operação, faz-se nova análise, de forma a conhecer o comportamento operacional e seus potenciais conflitos.

A auditoria de segurança viária não é somente aplicada em projetos rodoviários em implantação. Pode, ainda, ser aplicada em segmentos de uma rede viária existente, no intuito de identificar deficiências na segurança oferecida aos usuários. De tal forma, dados de acidentes ocorridos no local são informações complementares de suma importância. Segundo Hildebran e Wilson (1999), os diversos projetos que podem ser auditados são categorizados sob os seguintes títulos: (i) projetos de rodovias principais; (ii) instalações existentes; (iii) projetos de melhorias em rodovias secundárias; (iv) gerenciamento do Tráfego; (v) manutenção de obras; (vi) desenvolvimento do complexo rodoviário; e, (vi) vias municipais. Há uma vasta relação de características geométricas e físicas a serem levantadas para os diferentes tipos de projetos e estágios, quando da realização de um processo de auditoria. No Apêndice E, Figura E.1 a E.3, constam apenas aquelas relacionadas às interseções rodoviárias em nível, objeto do presente trabalho.

O processo de auditoria de segurança viária canadense deve ser conduzido, em sua plenitude, por um grupo de especialistas independentes da equipe de projetistas, de forma a não haver influências quando da revisão dos projetos. O tamanho do grupo está diretamente relacionado com a complexidade do projeto, recomendando-se, contudo, a seleção de dois a cinco profissionais multidisciplinares, com adequada experiência em engenharia de segurança viária, investigação e prevenção de acidentes, engenharia de tráfego e projetos rodoviários. Adicionalmente, pode-se ter especialistas em construção, manutenção e comportamento humano. Por fim, todo o processo é normalmente formalizado e seu respectivo relatório final submetido aos projetistas e/ou proprietários, listando todas as deficiências encontradas na segurança. Segundo Hildebran e Wilson (1999), em tal relatório não devem constar as correspondentes medidas mitigadoras. A responsabilidade pelas decisões de projeto compete aos projetistas e, desta forma, estes obrigatoriamente apresentam à equipe de auditores uma resposta formal a todas as recomendações apresentadas.

4.2.3. Técnica Irlandesa – NRA

Para o *National Roads Authority* – NRA (2004), a técnica irlandesa de auditoria de segurança viária consiste na avaliação do esquema viário, realizada durante a fase de projetos e construção, visando identificar os potenciais problemas de segurança viária, prejudiciais a todos os usuários, e sugerir as respectivas medidas saneadoras ou mitigadoras. Esta técnica teve seus procedimentos inseridos no *Desing Manual for Roads and Bridges* (DMRB) da NRA no ano 2000, após inúmeras análises informais da segurança viária, realizadas em rodovias irlandesas, ao longo das décadas de 1980 e 1990.

A auditoria irlandesa deve ser realizada e findada ao longo das quatro etapas de um projeto rodoviário, antecedentes à abertura ao tráfego, abaixo apresentadas. Não é aplicada, portanto, em rodovias ou interseções rodoviárias existentes.

- **Estágio F:** Seleção do traçado;
- **Estágio 1:** Conclusão do projeto básico;
- **Estágio 2:** Conclusão do projeto ;
- **Estágio 3:** Conclusão da construção.

Conforme NRA (2004), no Estágio 1 dá-se prioridade para os procedimentos necessários para a aquisição da área de instalação do projeto e sua realização, fruto da seleção do traçado escolhido. Os procedimentos de auditoria aplicados no Estágio 2 visam orientar a elaboração do contrato de construção, abrangendo as mínimas exigências do projeto quanto à segurança viária. A abertura do sistema viário ao tráfego após a conclusão da obra é prioridade do último estágio de auditoria. Em geral, projetos de maior complexidade devem ser auditados em todos os seus estágios, enquanto aqueles de menor complexidade podem ter os estágios F, 1 e 2 combinados. A listagem das principais características viárias a serem analisadas, quando da aplicação da técnica de auditoria viária ao longo dos diferentes estágios do projeto, consta do Apêndice F.

Analogamente às técnicas de auditoria citadas anteriormente, a equipe de auditores deve ser multidisciplinar e independente, com vasta experiência em engenharia de segurança rodoviária, análise de acidentes e auditoria de segurança. Contudo, segundo NRA (2004), a equipe de auditores deve ser composta por, no mínimo, dois especialistas, oficialmente aprovados pela autoridade máxima rodoviária. Além do mais, as atividades desenvolvidas pela equipe de auditores vão desde o levantamento de dados e informações pertinentes do projeto até a implantação das soluções sugeridas, quando apropriado, similarmente às fases 3 a 8 da técnica americana.

4.3. MÉTODOS DE ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA GEOMÉTRICA

Conforme Trentin (2007), “métodos de análise de consistência, baseados no perfil de velocidades, são utilizados para determinar inconsistências ao longo dos alinhamentos do traçado, onde são estabelecidas as velocidades de operação (V85) para cada elemento geométrico da via, a partir de modelos de previsão de velocidade de operação”. Diversos métodos de análise foram desenvolvidos desde a década de 70, conforme a Tabela 4.3. Contudo, neste trabalho, tratar-se-á apenas do *software* IHSDM, detalhado no tópico seguinte.

Tabela 4.3: Principais métodos para análise de consistência geométrica (Trentin, 2007)

Métodos	Características
Critérios de Segurança (Lamm <i>et al</i> , 1998)	– Critérios de segurança (I, II e III); – Ponderação entre os critérios; – Tangentes são elementos dinâmicos; – $V_{85} = f(\text{grau da curva})$.
IHSDM (Fitspatrick <i>et al</i> , 2000)	– $V_{85} = f(\text{alinhamento horizontal e vertical})$; – Tangentes são elementos dinâmicos; – Aceleração e desaceleração = $f(\text{alinhamento horizontal e vertical})$.
Suíça (1970)	– Tangentes são elementos dinâmicos; – $V_{85, i} - V_{85, i+1} \leq 20 \text{ km/h}$.
Alemanha (1970)	– $V_{85} = f(\text{taxa de mudança de curvaturas})$; – Tangentes são elementos dinâmicos
Austrália (1980)	– Análise do ambiente de velocidades; – Vambiente de velocidade - $V_{85} < 10 \text{ km/h}$
Leisch e Leisch (1977)	– $V_{85} = f(\text{grau da curva})$, em curvas e tangentes; – Considera desempenho dos caminhões nas rampas.
Krammes <i>et al</i> (1995)	– $V_{85} = f(\text{grau da curva})$; – Tangentes são elementos dinâmicos; – Velocidade de desejo.
Messer (1980)	– Tempo de reação corrigido.

4.3.1. IHSDM

Formado por ferramentas para análise da segurança e operação de rodovias de pista simples, o IHSDM é um produto da *Federal Highway Administration's Safety Research and Development Program*, onde a utilização de uma via é simulada com base em dados vinculados às suas características geométricas, o que permite avaliar o projeto geométrico antes de sua efetiva implantação. É possível, também, analisar rodovias existentes, identificando pontos críticos e avaliando projetos alternativos.

O *software* IHSDM é composto, conforme FHWA (2003), por cinco ferramentas distintas, sendo quatro para análise de rodovias e uma para análise de interseções, ilustradas na Figura 4.4. Assim, tem-se:

- **CPM - Crash Prediction Module:** módulo onde é permitido estimar dados referentes à segurança viária, por meio da frequência e gravidade dos acidentes esperados. Pode, também, ser calibrado conforme as estatísticas de acidente de um determinado país;
- **PRM – Policy Review Module:** módulo para análise dos parâmetros do projeto geométrico segundo normas estabelecidas. Tem como base as normas americanas, constantes da AASHTO (1994), contudo, pode-se alterá-las conforme as normas de outros países;
- **TAM – Traffic Analysis Module:** módulo que permite analisar o nível de serviço oferecido pela rodovia;
- **DCM – Design Consistency Module:** módulo de análise da consistência geométrica, realizada por meio do comparativo entre as velocidades operacionais, geradas por modelos matemáticos, e a velocidade de projeto. Está baseado nos critérios de segurança I e II criados por Lamm.
- **IRM – Intersection Review Module:** módulo para análise dos elementos geométricos de uma interseção rodoviária, dado um esperado nível de operação e segurança.

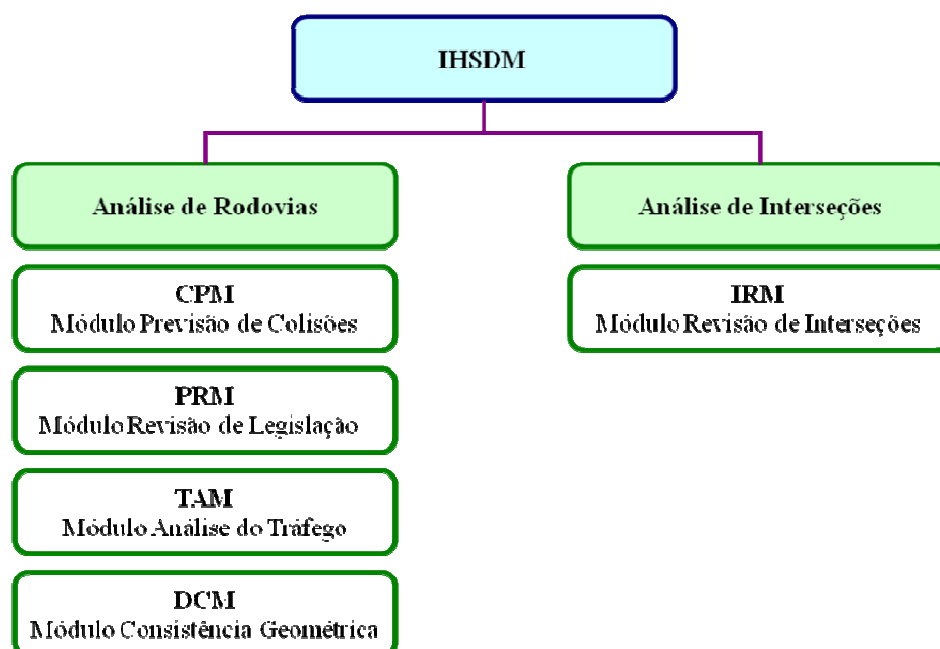


Figura 4.4: IHSDM – Interactive Highway Safety Design Model

O IRM, ou ainda IDRM, abaixo detalhado e diretamente relacionado com este trabalho, permite também a identificação de soluções mitigadoras, baseada em questões de segurança chamadas prioritárias, após a análise dos projetos de interseções rodoviárias.

4.3.2. IDRM

Componente do IHSDM, o IDRM é um módulo criado com o intuito de permitir a realização de um diagnóstico, quanto à segurança viária, dos projetos de interseções implantadas ou em fase de planejamento, de rodovias rurais de pista simples americanas. A análise dos projetos é baseada em questões tidas como prioritárias, como (i) a configuração das interseções, (ii) o alinhamento horizontal e vertical, (iii) a aprovação de linhas (alças) auxiliares, e (iv) a distância de visibilidade das interseções. Segundo FHWA (2003a), “o foco principal é identificar as combinações geométricas de elementos do projeto que sugerem problemas potenciais, embora individualmente eles possam ser considerados aceitáveis”.

Inicialmente, após ampla pesquisa bibliográfica, 111 problemas potenciais, quanto à segurança de projetos de interseções não semaforizadas, foram identificados. Entretanto, dado o elevado número de deficiências e suas múltiplas possibilidades de combinações, os especialistas idealizadores da citada ferramenta optaram por estabelecer prioridades, estabelecendo um total de 27 problemas potenciais a serem tratados pelo *software*, constantes da Tabela 4.4.

Detectadas as deficiências na segurança, o IDRM identifica múltiplos tratamentos potenciais ao projeto de uma interseção, por meio da avaliação de suas variáveis de projeto (raios de curva, faixas de conversão, ângulos e triângulos de distância de visibilidade da interseção). Tais tratamentos potenciais, baseados em 21 modelos de engenharia (Tabela 4.5), podem ser divididos em duas categorias, a saber: (i) melhoramentos no projeto, envolvendo mudanças no projeto rodoviário, e, portanto, custos associados elevados; (ii) medidas mitigadoras, que podem ser implementadas sem a ocorrência de mudanças no projeto e com ônus reduzidos.

Tabela 4.4: Problemas potenciais relacionados à segurança de interseções não semaforizadas
- IDRM

A - Problemas relativos à interseção como um todo	
1.	Comprimento insuficiente comprimento da faixa de conversão à esquerda para estocagem dos veículos entre interseções próximas;
2.	<i>Taper</i> insuficiente da faixa de conversão à esquerda entre interseções próximas;
3.	Alto índice de conflitos de tráfego;
4.	Larga área pavimentada da interseção.
5.	Aumento da distância de cruzamento;
6.	Ausência de autorização de faixas de conversão à esquerda;
7.	Ausência de autorização de faixas de conversão à direita;
8.	Perfil da rodovia secundária irregular e descontínuo ao longo da interseção;
9.	Alinhamento das aproximações diferente entre aproximações opostas;
10.	Comprimento insuficiente para estocagem de filas;
11.	Perda potencial de controle devido às freqüentes frenagens.
B - Problemas relativos aos ramos da interseção, individualmente	
12.	Distância de Visibilidade da Interseção (ISD) insuficiente;
13.	ISD insuficiente em interseções em curva horizontal;
14.	ISD insuficiente para aproximações em curva horizontal;
15.	ISD insuficiente em interseções cujas aproximações estão na crista de “curvas” verticais;
16.	ISD insuficiente para interseções com múltiplos ramos;
17.	ISD insuficiente para interseções onde há a presença de mais de uma aproximação de rodovia secundária no mesmo lado que a rodovia principal;
18.	ISD insuficiente para interseções inclinadas;
19.	Distância de Parada da Interseção (SSD) insuficiente para aproximações na “crista” de curva vertical;
20.	SSD insuficiente para aproximações em curvas horizontais;
21.	Visibilidade insuficiente de sinal de tráfego;
22.	Visibilidade insuficiente de placa “Pare”;
23.	Visibilidade insuficiente de placa “Dê a preferência”;
24.	Distância de Decisão da Interseção (DSD) insuficiente para aproximações na “crista” de curva vertical;
25.	DSD insuficiente para aproximações em curvas horizontais;
26.	DSD insuficiente para interseções com múltiplos ramos;
27.	DSD insuficiente para interseções onde há a presença de mais de uma aproximação de rodovia secundária no mesmo lado que a rodovia principal.

Tabela 4.5: Modelos de engenharia – IDRM

A - Modelos – Distância de Visibilidade da Interseção (ISD)	
1.	Distância de Visibilidade da Interseção – Caso B1: Conversão à esquerda, oriunda da rodovia secundária
2.	Distância de Visibilidade da Interseção – Caso B2: Conversão à direita, oriunda da rodovia secundária
3.	Distância de Visibilidade da Interseção – Caso B3: Cruzamento ao longo da rodovia secundária
4.	Distância de Visibilidade da Interseção – Caso F: Conversão à esquerda, oriunda da rodovia principal
B - Modelos – Distância Visibilidade de Parada (SSD)	
5.	Distância de Visibilidade de Parada em curvas verticais
6.	Distância de Visibilidade de Parada em curvas horizontais
7.	Distância de Visibilidade para Semáforo
8.	Distância de Visibilidade para Placas “Pare”
9.	Distância de Visibilidade para Placas “Dê a Preferência”
C - Modelos – Distância Visibilidade de Decisão (DSD)	
10.	Distância de Visibilidade de Decisão em curvas verticais
11.	Distância de Visibilidade de Decisão em curvas horizontais
D - Modelo Tempo de Folga	
12.	Tempo de folga em interseção inclinada
E- Modelos – Faixas de Conversão	
13.	Autorização de Faixas de Conversão à esquerda
14.	Autorização de Faixas de Conversão à direita
15.	Comprimento das Faixas de Conversão à esquerda para interseções muito próximas
F - Modelos Variados	
16.	Índice de conflitos da Interseção
17.	Perfil da rodovia secundária
18.	Área pavimentada da Interseção
19.	Mudança no alinhamento das aproximações entre aproximações opostas
20.	Previsão do comprimento das filas
21.	Projeto de curvas horizontais

Segundo FHWA (2003b), o *software* utiliza-se de uma interseção para representar a conexão de dois ou mais alinhamentos distintos, sendo cada um destes detentores de seus respectivos elementos rodoviários característicos, como (i) dispositivos de controle de tráfego, (ii) dados volumétricos, (iii) distância de visibilidade e (iv) permissão e restrição de manobras ou deslocamentos. Há possibilidades de análise de interseções com até seis aproximações, podendo-se, ainda, definir os tipos de construção (existente, melhoramentos, nova

construção), bem como aquelas aproximações pertencentes à rodovia principal e secundária. Por fim, tais aproximações são chamadas por *leg* e suas numerações ocorrem consecutivamente, no sentido horário, sendo a primeira aquela encontrada mais à esquerda.

4.4. TÓPICOS CONCLUSIVOS

As técnicas de gerenciamento da segurança viária apresentam-se como ferramentas eficientes no tratamento dos problemas de segurança de trânsito, podendo ser classificadas em (i) técnicas reativas ou corretivas, onde melhorias propostas são baseadas nas informações de registros de acidentes; e (ii) técnicas pró-ativas ou preventivas, onde as potencialidades de insegurança são identificadas, antecedendo à ocorrência de acidentes.

As técnicas de conflitos de tráfego são exemplos de programas pró-ativos de elevada importância na avaliação dos riscos potenciais de ocorrência de acidentes de uma interseção rodoviária. Visam proporcionar um diagnóstico e uma avaliação mais precisa e detalhada dos problemas de segurança de trânsito e dos efeitos de alternativas de intervenção por meio da observação direta da operação do tráfego no local. Diversos países e instituições de pesquisa desenvolveram suas técnicas próprias, como a *University of Lund* e a FHWA. A técnica sueca permite, quando comparada à americana, uma completa caracterização da interseção rodoviária quanto à segurança viária. Contudo, a obtenção de suas principais variáveis (tempo para o acidente, velocidade de conflito e distância para o ponto de colisão) oferece aos observadores maiores dificuldades técnico-operacionais.

Outro exemplo de técnicas preventivas são as chamadas auditorias de segurança viária. Exame formal do desempenho da segurança de uma rodovia ou interseção, as técnicas de auditoria viária são aplicadas por uma equipe de auditores multidisciplinar, tendo sido desenvolvidas em diversas instituições de pesquisa, como FHWA, *New Brunswick* e NRA.

As técnicas de auditoria de segurança viária, apresentadas nas seções anteriores, são, em sua essência, semelhantes. Algumas poucas e razoáveis divergências são encontradas, como (i) as fases e estágios de realização da auditoria, (ii) os elementos prioritários a serem observados na vistoria *in loco* e (iii) as responsabilidades quanto à sugestão de medidas mitigadoras.

Quanto ao primeiro item, verifica-se que apenas a técnica irlandesa não é aplicada em rodovias em operação ou já existentes. Seus procedimentos são utilizados nas fases de planejamento, elaboração de projetos básicos e executivos, construção e pré-operação de uma rodovia ou interseção. Análises comportamentais dos usuários, observadas com a abertura do sistema viário ao tráfego, não são desenvolvidas, portanto, ao longo do seu processo de auditoria.

Conforme Schopf (2006), há uma tendência atual em denominar a auditoria de segurança viária de rodovias ou interseções em operação de “revisão da segurança viária”, o que poderia explicar a divergência acima relatada. Tal adequação visa a enfatizar que a auditoria um potencial maior de melhorar a segurança viária quando aplicada ainda nas etapas de projeto (Morgan e Jordan, 2000, *apud* Schopf, 2006).

Os elementos prioritários a serem observados quando da vistoria *in loco* apresentam-se como a segunda distinção. A auditoria de segurança viária canadense propõe uma diversificada relação de características físicas e geométricas a serem observados em campo. A proposta americana parece ser mais simplista, embora mantenha a sua essencialidade. Comparando-as, pode-se verificar que são complementares entre si.

A última divergência encontrada trata-se das responsabilidades quanto à sugestão de medidas mitigadoras para as deficiências de segurança encontradas ao longo do processo de auditoria. Conforme técnica americana e irlandesa, tal atividade consta das obrigações da equipe de auditores. Para a técnica canadense, toda decisão que implique em adequações relacionadas aos projetos de engenharia está a cargo da equipe de projetistas.

Por fim, tem-se que a segurança viária de segmentos rodoviários pode, ainda, ser observada por meio de técnicas de análise da consistência geométrica, sendo o IHSDM um *software* desenvolvido pelo FHWA com este propósito. Trata-se de uma ferramenta composta por dois módulos distintos relativos a rodovias e interseções rodoviárias.

5. ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DE INTERSEÇÕES EM NÍVEL EM RODOVIAS DE PISTA SIMPLES

O estudo das condições de segurança de interseções em nível de rodovias de pista simples, inseridas em área rural e não semaforizadas, cujas etapas e procedimentos serão apresentados a seguir, visa alcançar os objetivos específicos do presente trabalho, subsidiando a elaboração do procedimento proposto, constante do Capítulo 6.

A metodologia de pesquisa adotada, conforme Gil (2009), pode ser classificada sob a ótica (i) dos objetivos estabelecidos e (ii) dos procedimentos técnicos adotados. Desta forma, quanto ao primeiro item, tem-se uma pesquisa descritiva e explicativa, desenvolvida no intuito de identificar as principais características de interseções rodoviárias, bem como suas influências e conseqüentes associações na ocorrência de acidentes de trânsito e conflitos de tráfego em suas áreas funcionais. Quanto aos procedimentos técnicos adotados, a metodologia de pesquisa foi elaborada por meio de pesquisas bibliográficas, pesquisas documentais e pesquisas de campo.

As principais atividades e procedimentos adotados quando do desenvolvimento da metodologia de pesquisa constam da seção a seguir.

5.1. METODOLOGIA DE PESQUISA – ESQUEMA LÓGICO

Conforme dito anteriormente, trata-se de uma pesquisa de caráter descritivo e explicativo, baseada em seis atividades distintas, conforme Figura 5.1.

A seleção dos elementos contribuintes de acidentes em interseções rodoviárias deu-se apenas para aqueles de característica geométrica. A existência de um vasto conjunto de fatores potenciais para a ocorrência de acidentes de trânsito em interseções rodoviárias em nível permite presumir as inúmeras possibilidades de associações causais entre estes fatores. A

determinação de todas as possíveis associações, entretanto, requeria disponibilidade de tempo e recursos técnicos e físicos incompatíveis com a da presente pesquisa. Desta forma, fez-se necessário proceder a seleção daqueles fatores ditos prioritários, quanto à segurança viária, a serem utilizados posteriormente na elaboração do procedimento de análise proposto.

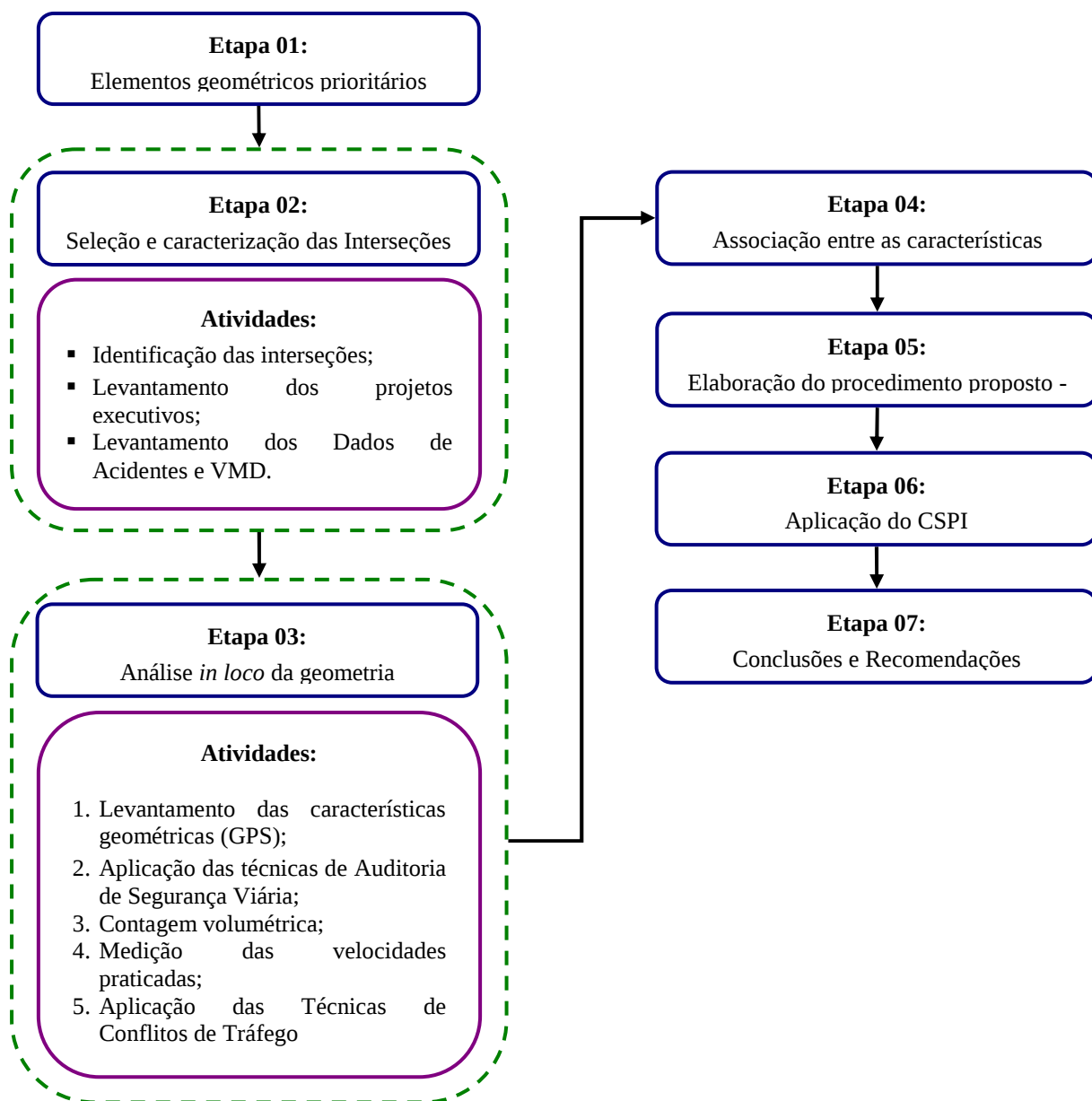


Figura 5.1: Metodologia de Pesquisa – Esquema Lógico

As principais atividades e procedimentos adotados quando do desenvolvimento dos estudos de campo, bem como os resultados gerados, estão estruturadas nas três etapas subsequentes, a

saber: (ii) Caracterização das interseções de rodovias pavimentadas de pista simples, situadas em áreas rurais; (iii) Análise, in loco, das características físicas e operacionais de interseções rodoviárias, incluindo a realização da Auditoria de Segurança Viária; e (iv) Associações entre características físico-operacionais e segurança viária.

As técnicas de auditoria de segurança viária, apresentadas no Capítulo 4, são, em sua essência, semelhantes. Trata-se de procedimentos de análise formal necessários para a completa análise do desempenho da segurança viária oferecida aos usuários por um dado segmento rodoviário ou interseção. Algumas poucas e razoáveis divergências foram encontradas, como (i) as fases e estágios de realização da auditoria, (ii) os elementos prioritários a serem observados na vistoria in loco e (iii) as responsabilidades quanto à sugestão de medidas mitigadoras, o que possibilitaram a seleção das técnicas americana e canadense como referências na elaboração do procedimento proposto neste trabalho. A relação de elementos prioritários adotada na análise da segurança viária das interseções presentes neste trabalho consta do Apêndice G. Nele estão inseridas, portanto, as características essenciais das duas referidas técnicas, exclusivamente para interseções rodoviárias em nível.

Quanto à técnica de análise dos conflitos de tráfego, restrições técnicas, principalmente quanto aos equipamentos eletrônicos e recursos humanos, fizeram com que na presente pesquisa fosse adotada a técnica americana, cujo formulário proposto consta do Apêndice C, Figura C.1, com as seguintes particularidades e adequações:

- análise dos conflitos de tráfego por interseção rodoviária ao longo de dois dias;
- observação e contagem dos conflitos de tráfego somente nas aproximações da rodovia principal, durante um período de 6 horas diárias, havendo um intervalo depois de decorridas 3 horas;
- período de análise dos conflitos de tráfego, para cada hora de observação, em dois intervalos de 30 minutos, sendo 20 minutos para observação e os 10 minutos restantes para os registros em formulário padrão;

- Coleta de dados realizada nos períodos de 9:00 h às 12:00 h e 14:00 às 17:00 h no primeiro dia;
- No segundo dia de coleta, aplicação da técnica nos períodos de 10:00 h às 13:00 h e 15:00 às 18:00 h;
- análise somente dos potenciais conflitos de tráfego para interseções não semaforizadas.

Demais detalhamentos e procedimentos realizados ao longo do desenvolvimento da pesquisa, principalmente aqueles referentes às etapas 1 a 4 constam das seções subseqüentes. As etapas 5 a 7 estão apresentas nos Capítulos 6 e 7.

5.2. SELEÇÃO DOS FATORES PRIORITÁRIOS, QUANTO À SEGURANÇA VIÁRIA, DE INTERSEÇÕES RODOVIÁRIAS EM NÍVEL

O estudo *in loco* das condições de segurança de interseções em nível de rodovias de pista simples, inseridas em área rural e não semaforizadas, baseia-se, diretamente, nos elementos geométricos prioritários, cuja determinação e seleção estão fundamentadas nos Capítulos 2 e 3, onde foram apresentadas, respectivamente, as principais características geométricas de interseções rodoviárias em nível e os fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes de trânsito. A Tabela 5.1 contém os sete elementos prioritários, quanto à segurança, utilizados no desenvolvimento do presente trabalho.

Tabela 5.1: Elementos das interseções rodoviárias em nível a serem analisados

Nº	Descrição do elemento de projeto
1.	Distância de visibilidade
2.	Dispositivos facilitadores para as manobras de conversão à esquerda
3.	Alinhamento das aproximações de interseções rodoviárias
4.	Alinhamento horizontal da rodovia principal
5.	Alinhamento vertical da rodovia principal
6.	Raios das curvas de concordância dos ramos das interseções
7.	Projetos-tipo

Conforme dito anteriormente, a adoção de simples medidas restritivas, a fim de eliminar as deficiências associadas aos dois primeiros fatores, já contribuiria para melhorar as condições de segurança de uma interseção rodoviária. Ainda, verifica-se uma dependência direta e elevada dos fatores terceiro, quarto, quinto e sétimo à segurança vária oferecida aos veículos de carga, cada vez mais avançados tecnologicamente e em grandes quantidades, em virtude de poderem oferecer restrições aos seus deslocamentos e intervisibilidade. A seleção dos elementos de projeto a serem analisados acima descritos justifica-se, portanto, por estarem diretamente relacionados à potencialidade de ocorrência de acidentes e, ainda, por não interporem grandes dificuldades quando do levantamento *in loco*.

Posteriormente, tais elementos são comparados às características operacionais de interseções rodoviárias selecionadas, no intuito de melhor detectar as suas inter-relações e conseqüente desempenho da segurança viária oferecida aos seus usuários.

5.3. CARACTERIZAÇÃO DAS INTERSEÇÕES DE RODOVIAS PAVIMENTADAS DE PISTA SIMPLES, SITUADAS EM ÁREAS RURAIS

Esta primeira etapa compreende a caracterização das interseções de rodovias pavimentadas de pista simples, quanto às condições de segurança oferecidas aos seus usuários. Está subdividida em três atividades principais, a saber:

- (i) identificação das interseções de estudo;

- (ii) levantamento dos projetos geométricos, a fim de realizar completa caracterização das interseções de estudo e seus elementos geométricos prioritários quanto à segurança viária;
- (iii) levantamento dos dados de acidentes de trânsito e volume de tráfego referentes às interseções em estudo.

Inicialmente, de forma a permitir a elaboração do procedimento de análise das condições de segurança de interseções rodoviárias, optou-se por selecionar interseções inseridas na BR-381, no estado de Minas Gerais, em virtude do seu histórico de elevados índices de acidentes de trânsito. Classificada como uma rodovia diagonal, orientada na direção nordeste-sudoeste, conforme nomenclatura dada pelo DNIT, a BR 381 interliga as cidades de Linhares/ES e Santos/SP. Quando do seu cruzamento no estado de Minas Gerais, particularmente no segmento compreendido entre as cidades de Belo Horizonte e Ipatinga, está implantada em terreno de relevo acidentado, de 1.000 a 2.000 m, sendo caracterizada por elevado número de acentuadas curvas horizontais e verticais. Contudo, reconhecendo-se que as características geográficas de um segmento rodoviário podem estar associadas com a ocorrência de acidentes de trânsito e, assim, na tentativa de se evitar as suas influências diretas nos resultados esperados, optou-se por analisar, também, interseções rodoviárias localizadas na BR-040 (rodovia radial, interligando as cidades de Brasília e Rio de Janeiro), no estado de Minas Gerais, em virtude da predominância de terrenos de relevo plano, cujas elevações vão de 500 a 1.000 m.

Assim, definidas as rodovias, partiu-se para a seleção das interseções de análise. A seleção das citadas interseções rodoviárias teve como princípio básico atender às seguintes características inicialmente previstas: (i) estar implantada em trecho de pista simples, (ii) estar inserida em área rural, e (iii) não possuir dispositivos eletrônicos de controle de tráfego, do tipo semáforos. A Tabela 5.2 apresenta a relação das interseções rodoviárias selecionadas, bem como seus respectivos códigos do PNV – Plano Nacional de Viação (data-base 2009) e projetos-tipo. As localizações espaciais de cada uma delas, em seus respectivos mapas rodoviários, constam das Figuras 5.2 e 5.3.

Tabela 5.2: Interseções rodoviárias selecionadas para análise

km	Código PNV	Descrição da Interseção Rodoviária	Projeto - Tipo
331,6	381BMG0270	Entroncamento BR-381 – MG-120; Acesso a Nova Era	“T”
391,5	381BMG0310	Entroncamento BR-381 – MG-436; Acesso a Barão de Cocais	Rotatória Vazada
421,5	381BMG0335	Acesso a Taquaraçu de Minas	“T”
224,6	040BMG0150	Entroncamento BR-040 – BR-365; Acesso a Patos de Minas	Rotatória
285,8	040BMG0190	Entroncamento BR-040 – MG-220; Acesso a Andrequicé	Rotatória Vazada

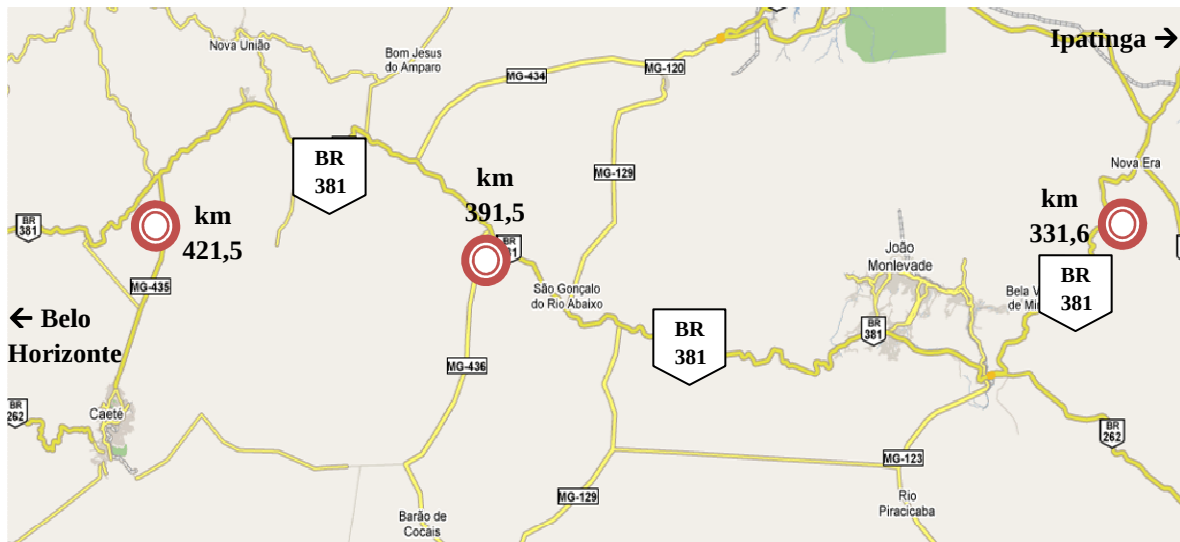


Figura 5.2: Localização das interseções rodoviárias, selecionadas para análise – Mapa Rodoviário BR-381 (Google Maps)

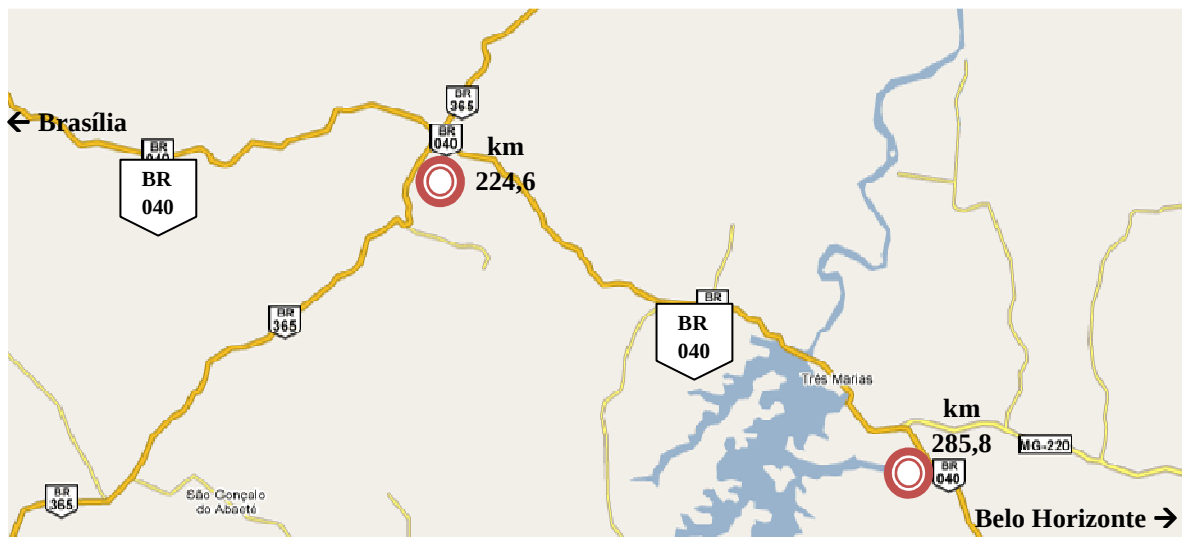


Figura 5.3: Localização das interseções rodoviárias, selecionadas para análise – Mapa Rodoviário BR-040 (Google Maps)

Inicialmente, fez-se uso do vídeo registro do DNIT na seleção das interseções rodoviárias. Trata-se de uma técnica de filmagem das vias e suas áreas adjacentes, com registro simultâneo de informações em micro-computador, permitindo a rápida formação de arquivos de fitas e/ou DVD's. Permite, ainda, consultas às imagens da malha viária e a formação de bancos de dados relativos a seus elementos. Segundo informações contidas no sítio eletrônico do referido Departamento, quando da gravação dos registros, um veículo portador de câmeras especiais percorre a malha rodoviária filmando continuamente as vias e registrando os dados de interesse ao gerenciamento. Posteriormente, tais imagens recebem uma banda superposta contendo a identificação da via, a quilometragem com precisão métrica, as coordenadas geográficas e o azimuth de alinhamento horizontal, a data e a hora de gravação e, na trilha sonora, comentários técnicos sobre os componentes das vias.

Complementarmente, quanto ao atendimento à não inserção em área urbana (Figuras 5.4 e 5.5), fez-se uso do Sistema Georreferenciado de Informações Viárias – SGV, também do DNIT. Desenvolvido por meio de convênio de cooperação técnica firmado entre a citada Autarquia e a Universidade Federal de Santa Catarina, o sistema é uma solução integrada na WEB para acompanhamento, estudos e análises de informações viárias, como (i) PNV; (ii) Segurança Viária; (iii) Sinalização Viária; (iv) Dados de Tráfego; e (v) Pesagem de Veículos.



Figura 5.4: Classificação quanto à ocupação da área – BR-381 (SGV LabTrans / DNIT)



Figura 5.5: Classificação quanto à ocupação da área – BR-040 (SGV LabTrans / DNIT)

De posse dos marcos quilométricos de implantação das interseções rodoviárias selecionadas para análise, procedeu-se à busca por seus respectivos projetos executivos junto ao DNIT, autarquia detentora da jurisdição das vias, a fim de realizar suas completas caracterizações, bem como de seus elementos geométricos prioritários, quanto à segurança viária. Infelizmente, tal procedimento não gerou os resultados esperados. Alguns registros e arquivos dos projetos executivos de interseções e rodovias federais podem ter se perdido quando da extinção, em 2001, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER, departamento responsável, à época, pela construção, manutenção e recuperação das rodovias federais brasileiras.

A deficiência na obtenção dos elementos geométricos, necessários para a análise das condições de segurança oferecidas aos usuários por interseções rodoviárias, pode ser sanada, de maneira menos precisa, por meio da associação de mapas e imagens de satélite disponíveis no *Google Maps* e/ou *Google Earth*. Além do mais, de forma complementar, procedeu-se o levantamento das interseções rodoviárias selecionadas, por meio do uso de equipamento GPS, quando do estudo *in loco*, visando (i) capturar pontos geográficos que, posteriormente, subsidiarão a confecção dos respectivos projetos geométricos básicos, bem como seus elementos geométricos prioritários, e (ii) cobrir restrições quanto à resolução das imagens de satélite.

As Figuras 5.6, 5.7 e 5.8 ilustram as interseções rodoviárias implantadas, respectivamente, nos km 391,5 e 421,5 / BR-381, e 285,8 / BR-040. Imagens de boa resolução gráfica para as demais interseções não estão disponíveis no *Google Earth*.



Figura 5.6: Entroncamento BR-381 – MG-436; Acesso a Barão de Cocais (*Google Earth*)



Figura 5.7: Entroncamento BR-381 – Acesso a Taquaraçu de Minas (*Google Earth*)



Figura 5.8: Entroncamento BR-040 – MG-220; Acesso a Andrequicé (Google Earth)

Os dados de acidentes de trânsito ocorridos nas interseções rodoviárias selecionadas para análise, nos anos 2004 a 2008, constam das Tabelas 5.3 e 5.4. Tais dados são oriundos do banco de dados do Departamento de Polícia Rodoviária Federal – DPRF – e, portanto, têm como particularidade o registro *in loco* das ocorrências. Assim, as referidas estatísticas podem ser ainda maiores, em virtude da ausência daquelas vítimas levadas a óbito em hospitais adjacentes, num prazo de até trinta dias da ocorrência do acidente, bem como daquelas ocorrências não registradas pelos policiais.

Conforme dito em capítulos anteriores, interseções rodoviárias influenciam a segurança viária não somente no ponto onde suas rodovias constituintes se interceptam, mas também em toda a sua área funcional. Segundo AASHTO (2004), a referida área é aquela capaz de atender as distâncias de percepção – reação, de manobra, de armazenamento da fila e, para tanto, está delimitada entre pontos distantes 400 m da entrada de cada *taper* existente. Assim, uma vez que os marcos quilométricos das interseções rodoviárias selecionadas encontram-se em áreas internas e centrais destas, optou-se por adotar intervalos de 500 metros, tanto a montante, quanto a jusante, para o levantamento dos dados de acidentes viários, adaptando, portanto, o conceito americano.

Tabela 5.3: Dados de acidentes de trânsito nas interseções rodoviárias selecionadas para análise - BR-381/MG (DataTranWeb – DPRF)

INTERSEÇÃO	TRECHO DE ANÁLISE			ANO	VALORES ABSOLUTOS						
					ACIDENTES DE TRÂNSITO				PESSOAS ENVOLVIDAS		
	km	Inicial	Final		Total	Com Mortos	Com Feridos	Sem Vítimas	Mortos	Feridos	Ilesos
01	331,6	331,1	332,1	2004	14	1	5	8	1	13	23
				2005	9	0	3	6	0	9	21
				2006	6	0	2	4	0	3	19
				2007	15	0	8	7	0	9	22
				2008	13	1	5	7	-	-	-
02	391,5	391,0	392,0	2004	8	0	1	7	0	1	18
				2005	9	0	3	6	0	8	21
				2006	5	0	2	3	0	5	16
				2007	20	0	8	12	0	3	88
				2008	17	1	10	6	-	-	-
03	421,5	421,0	422,0	2004	36	1	8	27	1	23	140
				2005	33	3	8	22	3	25	187
				2006	17	1	7	9	1	16	77
				2007	29	2	9	18	3	13	86
				2008	34	1	13	20	-	-	-
Trecho 01	-	331,1	422,0	2004	969	44	312	613	55	633	3.710
				2005	969	43	316	610	64	792	3.264
				2006	610	32	206	372	52	540	3.407
				2007	1.224	40	461	723	52	732	3.844
				2008	1.304	56	484	764	-	-	-

(*) Os dados “Pessoas Envolvidas” para o ano 2007 referem-se ao período de janeiro a agosto. Para o ano 2008, tais dados não constam dos registros utilizados.

Tabela 5.4: Dados de acidentes de trânsito nas interseções rodoviárias selecionadas para análise - BR-040/MG DataTranWeb – DPRF)

INTERSEÇÃO	TRECHO DE ANÁLISE			ANO	VALORES ABSOLUTOS						
					ACIDENTES DE TRÂNSITO				PESSOAS ENVOLVIDAS		
	km	Inicial	Final		Total	Com Mortos	Com Feridos	Sem Vítimas	Mortos	Feridos	Ilesos
04	224,6	224,1	225,1	2004	1	0	1	0	0	2	3
				2005	1	0	0	1	0	0	1
				2006	1	0	0	1	0	0	4
				2007	3	1	1	1	0	2	5
				2008	3	0	1	2	-	-	-
05	285,8	285,3	286,3	2004	8	0	1	7	0	1	18
				2005	1	0	0	1	0	0	1
				2006	1	0	1	0	0	1	1
				2007	1	0	0	1	0	0	5
				2008	3	1	1	1	-	-	-
Trecho 02	-	224,1	286,3	2004	127	8	48	71	12	125	298
				2005	72	7	30	35	20	61	106
				2006	35	4	12	19	5	34	145
				2007	132	7	41	84	8	49	210
				2008	98	11	42	45	-	-	-

(*) Os dados “Pessoas Envolvidas” para o ano 2007 referem-se ao período de janeiro a agosto. Para o ano 2008, tais dados não constam dos registros utilizados.

Inicialmente, constata-se que segmentos rodoviários, bem como suas interseções, implantadas em terrenos acidentados, apresentam maior frequência na ocorrência de acidentes e, conseqüentemente, maiores gravidades. Assim, conforme as Tabelas 5.3 e 5.4, as interseções rodoviárias implantadas na BR-381 apresentam ocorrências relativamente superiores àquelas implantadas na BR-040. Além do mais, em análise comparativa entre trechos rodoviários (segmentos compreendidos entre os marcos inicial e final das interseções primeira e última, respectivamente, para cada rodovia em análise), verifica-se que em 2004 ocorreram, cerca de

663%, mais acidentes de trânsito no trecho situado na BR-381 do que no situado na BR-040, e que essa diferença cresceu ao longo dos anos posteriores.

Contudo, acidentes de trânsito por si sós não retratam fielmente o nível de insegurança de um determinado segmento viário. Para CEFTRU (2002), os locais críticos são identificados a partir da comparação entre indicadores calculados – taxa de acidente e taxa de severidade dos acidentes – e valores de referência. A taxa de acidente relaciona a quantidade de acidentes em um determinado trecho com seu respectivo volume de tráfego e extensão e é expressa por acidentes por milhão de veículos x km. No caso de interseções, a taxa de acidentes reflete os acidentes por milhão de veículos, relacionando o número de acidentes na interseção com o seu volume de tráfego, obtido pela soma dos volumes das aproximações. A taxa de severidade dos acidentes está associada à gravidade dos acidentes e quantificada por meio do número de Unidade Padrão de Severidade – UPS (soma dos produtos do número de acidentes pelo peso atribuído a cada severidade), cujos valores constam da Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Severidade dos Acidentes de Trânsito e seus pesos atribuídos (modificado – CEFTRU, 2002)

Severidade	Peso
Acidentes somente com danos materiais (A_{DM})	1
Acidentes com feridos (A_F)	4
Acidentes com feridos envolvendo pedestres (A_{FP})	6
Acidentes com vítimas fatais (A_{VF})	13

Assim, visando apresentar adequadamente o nível de segurança das interseções rodoviárias, optou-se por apresentar também suas taxas de severidades dos acidentes, constantes da Tabela 5.6. Entretanto, em virtude da ausência de dados referentes aos volumes de tráfego para cada interseção selecionada, apresentar-se-á apenas para aquelas implantadas, respectivamente, nos km 331,6 / BR-381 e 224,6 / BR-040. As demais interseções terão suas taxas de severidade analisadas quando do levantamento dos volumes de tráfego, a serem realizados nos estudos *in loco*.

Tabela 5.6: Taxa de Severidade de Acidentes de Trânsito – Interseções Rodoviárias, ano-base 2005

INTERSEÇÃO	BR	km	TRECHO DE ANÁLISE		ACIDENTES DE TRÂNSITO				VDM	UPS	TAXA DE SEVERIDADE DOS ACIDENTES (acidentes / milhão de veículos x km)
			Inicial	Final	Total	Com Mortos	Com Feridos	Sem Vítimas			
1	381	331,6	331,1	332,1	9	0	3	6	6.321	18	7,802
4	040	224,6	224,1	225,1	1	0	0	1	2.486	1	1,102

Por meio da Tabela 5.6 verifica-se que a interseção rodoviária implantada em terreno acentuado apresenta taxa de severidade dos acidentes cerca de 608% maior que aquela implantada em terreno plano. Além do mais, aquela onde ocorreram mais acidentes de trânsito apresenta também maior volume de tráfego, aproximadamente 154% superior. Deduz-se, assim, que elevados volumes de tráfego, aliados aos fatores geográficos, são características diretamente associadas com a potencialidade de ocorrência de acidentes de trânsito.

5.4. ANÁLISE, *IN LOCO*, DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E OPERACIONAIS DE INTERSEÇÕES RODOVIÁRIAS

Realizada em períodos distintos no ano de 2009 (09 a 14 de novembro e 02 a 10 de dezembro, nas rodovias BR-040 e BR-381, respectivamente), a terceira etapa compreende cinco atividades, aplicadas ao longo de dois dias para cada interseção selecionada na etapa anterior. Essas atividades são necessárias para o desenvolvimento da análise, *in loco*, das características físicas e operacionais de cada interseção, e compreendem:

- (i) levantamento das características geométricas por meio de GPS;
- (ii) aplicação das técnicas de Auditoria de Segurança Viária selecionadas;
- (iii) contagem volumétrica;

- (iv) medição das velocidades praticadas;
- (v) aplicação das técnicas de Conflitos de Tráfego selecionadas.

Conforme dito anteriormente, a indisponibilidade dos projetos executivos das interseções rodoviárias solucionadas gerou a necessidade de adoção de medidas alternativas e complementares, como a consulta a imagens de satélites e utilização de equipamentos eletrônicos dotados do Sistema de Posicionamento Global – GPS, quando do levantamento das suas características geométricas e respectivos elementos prioritários. Assim, por meio do equipamento GPS Garmin eTrex Vista HCx, diversos pontos georreferenciados foram registrados ao longo dos contornos geométricos de cada interseção rodoviária selecionada, permitindo a confecção de seus *layouts* preliminares. Posteriormente, transferiram-se os referidos marcos para o *Google Earth*, sobrepondo-os às imagens disponíveis. Os *layouts* definitivos (Apêndice H, Figuras H.1 a H.5), foram, então, confeccionados por meio da associação dos conjuntos “pontos georeferenciados – imagens de satélite” e um *software* do tipo CAD (projeto auxiliado por computador), como o AutoCAD.

Concomitantemente à captura dos marcos georreferenciados, pode-se observar e registrar as condições operacionais e físicas das interseções rodoviárias, subsidiando-se, assim, o preenchimento dos seus respectivos formulários de auditoria viária (Apêndice I, Figuras I.1 a I.10). Pode-se, ainda, coletar os volumes de tráfego ao longo dos dois dias de pesquisa por meio de filmagens digitais. Tais volumes não puderam, contudo, compreender toda a extensão temporal da pesquisa, em virtude da capacidade da bateria do equipamento utilizado. Procurou-se, assim, coletar dados de até duas horas diárias por período de análise (matutino e vespertino). Além do mais, não foi possível encontrar local seguro, para a instalação do equipamento, que permitisse a filmagem de todas as áreas das interseções, optando-se, para tanto, por coletar os volumes de tráfego em sentidos alternados diariamente. A expansão dos dados volumétricos foi realizada por meio das análises dos volumes horários máximos medidos. Comparando-se as contagens realizadas com dados volumétricos de anos anteriores ajustados para o ano atual, pode-se admitir que os volumes máximos de tráfego medidos *in loco* correspondem a cerca de 7% do volume médio diário do tráfego nos locais estudados. Assim, o volume de tráfego de cada interseção foi estimado por meio da divisão do maior volume horário obtido em campo por 0,07 (ou multiplicação por 14).

A medição das velocidades praticadas, desenvolvida por dois agentes de autoridades de trânsito aptos e legalmente autorizados para tal, deu-se por meio do medidor eletrônico de velocidade portátil ULTRA LYTE LR (LTI 20-20), apresentado na Figura 5.9, ao longo de três horas diárias por período de análise (matutino e vespertino), acompanhando sempre o sentido de coleta dos volumes de tráfego.



Figura 5.9: Medidor de velocidade portátil - ULTRA LYTE LR (LTI 20-20)

A aplicação da técnica de análise de conflitos de tráfego compreende a última atividade das análises *in loco* das interseções selecionadas. Seus procedimentos constam do capítulo anterior e, embora houvessem sido planejados anteriormente à vistoria, não puderam ser aplicados em sua plenitude. Restrições físico-técnicas e climáticas; como (i) número reduzido de observadores, (ii) ausência de local adequado e seguro para observação, (iii) espaço temporal reduzido em virtude de atrasos em atividades anteriores e ocorrências de chuvas e tempestades; somente foram reconhecidas quando da proximidade da viagem ou até mesmo da chegada à interseção de análise. Assim, procedeu-se à estimativa do número de conflitos diários a partir dos dados coletados, mediante a expansão desses dados de modo similar à realizada para os dados volumétricos.

Por fim, registra-se a ocorrência de influências diretas, difíceis de precisar, no comportamento dos usuários das interseções rodoviárias em análise, quando da vistoria *in loco*, embora se

tenha tomado extremo cuidado na escolha dos locais de observação dos conflitos de tráfego e medição das velocidades operacionais.

A seguir, far-se-á, breve relato das análises *in loco* das características físicas e operacionais das interseções selecionadas.

5.4.1. Interseção Nova Era

Dispositivo rodoviário implantado no entroncamento entre as rodovias BR-381 e MG-120, a interseção de Nova Era contempla um *layout* do tipo “T” com alças auxiliares para a realização de conversões, separadas por meio de ilhas. Está limitada por talude elevado, fundo de vale e corpo hídrico (Rio Piracicaba). Além do mais, no sentido IPA-BH, encontra-se imediatamente após uma obra-de-arte especial do tipo ponte. As Figuras 5.10 e 5.11 apresentam registros fotográficos da interseção rodoviária em análise, a partir da linha de visão dos condutores que por ela trafegam. O *layout* definitivo, contemplando as respectivas curvas horizontais, bem como as sinalizações existentes, está registrado na Figura H.1. A velocidade regulamentada no local é de 80 km/h.



(a) Sentido BH-IPA



(b) Sentido IPA-BH

Figura 5.10: Vista parcial da rodovia principal – Interseção Rodoviária Nova Era



(a) Vista da Área Central



(b) Aproximação Rodovia Secundária

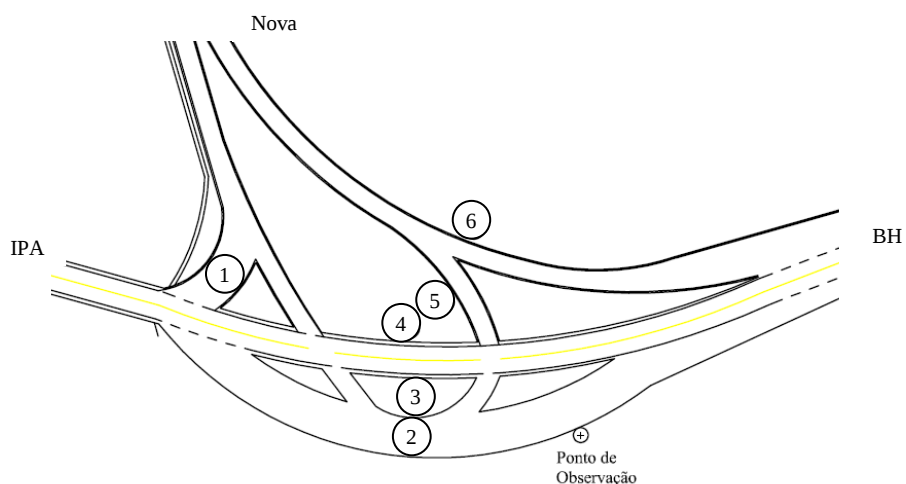
Figura 5.11: Interseção Rodoviária Nova Era

A interseção rodoviária ora em análise é composta por curvas horizontais, seguidas por tangentes, dispostas em pistas simples com faixas de tráfego de 3,60 m. Partindo-se da rodovia principal, está inserida em extensão de cerca de 280 m, cujo alinhamento vertical é composto pela junção de segmentos descendente e ascendente, com diferença algébrica entre greides concordados de 4,9% (curva côncava). Horizontalmente, possui curva para a esquerda de raio elevado. Quanto à rodovia secundária (pista de acesso à cidade de Nova Era), está disposta em segmento rodoviário plano, com faixas de tráfego de 3,60 m, separadas por canteiro central. Possui, também, dispositivo próprio para o deslocamento de pedestres e posteamento de iluminação pública. Sua união à rodovia principal dá-se em um ângulo médio de 131° (sentido do movimento permitido). As Tabelas 5.7 e 5.8 apresentam, respectivamente, as principais características geométricas da interseção Nova Era, bem como seus valores numéricos, e o alinhamento vertical dos segmentos rodoviários precedente e subsequente à interseção, ao longo da rodovia principal.

Tabela 5.7: Alinhamento Horizontal – Interseção Nova Era

Dispositivo	Sentido	Raio (m)	Extensão (m)
Curva 1	Direita	17,7	30,4
Curva 2	Direita	91,1	141,4
Curva 3	Esquerda	23,1	30,7
Curva 4	Esquerda	197,8	160,1
Curva 5	Esquerda	59,9	38,9
Curva 6	Direita	124,8	107,2

Croqui – Nova Era:



Obs: Sentidos definidos conforme os movimentos permitidos.

Tabela 5.8: Alinhamento Vertical – BR-381

Dispositivo	Alinhamento (IPA-BH)	Extensão (m)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	Declividade (%)
Tangente (OAE)	Descendente	137,4	519	518	- 0,73
Tangente (Saída)	Ascendente	120,0	520	525	4,17

Os alinhamentos adotados em interseções rodoviárias podem influenciar diretamente na visibilidade oferecida aos seus usuários, elevando a potencialidade de ocorrência de acidentes de trânsito. Tal visibilidade está, ainda, associada aos dispositivos de controle de tráfego utilizados em dado segmento rodoviário. A interseção de Nova Era apresenta completa ausência de dispositivos de controle de tráfego (placas “Pare” e “Dê a preferência”) instalados nas aproximações da rodovia secundária. Contudo, quando da vistoria *in loco*, pode-se perceber que os movimentos de conversão somente eram realizados como se tais dispositivos

lá existissem. Optou-se, assim, por analisar as distâncias de visibilidade da referida interseção para os diversos casos pertinentes e possíveis, conforme Tabela 5.9, adotando caminhões reboque e semi-reboque como veículo de projeto da via. A diversidade de análises é justificada também pelo *layout* adotado para as faixas exclusivas de conversão à esquerda, pois (i) possibilita análises relativas a movimentos de travessia na rodovia secundária (casos B3 e C1), embora esta não tenha continuidade (projeto do tipo “T”) e (ii) exclui, consequentemente, aquelas referentes à manobras de conversão à esquerda oriundos da rodovia principal (caso E).

Tabela 5.9: Triângulos de Visibilidade – Interseção Nova Era

Caso	Dimensões normativas DNIT (2005)		Situação apresentada	
	Cota a (m)	Cota b (m)	Montante	Jusante
B1	4,4 a 5,4	255,0	Não atende (comprimento disponível insuficiente, vegetação densa em curva horizontal).	Não atende (comprimento disponível insuficiente, eucaliptos na linha de visão em curva vertical).
B2	4,4 a 5,4	235,0	-	Atende, com restrição (eucaliptos na linha de visão).
B3	4,4 a 5,4	235,0	Não atende (comprimento disponível insuficiente, vegetação densa em curva horizontal).	Atende, com restrição (eucaliptos na linha de visão).
C1	100,0	170,0 a 180,0	Atende, com restrição (vegetação densa em curva horizontal).	Atende.
C2	25,0	265,0	Não atende (comprimento disponível insuficiente, vegetação densa em curva horizontal).	Não atende (comprimento disponível insuficiente, eucaliptos na linha de visão em curva vertical).

Legenda:

- B1: Giro à esquerda a partir da rodovia secundária.
- B2: Giro à direita a partir da rodovia secundária.
- B3: Travessia a partir da rodovia secundária.
- C1: Travessia a partir da rodovia secundária.
- C2: Giro à esquerda ou à direita a partir da rodovia secundária.

Assim, conforme Tabela 5.9, constata-se que a interseção em análise oferece aos seus usuários visibilidade insuficiente em quaisquer dos casos pertinentes. Tal restrição dá-se tanto pelo alinhamento adotado, quanto pela vegetação em áreas adjacentes, ilustrados na Figura 5.12.



(a) Eucaliptos na linha de visão



(b) Vegetação densa em curva horizontal

Figura 5.12: Restrições à visibilidade – Interseção Rodoviária Nova Era

As características operacionais também podem promover restrições nas condições de segurança viária de uma interseção ou segmento viário. Registros de conflitos de tráfego, bem como contagem volumétrica e velocidades praticadas foram, então realizados. A Tabela 5.10 contempla os conflitos registrados durante dois dias de coleta, num total de 10 horas, observados concomitantemente para as duas aproximações, em virtude de haver apenas um observador, instalado em local de ampla visão (ver Figura H.1). Durante o período de análise, ocorreram 329 conflitos de tráfego, cerca de 461 conflitos diários, havendo predominância daqueles causados por (i) veículos lentos e (ii) conversões a direita por veículos trafegando em mesma direção. Tais ocorrências podem ser justificadas pelo tráfego elevado de veículos oriundos do canteiro de obras da empresa de manutenção / melhoramentos do segmento rodoviário nas proximidades da interseção, bem como pela existência de acesso irregular às residências isoladas. Além do mais, a geometria encontrada, tanto a montante, quanto a jusante da interseção, impõe restrições operacionais e de capacidade mecânica aos veículos que por ela trafegam.

Quando das coletas de conflitos de tráfego pode-se, ainda, observar a ocorrência de movimentos inadequados. A interseção de Nova Era está inserida posteriormente a um segmento rodoviário duplicado, com barreiras de concreto em seu canteiro central. Desta forma, diversos veículos, inclusive caminhões, utilizam-se da faixa de conversão à esquerda para realizar movimentos de retorno inadequadamente, conforme marcas registradas na Figura 5.13. Conversões à esquerda, partindo-se da rodovia secundária, diretamente na rodovia

principal, ou seja, sem o uso da faixa exclusiva, também foram observados. Além do mais, por estar localizada próxima a residências e, ainda, haver deslocamento de ônibus intermunicipais e interestaduais, há um constante tráfego de pedestres.

Tabela 5.10: Conflitos de Tráfego – Interseção Nova Era

Aproximação	Coleta	Período de Análise (h)	CE	CD	VL	MF	CE	CE	CD	Cruz	CE	CD	Cruz
			MD	MD			TO	VD	VD	VD	VE	VE	VE
BH-IPA	01	4	1	29	44	3	-	-	-	-	-	-	1
	02	6	-	44	72	-	1	1	-	2	-	-	-
IPA-BH	01	4	-	-	3	-	-	-	1	1	-	-	8
	02	6	-	10	83	2	-	-		1	2	2	18
TOTAL		10	1	83	202	5	1	1	1	4	2	2	27

Legenda: CE - Conversão à Esquerda
 CD - Conversão à Direita
 MD - Mesma Direção
 VL - Veículo Lento
 MF - Mudança de Faixa
 TO - Tráfego Oposto
 VD - Vindo da Direita
 VE - Vindo da Esquerda
 Cruz. - Cruzamento



(a) Sentido BH-IPA



(b) Sentido IPA-BH

Figura 5.13: Movimentos inadequados – Interseção Rodoviária Nova Era

A Tabela 5.11 apresenta os dados gerais quanto às medições das velocidades praticadas pelos usuários na interseção Nova Era, ao longo de um período de cerca de 10 h. Observa-se que os veículos que trafegavam no sentido BH-IPA desenvolveram velocidades mínima e máxima menores do que aqueles que trafegam em sentido oposto. Tal ocorrência pode ser justificada pela presença de cones ao longo do eixo da rodovia principal (dispostos assim em virtude da entrada e saída de veículos ao canteiro de obras), associados ao alinhamento horizontal e vertical (curva para esquerda em raio moderado a elevado, juntamente com curva descendente, implantadas entre talude elevado e fundo de vale).

Tabela 5.11: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Nova Era – Dados Gerais

Aproximação	Dados Gerais da Medição				Velocidade		
	Dia	Período	Duração (h)	Amostra (un)	Mínima (km/h)	Máxima (km/h)	Média (km/h)
IPA-BH	03/12/2009	09:50 às 11:50	2	322	26	110	70,0
	04/12/2009	11:00 às 13:05	2,1	424	32	110	71,0
BH-IPA	03/12/2009	14:55 às 17:55	3	558	24	86	53,0
	04/12/2009	07:20 às 10:20	3	548	23	81	48,1

Agrupando-se as velocidades registradas em intervalos de 20 km/h para cada dia de coleta (ver Tabelas 5.12 e 5.13), verifica-se que cerca de 50% das amostras diárias da IPA-BH trafegaram no intervalo [60 – 80), enquanto para a aproximação BH-IPA as frequências de maior magnitude relativa, cerca de 60%, concentraram-se no [40 – 60). Por conseguinte, tem-se velocidades operacionais na aproximação IPA-BH (83 km/h e 85 km/h para os dias 01 e 02 de coleta, respectivamente) superiores às daquelas da aproximação BH-IPA (65 km/h e 60 km/h). Analisando globalmente cada aproximação, conforme Tabela 5.14, tem-se que a velocidade operacional da aproximação IPA-BH é cerca de 30% superior à velocidade operacional da aproximação BH-IPA e 5% acima da velocidade regulamentada da rodovia BR-381.

Tabela 5.12: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Nova Era – Aproximação IPA-BH

DIA 01						DIA 02					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	3	0,93	3	0,93	20	40	6	1,42	6	1,42
40	60	63	19,57	66	20,50	40	60	83	19,58	89	20,99
60	80	175	54,35	241	74,84	60	80	212	50,00	301	70,99
80	100	78	24,22	319	99,07	80	100	120	28,30	421	99,29
100	120	3	0,93	322	100,00	100	120	3	0,71	424	100,00
120	140	-	-	-	-	120	140	-	-	-	-
140	160	-	-	-	-	140	160	-	-	-	-
Total		322	100,00	-	-	Total		424	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		83 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		85 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

Fac: frequência observada acumulada

Tabela 5.13: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Nova Era – Aproximação BH-IPA

DIA 01						DIA 02					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	70	12,54	70	12,54	20	40	129	23,54	129	23,54
40	60	342	61,29	412	73,84	40	60	335	61,13	464	84,67
60	80	138	24,73	550	98,57	60	80	83	15,15	547	99,82
80	100	8	1,43	558	100,00	80	100	1	0,18	548	100,00
100	120	-	-	-	-	100	120	-	-	-	-
120	140	-	-	-	-	120	140	-	-	-	-
140	160	-	-	-	-	140	160	-	-	-	-
Total		558	100,00	-	-	Total		548	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		65 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		60 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

Fac: frequência observada acumulada

Tabela 5.14: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Nova Era – Dados globais

Aproximação IPA-BH						Aproximação BH-IPA					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	9	1,21	9	1,21	20	40	199	17,99	199	17,99
40	60	146	19,57	155	20,78	40	60	677	61,21	876	79,20
60	80	387	51,88	542	72,65	60	80	221	19,98	1.097	99,19
80	100	198	26,54	740	99,20	80	100	9	0,81	1.106	100,00
100	120	6	0,80	746	100,00	100	120	-	-	-	-
120	140	-	-	-	-	120	140	-	-	-	-
140	160	-	-	-	-	140	160	-	-	-	-
Total		746	100,00	-	-	Total		1.106	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		84 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		63 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

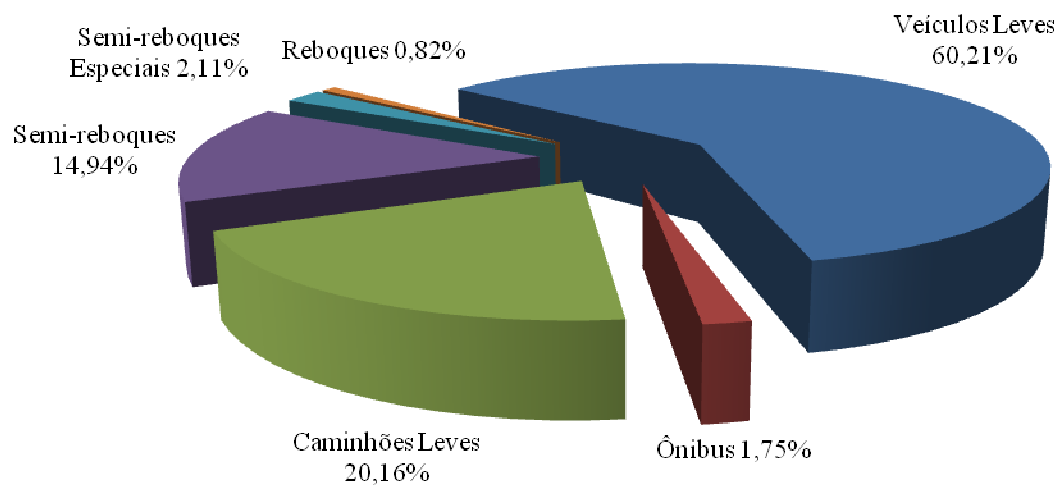
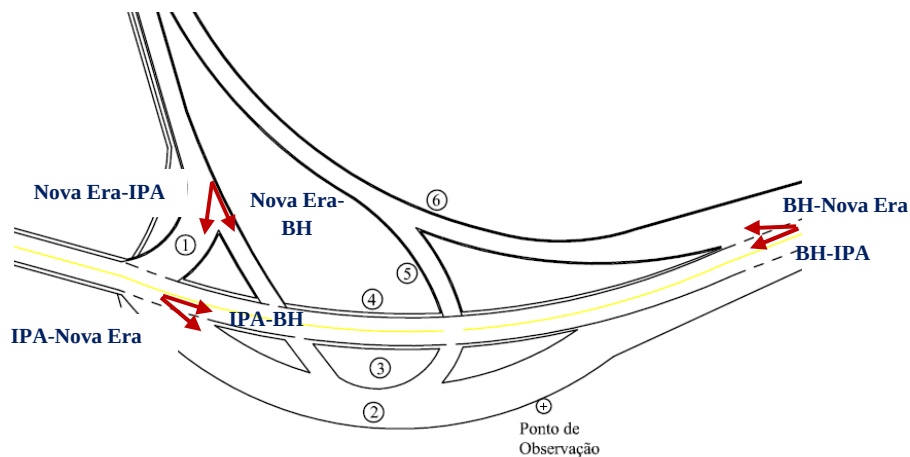
Fac: frequência observada acumulada

Por fim, tem-se um volume médio diário de veículos de 6.865 veículos, distribuídos por sentidos de deslocamento e classes de veículos, respectivamente, conforme Tabela 5.15 e Figura 5.14, abaixo apresentadas. Conforme relatado por profissionais do DNIT, o tráfego em rodovias federais cresce anualmente cerca de 3%. Assim, descontando-se tal crescimento do volume medido, de forma a igualar as datas-base de volume e acidentes ocorridos, ou seja, tem-se uma taxa de severidade de acidentes, para o ano de 2008, de 16,46 UPS por milhão de veículos.

Tabela 5.15: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento - Interseção Nova Era

Ipatinga		BH		Nova Era		TOTAL
BH	Nova Era	Ipatinga	Nova Era	Ipatinga	BH	
2.980	75	2.556	587	58	609	6.865
43,41%	1,08%	37,23%	8,55%	0,85%	8,88%	100,00%

Croqui – Nova Era:

**Figura 5.14:** Distribuição Volumétrica por classes de veículos - Interseção Nova Era

5.4.2. Interseção Barão de Cocais

Dispositivo rodoviário instalado no entroncamento entre as rodovias BR-381 e MG-436, a interseção de Barão de Cocais apresenta configuração geométrica do tipo “Rotatória Vazada”, possuindo alças auxiliares para a realização de manobras de conversão, separadas por meio de ilhas. Está, ainda, inserida em segmento rodoviário compreendido entre curvas horizontais alternadas (curva para a direita a montante e curva para a esquerda a jusante – sentido IPA-BH), limitadas por talude elevado e baixadas alagadas. As Figuras 5.15 e 5.16 apresentam registros fotográficos da interseção rodoviária em análise, a partir da linha de visão dos condutores que por ela trafegam. O *layout* definitivo, contemplando as respectivas curvas horizontais, bem como as sinalizações existentes, está registrado na Figura H.2. A velocidade regulamentada da rodovia é 80km/h.



(a) Sentido IPA-BH



(b) Sentido BH-IPA

Figura 5.15: Vista parcial da rodovia principal – Interseção Rodoviária Barão de Cocais



(a) Vista da Rodovia Secundária



(b) Faixa de conversão

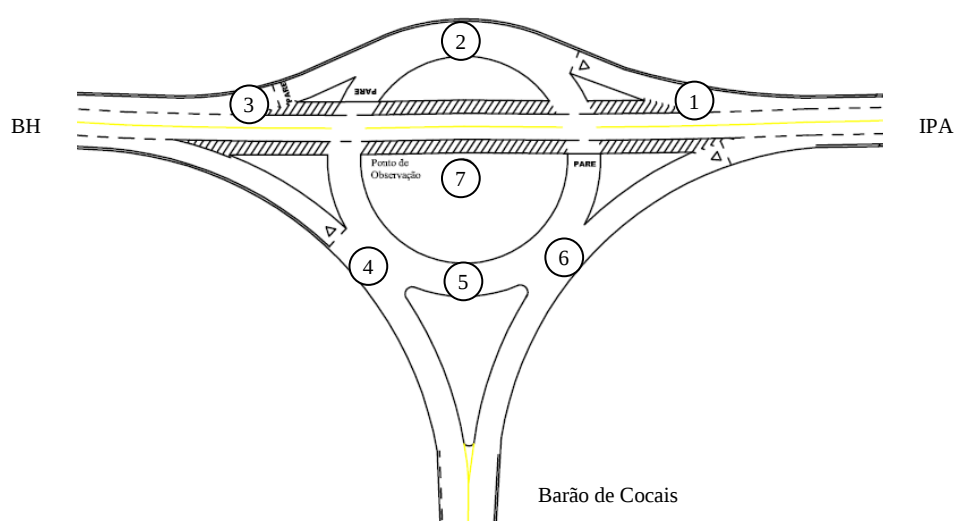
Figura 5.16 Interseção Rodoviária Barão de Cocais

A interseção rodoviária ora em análise é composta por curvas horizontais, seguidas por tangentes, dispostas em pistas simples com faixas de tráfego de 3,60 m. Partindo-se da rodovia principal, está inserida em segmento de extensão de cerca de 280 m, cujo alinhamento vertical é composto por rampa descendente de 7%. Horizontalmente, possui curva para a direita de raio elevado. Quanto à rodovia secundária (pista de acesso às cidades de Barão de Cocais e Santa Bárbara), está disposta em segmento rodoviário plano, com faixas de tráfego de 3,60 m, interceptando-se com a rodovia principal em ângulo reto. As principais características geométricas da interseção Barão de Cocais, bem como seus valores numéricos, constam da Tabela 5.16.

Tabela 5.16: Alinhamento Horizontal – Interseção Barão de Cocais

Dispositivo	Sentido	Raio (m)	Extensão (m)
Curva 1	Direita	188,4	49,7
Curva 2	Esquerda	37,4	75,6
Curva 3	Direita	91,1	33,8
Curva 4	Direita	99,8	131,0
Curva 5	Esquerda	37,4	100,5
Curva 6	Direita	94,8	126,5
Curva 7	Direita	1.518,9	186,7

Croqui – Barão de Cocais:



Obs: Sentidos definidos conforme os movimentos permitidos.

A Tabela 5.17 apresenta análise das distâncias de visibilidade disponíveis na interseção rodoviária de Barão de Cocais, conforme os dispositivos de controle de tráfego (placas “Pare” e “Dê a preferência”) lá instalados e, ainda, caminhões reboque e semi-reboque como veículo de projeto da via. Similarmente à interseção de Nova Era, o *layout* adotado para as alças auxiliares de conversão à esquerda possibilita análises relativas a movimentos de travessia na rodovia secundária (caso B3), embora esta não tenha continuidade. Por conseguinte, excluem-se aquelas referentes às manobras de conversão à esquerda oriundas da rodovia principal (caso E). Assim, conforme a referida tabela, pode-se constatar que a interseção em análise oferece aos seus usuários visibilidade insuficiente para os casos de conversão à esquerda ou travessia, B1 e B3, respectivamente. Tal restrição dá-se tanto pelo alinhamento adotado, quanto pela vegetação em áreas adjacentes, ilustrados na Figura 5.17.

Tabela 5.17: Triângulos de Visibilidade – Interseção Barão de Cocais

Caso	Dimensões normativas DNIT (2005)		Situação apresentada	
	Cota a (m)	Cota b (m)	Montante	Jusante
B1	4,4 a 5,4	255,0	Não atende (comprimento insuficiente, eucaliptos na linha de visão e curva horizontal).	Atende.
B2	4,4 a 5,4	235,0	Não atende (comprimento insuficiente, eucaliptos na linha de visão e curva horizontal).	-
B3	4,4 a 5,4	235,0	Não atende (comprimento insuficiente, eucaliptos na linha de visão e curva horizontal).	Atende.
C2	25,0	265,0	-	Atende.

Legenda: B1: Giro à esquerda a partir da rodovia secundária.
 B2: Giro à direita a partir da rodovia secundária.
 B3: Travessia a partir da rodovia secundária.
 C2: Giro à esquerda ou à direita a partir da rodovia secundária.



(a) Eucaliptos na linha de visão



(b) Curva horizontal

Figura 5.17: Restrições à visibilidade – Interseção Rodoviária Barão de Cocais

Dados operacionais também foram observados e registrados. A Tabela 5.18 contempla aqueles referentes aos conflitos de tráfego, observados concomitantemente para as duas aproximações durante apenas um dia de coleta, em virtude da ocorrência de chuvas torrenciais. Conforme a referida tabela, num período de 7 horas, ocorreram 540 conflitos de tráfego, cerca de 1.079 conflitos diários, havendo predominância daqueles causados por (i) veículos lentos e (ii) conversões a direita por veículos trafegando em mesma direção. Tais ocorrências podem ser justificadas pelo tráfego elevado de veículos pesados deslocando-se no sentido de Barão de Cocais, bem como pelas restrições operacionais e de capacidade mecânica impostas pela geometria aos veículos que por ela trafegam.

Quando das coletas de conflitos de tráfego pode-se, ainda, observar a ocorrência de uma colisão lateral entre veículos que se deslocavam ao longo da rodovia principal, sentido Ipatinga. Tal ocorrência não recebeu atendimento da Polícia Rodoviária Federal e, portanto, não constará das estatísticas oficiais, confirmando a elevada probabilidade de estas não retratarem fielmente a realidade das rodovias brasileiras. Ainda, quanto às condições físico-operacionais observadas, constatou-se que diversas placas estavam danificadas visualmente (pichações), dificultando as suas respectivas legibilidades e compreensões. Além do mais, por estar localizada próxima a residências e, ainda, haver deslocamento de ônibus intermunicipais e interestaduais, há um constante tráfego de pedestres.

Tabela 5.18: Conflitos de Tráfego – Interseção Barão de Cocais

Aproximação	Coleta	Período de Análise (h)	CE	CD	VL	MF	CE	CE	CD	Cruz	CE	CD	Cruz
			MD	MD			TO	VD	VD	VD	VE	VE	VE
BH-IPA	01	7	-	142	145	15	-	-	12	2	3	-	8
IPA-BH	01	7	-	56	114	6	-	-	7	19	1	-	10
TOTAL COLETA		7	-	198	259	21	-	-	19	21	4	-	18

Legenda: CE - Conversão à Esquerda
 CD – Conversão à Direita
 MD – Mesma Direção
 VL – Veículo Lento
 MF – Mudança de Faixa
 TO – Tráfego Oposto
 VD – Vindo da Direita
 VE – Vindo da Esquerda
 Cruz. - Cruzamento

A Tabela 5.19 apresenta os dados gerais quanto às medições das velocidades praticadas pelos usuários na interseção Barão de Cocais, ao longo de um período de 7 h, aproximadamente. Pode-se observar que os veículos que trafegavam no sentido IPA-BH desenvolveram velocidades mínima e máxima maiores do que aqueles que trafegam em sentido oposto, o que pode ser justificado por tratar-se de segmento descendente. Além do mais, quando do início da medição, havia um veículo de carga parado inadequadamente na pista de rolamento, sentido Ipatinga, em virtude de pane eletro-eletrônica, afetando diretamente o deslocamento dos demais veículos que trafegavam naquele sentido.

Agrupando-se as velocidades registradas em intervalos de 20 km/h para cada dia de coleta (ver Tabelas 5.20 e 5.21), observa-se que cerca de 70% das amostras diárias da IPA-BH trafegaram nos intervalos [60 – 80) e [80-100), enquanto para a aproximação IPA-BH as frequências de maior magnitude relativa, cerca de 80% e 70% para os dias 01 e 02 de coleta, respectivamente, concentraram-se nos intervalos [40 – 60) e [60 – 80). Por conseguinte, tem-se velocidades operacionais na aproximação IPA-BH (100 km/h) superiores às daquelas da aproximação BH-IPA (82 km/h e 86 km/h). Analisando globalmente cada aproximação, conforme Tabela 5.22, tem-se que a velocidade operacional da aproximação IPA-BH é cerca

de 20% superior à velocidade operacional da aproximação BH-IPA e 25% acima da velocidade regulamentada da rodovia BR-381.

Tabela 5.19: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Barão de Cocais – Dados Gerais

Aproximação	Dados Gerais da Medição				Velocidade		
	Dia	Período	Duração (h)	Amostra (un)	Mínima (km/h)	Máxima (km/h)	Média (km/h)
IPA-BH	07/12/2009	08:15 às 11:15	3	789	35	137	80,8
BH-IPA	05/12/2009	14:15 às 15:45	1,5	398	25	125	67,9
	07/12/2009	11:15 às 12:15 / 15:15 às 16:15	2	513	34	122	71,0

Tabela 5.20: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Barão de Cocais – Aproximação IPA-BH

DIA 01					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	2	0,25	2	0,25
40	60	89	11,28	91	11,53
60	80	292	37,01	383	48,54
80	100	286	36,25	669	84,79
100	120	109	13,81	778	98,61
120	140	11	1,39	789	100,00
140	160	-	-	-	-
Total		789	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		100 km/h			

Legenda: fi: frequência observada
Fac: frequência observada acumulada

Tabela 5.21: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Barão de Cocais – Aproximação BH-IPA

DIA 01						DIA 02					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	5	1,26	5	1,26	20	40	3	0,58	3	0,58
40	60	113	28,39	118	29,65	40	60	118	23,00	121	23,59
60	80	203	51,01	321	80,65	60	80	254	49,51	375	73,10
80	100	70	17,59	391	98,24	80	100	109	21,25	484	94,35
100	120	5	1,26	396	99,50	100	120	27	5,26	511	99,61
120	140	2	0,50	398	100,00	120	140	2	0,39	513	100,00
140	160	-	-	-	-	140	160	-	-	-	-
Total		398	100,00	-	-	Total		513	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		82 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		86 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

Fac: frequência observada acumulada

Tabela 5.22: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Barão de Cocais – Dados globais

Aproximação IPA-BH						Aproximação BH-IPA					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	2	0,25	2	0,25	20	40	8	0,88	8	0,88
40	60	89	11,28	91	11,53	40	60	231	25,36	239	26,23
60	80	292	37,01	383	48,54	60	80	457	50,16	696	76,40
80	100	286	36,25	669	84,79	80	100	179	19,65	875	96,05
100	120	109	13,81	778	98,61	100	120	32	3,51	907	99,56
120	140	11	1,39	789	100,00	120	140	4	0,44	911	100,00
140	160	-	-	-	-	140	160	-	-	-	-
Total		789	100,00	-	-	Total		911	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		100 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		84 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

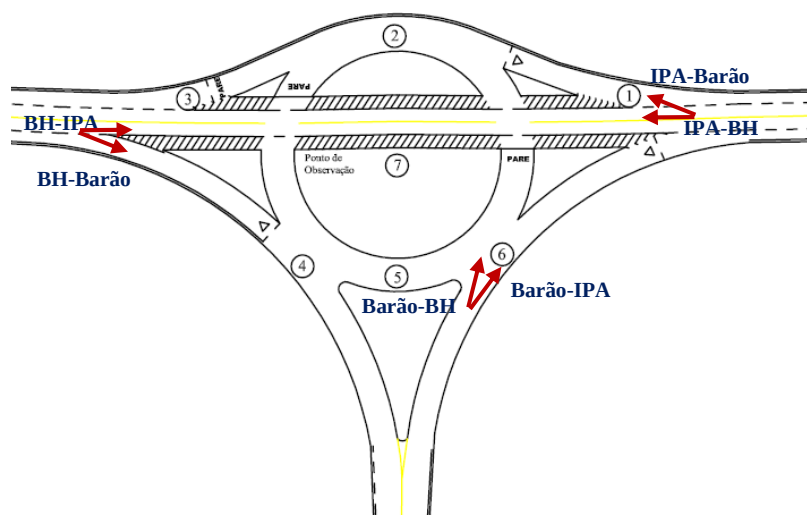
Fac: frequência observada acumulada

Por fim, tem-se um volume médio diário de veículos de 7.205 veículos, distribuídos por sentidos de deslocamento e classes de veículos, respectivamente, conforme Tabela 5.23 e Figura 5.18, abaixo apresentadas. Descontando-se um crescimento anual de 3%, conforme conversas com profissionais do DNIT, tem-se uma taxa de severidade de acidentes, para o ano de 2008, de 23,13 UPS por milhão de veículos.

Tabela 5.23: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento - Interseção Barão de Cocais

Ipatinga		BH		Barão		TOTAL
BH	Barão	Ipatinga	Barão	Ipatinga	BH	
2513	398	3.263	355	133	543	7.205
34,88%	5,53%	45,29%	4,92%	1,84%	7,54%	100,00%

Croqui – Barão de Cocais:



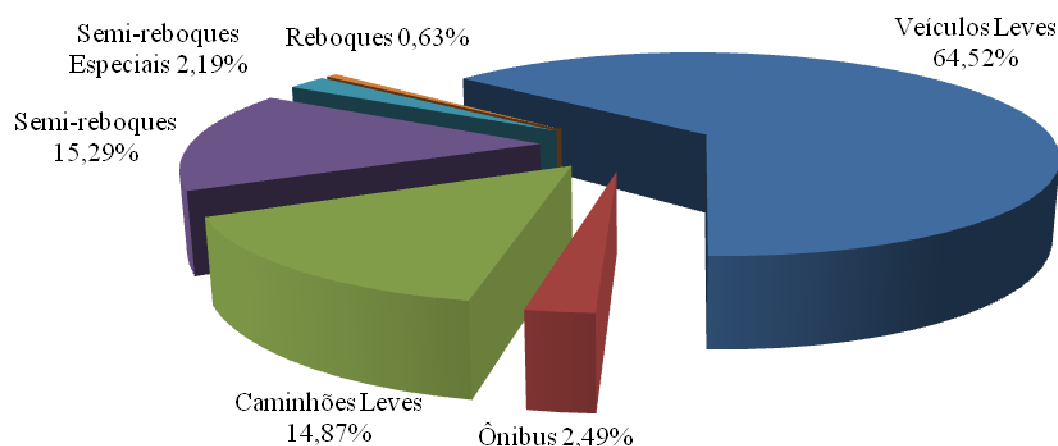


Figura 5.18: Distribuição Volumétrica por classes de veículos - Interseção Barão de Cocais

5.4.3. Interseção Taquaraçu de Minas

Dispositivo rodoviário instalado no entroncamento entre a rodovia BR-381 e a pista de acesso à cidade de Taquaraçu de Minas, a interseção ora em análise contempla um *layout* do tipo “T” com alças auxiliares para a realização de conversões, separadas por meio de ilhas, exceto para aquelas à esquerda, oriundas da rodovia principal. Neste caso, os veículos devem permanecer à direita da via, aguardando oportunidade adequada para continuidade de seus movimentos. A interseção está, ainda, inserida em segmento limitado por taludes elevados e fundos de vale. As Figuras 5.19 e 5.20 apresentam registros fotográficos da interseção rodoviária Taquaraçu de Minas, a partir da linha de visão dos condutores que por ela trafegam. O *layout* definitivo, contemplando as respectivas curvas horizontais, bem como as sinalizações existentes, está registrado na Figura H.3. A velocidade regulamentada no local é de 80km/h.



(a) Sentido BH-IPA



(b) Sentido IPA-BH

Figura 5.19: Vista parcial da rodovia principal – Interseção Rodoviária Taquaraçu de Minas



(a) Vista ao fundo



(b) Vista lateral

Figura 5.20: Interseção Rodoviária Taquaraçu de Minas – Aproximação Rodovia Secundária

A interseção rodoviária ora em análise é composta por curvas horizontais, dispostas em pistas simples com faixas de tráfego de 3,60 m. Partindo-se da rodovia principal, está inserida em segmento de extensão de cerca de 230 m, cujo alinhamento vertical é composto por segmento rodoviário ascendente, com diferença algébrica de greides concordados igual a 2,35% (curva convexa). Horizontalmente, está localizada em uma tangente, situada entre duas curvas com direções opostas. Quanto à rodovia secundária (pista de acesso à cidade de Taquaraçu de Minas), está disposta em segmento rodoviário composto pela junção de tangentes descendente e plana, com faixas de tráfego de 3,60 m, interceptando-se com a rodovia principal em ângulo médio de 90° (sentido IPA-BH) e em greide de cerca de 7%. As Tabelas 5.24 e 5.25 apresentam, respectivamente, as principais características geométricas da interseção

Tabela 5.24: Alinhamento Horizontal – Interseção Taquaraçu de Minas

Croqui – Taquaraçu de Minas:



Dispositivo	Alinhamento (IPA-BH)	Extensão (m)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	Declividade (%)
Curva de Entrada	Ascendente	138,9	1.005	1.012	5,04
Curva de Saída	Ascendente	175,0	1.012	1.016	2,69

110

veículo de projeto da via. Conforme a citada tabela, constata-se que a interseção em análise oferece aos seus usuários visibilidade insuficiente em quaisquer dos casos analisados. Tal deficiência dá-se tanto pelo alinhamento adotado, quanto pela vegetação e características topográficas adjacentes, ilustrados na Figura 5.21.

Tabela 5.26: Triângulos de Visibilidade – Interseção Taquaraçu de Minas

Caso	Dimensões normativas DNIT (2005)		Situação apresentada	
	Cota a (m)	Cota b (m)	Montante	Jusante
B1	4,4 a 5,4	255,0	Atende com restrição (vegetação na linha de visão).	Não atende (comprimento disponível insuficiente, vegetação densa em curva horizontal).
C2	25,0	265,0	Atende com restrição (vegetação na linha de visão).	Não atende (comprimento disponível insuficiente, vegetação densa, talude elevado em curva horizontal).
E	-	165	-	Não atende (comprimento disponível insuficiente, vegetação densa, talude elevado em curva horizontal).

Legenda: B1: Giro à esquerda a partir da rodovia secundária.
C2: Giro à esquerda ou à direita a partir da rodovia secundária.
E: Giro à esquerda a partir da rodovia principal.



(a) Visão BH-IPA



(b) Visão IPA-BH

Figura 5.21: Restrições à visibilidade – Interseção Rodoviária Taquaraçu de Minas

As características operacionais também podem promover restrições nas condições de segurança viária de uma interseção ou segmento viário. Assim, quando da vistoria *in loco* foram coletados dados de conflitos de tráfego, bem como contagem volumétrica e velocidades praticadas. A contagem de conflitos de tráfego ocorridos na interseção rodoviária Taquaraçu de Minas (ver Tabela 5.27) foi realizada concomitantemente para as duas aproximações, por haver apenas um observador, não podendo ser executada conforme planejamento anterior. Sofreu, ainda, adequações em virtude de chuvas torrenciais e ocorrência de acidente de trânsito (ônibus deslocando-se desgovernadamente em sentido contrário ao fluxo).

Durante o período de cerca de 8 h de análise, ocorreram 822 conflitos de tráfego, havendo um número elevado daqueles causados por (i) veículos lentos, (ii) mudanças de faixas e (iii) conversões a direita por veículos trafegando em mesma direção. Especificamente quanto às mudanças de faixas, os referidos conflitos deram-se em virtude daqueles veículos deslocando-se para a direita da via principal, no intuito de proceder a conversões à esquerda. Demais ocorrências podem ser justificadas pelas restrições visuais, operacionais e de capacidade mecânica dos veículos, impostas pela geometria e alinhamento adotadas, associadas ao elevado volume de tráfego que pela interseção circulam. Por fim, expandindo o período de análise, registra-se a ocorrência de cerca de 1.439 conflitos de tráfego diariamente.

Quando das coletas de conflitos de tráfego pode-se, ainda, observar ocorrências de situações potenciais de risco, como movimentos de conversões à esquerda, oriundos da rodovia principal, cujos condutores trafegavam em sentido contrário ao permitido na rodovia secundária, utilizando-se, portanto, da sua saída específica para manobras de conversões à direita. Além do mais, por estar localizada próxima à residências e fazendas de cultivo de hortaliças e, ainda, haver deslocamento de ônibus intermunicipais e interestaduais, há um constante tráfego de pedestres.

Tabela 5.27: Conflitos de Tráfego – Interseção Taquaraçu de Minas

Aproximação	Coleta	Período de Análise (h)	CE	CD	VL	MF	CE	CE	CD	Cruz	CE	CD	Cruz
			MD	MD			TO	VD	VD	VD	VE	VE	VE
BH-IPA	01	5,5	-	16	211	46	11	1	-	-	6	-	-
	02	2,1	2	3	108	14	-	-	-	1	-	-	-
IPA-BH	01	5,5	-	19	233	15	1	6	1	3	-	-	2
	02	2,1	-	6	103	8	-	4	1	-	1	-	-
TOTAL		7,6	2	44	655	83	12	11	2	4	7	-	2

Legenda: CE - Conversão à Esquerda TO – Tráfego Oposto
 CD – Conversão à Direita VD – Vindo da Direita
 MD – Mesma Direção VE – Vindo da Esquerda
 VL – Veículo Lento Cruz. - Cruzamento
 MF – Mudança de Faixa

A Tabela 5.28 apresenta os dados gerais quanto às medições das velocidades praticadas pelos usuários na interseção Taquaraçu de Minas, ao longo de 8 h aproximadamente. Pode-se observar que os veículos que trafegavam no sentido BH-IPA desenvolveram velocidades mínima e máxima menores do que aqueles que trafegavam em sentido oposto. Tal ocorrência pode ser justificada pelo alinhamento horizontal e vertical (curva para direita em raio moderado a elevado, juntamente com curva ascendente, implantadas entre talude elevado e fundo de vale) existente.

Tabela 5.28: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Taquaraçu de Minas – Dados Gerais

Aproximação	Dados Gerais da Medição				Velocidade		
	Dia	Período	Duração (h)	Amostra (un)	Mínima (km/h)	Máxima (km/h)	Média (km/h)
IPA-BH	08/12/2009	07:40 às 10:20	2,7	788	31	102	65,0
	09/12/2009	09:50 às 12:00	2,2	723	24	102	63,3
BH-IPA	08/12/2009	14:30 às 17:30	3	849	23	97	56,8

Agrupando-se as velocidades registradas em intervalos de 20 km/h para cada dia de coleta (ver Tabelas 5.29 e 5.30), observa-se que cerca de 90% e 80% das amostras diárias coletadas, respectivamente, nas aproximações IPA-BH e BH-IPA, trafegaram nos intervalos [40 – 60) e [60 – 80). Tal homogeneidade é também registrada nas velocidades operacionais, havendo apenas uma diferença de 2 km/h entre as aproximações. Analisando globalmente cada aproximação, conforme Tabela 5.31, tem-se que a velocidade operacional da aproximação IPA-BH é cerca de 3% superior à velocidade operacional da aproximação BH-IPA e 6% abaixo da velocidade regulamentada da rodovia BR-381.

Tabela 5.29: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Taquaraçu de Minas – Aproximação BH-IPA

DIA 01					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	100	11,78	100	11,78
40	60	373	43,93	473	55,71
60	80	323	38,04	796	93,76
80	100	53	6,24	849	100,00
100	120	-	-	-	-
120	140	-	-	-	-
140	160	-	-	-	-
Total		849	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V_{85})		73 km/h			

Legenda: fi: frequência observada
 Fac: frequência observada acumulada

Tabela 5.30: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Taquaraçu de Minas – Aproximação IPA-BH

DIA 01						DIA 02					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	14	1,80	14	1,80	20	40	21	2,90	21	2,90
40	60	193	24,81	207	26,61	40	60	249	34,44	270	37,34
60	80	506	65,04	713	91,65	60	80	377	52,14	647	89,49
80	100	64	8,23	777	99,87	80	100	74	10,24	721	99,72
100	120	1	0,13	778	100,00	100	120	2	0,28	723	100,00
120	140	-	-	-	-	120	140	-	-	-	-
140	160	-	-	-	-	140	160	-	-	-	-
Total		778	100,00	-	-	Total		724	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		75 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		76 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

Fac: frequência observada acumulada

Tabela 5.31: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Taquaraçu de Minas – Dados globais

Aproximação IPA-BH						Aproximação BH-IPA					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	35	2,33	35	2,33	20	40	100	11,78	100	11,78
40	60	442	29,45	477	31,78	40	60	373	43,93	473	55,71
60	80	883	58,83	1.360	90,61	60	80	323	38,04	796	93,76
80	100	138	9,19	1.498	99,80	80	100	53	6,24	849	100,00
100	120	3	0,20	1.501	100,00	100	120	-	-	-	-
120	140	-	-	-	-	120	140	-	-	-	-
140	160	-	-	-	-	140	160	-	-	-	-
Total		1.501	100,00	-	-	Total		849	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		75 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		73 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

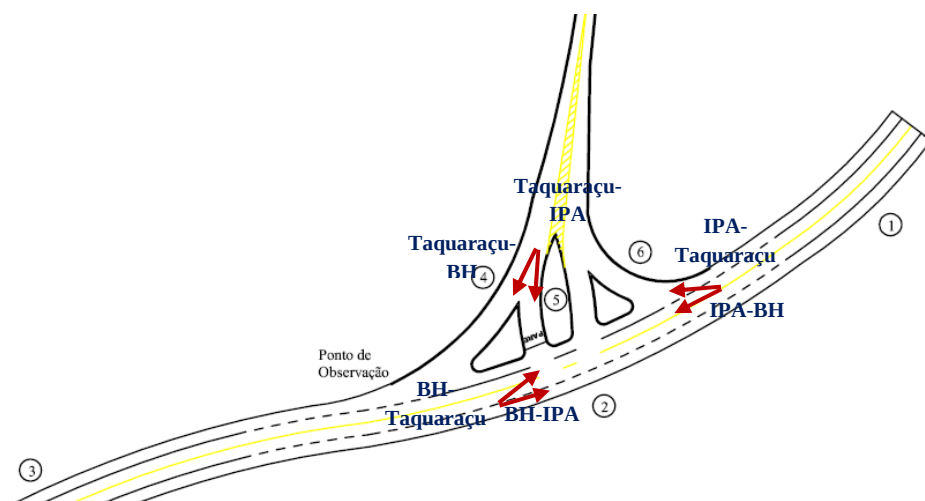
Fac: frequência observada acumulada

Por fim, tem-se um volume médio diário de veículos de 12.214 veículos, distribuídos por sentidos de deslocamento e classes de veículos, respectivamente, conforme Tabela 5.32 e Figura 5.22, abaixo apresentadas. Descontando-se um crescimento anual de 3%, conforme conversas com profissionais do DNIT, tem-se uma taxa de severidade de acidentes, para o ano de 2008, de 19,66 UPS por milhão de veículos.

Tabela 5.32: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento - Interseção Taquaraçu de Minas

Ipatinga		BH		Taquaraçu		TOTAL
BH	Taquaraçu	Ipatinga	Taquaraçu	Ipatinga	BH	
5.566	138	6.279	79	49	103	12.214
45,56%	1,13%	51,41%	0,65%	0,40%	0,85%	100,00%

Croqui – Taquaraçu de Minas:



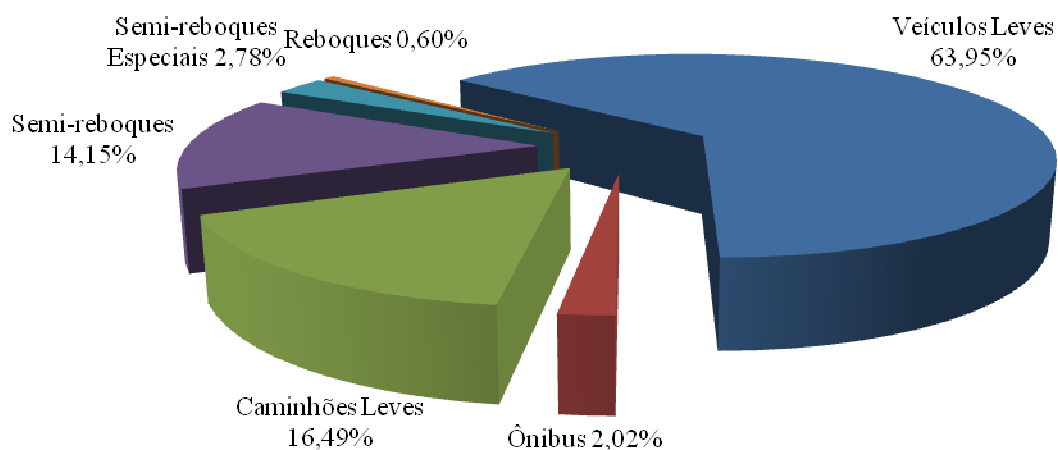


Figura 5.22: Distribuição Volumétrica por classes de veículos - Interseção Taquaraçu de Minas

5.4.4. Interseção Luizlândia do Oeste

Dispositivo rodoviário implantada no cruzamento entre as rodovias BR-040 e BR-365, a interseção de Luizlândia do Oeste contempla um *layout* do tipo “Rotatória Moderna” com faixas exclusivas para a realização de conversões, separadas por meio de ilhas. A Figura 5.23 apresenta registros fotográficos da interseção rodoviária em análise, a partir da linha de visão dos condutores que por ela trafegam. O *layout* definitivo, contemplando as respectivas curvas horizontais, bem como as sinalizações existentes, está registrado na Figura H.4. A velocidade regulamentada no local também é de 80km/h.



(a) Sentido BH-BSB



(b) Sentido BSB-BH



(c) Sentido Patos-Pirapora



(d) Sentido Pirapora-Patos

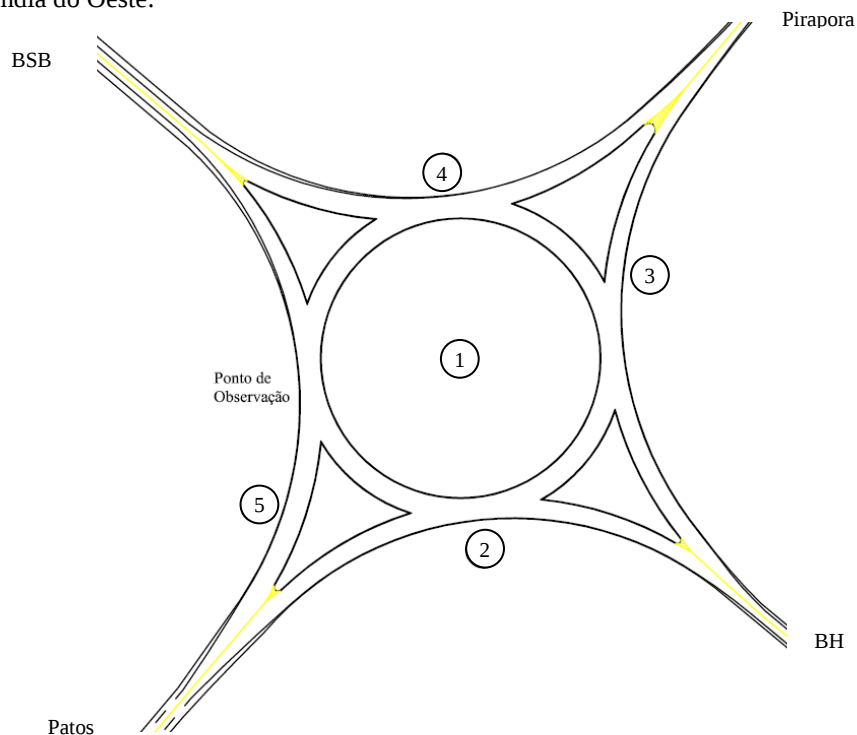
Figura 5.23: Interseção Rodoviária Luizlândia do Oeste

A interseção rodoviária Luizlândia do Oeste é composta por curvas horizontais, seguidas por tangentes, dispostas em pistas simples com faixas de tráfego de 3,60 m. Partindo-se da rodovia principal, está inserida em segmento plano de extensão de cerca de 800 m, não havendo presença de curvas no alinhamento horizontal da rodovia no trecho da interseção. Quanto à rodovia secundária (BR-365), está disposta em segmento rodoviário composto pela junção de curvas vertical e horizontal, seguidas por tangentes planas, com faixas de tráfego de 3,60 m. As principais características geométricas da interseção em análise, bem como seus valores numéricos, constam da Tabela 5.33.

Tabela 5.33: Alinhamento Horizontal – Interseção Luizlândia do Oeste

Dispositivo	Sentido	Raio (m)	Extensão (m)
Tangente 2 (BSB)	-	-	179,7
Curva 1	Esquerda	88,8	558,2
Curva 2	Direita	208,7	316,9
Curva 3	Direita	222,7	295,0
Curva 4	Direita	216,4	296,9
Curva 5	Direita	222,7	314,7
Curva 6	Direita	4.257,5	436,9
Tangente (BH)	-	-	153,6

Croqui – Luizlândia do Oeste:



Obs: Sentidos definidos conforme os movimentos permitidos.

A Tabela 5.34 apresenta análise das distâncias de visibilidade disponíveis na interseção rodoviária de Luizlândia do Oeste, conforme os dispositivos de controle de tráfego (placas “Pare”) lá instalados e, ainda, caminhões reboque e semi-reboque como veículo de projeto da via. Conforme a citada tabela, pode-se constatar que a interseção em análise oferece aos seus usuários visibilidade adequada em quaisquer dos casos analisados. Trata-se de uma rotatória moderna cujo projeto geométrico oferece aos seus usuários boa conspicuidade.

Tabela 5.34: Triângulos de Visibilidade – Interseção Luizlândia do Oeste

Caso	Dimensões normativas DNIT (2005)		Situação apresentada	
	Cota a (m)	Cota b (m)	Montante	Jusante
B1	4,4 a 5,4	255,0	Atende.	-
B2	4,4 a 5,4	235,0	Atende.	-

Legenda: B1: Giro à esquerda a partir da rodovia secundária.
 B2: Giro à direita a partir da rodovia secundária.

Características operacionais podem promover restrições nas condições de segurança viária de uma interseção ou segmento viário. Fez-se, assim, coletas de conflitos de tráfego, bem como contagem volumétrica e velocidades praticadas. A contagem de conflitos de tráfego ocorridos na interseção rodoviária Luizlândia do Oeste (ver Tabela 5.35) foi realizada em sua área central, ao longo de 5 horas, concomitantemente para todas as aproximações, por haver apenas um observador, instalado em local de ampla visão (ver Figura H.4). Além do mais, chuvas torrenciais e o comprometimento do tempo reservado para a contagem, em virtude de atrasos no uso do GPS (área demasiadamente ampla), não permitiram que a técnica fosse executada em período de tempo planejamento anteriormente.

Durante o período de análise, ocorreram apenas 6 conflitos de tráfego, cerca de 17 conflitos diários, com predominância para aqueles causados por conversões a direita por veículos vindos da direita. A amplitude de visibilidade, por tratar-se de um projeto de largas escalas e instalado em área aberta, permite ao condutor reconhecer claramente as características existentes a sua frente, bem como demais veículos que pela interseção trafegam. Contudo, há um constante tráfego de pedestres, principalmente na aproximação BH-BSB, por esta está inserida entre residências e comércios locais.

Tabela 5.35: Conflitos de Tráfego – Interseção Luizlândia do Oeste

Aproximação	Coleta	Período de Análise (h)	CE	CD	VL	MF	CE	CE	CD	Cruz	CE	CD	Cruz
			MD	MD			TO	VD	VD	VD	VE	VE	VE
Área Central	01	3	-	-	1	-	1	-	3	-	-	-	-
	02	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
TOTAL		5	-	-	1	-	1	-	4	-	-	-	-

Legenda: CE - Conversão à Esquerda TO – Tráfego Oposto
 CD – Conversão à Direita VD – Vindo da Direita
 MD – Mesma Direção VE – Vindo da Esquerda
 VL – Veículo Lento Cruz. - Cruzamento
 MF – Mudança de Faixa

A Tabela 5.36 apresenta os dados referentes às medições das velocidades praticadas pelos usuários na interseção Luizlândia do Oeste, ao longo de um período de cerca de 11 h. Por tratar-se de uma rotatória moderna, achou-se prudente medir as velocidades dos veículos ao deslocarem-se em sua área central e aproximações, exceto BH-BSB. Esta aproximação caracteriza-se por segmento rodoviário instalado ao longo de um Distrito Municipal e, desta forma, é detentor de diversos dispositivos redutores de velocidade, do tipo barreiras físicas (quebra-molas)

Tabela 5.36: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Luizlândia do Oeste – Dados Gerais

Aproximação	Dados Gerais da Medição				Velocidade		
	Dia	Período	Duração (h)	Amostra (un)	Mínima (km/h)	Máxima (km/h)	Média (km/h)
BSB-BH	12/11/2009	09:00 às 12:00	3	199	39	146	85,2
	13/11/2009 ^(*)	14:00 às 16:00	2	123	25	81	50,3
PA-PIR	12/11/2009	14:00 às 17:00	3	139	31	125	61,6
PIR-PA	13/11/2009	09:00 às 12:00	3	157	48	142	82,4

(*) Área central.

Agrupando-se as velocidades registradas em intervalos de 20 km/h para cada dia de coleta (ver Tabelas 5.37 e 5.38), observa-se uma distribuição homogênea entre os três intervalos de maior frequência da aproximação BSB-BH, talvez por esta dispor de segmento plano antecedente à entrada da interseção. Além do mais, comparando-se as aproximações da rodovia secundária, verifica-se a prática de velocidades em menor magnitude na aproximação PA-PIR, o que pode ser justificado por esta ser caracterizada por curva horizontal e vertical, embora seu greide seja levemente menor. Por fim, observa-se velocidades operacionais cerca de 36%, 4% e 34% para as aproximações BSB-BH, PA-PIR e PIR-PA, respectivamente, superior à velocidade regulamentar da via. A velocidade operacional medida na área central, que será utilizada para avaliar as condições de segurança na interseção, foi igual a 61 km/h.

Tabela 5.37: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Luizlândia do Oeste – Aproximação BR-040

BSB-BH						BSB-BH (Área Central)					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	1	0,50	1	0,50	20	40	27	21,95	27	21,95
40	60	20	10,05	21	10,55	40	60	67	54,47	94	76,42
60	80	68	34,17	89	44,72	60	80	27	21,95	121	98,37
80	100	57	28,64	146	73,37	80	100	2	1,63	123	100,00
100	120	40	20,10	186	93,47	100	120	-	-	-	-
120	140	9	4,52	195	97,99	120	140	-	-	-	-
140	160	4	2,01	199	100,00	140	160	-	-	-	-
Total		199	100,00	-	-	Total		123	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		109 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		61 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

Fac: frequência observada acumulada

Tabela 5.38: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Luizlândia do Oeste – Aproximações BR-365

PA-PIR						PIR-PA					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	9	6,47	9	6,47	20	40	-	0,00	-	0,00
40	60	72	51,80	81	58,27	40	60	6	3,82	6	3,82
60	80	31	22,30	112	80,58	60	80	84	53,50	90	57,32
80	100	19	13,67	131	94,24	80	100	35	22,29	125	79,62
100	120	7	5,04	138	99,28	100	120	23	14,65	148	94,27
120	140	1	0,72	139	100,00	120	140	7	4,46	155	98,73
140	160	-	-	-	-	140	160	2	1,27	157	100,00
Total		139	100,00	-	-	Total		157	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		83 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		107 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

Fac: frequência observada acumulada

Por fim, tem-se um volume médio diário de veículos de 4.005 veículos, circulando na área central da rotatória, distribuídos por sentidos de deslocamento, conforme Tabelas 5.39 e 5.40, abaixo apresentadas. A distribuição por classe de veículos, para cada aproximação, constam das Figuras 5.24 e 5.25. Analisando-se especificamente aquelas aproximações oriundas da rodovia BR-040, em virtude de serem dela os dados de acidentes apresentados, tem-se, para o ano 2008, uma taxa de severidade de acidentes de 7,07 UPS por milhão de veículos (volume médio de 2.325 veículos).

Tabela 5.39: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento BR 040 - Interseção Luizlândia do Oeste

Brasília			Belo Horizonte			TOTAL
BH	Patos	Pirapora	BSB	Pirapora	Patos	
785	200	189	1.083	107	33	2.397
66,88%	17,04%	16,08%	88,55%	8,75%	2,69%	100,00%

Croqui – Luizlândia do Oeste:

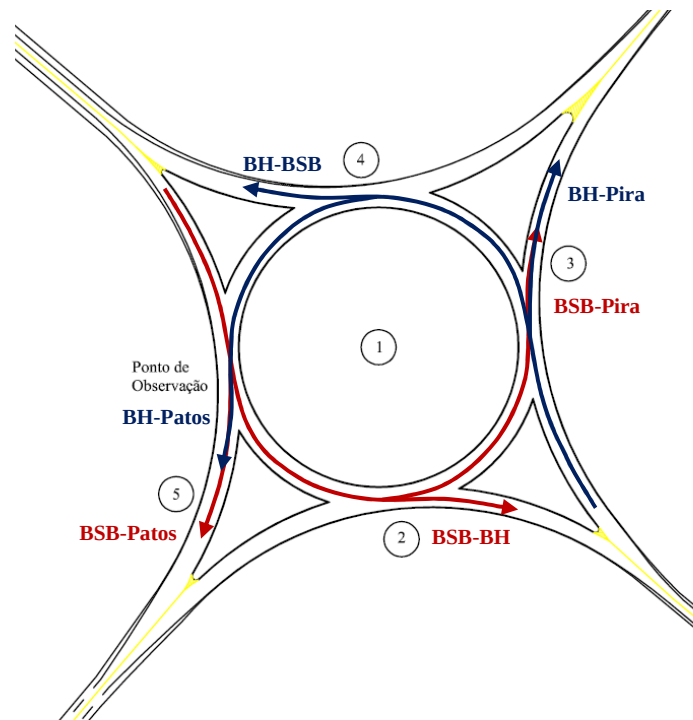
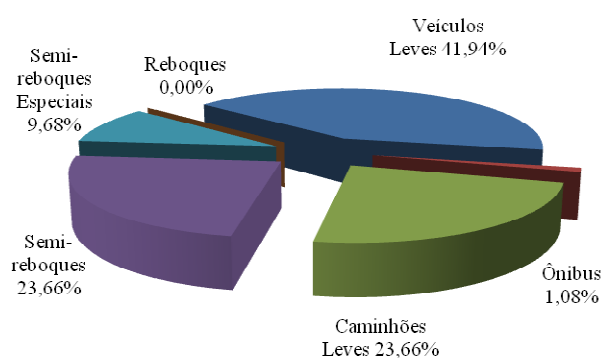
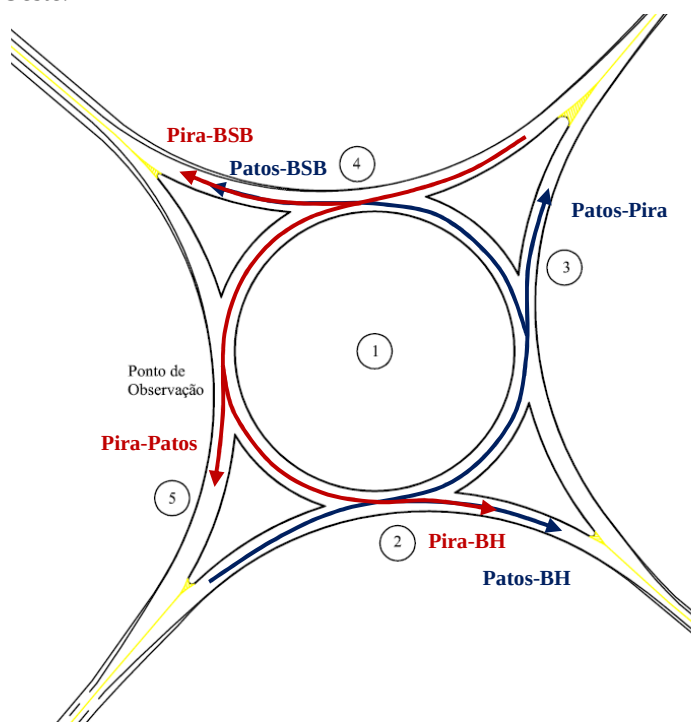


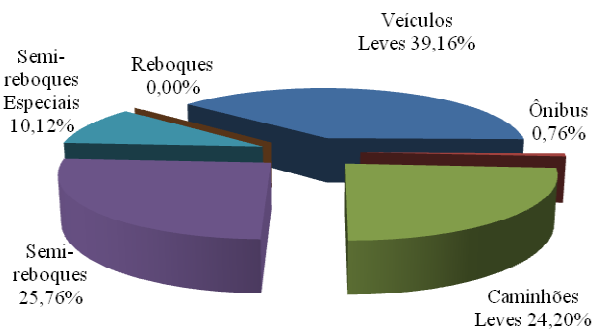
Tabela 5.40: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento BR 365 - Interseção Luizlândia do Oeste

Patos			Pirapora			TOTAL
Pirapora	BH	BSB	Patos	BSB	BH	
537	180	25	524	150	191	1.607
72,32%	24,29%	3,39%	60,58%	17,31%	22,12%	100,00%

Croqui – Luizlândia do Oeste:



(a) Brasília



(b) Belo Horizonte

Figura 5.24: Distribuição Volumétrica por classes de veículos BR-040 - Interseção Luizlândia do Oeste

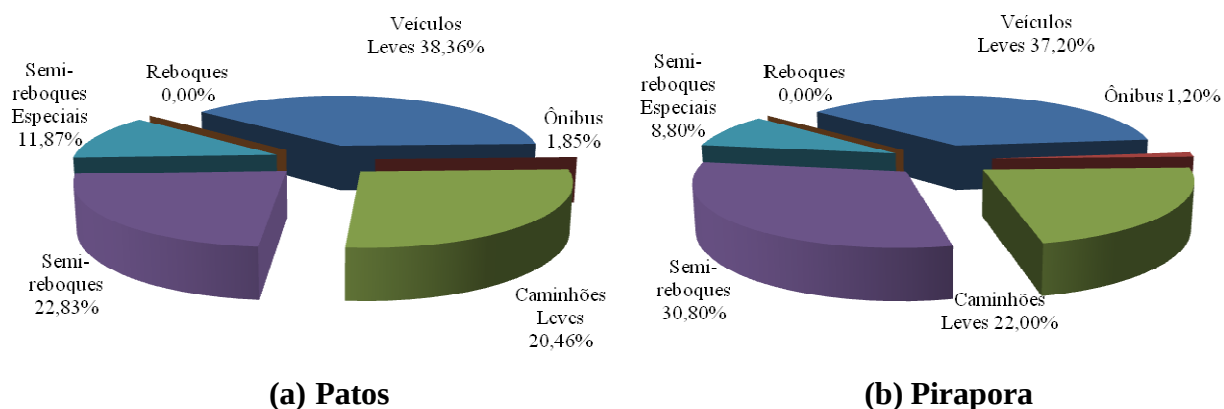


Figura 5.25: Distribuição Volumétrica por classes de veículos BR-365 - Interseção Luizlândia do Oeste

5.4.5. Interseção Andrequicé

Dispositivo rodoviário instalado no entroncamento entre as rodovias BR-040 e MG-220, a interseção de Andrequicé apresenta configuração geométrica do tipo “Rotatória Vazada”, possuindo alças auxiliares para a realização de manobras de conversão, separadas por meio de ilhas. Está, ainda, inserida em segmento rodoviário em curva, tanto horizontal quanto vertical. A Figura 5.26 apresenta registros fotográficos da interseção rodoviária em análise, a partir da linha de visão dos condutores que por ela trafegam. O *layout* definitivo, contemplando as respectivas curvas horizontais, bem como as sinalizações existentes, está registrado na Figura H.5.

A interseção rodoviária ora em análise é composta por curvas horizontais, dispostas em pistas simples com faixas de tráfego de 3,60 m. Partindo-se da rodovia principal, está inserida em segmento de extensão de cerca de 270 m, cujo alinhamento vertical é composto por segmentos rodoviários ascendentes, com diferença algébrica de greides concordados igual a 1,65% (curva côncava). Horizontalmente, possui curva para a direita de raio elevado e tangente plana. Quanto à rodovia secundária (pista de acesso à cidade de Andrequicé), está disposta em segmento rodoviário plano, com faixas de tráfego de 3,60 m, interceptando-se à rodovia principal em ângulo reto. As Tabelas 5.41 e 5.42 apresentam, respectivamente, as principais características geométricas da interseção Andrequicé, bem como seus valores

numéricos, e o alinhamento vertical dos segmentos precedente e subsequente à interseção, ao longo da rodovia principal.



(a) Sentido BSB-BH



(b) Sentido BH-BSB



(c) Vista da Rodovia Secundária



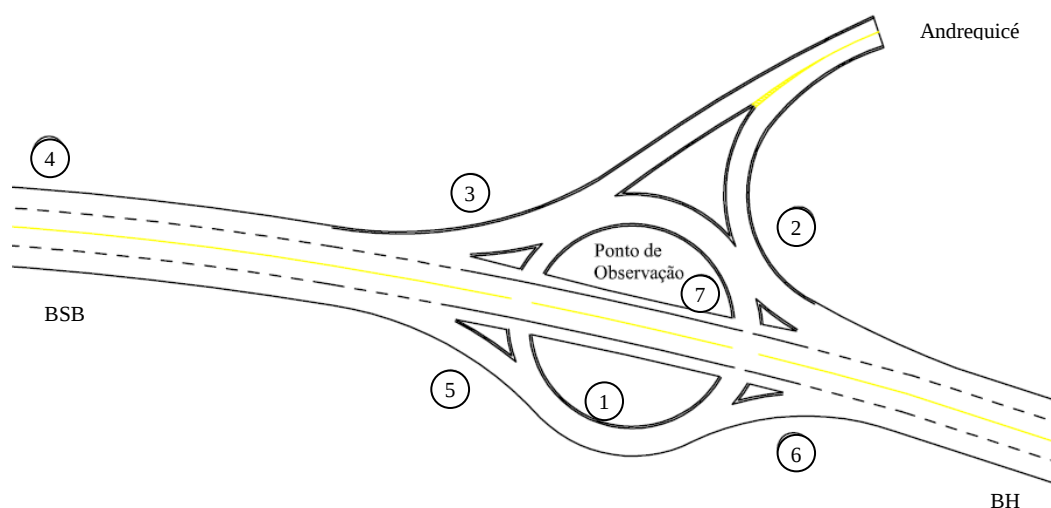
(d) Faixa de conversão

Figura 5.26: Interseção Rodoviária Andrequicé

Tabela 5.41: Alinhamento Horizontal – Interseção Andrequicé

Dispositivo	Sentido	Raio (m)	Extensão (m)
Curva 1	Esquerda	19,9	99,8
Curva 2	Direita	22,7	38,7
Curva 3	Direita	75,5	53,1
Curva 4	Direita	684,2	106,4
Curva 5	Direita	67,6	46,4
Curva 6	Direita	51,0	40,0
Curva 7	Direita	1.060,2	113,3
Tangente (Saída)	-	-	116,9

Croqui – Luizlândia do Oeste:



Obs: Sentidos definidos conforme os movimentos permitidos.

Tabela 5.42: Alinhamento Vertical – Interseção Andrequicé

Dispositivo	Alinhamento (IPA-BH)	Extensão (m)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	Declividade (%)
Curva 4	Ascendente	106,4	782	784	1,88
Curva 7	Ascendente	113,3	784	788	3,53

A Tabela 5.43 apresenta análise das distâncias de visibilidade disponíveis na interseção rodoviária de Andrequicé, conforme os dispositivos de controle de tráfego (placas “Pare” e “Dê a preferência”) lá instalados e, ainda, caminhões reboque e semi-reboque como veículo de projeto da via. Similarmente à interseção de Nova Era, o *layout* adotado para as faixas

exclusivas de conversão à esquerda possibilita análises relativas a movimentos de travessia na rodovia secundária (caso B3), embora esta não tenha continuidade. Por conseguinte, exclui aquelas referentes às manobras de conversão à esquerda oriundas da rodovia principal (caso E). Assim, conforme a referida tabela, pode-se constatar que a interseção em análise oferece aos seus usuários visibilidade insuficiente para quaisquer dos casos analisados. Tal restrição dá-se pelos alinhamentos horizontal e vertical da rodovia, presentes no local.

Tabela 5.43: Triângulos de Visibilidade – Interseção Andrequicé

Caso	Dimensões normativas DNIT (2005)		Situação apresentada	
	Cota a (m)	Cota b (m)	Montante	Jusante
B1	4,4 a 5,4	255,0	Não atende (comprimento insuficiente, curvas horizontal e vertical).	Não atende (comprimento insuficiente, curvas horizontal e vertical).
B2	4,4 a 5,4	235,0	Não atende (comprimento insuficiente, curvas horizontal e vertical).	Não atende (comprimento insuficiente, curvas horizontal e vertical).
B3	4,4 a 5,4	235,0	Não atende (comprimento insuficiente, curvas horizontal e vertical).	Não atende (comprimento insuficiente, curvas horizontal e vertical).
C2	25,0	265,0	Não atende (comprimento insuficiente, curvas horizontal e vertical).	Não atende (comprimento insuficiente, curvas horizontal e vertical).

Legenda:

B1: Giro à esquerda a partir da rodovia secundária.

B2: Giro à direita a partir da rodovia secundária.

B3: Travessia a partir da rodovia secundária.

C2: Giro à esquerda ou à direita a partir da rodovia secundária.

Dados operacionais também foram observados e registrados. A Tabela 5.44 contempla aqueles referentes aos conflitos de tráfego, observados concomitantemente para as duas aproximações, durante dois dias de coleta. Conforme a referida tabela, num período de 7 horas, ocorreram 17 conflitos de tráfego, cerca de 34 conflitos diários, havendo predominância daqueles causados por (i) veículos lentos e (ii) mudanças de faixa. Tais conflitos são devidos pelas restrições operacionais e de capacidade mecânica impostas pela geometria aos veículos que por ela trafegam.

Quando das coletas de conflitos de tráfego pode-se, ainda, observar a ocorrência de manobras inadequadas, como conversões à esquerda, partindo-se da rodovia principal, sem utilização da

faixa exclusiva ou até mesmo adentrando a rodovia secundária no sentido contrário ao deslocamento permitido.

Tabela 5.44: Conflitos de Tráfego – Interseção Andrequicé

Aproximação	Coleta	Período de Análise (h)	CE	CD	VL	MF	CE	CE	CD	Cruz	CE	CD	Cruz
			MD	MD			TO	VD	VD	VD	VE	VE	VE
BSB-BH	01	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1
	02	3	-	-	2	2	-	-	-	1	-	-	-
BH-BSB	01	2	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-
	02	3	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL COLETA		7	-	-	9	6	-	-	-	1	-	-	1

Legenda: CE - Conversão à Esquerda
 CD – Conversão à Direita
 MD – Mesma Direção
 VL – Veículo Lento
 MF – Mudança de Faixa
 TO – Tráfego Oposto
 VD – Vindo da Direita
 VE – Vindo da Esquerda
 Cruz. - Cruzamento

A Tabela 5.45 apresenta os dados gerais quanto às medições das velocidades praticadas pelos usuários na interseção Andrequicé, ao longo de um período de 12 h. Pode-se observar que os veículos que trafegavam no sentido BSB-BH desenvolveram velocidades mínima e máxima menores do que aqueles que trafegavam em sentido oposto.

Tabela 5.45: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Andrequicé – Dados Gerais

Aproximação	Dados Gerais da Medição				Velocidade		
	Dia	Período	Duração (h)	Amostra (un)	Mínima (km/h)	Máxima (km/h)	Média (km/h)
BSB-BH	10/11/2009	14:00 às 17:00	3	204	43	137	81,4
	11/11/2009	7:30 às 10:30	3	131	50	131	77,8
BH-BSB	10/11/2009	09:00 às 12:00	3	186	54	141	88,1
	11/11/2009	10:30 às 13:30	3	182	53	146	85,5

Agrupando-se as velocidades registradas em intervalos de 20 km/h para cada dia de coleta (ver Tabelas 5.46 e 5.47), observa-se que cerca de 80% das amostras diárias da BSB-BH trafegaram nos intervalos [60 – 80) e [80-100). Já para a aproximação BH-BSB, houve divergência expressiva quanto aos intervalos de maiores frequências relativas ao longo dos dois dias de medição. Assim, para o primeiro dia de análise, houve maior concentração no intervalo [60 – 80), cerca de 45%, contudo os intervalos seguintes, [80 – 100) e [100 – 120), também apresentaram números consideráveis (cerca de 20% em cada). No segundo dia, os intervalos predominantes foram [40 – 60) e [60 – 80), com frequências relativas de 45% e 32%, aproximadamente. Por conseguinte, tem-se velocidades operacionais na aproximação BSB-BH (100 km/h e 91 km/h) inferiores àquelas da aproximação BH-BSB (116 km/h e 105 km/h). Analisando globalmente cada aproximação, conforme Tabela 5.48, tem-se que a velocidade operacional da aproximação BH-BSB é cerca de 15% superior à velocidade operacional da aproximação BSB-BH e 40% acima da velocidade regulamentada da rodovia BR-040.

Tabela 5.46: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Andrequicé – Aproximação BSB-BH

DIA 01						DIA 02					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	-	0,00	-	0,00	20	40	-	0,00	-	0,00
40	60	12	5,88	12	5,88	40	60	8	6,11	8	6,11
60	80	96	47,06	108	52,94	60	80	77	58,78	85	64,89
80	100	64	31,37	172	84,31	80	100	37	28,24	122	93,13
100	120	28	13,73	200	98,04	100	120	9	6,87	131	100,00
120	140	4	1,96	204	100,00	120	140	-	-	-	-
140	160	-	-	-	-	140	160	-	-	-	-
Total		204	100,00	-	-	Total		131	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		100 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		91 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

Fac: frequência observada acumulada

Tabela 5.47: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Andrequicé – Aproximação BH-BSB

DIA 01						DIA 02					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	-	0,00	-	0,00	20	40	1	0,55	1	0,55
40	60	4	2,15	4	2,15	40	60	85	46,70	86	47,25
60	80	87	46,77	91	48,92	60	80	57	31,32	143	78,57
80	100	35	18,82	126	67,74	80	100	31	17,03	174	95,60
100	120	41	22,04	167	89,78	100	120	7	3,85	181	99,45
120	140	17	9,14	184	98,92	120	140	1	0,55	182	100,00
140	160	2	1,08	186	100,00	140	160	-	-	-	-
Total		186	100,00	-	-	Total		182	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		116 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		105 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

Fac: frequência observada acumulada

Tabela 5.48: Medição das Velocidades Praticadas na Interseção Andrequicé – Dados globais

Aproximação BSB-BH						Aproximação BH-BSB					
Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)	Intervalos de Velocidades		fi	fi (%)	Fac	Fac (%)
20	40	-	0,00	-	0,00	20	40	1	0,27	1	0,27
40	60	20	5,97	20	5,97	40	60	89	24,18	90	24,46
60	80	173	51,64	193	57,61	60	80	144	39,13	234	63,59
80	100	101	30,15	294	87,76	80	100	66	17,93	300	81,52
100	120	37	11,04	331	98,81	100	120	48	13,04	348	94,57
120	140	4	1,19	335	100,00	120	140	18	4,89	366	99,46
140	160	-	-	-	-	140	160	2	0,54	368	100,00
Total		789	100,00	-	-	Total		911	100,00	-	-
Velocidade Operacional (V₈₅)		97 km/h				Velocidade Operacional (V₈₅)		111 km/h			

Legenda: fi: frequência observada

Fac: frequência observada acumulada

Por fim, tem-se um volume médio diário de veículos de 2.357 veículos, distribuídos por sentidos de deslocamento e classes de veículos, respectivamente, conforme Tabela 5.49 e Figura 5.27, abaixo apresentadas. Descontando-se um crescimento anual de 3%, conforme conversas com profissionais do DNIT, tem-se uma taxa de severidade de acidentes, para o ano de 2008, de 21,57 UPS por milhão de veículos.

Tabela 5.49: Distribuição Volumétrica por sentido de deslocamento - Interseção Andrequicé

BH		BSB		Andrequicé		TOTAL
BSB	André	BH	André	BSB	BH	
1.210	8	985	96	48	10	2.357
51,33%	0,31%	41,81%	4,06%	2,03%	0,47%	100,00%

Croqui – Luizlândia do Oeste:

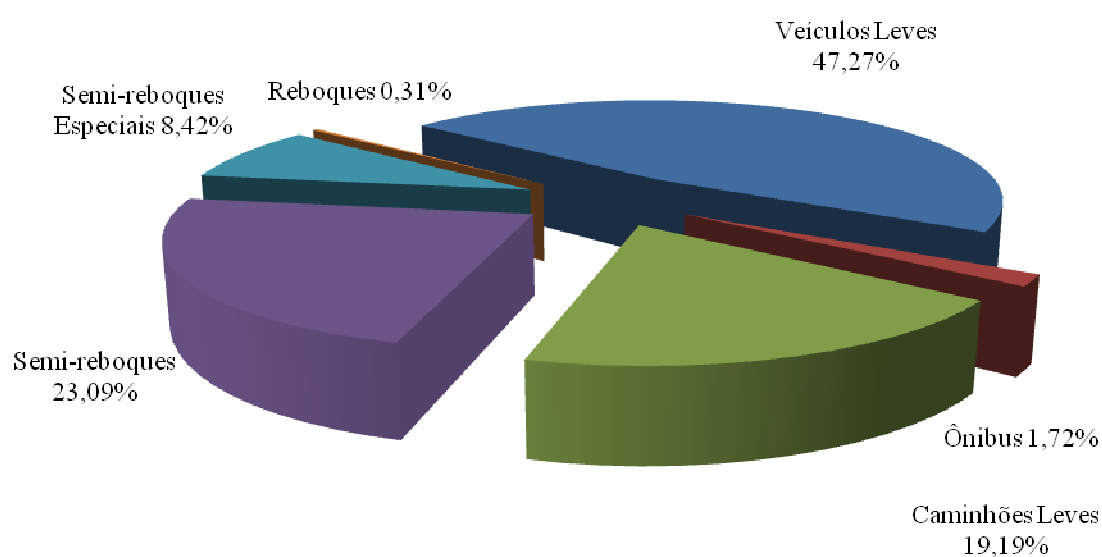
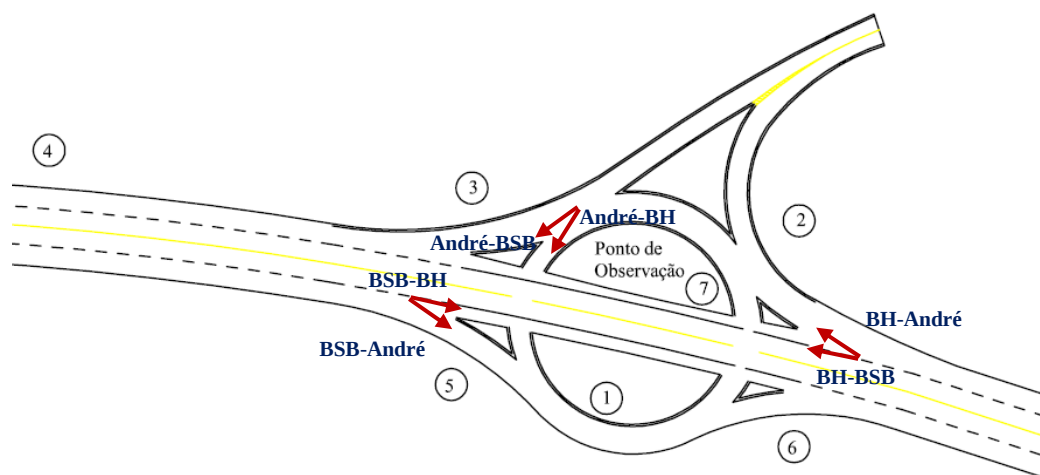


Figura 5.27: Distribuição Volumétrica por classes de veículos - Interseção Andrequicé

5.5. SÍNTESE DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS INTERSEÇÕES

Esta seção contempla síntese das principais características geométricas e operacionais observadas nas interseções selecionadas, quando da vistoria *in loco*. A completa caracterização da interseção poderá melhor subsidiar as análises de associações entre características físico-operacionais, de forma a detectar as suas inter-relações e conseqüente desempenho da segurança viária. A seguir, far-se-á a apresentação das principais características geométricas e operacionais, separadamente. A análise de suas associações consta da seção 5.4.

5.5.1. Características Geométricas

A realização da caracterização das interseções rodoviárias, quanto aos seus elementos geométricos observados, cuja síntese consta da Tabela 5.50, está baseada em conceitos e condições pré-estabelecidas, a saber:

Projeto-Tipo: *layout* dos projetos geométricos adotados nas interseções analisadas, podendo ser classificadas em tipo “T”, rotatórias vazadas e rotatórias modernas;

Distâncias de visibilidade: somente foram consideradas atendidas quanto à disponibilidade de distância de visibilidade as interseções onde, tanto a montante quanto a jusante, as condições oferecidas atendiam adequadamente aos seus usuários. A análise da adequabilidade foi desenvolvida a partir da observação dos dispositivos de controle e dos movimentos de travessia, definindo-se seus respectivos triângulos de visibilidade necessários e, posteriormente, da avaliação das características dos trechos viários próximos à interseção, detectando-se o atendimento ou não dos citados triângulos;

Dispositivos facilitadores dos movimentos de conversão à esquerda: correspondem à presença de dispositivos detentores de local para desaceleração e armazenamento de veículos que aguardam a oportunidade de giro. São considerados aqueles instalados nas aproximações da rodovia principal (faixas de conversão à esquerda) e, ainda, os ramos que permitem a realização do referido movimento, mediante giro contínuo à direita (ramos em laço). Além do mais, no caso de rotatórias modernas, exemplo da interseção de Luizlândia do Oeste,

considera-se possuir faixas de conversão à esquerda, por somente haver interrupção do tráfego nas suas aproximações, ou seja, todos os movimentos ao longo de sua área central são livres;

Faixas a serem cruzadas: é o número máximo de faixas de tráfego a serem cruzadas simultaneamente em uma única manobra, em virtude do desenho global das interseções, tanto para os movimentos dos veículos oriundos da rodovia principal que desejam entrar na rodovia secundária, quanto para aqueles veículos oriundos da rodovia secundária que desejam cruzar a rodovia ou realizar conversão à esquerda para entrar na rodovia principal;

Alinhamento entre aproximações: contempla os ângulos médios formados entre as rodovias principais e suas respectivas rodovias secundárias, particularmente entre a direção geral do traçado horizontal de cada uma delas no local da interseção;

Alinhamento horizontal da rodovia na interseção: compreende informações referentes aos segmentos de rodovia principal onde estão inseridas as interseções analisadas, podendo ser classificados como trecho em curva ou trecho em tangente;

Alinhamento vertical da rodovia na interseção: corresponde à caracterização dos segmentos de rodovia principal onde estão inseridas as interseções analisadas, podendo ser classificados em trecho plano ou em rampa menores ou iguais a 4%, trechos em rampa maiores que 4% e trechos em curvas verticais, apresentando a inclinação dos greides concordados no sentido da observação e a diferença algébrica entre eles, em módulo .

Raios das curvas de concordância dos ramos da interseção: contempla os raios de maior impacto, ou seja, aqueles mais desfavoráveis aos movimentos dos veículos, apresentados nos ramos das interseções analisadas.

Tabela 5.50: Principais características geométricas – Interseções adotadas

Interseção	Projeto-Tipo	Distância de Visibilidade	Manobras de Conversão à esquerda		Alinhamento entre Aproximações	Alinhamento Horizontal - Rodovia Principal	Alinhamento Vertical – Rodovia Principal				Raios dos ramos (m)
			Dispositivo facilitador utilizado	Faixas a serem cruzadas			Tipo	Greide Inicial (%)	Greide Final (%)	Diferença entre greides (%)	
Nova Era	“T”	Não Atende	Ramo em laço	2	131°	Trecho em curva	Curva Côncava	- 0,73	4,17	4,9	17,7
Barão de Cocais	Rotatória Vazada	Não Atende	Ramo em laço	2	90°	Trecho em curva	Rampa Descendente	- 7	-	-	37,4
Taquaraçu de Minas	“T”	Não Atende	Inexistente	2	90°	Trecho em curva	Curva Convexa	5,04	2,69	2,35	23,1
Luizlândia do Oeste	Rotatória Moderna	Atende	Faixa Exclusiva	1	90°	Trecho em Tangente	Trecho Plano	-	-	-	88,8
Andrequicé	Rotatória Vazada	Não Atende	Ramo em laço	2	90°	Trecho em curva	Curva Côncava	1,88	3,53	1,65	19,9

5.5.2. Características operacionais

A Tabela 5.51 apresenta uma síntese das principais características operacionais registradas nas interseções rodoviárias selecionadas, quando da vistoria *in loco*. Especificamente quanto às velocidades operacionais, optou-se por utilizar os valores de maior magnitude medidos nas aproximações de cada interseção, em virtude de estarem diretamente relacionadas com a distância de visibilidade de parada e o tempo para a realização de manobras evasivas. Já no caso da interseção de Luizlândia do Oeste, em virtude dos veículos necessitarem obrigatoriamente reduzir as velocidades de percurso ao aproximarem-se da interseção rodoviária, optou-se por utilizar aquelas referentes ao deslocamento ao longo de sua área central.

Tabela 5.51: Principais características operacionais – Interseções adotadas

Interseção	Volume Médio Diário (2009)	Total Acidentes em UPS (2008)	Taxa de Severidade dos Acidentes (UPS/milhão de veículos)	Total de Conflitos de Tráfego Diário	Taxa de Conflitos (conflitos / mil veículos)	Velocidade Operacional Média (km/h)	Desvio Padrão da Velocidade Oper. (km/h)
Nova Era	6.865	40	16,46	461	67,13	84	11,11
Barão de Cocais	7.205	59	23,13	1.079	149,77	100	17,07
Taquaraçu de Minas	12.214	85	19,66	1.439	117,82	75	11,59
Luizlândia do Oeste	4.005	6	4,23	17	4,24	61	12,00
Andrequicé	2.357	18	21,57	34	14,43	111	19,67

5.6. ASSOCIAÇÕES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DAS INTERSEÇÕES E A SEGURANÇA VIÁRIA

A determinação de possíveis associações entre as características geométricas e operacionais das interseções e a segurança viária que estas oferecem aos seus usuários permite identificar aqueles elementos que devem ser especialmente observados quando da elaboração de projetos destes dispositivos, seja para futuras implantações (novas interseções) seja para promover adequações e melhorias em locais existentes. Técnicas estatísticas, como o teste do Qui-quadrado e Fisher, são importantes ferramentas utilizadas para a avaliação da significância deste tipo de associação (Barbetta, 2006).

As interseções rodoviárias analisadas neste estudo com o propósito de identificar essas associações, entretanto, são em número insuficiente para a devida aplicação das referidas técnicas estatísticas. Desta forma, as análises de identificação de associações dar-se-ão de modo descritivo, por meio de análises comparativas entre as características geométricas das interseções rodoviárias e as medidas de segurança observadas (acidentes de trânsito e conflitos de tráfego), bem como suas relações com as velocidades operacionais e correspondentes desvios padrões.

Outro ponto relevante a destacar é que, na verificação do impacto de características específicas, cada uma delas será analisada em separado, devido ao propósito do presente estudo. No entanto, a interação existente entre os impactos das diferentes características geométricas sobre a segurança oferecida pelas interseções é inegável, e sempre que possível será abordado.

Assim, conforme Tabelas 5.50 e 5.51, tem-se que as taxas de severidade dos acidentes apresentam-se mais elevadas em interseções rodoviárias do tipo rotatórias vazadas. São, portanto, mais críticas quando comparadas com aquelas do tipo “T” e com a rotatória moderna, onde esta última apresenta-se como projeto ideal e aquela “T” projeto intermediário. Ainda, quanto às taxas de conflitos de tráfego, a rotatória moderna permanece como projeto de maior segurança viária. Para os demais tipos de projetos, isoladamente, nada se pode precisar. Além do mais, analisando-se o deslocamento dos usuários, observam-se velocidades operacionais mais reduzidas na interseção rodoviária do tipo rotatória moderna, o que de fato

deveria ocorrer, tal é o propósito de sua utilização. Por fim, os maiores valores apresentados, também correspondentes aos maiores desvios padrões, constam das rotatórias vazadas.

Dos dados apresentados, verifica-se, ainda, a importância da disponibilidade de distâncias de visibilidade conforme o previsto em norma. A interseção estudada onde tal distância é adequada apresenta taxa de severidade de acidentes e taxa de conflitos mais reduzidas. Contudo, não se pode classificá-la como elemento impactante na prática de velocidades elevadas nas aproximações das interseções estudadas.

Dispositivos facilitadores para conversões à esquerda do tipo faixas exclusivas também oferecem aos usuários maior segurança, do ponto de vista das taxas de severidade dos acidentes e de conflitos de tráfego. Para os ramos em laços, não se observa ocorrência de benefícios à segurança dos usuários, quando comparados com o local onde há a ausência de dispositivos facilitadores. Além do mais, isoladamente, quanto menor o número de faixas a serem cruzadas, quando dos movimentos de conversão à esquerda, menores serão as citadas taxas, o que se pode justificar em virtude de o condutor apenas se inter-relacionar com os veículos do tráfego oposto. Do ponto de vista da velocidade operacional, (i) interseções detentoras de ramos em laço permitem o desenvolvimento de velocidades mais elevadas do que aquela onde não há dispositivos facilitadores para conversões à esquerda e (ii) o número de faixas a serem cruzadas, isoladamente, não interfere nas velocidades praticadas pelos condutores que se deslocam ao longo da rodovia principal.

Conforme dados levantados, quanto ao alinhamento entre as aproximações das rodovias que compõem uma interseção, não se pode observar interação direta com a segurança viária oferecida aos seus usuários e suas respectivas velocidades praticadas. Contudo, do ponto de vista do alinhamento horizontal da rodovia principal, interseções rodoviárias implantadas em segmentos em tangente oferecem maior segurança, tanto em relação à segurança manifesta, quanto à segurança potencial, comparativamente às aquelas em trechos em curva. A localização em segmento sem curvas horizontais e verticais, por outro lado, oferece maior oportunidade para a prática de velocidades elevadas nas aproximações da interseção, quanto maior forem as extensões dos segmentos em tangente a montante, conforme observado nas faixas de acesso à rotatória de Luizlândia do Oeste.

Quanto ao alinhamento vertical, pode-se observar que a interseção rodoviária implantada em segmento plano oferece maior segurança, em relação à severidade dos acidentes e conflitos de tráfego, quando comparada com aquelas em trechos em rampa ou em curva. Ainda, a interseção com piores condições de segurança é a localizada em segmento em rampa descendente. Quanto às curvas utilizadas, côncava ou convexa, isoladamente, nada se pode precisar. Contudo:

- (i) interseção do tipo “T” localizada em curva côncava apresenta menor taxa de severidade de acidentes do que rotatória vazada de mesma característica. Já para as taxas de conflitos de tráfego, tal relação se inverte;
- (ii) interseção do tipo “T” inserida em curva côncava apresenta taxa de severidade menor do que aquela implantada em curva convexa. Tal relação é verificada de modo consistente para a taxa de conflito;

Ainda quanto ao alinhamento vertical, pode-se observar a prática de velocidades elevadas tanto no segmento em rampa descendente, quanto em um dos segmentos em curva côncava, onde a diferença algébrica entre greides concordados não é elevada.

A severidade dos acidentes de trânsito ocorridos em interseções rodoviárias, bem como as taxas de conflitos de tráfego, conforme comparativo entre as interseções estudadas, são reduzidas no dispositivo onde os raios dos ramos de concordância são elevados. Ainda, ramos de raios reduzidos, quando utilizados em projetos do tipo “T”, oferecem menor impacto na segurança (menor taxa de severidade dos acidentes) comparado ao seu uso em rotatórias vazadas. Tal relação não pode ser observada com base nas taxas de conflitos de tráfego.

Por fim, tem-se que, isoladamente, os locais estudados com maior velocidade operacional e maior variabilidade entre as velocidades praticadas pelos usuários são os que apresentam as taxas de severidade de acidentes mais elevadas (caso das interseções Barão de Cocais e Andrequicé). Já quanto à taxa de conflitos de tráfego, de posse das informações observadas, não se pode avaliar a sua relação direta com as velocidades operacionais e respectivos desvios padrões.

6. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DE INTERSEÇÕES RODOVIÁRIAS

Interseções rodoviárias são elementos de descontinuidade em qualquer rede viária e devem apresentar características geométricas que garantam a circulação ordenada e segura dos seus usuários. Têm, portanto, grande importância no projeto de uma rodovia, uma vez que podem interferir na segurança, capacidade de tráfego e velocidade de operação dos veículos. Conforme capítulos anteriores, diversas características estão relacionadas às condições de segurança oferecidas aos usuários.

O procedimento de análise proposto, apresentado na seção seguinte, visa então permitir analisar preliminarmente as condições de segurança viária potencial, oferecidas aos usuários, conforme características geométricas adotadas em interseções rodoviárias não semaforizadas de pista simples e em nível, implantadas em área rural, tanto na fase de projetos, quanto em sua fase de plena operação. Além do mais, em dispositivos já existentes, poder-se-á utilizá-lo em conjunto com as análises das condições de segurança manifestas, de forma a reconhecer a compatibilidade da geometria inicialmente adotada com as características operacionais e, assim, definir classes de prioridades quando da necessidade de intervenções.

6.1. PROCEDIMENTO PROPOSTO

Baseado em seções anteriores, o procedimento proposto possibilita analisar, de forma simples, contudo consistente, o desempenho da segurança viária de interseções localizadas em rodovias rurais de pista simples, nas condições anteriormente referidas.

Pautado em revisões de trabalhos acadêmicos, bem como nos estudos *in loco* realizados especificamente para o seu desenvolvimento, o procedimento proposto requer a verificação de seis características de projeto, diretamente relacionadas à segurança viária potencial, a saber: (i) projeto-tipo adotado; (ii) alinhamento entre as aproximações das rodovias constituintes;

(iii) alinhamento horizontal da rodovia principal; (iv) alinhamento vertical da rodovia principal; (v) presença de dispositivos facilitadores aos movimentos de conversão à esquerda; e (vi) distância de visibilidade.

De posse das associações encontradas no estudo de campo, relatadas no Capítulo 5, pode-se estabelecer pontos às citadas características (ver Tabela 6.1), conforme as suas influências no desempenho da segurança viária potencial de interseções rodoviárias, distribuídos em escala de 0 (zero) a 2 (dois), sendo o primeiro atribuído às características que mais impactam a segurança oferecida e o último, portanto, àquelas menos prejudiciais.

A avaliação das condições potenciais de segurança oferecidas por uma interseção rodoviária (CPSI) será refletida, portanto, pelo somatório dos pontos atribuídos às seis características geométricas prioritárias, constantes dos seus respectivos projetos geométricos, conforme Equação 6.1

$$CPSI = \sum_{i=1}^n p_i \quad (6.1)$$

onde:

n = total de características geométricas prioritárias;

p_i = pontos atribuídos à característica i , conforme seu impacto na segurança viária potencial da interseção.

As interseções rodoviárias serão classificadas, então, em uma escala de 0 (zero) a 12 (doze), onde 0 (zero) representa condição potencialmente insegura e 12 (doze) indica condição potencialmente segura. As condições associadas aos valores intermediários serão avaliadas com relação à proximidade aos dois níveis extremos de referência.

Conforme dito anteriormente, trata-se de um procedimento de análise preliminar, haja visto que limitações técnico-financeiras impuseram restrições ao seu desenvolvimento, principalmente quanto ao número de interseções incluídas no estudo de campo. Esta limitação não permitiu uma avaliação da significância estatística das associações verificadas, nem a

avaliação do impacto da interação entre as características geométricas estudadas sobre a segurança oferecida pela interseção.

A definição de faixas de variação para o CSPI, com vistas a definir níveis de classificação entre as condições potencialmente inseguras e as seguras, como ocorre em métodos com propósitos similares, também não pode ser feita devido à ausência de dados de campo suficientes. Para solucionar este problema, poder-se-á adotar no futuro procedimento similar ao aplicado por Nodari (2003), quando da análise da segurança de segmentos rodoviários. Este tipo de abordagem permitirá não somente definir categorias intermediárias para o CSPI quanto fazer um ajuste fino dos pesos sugeridos para cada condição observada.

Tabela 6.1: Características Geométricas Prioritárias *versus* Pesos atribuídos

Característica	Pontuação
1. Projeto-tipo Adotado	
Rotatórias	2
“T”	1
Rotatórias Vazadas	0
2. Alinhamento entre Aproximações das Rodovias constituíntes	
$75^\circ < \theta \leq 90^\circ$	2
$\theta > 90^\circ$	1
$\theta < 75^\circ$	0
3. Alinhamento Horizontal na Rodovia Principal	
Segmento em Tangente	2
Segmento em Curva	0
4. Alinhamento Vertical na Rodovia Principal	
Segmento plano ou em rampa $\leq 4\% $	2
Segmento em curva vertical com $A \leq 5\% $	1,5
Segmento em rampa $> 4\% $	1
Segmento em curva vertical com $A > 5\% $	0
5. Dispositivos Facilitadores aos Movimentos de Conversão à Esquerda	
Faixas exclusivas ou Rotatórias	2
Ramos em laço	1
Ausência de quaisquer dispositivos	0
6. Distância de Visibilidade	
Adequada conforme previsto em norma	2
Apresentada com restrição	1
Não oferecida	0

O procedimento proposto pode ser aplicado para dois propósitos distintos:

- a) avaliação preliminar das condições de segurança potencial de uma interseção em fase de projeto (não implantada) – neste caso, o CSPI deve ser calculado e se seu valor ficar próximo a 0 o projeto como um todo deve ser revisto;
- b) avaliação referencial das condições de segurança de um interseção já implantada – para esta situação, o CSPI deve ser calculado e, se seu valor ficar próximo de 0, as características geométricas que mais contribuíram para o valor final devem ser revistas, de modo a identificar a possibilidade de alterações. Em não sendo possível, identificar quais as medidas de engenharia de tráfego que podem ser adotadas para melhorar as condições de segurança oferecidas aos usuários. No caso da indisponibilidade de todos os dados de projeto, o procedimento descrito no Capítulo 5 pode ser adotado para a obtenção dos dados necessários ao cálculo do CSPI.

Destaca-se, ainda, que o procedimento adotado para avaliar as condições efetivas (com base nos acidentes registrados) e potenciais (via análise de conflitos) de segurança do local deve ser sempre adotado no estudo das interseções já implantadas. Os resultados desse estudo podem auxiliar o projetista na definição de prioridades de intervenção quando diversas interseções apresentarem CSPI reduzido mas próximos (ou mesmo iguais) entre si.

A seguir, far-se-á a verificação da consistência dos resultados produzidos pelo procedimento proposto, por meio da sua aplicação às interseções rodoviárias referidas no Capítulo 5.

6.2. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO PROPOSTO

As características geométricas das interseções estudadas no Capítulo 5, sintetizadas na Tabela 5.50, permitiram a elaboração da Tabela 6.2, que apresenta a pontuação atribuída às características verificadas, bem como a condição de segurança potencial de cada interseção (CSPI).

Tabela 6.2: Condição de segurança potencial das interseções estudadas

Interseção	Características Geométricas <i>versus</i> pontos atribuídos						CSPI
	Projeto -Tipo	Distância de Visibilidade	Dispositivo facilitador utilizado	Alinhamento entre Aproximações	Alinhamento Horizontal - Rodovia Principal	Alinhamento Vertical – Rodovia Principal	
Nova Era	1	0	1	1	0	1,5	4,5
Barão de Cocais	0	0	1	2	0	1	4
Taquaraçu de Minas	1	0	0	2	0	1,5	4,5
Luizlândia do Oeste	2	2	2	2	2	2	12
Andrequicé	0	0	1	2	0	1,5	4,5

Conforme resultados acima apresentados, a interseção de Luizlândia do Oeste apresenta projeto geométrico potencialmente seguro, o que já era esperado, por se tratar de rotatória moderna associada a demais características implantadas adequadamente, quanto às suas respectivas influências no desempenho da segurança viária.

O resultado da Barão de Cocais, que é o menor dentre as demais interseções, revela seu caráter de interseção crítica entre as estudadas, o que foi efetivamente detectado pelas taxas de severidade de acidentes e conflito de tráfego.

Quanto às demais interseções, o valor do CPSI não foi capaz de permitir sua hierarquização em termos das condições de segurança potencial. Esse resultado sugere, inicialmente que outras variáveis precisam ser incorporadas ao processo de avaliação ou que uma maior desagregação das faixas de avaliação de cada variável é necessária. No entanto, não deve ser

desconsiderada a possibilidade da existência de inconsistências nos dados disponíveis de acidentes e conflitos de tráfego.

Conforme definido anteriormente, a definição da ordem de prioridade para intervenção futura nas interseções de Nova Era, Taquaraçu de Minas e Andrequicé, deve ser baseada nos resultados das taxas de severidade de acidentes e conflito, já que elas apresentaram valores idênticos para o CSPI. Assim, sob o foco da taxa de severidade de acidentes, a interseção de Andrequicé é a mais crítica, seguida das interseções de Taquaraçu e Nova Era. Já levando em conta a taxa de conflitos, a ordem de prioridade de intervenção seria: Taquaraçu, Nova Era e Andrequicé. A diferença de resultados fornecida pelos dois indicadores deve ser analisada com cuidado pelo técnico para efeito de decidir qual resultado é mais relevante no contexto em que o estudo está sendo realizado.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Interseções rodoviárias são dispositivos geométricos que influenciam diretamente a capacidade, a segurança e a operação dos segmentos rodoviários, onde inseridas. Analisá-las, dentro da ótica da segurança viária, contribui, portanto, com a implantação de projetos de menor impacto na ocorrência de acidentes de trânsito, em virtude da possibilidade de se retratar as associações encontradas entre as diversas variáveis envolvidas.

Por meio da presente dissertação, buscou-se desenvolver um procedimento de análise das condições de segurança oferecidas por interseções não semaforizadas de rodovias de pistas simples, implantadas em nível e em áreas rurais. Tal procedimento está baseado nas características geométricas de interseções rodoviárias e, portanto, pode ser utilizado tanto na fase de elaboração de projetos, quanto na sua fase de plena operação.

A realização de uma revisão de trabalhos técnicos e acadêmicos, desenvolvidos em território brasileiro e estrangeiros, permitiu conhecer os diferentes tipos de interseções rodoviárias em nível, bem como suas principais características geométricas. Pode-se, ainda, analisar suas influências e contribuições para a ocorrência de acidentes de trânsito, de forma a selecionar aquelas ditas prioritárias para o desenvolvimento do procedimento proposto.

As diferentes técnicas de gerenciamento da segurança viária, particularmente aquelas adotadas em interseções rodoviárias, contribuíram também para a realização do presente trabalho. Técnicas pró-ativas, como as técnicas de auditoria de segurança viária e de análises de conflitos de tráfego, serviram como base na elaboração de formulários e procedimentos a serem utilizados no levantamento de características geométricas e operacionais, quando da realização de vistorias *in loco* em interseções rodoviárias.

Foram selecionadas cinco interseções rodoviárias, inseridas em duas rodovias federais de características distintas. Por meio de vistorias *in loco* em cada uma das interseções selecionadas, pode-se levantar aquelas características geométricas ditas prioritárias, bem como suas características operacionais, como conflitos de tráfego, volume médio diário e

velocidades operacionais. Tais características, associadas aos acidentes de trânsito ocorridos no ano de 2008 e, por conseguinte, suas respectivas taxas de severidade, permitiram detectar aquelas cujos impactos no desempenho da segurança potencial eram mais prejudiciais, atendendo aos objetivos geral e específicos do trabalho.

O reconhecimento daquelas características geométricas críticas quanto ao desempenho da segurança potencial de interseções rodoviárias, permitiu então desenvolver o procedimento proposto. As principais conclusões observadas, bem como suas limitações e recomendações para trabalhos futuros, constam das seções subsequentes.

7.1. CONCLUSÕES

A análise e tratamento dos dados coletados em vistoria *in loco*, permitiram reconhecer a criticidade, quanto à segurança potencial, de algumas características geométricas utilizadas em interseções rodoviárias, ratificando aquelas inicialmente identificadas como prioritárias.

O estudo mostrou que os diferentes tipos de *layout* utilizados em interseções rodoviárias em nível podem influenciar na segurança viária oferecida aos seus usuários. Desta forma, pode-se verificar que aquelas interseções chamadas de rotatórias vazadas apresentam, em geral, maior insegurança potencial, quando comparadas com aquelas do tipo “T” e rotatórias modernas. Além do mais, esta última interseção foi a que apresentou a melhor condição de segurança potencial, medida pelo valor do CSPI. Contudo, o uso de projetos-tipo deficientes, quando associados a demais características adequadamente projetadas quanto à segurança viária, pode apresentar redução em sua insegurança.

Outra característica geométrica importante para a segurança em interseções é a distância de visibilidade. Esta permite ao condutor, ao se deslocar ao longo de uma interseção, ter ampla visão de todas as características a sua frente e, assim, permite a ele desenvolver manobras com segurança. O estudo de campo mostrou que deficiências na distância de visibilidade estão associadas a taxas de severidade de acidentes de trânsito, bem como a taxas de conflitos de tráfego, bem superiores às observadas nos locais onde esta deficiência não foi observada.

Dispositivos facilitadores aos movimentos de conversão à esquerda também podem influenciar diretamente no desempenho de segurança de interseções. Faixas exclusivas são aquelas que se apresentam como melhor opção. Ramos em laços, chamados neste trabalho de alças auxiliares, podem não apresentar benefícios em comparação com interseções onde há ausência de tais dispositivos facilitadores. Além do mais, uma vez que são instalados à direita da rodovia principal, impõem aos usuários, quando da realização de manobras de conversão à esquerda, buscar brecha nos dois fluxos de tráfego.

Os alinhamentos horizontal e vertical do segmento de rodovia principal onde estão implantadas as interseções rodoviárias afetam diretamente a sua segurança. A análise das cinco interseções consideradas no estudo revelou que trechos em tangentes e planos são aqueles mais favoráveis para a implantação de interseções, conforme já esperado. Trechos em curva convexa apresentaram maior deficiência, quanto à taxa de severidade dos acidentes, possivelmente por imporem restrições visuais aos condutores que por ele trafegam.

Por fim, tais características quando apresentadas em conjunto podem ser potencialmente maximizadas ou minimizadas. A aplicação do procedimento permite, então, de forma prática e simples, quantificar tais efeitos ao calcular o valor da condição de segurança potencial da interseção (CPSI). Sua utilização contribui, ainda, para a definição de classes de prioridades de intervenção, quando associada às características de segurança manifestas, reveladas pela determinação das taxas de severidade de acidentes e de conflitos.

7.2. LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A decisão de basear o trabalho em coleta de dados junto a apenas cinco interseções decorreu de algumas dificuldades enfrentadas na fase de planejamento e do trabalho de campo. Inicialmente, verificou-se não ser possível caracterizar as interseções a serem estudadas por meio de seus respectivos projetos geométricos. Dificuldades quanto à localização de projetos de várias interseções junto ao DNIT obrigaram a adoção de medidas alternativas, como o uso de equipamentos de GPS e fotos de satélites, que, embora tenham cumprido com o seu

propósito, não se apresentam como forma mais adequada para tal, em virtude de erros associados e do tempo exigido de permanência dos pesquisadores no campo.

O ônus quanto ao deslocamento às interseções e disponibilidade de recursos humanos foi outro limitador ao desenvolvimento do trabalho. A coleta de conflitos de tráfego e levantamento dos projetos via GPS precisaram ser adequados, de acordo com o número de pessoas disponíveis, quando da viagem. Essa situação, aliada a condições climáticas desfavoráveis encontradas durante o período programado para os levantamentos, também impuseram limitações ao trabalho de campo. As ocorrências de chuvas torrenciais promoveram atrasos e redução das atividades previstas de coleta de dados.

Demais limitações decorrem do procedimento proposto em si. A principal limitação do CPSI é sua dificuldade em permitir a classificação mais específica das condições de segurança potencial entre as situações extremas. Devido ao número reduzido de interseções que foram analisadas para a determinação do procedimento proposto, não foi possível analisar faixas de variação suficientes das variáveis consideradas que permitisse associá-las a diferentes níveis de segurança. Isto é, a definição de categorias de segurança como, por exemplo, “Excelente”, “Muito Boa”, “Boa”, etc.. exigiria um banco de dados bem maior do que o utilizado no presente trabalho.

Outra limitação do procedimento, também decorrente do pequeno número de interseções estudadas, foi a impossibilidade de se realizar estudos estatísticos voltados à identificação de associações e interações entre as variáveis consideradas, e de definir pesos que caracterizassem a importância relativa dessas variáveis na determinação do CPSI.

7.3. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O procedimento de análise das condições de segurança oferecidas por interseções rodoviárias proposto foi baseado em uma amostra reduzida e pontos atribuídos às características geométricas, após análise qualitativa das suas associações com as condições operacionais apresentadas. Trata-se, portanto, de uma análise preliminar da segurança potencial oferecida por interseções. Recomenda-se, portanto, que sejam desenvolvidas pesquisas junto a

especialistas em segurança viária e projeto geométrico, conforme procedimentos adotados por Nodari (2003), a fim de aperfeiçoar os valores dos pontos atribuídos e definir pesos que reflitam a importância relativa de cada variável sobre a segurança oferecida pela interseção.

Além do mais, sugere-se também elevar, em pesquisas futuras, o número de interseções estudadas, de forma a melhor caracterizar as associações entre características físico-operacionais, por meio de testes estatísticos. Estes estudos poderão revelar, também, interações entre as variáveis que devam ser consideradas no aperfeiçoamento do procedimento proposto.

Finalmente, a associação entre consulta a especialistas e ampliação da amostra de interseções permitirá definir, também, se outras características geométricas devem ser inseridas no procedimento de avaliação da segurança potencial de interseções, incluindo seus níveis e correspondentes pontuação, além do seu peso relativo às demais variáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO (2004). *A Policy on Geometric Desing of Highway and Streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington D.C.

BARBETTA, P. A. (2006). *Estatística aplicada às ciências sociais*. 6. ed. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

CAMPOS, M. M. (2005). *Uma análise da relação entre acidentes de tráfego e variáveis sociais, econômicas, urbanas e de mobilidade na cidade do Rio de Janeiro*. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transporte). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia.

CEDER, Avishai; ELDAR, Kobi. (2001). *Optimal distance between two branches of uncontrolled split intersection*. Elsevier Science Ltd. Disponível em: <<http://www.elsevier.com>>. Acessado em: março/2009.

CEFTRU (2002). *Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito*. Programa PARE. Ministério dos Transportes. Brasília.

DNER (1998). *Guia de Redução de Acidentes com base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo*. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Divisão de Capacitação Tecnológica, 195p.

_____ (1999). *Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais*. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Divisão de Capacitação Tecnológica.

DNIT (2004). *Anuário Estatístico de Acidentes de Trânsito*. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes.

_____ (2005). *Manual de Projetos de Interseções*. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

_____ (2009). *Dados de acidentes de trânsito e volumes de tráfego, ano-base 2005*. Obtidos diretamente na Coordenação Geral de Operações Rodoviárias. Diretoria de Infraestrutura Rodoviária.

FHWA (1989). *Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations – Observers Manual*. Federal Highway Administration. Office of Implementation. FHWA-IP-88-027. McLean. Virgínia.

_____ (2002). *Safety Effectiveness of Intersection Left- and Right-turn Lanes*. Federal Highway Administration. Office of Safety Research and Development. FHWA-RD-02-089. McLean. Virgínia.

FHWA (2003a). *IHSMD Intersection Diagnostic Review Model – Intersection Model*. Federal Highway Administration. Turner-Fairbank Highway Research Center (TFHRC). McLean. Virgínia.

FHWA (2003b). *IHSMD Intersection Diagnostic Review Model – Knowledge base report*. Federal Highway Administration. Office of Safety Research and Development. FWHA-RD-02-045. Washington. D. C.

_____. (2006). *Road Safety Audit Guidelines Making your roads safer*. Federal Highway Administration. FWHA-SA-06-06. McLean. Virgínia.

_____. (2009). *Strategic Intersection Safety Program Guide*. Federal Highway Administration. Office of Safety. FWHA-SA-09-004. Washington. D. C.

GARCÍA, D. S. P. (2008). *Método para análise da consistência geométrica de rodovias brasileiras de pista simples*. 165f. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

GARCÍA, D. S. P.; ALBANO, J. F. (2003). *Análise da Consistência Geométrica de Rodovias a partir da Velocidade Operacional*. In: 3ª Semana de Engenharia de Produção e Transportes, Porto Alegre. Anais da 3ª Semana de Engenharia de Produção e Transportes. Porto Alegre: FEEng-UFRGS.

GIL, A. C. (2009). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A.

GOOGLE Earth. (2009). *Imagens de satélites das interseções rodoviárias implantadas na BR-381/MG e BR-040/MG*. Disponível em: <<http://www.earth.google.com>> Acessado em: setembro/2009.

GOOGLE Maps. (2009). *Mapa de localização da BR-381/MG e BR-040/MG*. Disponível em: <<http://www.maps.google.com.br>> Acessado em: setembro/2009.

HERNÁNDEZ, M. R. (2002). *Methodology to perform traffic safety studies in developing countries. Case studies in the city of São Carlos, State of São Paulo, Brazil*. 97f. Master's Thesis. Luleå University of Technology. Departament of Environmental Engineering. Division of Traffic Engineering.

HILDEBRAN, E. e WILSON, F. (1999). *Road Safety Audit Guidelines*. University of New Brunswick Transportation Group. Canadá.

IPEA (2006) *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras*. Relatório Executivo. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília. Dezembro/2006.

KARLAFTIS, M. G. e GOLIAS, I. (2002). *Effects of Road geometry and traffic volumes on rural roadway accident rates*. Elsevier Science Ltd. Disponível em : <<http://www.elsevier.com>>. Acessado em: março/2009.

LEE, S. H. (2005). *Introdução ao projeto geométrico de rodovias*. 2. ed. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

NCHRP (2003). *Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan. Volume 5: A Guide for Addressing Unsignalized Intersection Collisions*. Report 500. Transportation Research Board. Washington. D.C.

NODARI, C. T. (2003). *Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples*. 221f. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

NOMENCLATURA DE RODOVIAS FEDERAIS (2009). In: Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT). Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/menu/rodovias/rodovias_federais>. Acesso em: setembro/2009.

NRA (2004). *Road Safety Audit Guidelines*. National Roads Authority. NRA HD 19/04. Waterloo Road. Dublin.

OMS (2004). *World report on road traffic injury prevention*. World Health Organization. Genebra. 2004

PEDROSO, F. F. F. (2003). *Modelagem Neuro-Temporal da severidade para a gestão rodoviária na prevenção de acidentes*. 144f. Dissertação (Mestrado em Transportes). Universidade de Brasília.

PIETRANTONIO, H. (1999). *Avaliação da técnica de sueca de análise de conflitos de tráfego. Aplicação ao Estudo de Problemas de Segurança de Pedestres em Interseções Semaforizadas da Cidade de São Paulo*. 75f. Relatório de Trabalho N° 2/98. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes. Laboratório de Estudos Metodológicos em Tráfego e Transportes.

PIMENTA, C. R. T. e OLIVEIRA, M. P. (2004). *Introdução ao Projeto Geométrico de Interseções Rodoviárias*. Notas de Aula. EESC/USP.

PNV – Plano Nacional de Viação (2009). In: Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT). Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/menu/rodovias/rodovias_federais/Arquivos>. Acesso em: junho/2009.

SCHOPF, A. R. (2006). *Proposição de uma lista de verificação para revisão de segurança viária de rodovias*. 189f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção

SGV – Sistema Georeferenciado de Informações Viárias (2009). Desenvolvimento por Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT) e Universidade Federal de Santa Catarina. Diretoria de Infra-estrutura Rodoviária. Coordenação Geral de Operações Rodoviárias. Acesso em: junho/2009.

TRENTIN, L. C. (2007). *Análise crítica de métodos de verificação de consistência de traçado*. 165f. Dissertação (Mestre em Engenharia). Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.

VÍDEO REGISTRO (2009a). In: Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT). Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/menu/roodvias/planejamento/videoreg>>. Acesso em: setembro/2009.

VÍDEO REGISTRO (2009b). Produção do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT) e Strata Engenharia. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos. Brasília. 2009. 21 DVD,s, son., color.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Técnica Sueca de Análise de Conflitos de Tráfego – Documentos Auxiliares



DEPARTMENT OF TRAFFIC PLANNING AND ENGINEERING
LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LUND UNIVERSITY

FOLHA DE REGISTRO DE CONFLITO

Observador: _____ Data: _____ Horário: _____ Número: _____

Cidade: _____

Intersecção: _____

Condições de Tempo: Sol ☐ Encoberto ☐ Chuva ☐

Superfície: Seca ☐ Molhada ☐

Intervalo de Tempo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Norte

	Usuário I	Usuário II	Envolvido secundário III
Veículo	☐	☐	☐
Bicicleta	☐	☐	☐
Pedestre	☐	☐	☐
Outro	_____	_____	_____
Sexo (ped.)	M ☐ F ☐	M ☐ F ☐	M ☐ F ☐
Idade (ped.)	_____	_____	_____
Velocidade	_____ km/h	_____ km/h	_____ km/h
Distância do ponto de colisão	_____ ms	_____ ms	
Valor do TA	_____ seg	_____ seg	
Ação de evitar			
Frenagem	☐	☐	
Desvio	☐	☐	
Aceleração	☐	☐	
Possibilidade de desviar	sim ☐ não ☐	sim ☐ não ☐	

CROQUI INCLUINDO A POSIÇÃO DO USUÁRIO ENVOLVIDO.

POR FAVOR, MARQUE SUA POSIÇÃO COM

(SE UMA VÍDEO FILMADORA ESTIVER SENDO USADA, MARQUE A POSIÇÃO DA CÂMARA COM)



	sim	não
_____	☐	☐
_____	☐	☐
Descrição das causas do evento:		

Continua do outro lado:	☐	☐

-  Veículo particular. Caminhão. Ônibus
-  Bicicleta, Motocicleta
-  Pedestre

Figura A.1: Formulário de Campo – Técnica Sueca de Análise de Conflitos de Tráfego (Almqvist, 1998, *apud* Pietrantonio, 1999)

APÊNDICE B: Técnica americana de análise de Conflito de Tráfego – Documentos Auxiliares

ANÁLISE DE CONFLITOS DE TRÁFEGO EM INTERSEÇÃO																											
Localização:												Número Alça:															
Dia:						Data:				Observador:				Período de Registro:													
PERÍODO CONT.		Volume de Tráfego	CE		CD		VL		MF		CE		CE		CD		Cruz.		CE		CD		Cruz.		CD		
Inicial	Final		MD		MD						TO		VD		VD		VD		VE		VE		VE		No Vermelho		
																											
			C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C
TOTAL																											
C + SC																											
COMENTÁRIOS:																											

Legenda: C: Conflito SC: Conflito Secundário CE: Conversão à Esquerda MD: Mesma Direção CD: Conversão à Direita VL: Veículo Lento MF: Mudança de Faixa TO: Tráfego Oposto VD: Vindo da Direita Cruz.: Cruzamento VE: Vindo da Esquerda											
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figura B.1: Formulário de Campo – Técnica Americana de Análise de Conflitos de Tráfego (FHWA, 1989)

RELATÓRIO DE OBSERVAÇÃO *IN LOCO*

LOCALIZAÇÃO:

DATA:

PERÍODO:

CHECK-LIST OPERACIONAL

	NÃO	SIM	COMENTÁRIOS
1. Há obstrução à visão dos condutores do tráfego oposto?			
2. Os condutores respondem incorretamente ao semáforo, sinalização ou demais dispositivos de controle de tráfego?			
3. Os condutores têm dificuldades de encontrar o correto caminho ao longo da interseção?			
4. A velocidade dos veículos é demasiadamente alta? Demasiadamente baixa?			
5. Existem violações de estacionamento/parada ou demais regulações para o tráfego?			
6. Os condutores confundem-se com as rotas, nomes de vias ou demais guias de informação?			
7. O atraso dos veículos pode ser reduzido?			
8. Existem deficiências no fluxo de tráfego ou nos modelos de conflitos de tráfego associados com as manobras de conversão?			
9. Tornar a via em uma única direção torna-la-á mais segura?			
10. O volume de tráfego causa problemas?			
11. O movimento de pedestres ao longo da interseção causa conflitos?			
12. Existem demais deficiências no fluxo de tráfego ou nos modelos de conflitos de tráfego?			

Figura B.2: Relatório de Observação *in loco* – Check-list Operacional (FHWA, 1989)

RELATÓRIO DE OBSERVAÇÃO *IN LOCO*

LOCALIZAÇÃO:

DATA:

PERÍODO:

CHECK-LIST FÍSICO

	NÃO	SIM	COMENTÁRIOS
1. As obstruções podem ser removidas ou reduzidas?			
2. Os alinhamentos ou larguras das vias são inadequados?			
3. Os raios de curvas são demasiadamente pequenos?			
4. As faixas de pedestres podem ser realocadas? Repintadas?			
5. As sinalizações verticais existentes são inadequadas quanto à utilidade, mensagens, tamanho, conformidade ou localização?			
6. Os semáforos são inadequados quanto à localização, conjunto de focos ou tempo de ciclos?			
7. As sinalizações horizontais são inadequadas quanto à retrorefletância ou localização?			
8. As canalizações são inadequadas quanto à redução das áreas de conflitos, separação dos fluxos de tráfego e definição dos movimentos?			
9. Existem estacionamentos legais afetando a distância de visibilidade, o deslocamento dos veículos em manobras de conversão ou ao longo da interseção, ou, ainda, o fluxo de tráfego?			
10. Os limites de velocidade são inseguros ou inadequados?			
11. O número de faixas é insuficiente?			
12. A iluminação da via é inadequada?			
13. As entradas de veículos foram inadequadamente projetadas ou localizadas?			
14. A condição do pavimento contribui para a ocorrência de acidentes?			

Figura B.3: Relatório de Observação *in loco* – Check-list Físico (FHWA, 1989)

APÊNDICE C: Análise de Conflitos de Tráfego – Formulário Proposto

ANÁLISE DE CONFLITOS DE TRÁFEGO																							
Interseção:										Número Alça:													
Dia:										Data:										Observador:			
PERÍODO CONT.		CE		CD		VL		MF		CE		CE		CD		Cruz.		CE		CD		Cruz.	
Inicial	Final	MD		MD						TO		VD		VD		VD		VE		VE		VE	
																							
		C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC
09:00	09:20																						
09:30	09:50																						
10:00	10:20																						
10:30	10:50																						
11:00	11:20																						
11:30	11:50																						
Intervalo																							
14:00	14:20																						
14:30	14:50																						
15:00	15:20																						
15:30	15:50																						
16:00	16:20																						
16:30	16:50																						

Legenda:

C:	Conflito	MD:	Mesma Direção	MF:	Mudança de Faixa	Cruz.:	Cruzamento
Sc:	Conflito Secundário	CD:	Conversão à Direita	TO:	Tráfego Oposto	VE:	Vindo da Esquerda
CE:	Conversão à Esquerda	VL:	Veículo Lento	VD:	Vindo da Direita		

Figura C.1: Formulário de Campo Adotado - Análise de Conflitos de Tráfego

APÊNDICE D: Técnica americana de Auditoria de Segurança Viária – Documentos Auxiliares

Auditoria Viária em Rodovia Existente				
Função, Classificação, ambiente	Alinhamento e Seção Transversal	Faixas Auxiliares	Interseções em nível	Interseções em desnível
1. Distância de Visibilidade	1. Tapers	1. Localização	1. Distância de Visibilidade	
2. Velocidade de Projeto	2. Ombros	2. Distância de Visibilidade	2. Faixas e ombros	
3. Velocidade limite	3. Sinalizações	3. Sinalizações	3. Sinalizações e canalizações	
4. Ultrapassagens	4. Volumes (conversão)	4. <i>Layout</i> e Percepção do alinhamento pelos condutores	4. Pedestres e ciclistas	
5. Percepção do alinhamento pelos condutores		5. Pedestres e ciclistas	5. Iluminação	
6. Fatores humanos		6. Iluminação		
7. Larguras				
8. Ombros				
9. Inclinação transversal				
10. Inclinação lateral				
11. Drenos				
12. Combinações entre características				

Figura D.1: Características a serem observadas (Folha 01) - Técnica Americana de Auditoria de Segurança Viária (FHWA, 2006)

Auditoria Viária em Rodovia Existente				
Sinalização Vertical e Iluminação	Sinalização horizontal e Canalizações	Barreiras e Zonas livres	Semáforos	Pedestres e Ciclistas
1. Iluminação	1. Questões gerais	1. Zonas livres	1. Operação	1. Questões gerais
2. Questões gerais	2. Faixas centrais e laterais	2. Barreiras	2. Visibilidade	2. Pedestres
3. Legibilidade	3. Delineadores e refletores	3. Atenuadores de impacto	3. Localização dos focos	3. Ciclistas
4. Suportes	4. Aviso e delineadores para curvas	4. Guarda-corpos		4. Transporte público
		5. Visibilidade		

Figura D.2: Características a serem observadas (Folha 02) - Técnica Americana de Auditoria de Segurança Viária (FHWA, 2006)

Auditoria Viária em Rodovia Existente						
Contadores Idosos	Pontes e Bueiros	Pavimento	Estacionamento / Paradas	Previsão de Veículos de Carga	Áreas de Passagens livres e calçadas	Demais Questões de Segurança
1. Conversões (larguras das faixas e raios de curvas)	1. Características de projetos	1. Defeitos		1. Características de projeto	1. Acúmulo de águas	1. Paisagismo
2. Canalizações, faixas de conversão à esquerda	2. Barreiras	2. Barreiras		2. Qualidade do pavimento e ombros	2. Dispositivos de segurança	2. Trabalhos temporários
3. Triângulos de visibilidade	3. Pedestres, instalações recreativas, delineadores	3. Resistência à derrapagem				3. Brilho de faróis
4. Suportes		4. Acumulação de água, neve e gelo				4. Atividades em áreas adjacentes
5. Sinalizações e delineadores		5. Perda de agregado				5. Sinalização dos possíveis problemas
		6. Bueiros				6. Áreas de descanso
						7. Meio ambiente
						8. Canteiro Central

Figura D.3: Características a serem observadas (Folha 03) - Técnica Americana de Auditoria de Segurança Viária (FHWA, 2006)

APÊNDICE E: Técnica canadense de Auditoria de Segurança Viária – Documentos Auxiliares

Interseção Rodoviária em nível							
		Implantação / Adequação				Existente	
Planejamento		Projeto Básico	Projeto Executivo	Pré-operação	Pós-operação		
1. Quantidade	3.	Localização / Espaçamento	3. Localização / Espaçamento	3. Localização / Espaçamento	3. Localização / Espaçamento	3.	Localização / Espaçamento
2. Tipo	4.	Visibilidade / Conspicuidade	4. Visibilidade / Conspicuidade	4. Visibilidade / Conspicuidade	4. Visibilidade / Conspicuidade	4.	Visibilidade / Conspicuidade
3. Localização / Espaçamento	5.	Layout	5. Layout	5. Layout	5. Layout	5.	Layout
	6.	Distância de Visibilidade	5.1. Manobras	5.1. Manobras	5.1. Manobras	5.1.	Manobras
			5.2. Faixas de conversão / auxiliares	5.2. Faixas de conversão / auxiliares	5.2. Faixas de conversão / auxiliares	5.2.	Faixas de conversão / auxiliares
			6. Distância de Visibilidade	6. Distância de Visibilidade	6. Distância de Visibilidade	6.	Distância de Visibilidade
			7. Controles	7. Controles	7. Controles	7.	Controles
			7.1 Sinalização horizontal	7.1 Sinalização horizontal	7.1 Sinalização horizontal	7.1	Sinalização horizontal
			7.2 Sinalização vertical	7.2 Sinalização vertical	7.2 Sinalização vertical	7.2	Sinalização vertical
			7.3 Semáforos	7.3 Semáforos	7.3 Semáforos	7.3	Semáforos
			7.4 Fases semafóricas	7.4 Fases semafóricas	7.4 Fases semafóricas	7.4	Fases semafóricas
			8. Advertências	8. Advertências	8. Advertências	8.	Advertências

Figura E.1: Características a serem observadas em interseções rodoviárias - Técnica Canadense de Auditoria de Segurança Viária (Hildebran e Wilson, 1999)

Interseção Rodoviária em nível	
Item	Segurança Viária - Questões Potenciais
1. Quantidade	O número de interseções é adequado, considerando a rede viária adjacente?
2. Tipo	Os tipos de interseções selecionados são apropriados para os aspectos de segurança e tráfego do projeto? O projeto da interseção adotado acomoda, apropriadamente, todas as classificações veiculares do projeto?
3. Localização / Espaçamento	Existe espaço suficiente entre as interseções? O alinhamento horizontal e vertical afeta a localização/ espaçamento da interseção? Há entroncamentos e acessos adequados para todos os movimentos permitidos?
4. Visibilidade / Conspicuidade	O alinhamento horizontal e vertical promove adequada visibilidade da interseção? As linhas de visão para a interseção são obstruídas?
5. Layout	As larguras das faixas são adequadas para todas as classes de veículos? Existe alguma característica a montante ou jusante que pode afetar a segurança? Há necessidade de separação entre faixas, não promovidas?
5.1. Manobras	As manobras veiculares são óbvias para todos os usuários/ Identificar potenciais conflitos em movimentos.
5.2. Faixas de conversão / auxiliares	O comprimento das faixas é apropriado? Existe sinalização informando da proximidade de faixas auxiliares? A distância de visibilidade para a entrada e saída dos veículos é adequada? Os <i>tapers</i> foram instalados quando necessários? Foram alinhados adequadamente?
6. Distância de Visibilidade (Parada, cruzamento, conversão, triângulos de visibilidade)	Todas as distâncias de visibilidade são adequadas para todos os movimentos e usuários da rodovia? As linhas de visão são obstruídas por placas, pontes, construções, vegetação, ...? As linhas de visão podem ser temporariamente obstruídas por veículos estacionados, montes de neve, folhagens sazonais, ...? As inclinações das rodovias que se interceptam permitem uma distância de visibilidade adequada/

Figura E.2: Características detalhadas a serem observadas em interseções rodoviárias (Folha 01) - Técnica Canadense de Auditoria de Segurança Viária (Hildebran e Wilson, 1999)

Interseção Rodoviária em nível	
Item	Segurança Viária - Questões Potenciais
7. Controles	
7.1 Sinalização horizontal	A sinalização horizontal é visível tanto ao dia, quanto à noite? Verificar sua retrorefletividade.
7.2 Sinalização vertical	Verificar a visibilidade e legibilidade para os usuários que se aproximam. Verificar a localização e o número de placas. Verificar se há ausências, redundâncias ou placas quebradas. As placas "Pare" e "Dê a preferência" foram localizadas adequadamente?
7.3 Semáforos	Os equipamentos semafóricos tiveram suas intensidades adequadas para as condições de nascer e por do sol? Verificar a localização e o número de semáforos. Eles são visíveis? Garantir que os semáforos de rodovias adjacentes não afetem a percepção dos condutores. Os focos primários e secundários foram devidamente posicionados/ São necessários focos auxiliares?
7.4 Fases semafóricas	Os verdes mínimos e demais fases estão previstos? O planejamento das fases semafóricas está coerente com as interseções adjacentes?
8. Advertências	Advertências quanto à semáforos apresentando deficiências de visibilidade são oferecidas? Sonorizadores laterais são necessários e apropriadamente posicionados? As sinalizações horizontais são apropriadas para a interseção

Figura E.3: Características detalhadas a serem observadas em interseções rodoviárias (Folha 02) - Técnica Canadense de Auditoria de Segurança Viária (Hildebran e Wilson, 1999)

APÊNDICE F: Técnica irlandesa de Auditoria de Segurança Viária – Documentos Auxiliares

Auditoria de Segurança Viária

Checklist – Principais características viárias a serem consideradas

Estágio F – Viabilidade

Geral:

1. Consistência do projeto com a rede rodoviária adjacente.
2. Efeitos secundários ao redor da rede viária.
3. Efeitos da localização prevista para a instalação do projeto, relativamente às opções de desempenho da segurança.

Via:

1. Impacto do projeto, relativamente ao fluxo de tráfego e velocidades, na segurança.
2. Geração de oportunidades.
3. Consistências dos entroncamentos, controle de acesso.
4. Frequência dos entroncamentos (públicos e privados), relacionados à segurança dos acessos.
5. Alinhamentos horizontais e verticais consistentes, com visibilidade necessária ao longo da rodovia e entroncamentos.
6. Dispositivos para pedestres, ciclistas e animais.
7. Previsão para aspectos incomuns da composição do tráfego e ambiente.

Planejamento:

1. Designação funcional para os diferentes elementos da hierarquia rodoviária.
2. Planejamento consistente com todos os planos de segurança.

Estágio 1 – Projeto Básico

Geral:

1. Revisão de auditoria de segurança viária anteriores, a fim de permitir conhecer as possíveis mudanças de projeto.
2. Em projetos maiores, determinação da necessidade de previsão de áreas adicionais requeridas por questões de segurança.

Alinhamento e visibilidade das faixas:

1. Elementos do alinhamento horizontal e vertical oferecendo restrições à visibilidade, especialmente quando combinados.
2. Visibilidade obstruída por pontes, guarda-corpos, vegetação e demais elementos geométricos da via.

Interseções / Entroncamentos:

1. Redução dos pontos de conflitos na interseção, incluindo número de acessos privados.
2. Visibilidade da interseção nas aproximações, visibilidade das faixas nas aproximações da rodovia secundária e acessos particulares.
3. Controle da velocidade e *layout* das aproximações.
4. Previsão dos tráfegos de conversão.
5. Localização e acessos às áreas de emergência.

Outros:

1. Impacto da vegetação na visibilidade e percepção do usuário.
2. Sinalização horizontal e a percepção do usuário.
3. Previsão de dispositivos de segurança em taludes íngremes.
4. Dispositivos para pedestres, ciclistas e animais.
5. Potencialidade de alagamentos / poças em virtude de drenagens deficientes.
6. Compatibilidade com a rede viária adjacente.
7. Existência de serviços de acesso e manutenção.

Estágio 2 – Projeto Executivo

Geral:

1. Revisão de auditoria de segurança viária anteriores, a fim de permitir conhecer as possíveis mudanças de projeto.

Interseções / Entroncamentos:

1. Raios de curvas apropriados, relativamente à velocidade de aproximação.
2. *Layout* viário e a percepção do usuário.

Sinalização:

1. Localização das placas e faixas para ajudar, informar e reduzir os riscos, sem obstruir a visibilidade ou confundir os usuários.
2. Consistência da sinalização e informações oferecidas.

Iluminação e Semáforos:

1. Consistência da iluminação do projeto e rede viária.
2. Localização segura dos postes, semáforos e demais equipamentos operacionais.
3. Confusão ou conflitos entre a iluminação e semáforos.
4. Localização dos focos semaforicos, tanto veiculares, quanto pedestres, permitindo clara percepção por parte dos usuários e evitando confusões entre eles.
5. Segurança de acessos.

Facilidades para usuários vulneráveis:

1. Localização, tipos e visibilidades de calçadas e faixas de pedestres.

2. Dispositivos exclusivos para ciclistas ou pedestres.
3. Previsão de dispositivos para pessoas com mobilidade reduzida.

Vegetação:

1. Potencialidade de obstrução da visibilidade.
2. Potencialidade de colisões em árvores: escolha de espécies apropriadas..
3. Capacidade de manutenção da área plantada segura.

Dispositivos de proteção:

1. Localização de defensas metálicas e de concreto seguramente, no intuito de evitar os conflitos entre veículos ou colisões em dispositivos rodoviários.
2. Uso de pára-raios.

Características da Superfície:

1. Superfície apropriada para rodovias de elevadas velocidades ou localizações que são potencialmente perigosas quando molhadas.
2. Superfície apropriada para as aproximações rodoviárias e existência de vilarejos e áreas residenciais, de forma a encorajar a prática de velocidades reduzidas.

Estágio 3 – Pré-operação

Geral:

1. Revisão de auditoria de segurança viária anteriores, a fim de permitir conhecer as possíveis mudanças de projeto.

APÊNDICE G: Auditoria de Segurança Viária – Relatório de Vistoria *in loco* utilizado

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível	
Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização:	
Data:	Período:
PROJETO-TIPO	
1. Tipo adotado:	
2. Adequabilidade quanto aos aspectos de segurança e tráfego:	
3. Acomodação das principais classificações veiculares:	
LOCALIZAÇÃO / ENTRONCAMENTO	
4. Dispositivo isolado:	
5. Existência de demais entradas e saídas (acessos privados ou particulares):	
6. Adequabilidade das entradas e saídas:	
7. Alinhamento horizontal e vertical existente:	
8. Características a montante e a jusante prejudiciais à segurança:	
LAYOUT	
9. Número de faixas:	
10. Faixas auxiliares ou de conversão:	
11. Adequabilidade das larguras de faixas:	
12. Adequabilidade dos comprimentos de faixas auxiliares:	
13. Adequabilidade dos <i>tapers</i> :	
14. Adequabilidade dos raios de curva adotados:	
15. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao movimento veiculares:	
16. Canalização e separação de faixas (física ou sinalização):	
VISIBILIDADE / CONSPICUIDADE / DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE	
17. Visibilidade da interseção:	
18. Deficiências na visibilidade:	
19. Dispositivos limitadores da visibilidade:	
20. Obstrução temporária das linhas de visão:	
21. Possibilidade de remoção dos limitadores da visibilidade:	
22. Adequabilidade das distâncias de visibilidade:	
23. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao atendimento às distâncias de visibilidade:	
MANOBRAS VEICULARES	
24. Manobras permitidas e conhecidas:	
25. Potencialidade de conflitos de tráfego:	

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização:	
Data:	Período:
DISPOSITIVOS DE CONTROLE / SINALIZAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL	
26. Informação da presença da interseção rodoviária: 27. Adequabilidade do número de placas e locais de implantação: 28. Estado de conservação da sinalização horizontal e vertical: 29. Visibilidade noturna e diurna da sinalização horizontal e vertical: 30. Adequabilidade da sinalização horizontal e vertical quanto às informações pertinentes e direcionamento do fluxo de tráfego: 31. Sonorizadores transversais e laterais: 32. Adequabilidade dos limites de velocidade:	
PEDESTRES / CICLISTAS	
33. Presença de pedestres e ciclistas: 34. Dispositivos de segurança próprios:	
ILUMINAÇÃO	
35. Presença de iluminação ao longo da interseção rodoviária: 36. Adequabilidade da iluminação adotada quanto à localização:	

APÊNDICE H: Interseções Rodoviárias analisadas – *Layout's* encontrados

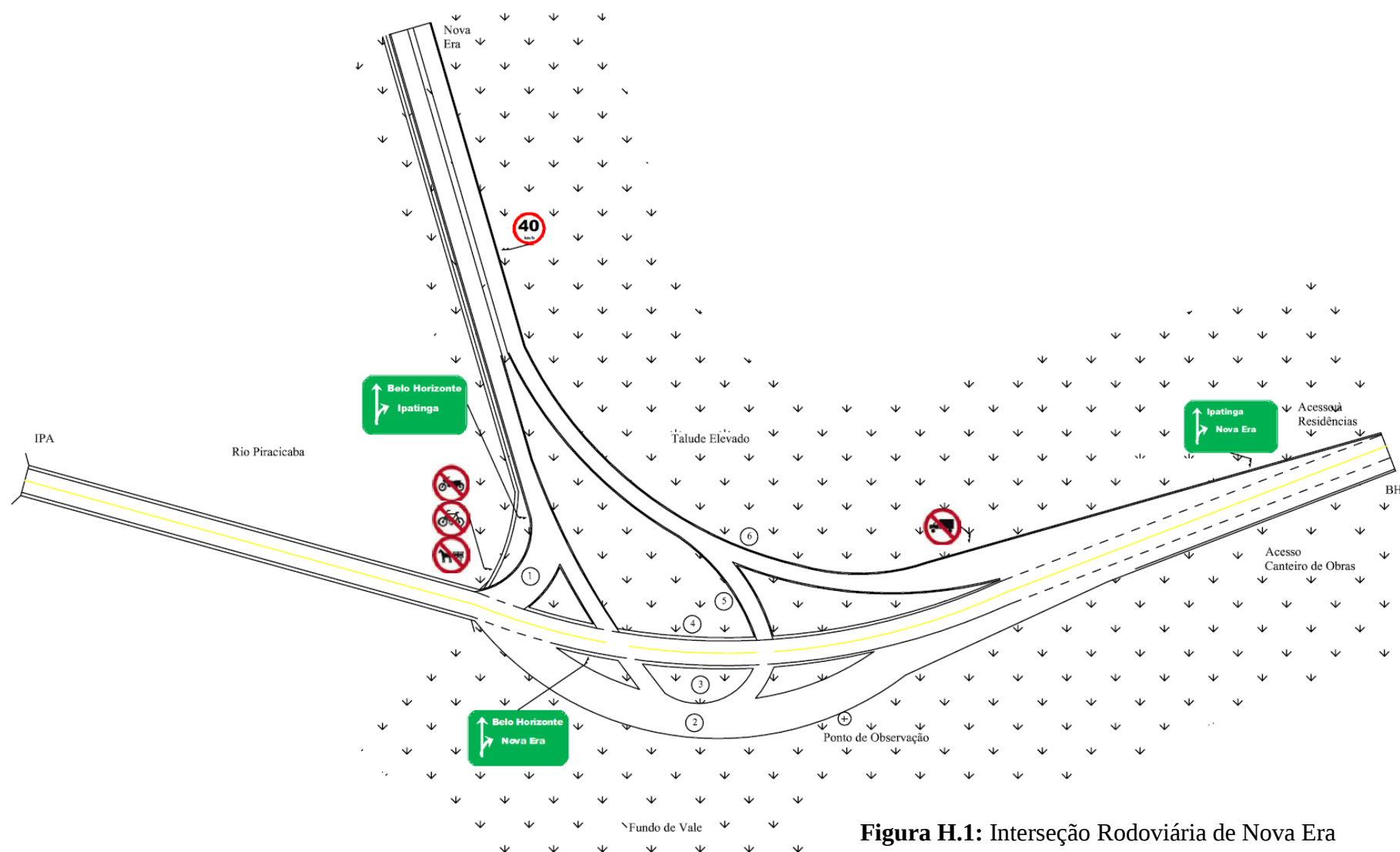


Figura H.1: Interseção Rodoviária de Nova Era

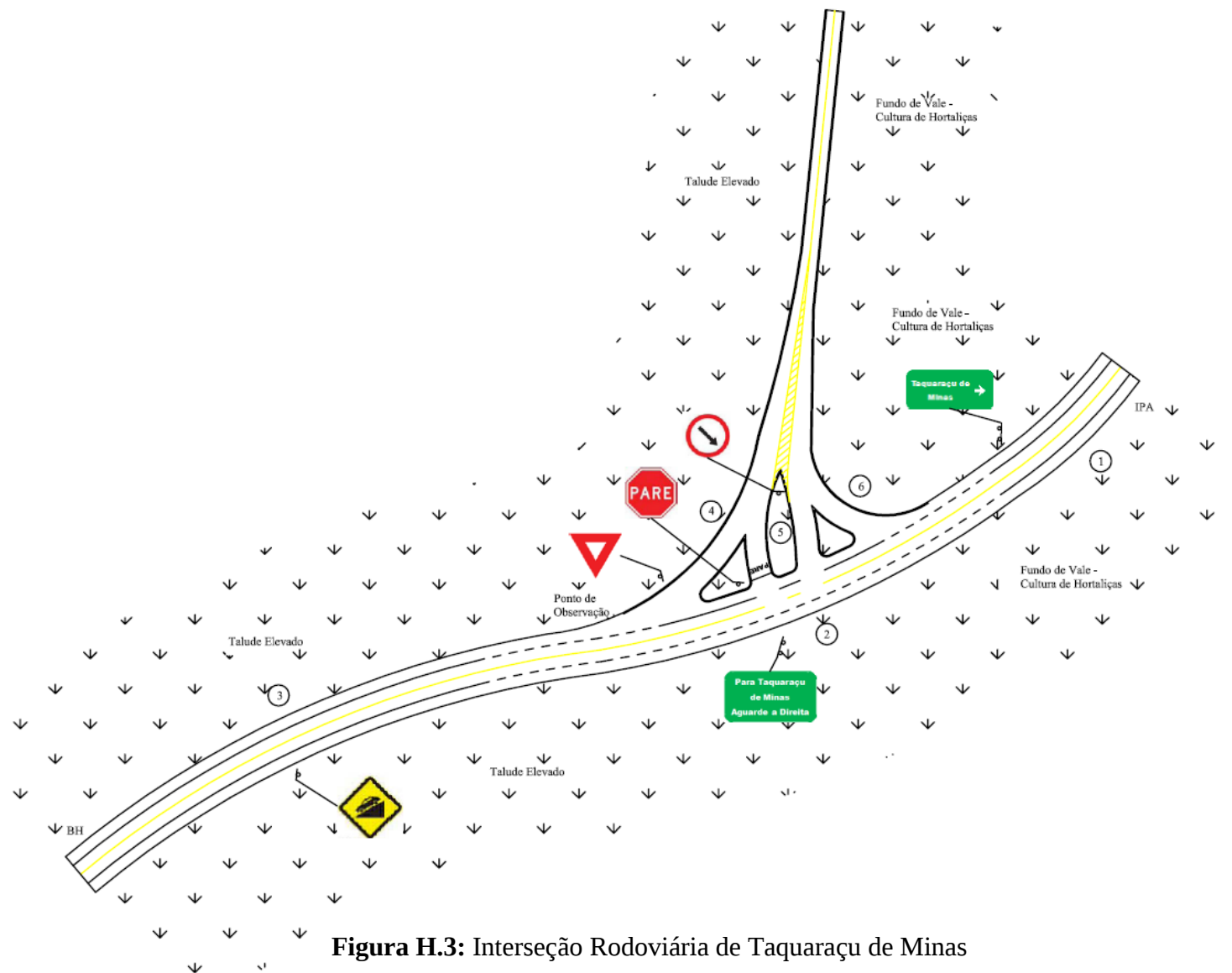


Figura H.3: Interseção Rodoviária de Taquaraçu de Minas

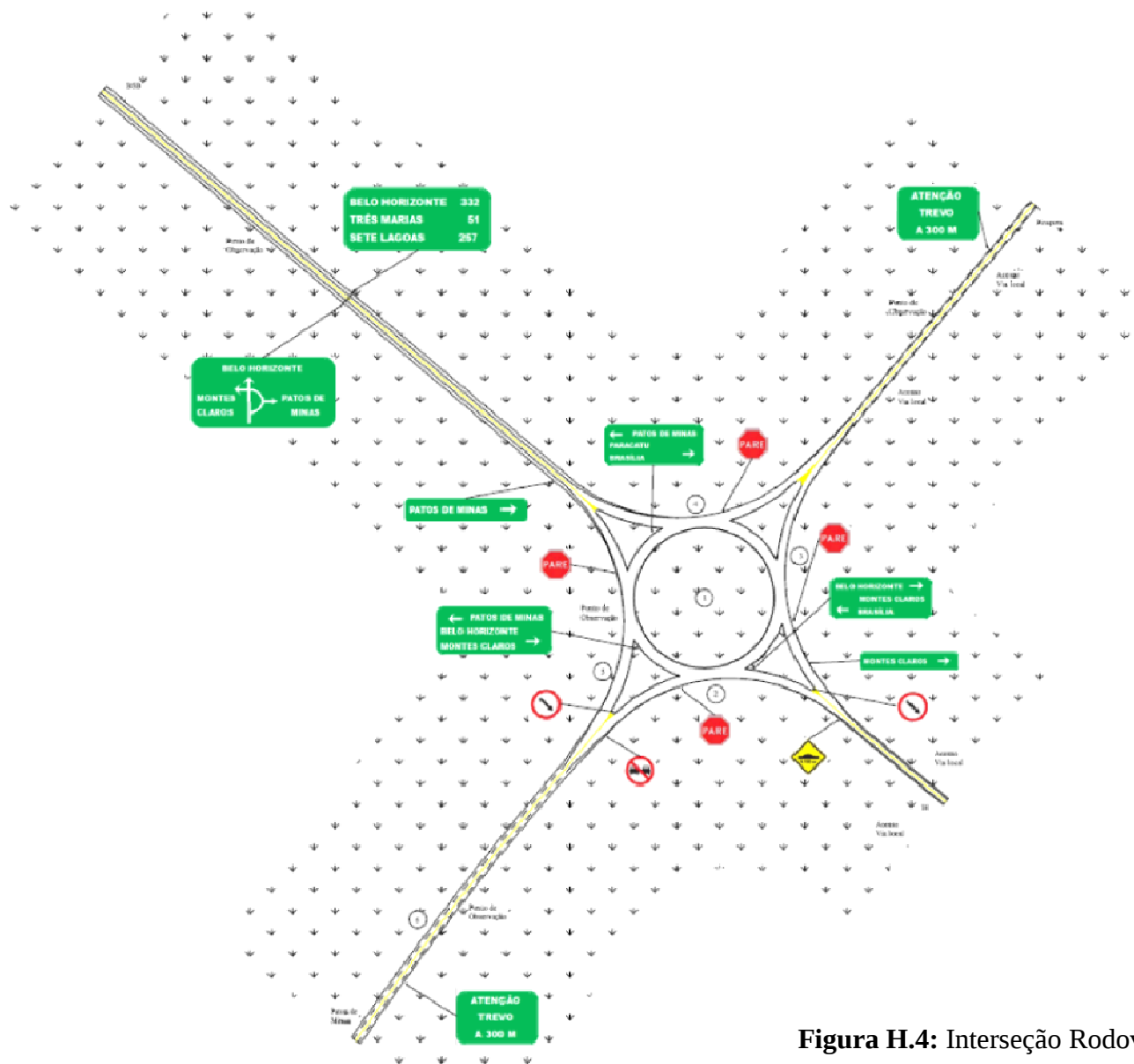


Figura H.4: Interseção Rodoviária de Luizlândia do Oeste

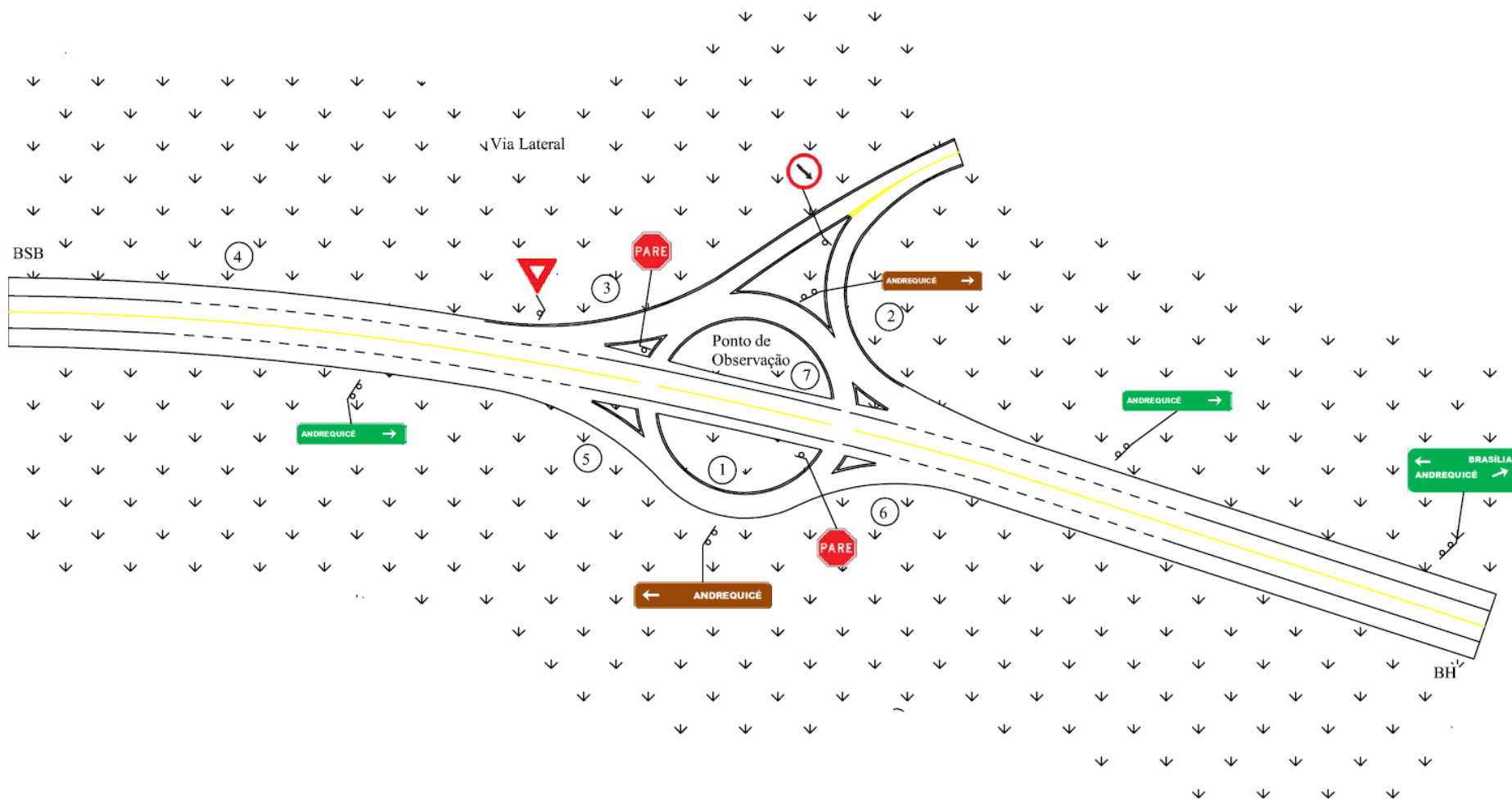


Figura H.5: Interseção Rodoviária de Andrequicé

APÊNDICE I: Relatórios de Auditoria de Segurança Viária - Vistorias *in loco* das interseções rodoviárias selecionadas

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível	
Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização: BR 381 - MG 220 (Acesso à Nova Era)	Sentido: Ipatinga - BH
Data: 04/12/2009	Período: 03/12 a 04/12
PROJETO-TIPO	
1. Tipo adotado:	"T"
2. Adequabilidade quanto aos aspectos de segurança e tráfego:	Interseção imediatamente instalada após uma obra-de-arte especial, do tipo ponte. Além do mais, uma vez que procede também a um segmento rodoviário duplicado e detentor de barreiras de concreto ao longo do canteiro central, é utilizada como um retorno inadequadamente.
3. Acomodação das principais classificações veiculares:	Durante o período de análise, não houve ocorrências de acomodações inadequadas do tráfego.
LOCALIZAÇÃO / ENTRONCAMENTO	
4. Dispositivo isolado:	Sim.
5. Existência de demais entradas e saídas (acessos privados ou particulares):	Existência de acessos à propriedades particulares e ruas laterais.
6. Adequabilidade das entradas e saídas:	Entrada oriunda da aproximação Ipatinga - BH não oferece distância adequada para desaceleração e deslocamento, em virtude da proximidade com a OAE.
7. Alinhamento horizontal e vertical existente:	Interseção rodoviária instalada no pé de curva vertical da rodovia principal, aliada à curva horizontal de raio moderado a reduzido.
8. Características a montante e a jusante prejudiciais à segurança:	MONTANTE - OAE em tangente e declive; JUSANTE - Curva vertical ascendente e curva horizontal para a esquerda de raio moderado a reduzido, bem como acessos à propriedades particulares e vias laterais; SECUNDÁRIA - aproximações em ângulos distintos, sendo as conversões à direita realizadas em aproximadamente 90° e aquelas à esquerda em cerca de 120°.
LAYOUT	
9. Número de faixas:	Uma faixa por sentido.
10. Faixas auxiliares ou de conversão:	CONVERSÃO À DIREITA: <i>taper's</i> e faixas de armazenamento (desaceleração e aceleração) implantadas ao longo dos acostamentos; CONVERSÃO À ESQUERDA: faixas próprias, similares à rotatória vazada.
11. Adequabilidade das larguras de faixas:	Sim.
12. Adequabilidade dos comprimentos de faixas auxiliares:	Aproximação IPA-BH com comprimentos excessivamente reduzidos.
13. Adequabilidade dos <i>tapers</i> :	Durante o período de análise, os <i>taper's</i> adotados mostraram-se adequados para o volume de tráfego existente.
14. Adequabilidade dos raios de curva adotados:	Durante o período de análise, os raios de curva adotados mostraram-se adequados para o volume de tráfego existente.
15. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao movimento veiculares:	Veículos em velocidade elevada, a fim de vencer os aclives apresentados posteriormente.
16. Canalização e separação de faixas (física ou sinalização):	Sinalização horizontal e canalizações adequada.
VISIBILIDADE / CONSPICUIDADE / DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE	
17. Visibilidade da interseção:	Limitada na aproximação BH-IPA, em virtude de talude elevado.
18. Deficiências na visibilidade:	Parece haver limitações, em virtude de talude elevado.
19. Dispositivos limitadores da visibilidade:	Talude elevado.
20. Obstrução temporária das linhas de visão:	Não há.
21. Possibilidade de remoção dos limitadores da visibilidade:	Não há, elevado volume de terra.
22. Adequabilidade das distâncias de visibilidade:	A ser analisado <i>posteriori</i> , quando da confecção do <i>layout</i> adotado.
23. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao atendimento às distâncias de visibilidade:	A ser analisado <i>posteriori</i> , quando da confecção do <i>layout</i> adotado.
MANOBRAS VEICULARES	
24. Manobras permitidas e conhecidas:	Sim.
25. Potencialidade de conflitos de tráfego:	Potenciais conflitos de tráfego, em virtude do deslocamento de veículos lentos e visibilidade reduzida.

Figura I.1: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Nova Era (Folha 01)

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível	
Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização: BR 381 - MG 220 (Acesso à Nova Era)	Sentido: Ipatinga - BH
Data: 04/12/2009	Período: 03/12 a 04/12
DISPOSITIVOS DE CONTROLE / SINALIZAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL	
26. Informação da presença da interseção rodoviária:	Existência de sinalização vertical informando da presença da interseção rodoviária.
27. Adequabilidade do número de placas e locais de implantação:	Placas instaladas a no mínimo 200 metros da interseção, havendo distância suficiente para a redução da velocidade, caso necessário.
28. Estado de conservação da sinalização horizontal e vertical:	Bom.
29. Visibilidade noturna e diurna da sinalização horizontal e vertical:	Boa visibilidade das sinalizações no período diurno. Não foi procedida a análise no período noturno.
30. Adequabilidade da sinalização horizontal e vertical quanto às informações pertinentes e direcionamento do fluxo de tráfego:	Sim.
31. Sonorizadores transversais e laterais:	Não há.
32. Adequabilidade dos limites de velocidade:	Não há placas informando do limite da velocidade nas proximidades da interseção rodoviária.
PEDESTRES / CICLISTAS	
33. Presença de pedestres e ciclistas:	Sim.
34. Dispositivos de segurança próprios:	Não.
ILUMINAÇÃO	
35. Presença de iluminação ao longo da interseção rodoviária:	Não há.
36. Adequabilidade da iluminação adotada quanto à localização:	-

Figura I.2: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Nova Era (Folha 02)

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível	
Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização: BR 040 - BR 436	Sentido: IPA - BH
Data: 07/12/2009	Período: 05/12 a 07/12
PROJETO-TIPO	
1. Tipo adotado:	Rotatória Vazada.
2. Adequabilidade quanto aos aspectos de segurança e tráfego:	Presença de um Distrito Municipal isolado nas adjacências. Elevado número de veículos demasiadamente compridos.
3. Acomodação das principais classificações veiculares:	Durante o período de análise, não houve ocorrências de acomodações inadequadas do tráfego.
LOCALIZAÇÃO / ENTRONCAMENTO	
4. Dispositivo isolado:	Sim.
5. Existência de demais entradas e saídas (acessos privados ou particulares):	Existência de acessos à propriedades particulares e ruas laterais.
6. Adequabilidade das entradas e saídas:	Durante o período de análise, não houve ocorrências que pudessem sugerir deficiências nas entradas e saídas projetadas.
7. Alinhamento horizontal e vertical existente:	Interseção rodoviária instalada ao longo de segmento em declive de curvas verticais e horizontais.
8. Características a montante e a jusante prejudiciais à segurança:	MONTANTE - Vegetação densa, aliada a talude à esquerda do fluxo e curva vertical descendente e curva horizontal à direita com raio elevado; JUSANTE - Curva vertical ascendente e curva horizontal à esquerda com raio elevado, aliada à baixadas alagadas; SECUNDÁRIA - presença de distrito municipal, com acesso irregulares.
LAYOUT	
9. Número de faixas:	Uma faixa por sentido.
10. Faixas auxiliares ou de conversão:	CONVERSÃO À DIREITA: <i>taper's</i> e faixas de armazenamento (desaceleração e aceleração) implantadas ao longo dos acostamentos; CONVERSÃO À ESQUERDA: faixas próprias (rotatória vazada).
11. Adequabilidade das larguras de faixas:	Sim.
12. Adequabilidade dos comprimentos de faixas auxiliares:	Durante o período de análise, comprimentos de faixas auxiliares mostraram-se adequados para o volume de tráfego existente.
13. Adequabilidade dos <i>tapers</i> :	Durante o período de análise, <i>taper's</i> mostraram-se adequados para o volume de tráfego existente.
14. Adequabilidade dos raios de curva adotados:	Durante o período de análise, os raios de curva adotados mostraram-se adequados para o volume de tráfego existente.
15. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao movimento veiculares:	Durante o período de análise, os alinhamentos verticais e horizontais adotados mostraram-se adequados.
16. Canalização e separação de faixas (física ou sinalização):	Sinalização horizontal e canalizações adequadas.
VISIBILIDADE / CONSPICUIDADE / DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE	
17. Visibilidade da interseção:	Aproximação IPA-BH: limitada por vegetação densa.
18. Deficiências na visibilidade:	Parece haver limitações, em virtude de vegetação densa.
19. Dispositivos limitadores da visibilidade:	Vegetação densa.
20. Obstrução temporária das linhas de visão:	Não há.
21. Possibilidade de remoção dos limitadores da visibilidade:	Sim.
22. Adequabilidade das distâncias de visibilidade:	A ser analisado <i>posteriori</i> , quando da confecção do <i>layout</i> adotado.
23. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao atendimento às distâncias de visibilidade:	A ser analisado <i>posteriori</i> , quando da confecção do <i>layout</i> adotado.
MANOBRAS VEICULARES	
24. Manobras permitidas e conhecidas:	Sim.
25. Potencialidade de conflitos de tráfego:	Potenciais conflitos de tráfego, em virtude do deslocamento de veículos lentos e visibilidade reduzida.

Figura I.3: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Barão de Cocais (Folha 01)

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível	
Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização: BR 040 - BR 436	Sentido: IPA - BH
Data: 07/12/2009	Período: 05/12 a 07/12
DISPOSITIVOS DE CONTROLE / SINALIZAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL	
26. Informação da presença da interseção rodoviária:	Existência de sinalização vertical informando da presença da interseção rodoviária.
27. Adequabilidade do número de placas e locais de implantação:	Placas instaladas a no mínimo 200 metros da interseção, havendo distância suficiente para a redução da velocidade, caso necessário.
28. Estado de conservação da sinalização horizontal e vertical:	Bom.
29. Visibilidade noturna e diurna da sinalização horizontal e vertical:	Boa visibilidade das sinalizações no período diurno. Não foi procedida a análise no período noturno.
30. Adequabilidade da sinalização horizontal e vertical quanto às informações pertinentes e direcionamento do fluxo de tráfego:	Sim.
31. Sonorizadores transversais e laterais:	Não há.
32. Adequabilidade dos limites de velocidade:	Não há placas informando do limite da velocidade nas proximidades da interseção rodoviária.
PEDESTRES / CICLISTAS	
33. Presença de pedestres e ciclistas:	Sim.
34. Dispositivos de segurança próprios:	Não.
ILUMINAÇÃO	
35. Presença de iluminação ao longo da interseção rodoviária:	Não há.
36. Adequabilidade da iluminação adotada quanto à localização:	-

Figura I.4: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Barão de Cocais (Folha 02)

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível	
Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização: BR 381 - MG 220 (Acesso à Nova Era)	Sentido: Ipatinga - BH
Data: 09/12/2009	Período: 08/12 a 09/12
PROJETO-TIPO	
1. Tipo adotado:	"T"
2. Adequabilidade quanto aos aspectos de segurança e tráfego:	Interseção instalada em segmento de curva vertical ascendente, aliada à curva horizontal para a esquerda e de raio moderado a reduzido. Além do mais, a aproximação da rodovia secundária está inserida em segmento em tangente descendente.
3. Acomodação das principais classificações veiculares:	Não há faixas exclusivas de conversão à esquerda para o tráfego oriundo da rodovia principal, havendo acomodação de veículos de forma insegura.
LOCALIZAÇÃO / ENTRONCAMENTO	
4. Dispositivo isolado:	Sim.
5. Existência de demais entradas e saídas (acessos privados ou particulares):	Existência de acessos à propriedades particulares e ruas laterais.
6. Adequabilidade das entradas e saídas:	Entrada e saída da rodovia secundária instaladas em aclive acentuado.
7. Alinhamento horizontal e vertical existente:	Interseção rodoviária instalada ao longo de curva vertical descendente, aliada à curva horizontal de raio moderado a reduzido.
8. Características a montante e a jusante prejudiciais à segurança:	MONTANTE - Curva vertical descendente e curva horizontal para a direita, com raio moderado a reduzido, aliadas à baixadas nos seus entornos.; JUSANTE - Curva vertical ascendente e curva horizontal para a esquerda de raio moderado a reduzido, bem como vegetação densa e talude elevado; SECUNDÁRIA - aproximação formada em ângulo menor que 90°, vegetação densa, talude acentuado à direita, baixada à esquerda, tangente ascendente acentuada.
LAYOUT	
9. Número de faixas:	Uma faixa por sentido.
10. Faixas auxiliares ou de conversão:	CONVERSÃO À DIREITA e À ESQUERDA: <i>taper's</i> e faixas de armazenamento (desaceleração e aceleração) implantadas ao longo dos acostamentos.
11. Adequabilidade das larguras de faixas:	Sim.
12. Adequabilidade dos comprimentos de faixas auxiliares:	Aproximação BH-IPA com comprimentos reduzidos.
13. Adequabilidade dos <i>tapers</i> :	Durante o período de análise, os <i>taper's</i> adotados mostraram-se adequados para o volume de tráfego existente.
14. Adequabilidade dos raios de curva adotados:	Durante o período de análise, os raios de curva adotados mostraram-se adequados para o volume de tráfego existente.
15. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao movimento veiculares:	Veículos em velocidade elevada na rodovia principal, a fim de vencer os aclives apresentados posteriormente. Além do mais, elevado desnível a vencer pelos veículos oriundos da rodovia secundária.
16. Canalização e separação de faixas (física ou sinalização):	Sinalização horizontal e canalizações adequada.
VISIBILIDADE / CONSPICUIDADE / DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE	
17. Visibilidade da interseção:	Limitada na aproximação IPA-BH e Secundária, em virtude de talude elevado e vegetação densa.
18. Deficiências na visibilidade:	Parece haver limitações, em virtude de talude elevado e vegetação densa.
19. Dispositivos limitadores da visibilidade:	Talude elevado e vegetação densa.
20. Obstrução temporária das linhas de visão:	Não há.
21. Possibilidade de remoção dos limitadores da visibilidade:	Remota, devido elevado volume de terra e mata nativa.
22. Adequabilidade das distâncias de visibilidade:	A ser analisado <i>posteriori</i> , quando da confecção do <i>layout</i> adotado.
23. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao atendimento às distâncias de visibilidade:	A ser analisado <i>posteriori</i> , quando da confecção do <i>layout</i> adotado.
MANOBRAS VEICULARES	
24. Manobras permitidas e conhecidas:	Sim.
25. Potencialidade de conflitos de tráfego:	Potenciais conflitos de tráfego, em virtude do deslocamento de veículos lentos e visibilidade reduzida, bem como cruzamento na rodovia principal em declive acentuado..

Figura I.5: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Taquaraçu de Minas (Folha 01)

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível	
Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização: BR 381 - MG 220 (Acesso à Nova Era)	Sentido: Ipatinga - BH
Data: 09/12/2009	Período: 08/12 a 09/12
DISPOSITIVOS DE CONTROLE / SINALIZAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL	
26. Informação da presença da interseção rodoviária:	Existência de sinalização vertical informando da presença da interseção rodoviária.
27. Adequabilidade do número de placas e locais de implantação:	Placas instaladas a no mínimo 200 metros da interseção, havendo distância suficiente para a redução da velocidade, caso necessário.
28. Estado de conservação da sinalização horizontal e vertical:	Bom.
29. Visibilidade noturna e diurna da sinalização horizontal e vertical:	Boa visibilidade das sinalizações no período diurno. Não foi procedida a análise no período noturno.
30. Adequabilidade da sinalização horizontal e vertical quanto às informações pertinentes e direcionamento do fluxo de tráfego:	Sim.
31. Sonorizadores transversais e laterais:	Não há.
32. Adequabilidade dos limites de velocidade:	Não há placas informando do limite da velocidade nas proximidades da interseção rodoviária.
PEDESTRES / CICLISTAS	
33. Presença de pedestres e ciclistas:	Esporadicamente.
34. Dispositivos de segurança próprios:	Não.
ILUMINAÇÃO	
35. Presença de iluminação ao longo da interseção rodoviária:	Não há.
36. Adequabilidade da iluminação adotada quanto à localização:	-

Figura I.6: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Taquaraçu de Minas (Folha 02)

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível	
Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização: BR 040 - BR 365	Sentido: BSB - BH / PIRAPORA - PATOS
Data: 13/11/2009	Período: 12/11 a 13/11
PROJETO-TIPO	
1. Tipo adotado:	Rotatória Moderna
2. Adequabilidade quanto aos aspectos de segurança e tráfego:	Presença de um Distrito Municipal isolado nas adjacências.
3. Acomodação das principais classificações veiculares:	Durante o período de análise, não houve ocorrências de acomodações inadequadas do tráfego.
LOCALIZAÇÃO / ENTRONCAMENTO	
4. Dispositivo isolado:	Sim.
5. Existência de demais entradas e saídas (acessos privados ou particulares):	Existência de acessos à propriedades particulares e ruas laterais.
6. Adequabilidade das entradas e saídas:	Durante o período de análise, não houve ocorrências que pudessem sugerir deficiências nas entradas e saídas projetadas.
7. Alinhamento horizontal e vertical existente:	Interseção rodoviária instalada no cume de curva vertical existente no segmento da rodovia secundária.
8. Características a montante e a jusante prejudiciais à segurança:	MONTANTE 040 - Vegetação densa, aliada a talude à direita do fluxo; JUSANTE 040 - Distrito municipal isolado, havendo diversos acessos irregulares, bem como fluxo de pedestres e ciclistas; MONTANTE 365 - Tangente ascendente e acessos irregulares; JUSANTE 365: Tangente descendente.
LAYOUT	
9. Número de faixas:	Uma faixa por sentido.
10. Faixas auxiliares ou de conversão:	Não.
11. Adequabilidade das larguras de faixas:	Sim.
12. Adequabilidade dos comprimentos de faixas auxiliares:	-
13. Adequabilidade dos <i>tapers</i> :	-
14. Adequabilidade dos raios de curva adotados:	Durante o período de análise, os raios de curva adotados mostraram-se adequados para o volume de tráfego existente.
15. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao movimento veiculares:	Durante o período de análise, os alinhamentos verticais e horizontais adotados mostraram-se adequados.
16. Canalização e separação de faixas (física ou sinalização):	Sinalização horizontal adequada. Canalizações conforme projetos de rotatórias modernas.
VISIBILIDADE / CONSPICUIDADE / DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE	
17. Visibilidade da interseção:	Aproximação BSB-BH: limitada por talude adjacente; Aproximações BR-365: limitadas por tangente ascendente.
18. Deficiências na visibilidade:	Parece haver limitações, em virtude de aclives e talude adjacente.
19. Dispositivos limitadores da visibilidade:	Aclives e talude adjacente.
20. Obstrução temporária das linhas de visão:	Não há.
21. Possibilidade de remoção dos limitadores da visibilidade:	Não parcialmente, em virtude de longo trecho em active / declive.
22. Adequabilidade das distâncias de visibilidade:	A ser analisado <i>posteriori</i> , quando da confecção do <i>layout</i> adotado.
23. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao atendimento às distâncias de visibilidade:	A ser analisado <i>posteriori</i> , quando da confecção do <i>layout</i> adotado.
MANOBRAS VEICULARES	
24. Manobras permitidas e conhecidas:	Sim.
25. Potencialidade de conflitos de tráfego:	Potenciais conflitos de tráfego, em virtude do não consentimento do direito de passagem.

Figura I.7: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Luizlândia do Oeste (Folha 01)

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível	
Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização: BR 040 - BR 365	Sentido: BSB - BH / PIRAPORA - PATOS
Data: 13/11/2009	Período: 12/11 a 13/11
DISPOSITIVOS DE CONTROLE / SINALIZAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL	
26. Informação da presença da interseção rodoviária:	Existência de sinalização vertical informando da presença da interseção rodoviária.
27. Adequabilidade do número de placas e locais de implantação:	Placas instaladas a no mínimo 200 metros da interseção, havendo distância suficiente para a redução da velocidade, caso necessário.
28. Estado de conservação da sinalização horizontal e vertical:	Bom.
29. Visibilidade noturna e diurna da sinalização horizontal e vertical:	Boa visibilidade das sinalizações no período diurno. Não foi procedida a análise no período noturno.
30. Adequabilidade da sinalização horizontal e vertical quanto às informações pertinentes e direcionamento do fluxo de tráfego:	Sim.
31. Sonorizadores transversais e laterais:	Uso de lombadas físicas (quebra-molas) apenas no segmento BH-BSB.
32. Adequabilidade dos limites de velocidade:	Não há placas informando do limite da velocidade nas proximidades da interseção rodoviária.
PEDESTRES / CICLISTAS	
33. Presença de pedestres e ciclistas:	Sim.
34. Dispositivos de segurança próprios:	Não.
ILUMINAÇÃO	
35. Presença de iluminação ao longo da interseção rodoviária:	Não há.
36. Adequabilidade da iluminação adotada quanto à localização:	-

Figura I.8: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Luizlândia do Oeste (Folha 02)

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível	
Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização: BR 040 - MG 120 (Acesso à Andrequicé)	Sentido: BSB - BH
Data: 11/11/2009	Período: 10/11 a 11/11
PROJETO-TIPO	
1. Tipo adotado:	Rotatória vazada.
2. Adequabilidade quanto aos aspectos de segurança e tráfego:	Ausência de zonas livres adequadas, adjacentes aos bordos das pistas. Há, ainda, uma via lateral irregular, permitindo a transferência de tráfego.
3. Acomodação das principais classificações veiculares:	Durante o período de análise, não houve ocorrências de acomodações inadequadas do tráfego.
LOCALIZAÇÃO / ENTRONCAMENTO	
4. Dispositivo isolado:	Sim.
5. Existência de demais entradas e saídas (acessos privados ou particulares):	Não.
6. Adequabilidade das entradas e saídas:	Durante o período de análise, não houve ocorrências que pudessem sugerir deficiências nas entradas e saídas projetadas.
7. Alinhamento horizontal e vertical existente:	Interseção rodoviária instalada no cume de curva vertical, associada com segmento de rodovia principal em curva horizontal de raio elevado.
8. Características a montante e a jusante prejudiciais à segurança:	MONTANTE - Curva horizontal para a direita, em raio elevado, associado com curva vertical ascendente; JUSANTE - Curva horizontal para a direita, em raio elevado, associado com curva vertical descendente; SECUNDÁRIA - Aproximação em aproximadamente 90°, embora segmentos restantes estejam instalados a 30° da rodovia principal.
LAYOUT	
9. Número de faixas:	Uma faixa por sentido.
10. Faixas auxiliares ou de conversão:	CONVERSÃO À DIREITA: <i>taper's</i> e faixas de armazenamento (desaceleração e aceleração) implantadas ao longo dos acostamentos; CONVERSÃO À ESQUERDA: faixas próprias (rotatória vazada).
11. Adequabilidade das larguras de faixas:	Sim.
12. Adequabilidade dos comprimentos de faixas auxiliares:	Durante o período de análise, comprimentos de faixas auxiliares mostraram-se adequados para o volume de tráfego existente.
13. Adequabilidade dos <i>tapers</i> :	Durante o período de análise, <i>taper's</i> mostraram-se adequados para o volume de tráfego existente.
14. Adequabilidade dos raios de curva adotados:	Durante o período de análise, os raios de curva adotados mostraram-se adequados para o volume de tráfego existente.
15. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao movimento veiculares:	Veículos em velocidades reduzidas, devido a associação das características veiculares e aclives acentuados, induzem aos demais condutores a execução de ultrapassagens proibidas.
16. Canalização e separação de faixas (física ou sinalização):	Sinalização horizontal adequada. Canalização apenas para os movimentos de conversão à esquerda.
VISIBILIDADE / CONSPICUIDADE / DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE	
17. Visibilidade da interseção:	Limitada em virtude de aclives elevados e vegetação adjacentes.
18. Deficiências na visibilidade:	Parece haver limitações, em virtude de aclives elevados e vegetação adjacentes.
19. Dispositivos limitadores da visibilidade:	Vegetação e aclives.
20. Obstrução temporária das linhas de visão:	Não há.
21. Possibilidade de remoção dos limitadores da visibilidade:	Remota, em virtude da necessidade de rebaixamento do greide e autorização do IBAMA para remoção da vegetação, gerando uma zona livre adequada.
22. Adequabilidade das distâncias de visibilidade:	A ser analisado <i>posteriori</i> , quando da confecção do <i>layout</i> adotado.
23. Adequabilidade do alinhamento horizontal e vertical adotados, quanto ao atendimento às distâncias de visibilidade:	A ser analisado <i>posteriori</i> , quando da confecção do <i>layout</i> adotado.
MANOBRAS VEICULARES	
24. Manobras permitidas e conhecidas:	Sim.
25. Potencialidade de conflitos de tráfego:	Potenciais conflitos de tráfego, em virtude do deslocamento de veículos lentos e visibilidade reduzida.

Figura I.9: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Andrequicé (Folha 01)

Auditoria de Segurança Viária - Interseção rodoviária em nível	
Relatório de Vistoria <i>in loco</i>	
Localização: BR 040 - MG 120 (Acesso à Andrequicé)	Sentido: BSB - BH
Data: 11/11/2009	Período: 10/11 a 11/11
DISPOSITIVOS DE CONTROLE / SINALIZAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL	
26. Informação da presença da interseção rodoviária:	Existência de sinalização vertical informando da presença da interseção rodoviária.
27. Adequabilidade do número de placas e locais de implantação:	Placas instaladas a no mínimo 200 metros da interseção, havendo distância suficiente para a redução da velocidade, caso necessário.
28. Estado de conservação da sinalização horizontal e vertical:	Bom.
29. Visibilidade noturna e diurna da sinalização horizontal e vertical:	Boa visibilidade das sinalizações no período diurno. Não foi procedida a análise no período noturno.
30. Adequabilidade da sinalização horizontal e vertical quanto às informações pertinentes e direcionamento do fluxo de tráfego:	Sim.
31. Sonorizadores transversais e laterais:	Não há.
32. Adequabilidade dos limites de velocidade:	Não há placas informando do limite da velocidade nas proximidades da interseção rodoviária.
PEDESTRES / CICLISTAS	
33. Presença de pedestres e ciclistas:	Esporadicamente.
34. Dispositivos de segurança próprios:	Não há.
ILUMINAÇÃO	
35. Presença de iluminação ao longo da interseção rodoviária:	Não há.
36. Adequabilidade da iluminação adotada quanto à localização:	-

Figura I.10: Auditoria de Segurança Viária – Interseção Andrequicé (Folha 02)