

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

FATORES A SEREM CONSIDERADOS PARA A
DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE EM RODOVIAS
BRASILEIRAS

ÉRICA CRISTINA SILVA MARQUES

ORIENTADORA: MARIA ALICE PRUDÊNCIO JACQUES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES

PUBLICAÇÃO: T.DM – 006 A/2012

BRASÍLIA / DF: MARÇO / 2012

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FATORES A SEREM CONSIDERADOS PARA A DEFINIÇÃO DE
VELOCIDADE LIMITE EM RODOVIAS BRASILEIRAS**

ÉRICA CRISTINA SILVA MARQUES

**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)
(Orientadora)**

**Prof. Paulo César Marques da Silva, PhD (UnB)
(Examinador Interno)**

**Prof^a Helena Beatriz Bettella Cybis, PhD (UFRGS)
(Examinador Externo)**

BRASÍLIA/DF, 14 DE MARÇO DE 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA MARQUES, ÉRICA CRISTINA

Fatores a Serem Considerados para a Definição de Velocidade Limite em Rodovias Brasileiras [Distrito Federal] 2012.

xv, 126 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2012).

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

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Velocidade limite

2. Método de Análise Hierárquica

3. Segurança viária

4. Rodovias

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MARQUES, E. C. S. (2012). Fatores a Serem Considerados para a Definição de Velocidade Limite em Rodovias Brasileiras. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação: T. DM – 006 A/2012, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 141 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Érica Cristina Silva Marques.

TÍTULO: Fatores a Serem Considerados para a Definição de Velocidade Limite em Rodovias Brasileiras.

GRAU: Mestre

ANO: 2012

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.

Érica Cristina Silva Marques
ericacristinasm@gmail.com

“Reconhecer o desconhecimento sobre certas coisas é sinal de inteligência e um passo decisivo para a mudança” (Mario Sergio Cortella)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família: João, Tereza, Carol, Fabrício e Vinícius.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Agradeço aos professores do Programa de pós-graduação em Transportes da UnB. Obrigada pelo auxílio constante, pela boa vontade em ajudar os alunos, e pelo empenho para o crescimento do programa.

Em especial agradeço à minha orientadora, professora Maria Alice. Obrigada por toda a dedicação dispensada no desempenho do seu trabalho, obrigada pelos conselhos de vida que levarei para sempre comigo. Realmente foi um privilégio trabalhar com a senhora.

Agradeço aos amigos do PPGT: Noêmia, Ronny, Ana Sheila, Vinícius, Francisco, Juliana, Giovana, Juan, José, Luciney, Andréia, Mylka, Roberta, Romea, Janneth, Grazi, Paulo, Rodrigo, Alexandre, Lilian, Luciany, Ângela, Jocilene, Lucinete, Adilon, prof. Pastor (além de professor é um amigo). Foi ótimo estar com vocês durante este período, o mestrado acaba, mas a amizade continua.

Agradeço à minha família João, Tereza, Carol, Vinícius, Fabrício e ao Galileu. Obrigada pelo apoio e companheirismo de todas as horas. Vocês foram essenciais para mim nesta jornada.

Agradeço à colaboração dos especialistas do DNIT, ANTT, AGETOP, DER-DF, DER-MG, DERSA, DER-SP e DEINFRA-SC, obrigada pelo empenho e simpatia no preenchimento dos questionários.

Agradeço aos órgãos CAPES e CNPQ pelo apoio financeiro durante o período do mestrado.

RESUMO

FATORES A SEREM CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE EM RODOVIAS BRASILEIRAS

A definição de velocidade limite deve buscar a segurança de todos os usuários da rodovia e promover a fluidez em níveis compatíveis com as necessidades de deslocamento ao longo da via. Contudo, a definição de velocidade realizada tanto por órgãos do exterior quanto do Brasil com base em estudos de engenharia ressenete-se, em geral, da falta de elementos objetivos que levem à adoção de valores similares para vias com características semelhantes. As principais dificuldades enfrentadas pela maioria dos órgãos responsáveis pela operação das rodovias são: falta de definição da importância relativa dos fatores usualmente considerados e ausência de critérios objetivos que relacionem a medida dos fatores com o valor da velocidade limite correspondente.

Neste contexto, a presente pesquisa visa contribuir para a superação da primeira dificuldade, quer é identificar, por meio de consulta a especialistas, os principais fatores relacionados à definição de velocidade limite juntamente com seus pesos relativos. Constitui-se, também, em um passo inicial no sentido de contribuir para a eliminação da segunda dificuldade, na medida em que busca verificar a possibilidade de adaptação das regras dispostas no sistema USLIMITS para representar a visão dos técnicos brasileiros.

A pesquisa parte de um aprofundamento teórico quanto aos fatores considerados nos sistemas especialistas e estudos de engenharia para a definição de velocidade limite. Com base nos resultados da revisão bibliográfica, é proposto e aplicado um procedimento para a identificação da hierarquia e pesos dos fatores considerados importantes na definição de velocidade limite, por meio da utilização do Método de Análise Hierárquica – MAH e consulta a especialistas de órgãos estaduais e federais que tratam de projeto, construção, operação e/ou fiscalização de rodovias. A mesma consulta a especialistas é aproveitada com o intuito de adaptar as regras dispostas no sistema USLIMITS para representar a visão dos técnicos brasileiros.

O procedimento aplicado demonstrou a efetividade do MAH, por meio do uso do software *Expert Choice*, que possibilitou conhecer a ordem de importância e os pesos dos fatores que influenciam na determinação da velocidade limite para vias novas e existentes nos órgãos pesquisados. Mostrou, também, que a consulta a especialistas de forma individualizada não é a melhor abordagem para permitir a adaptação da base de regras do USLIMITS.

ABSTRACT
FACTORS TO BE CONSIDERED FOR SETTING SPEED LIMITS TO
BRAZILIAN HIGHWAYS

Speed limits definition must take into account both the safety of all road users and the traffic flow fluidity in accordance with the desired highway operation characteristics. Nonetheless, engineering studies conducted by Brazilian and foreign road traffic agencies aimed to establish speed limits resort from objective elements that lead to similar speed limit values for roadways with resembling characteristics. The main difficulties faced by most of these agencies are: lack of definition of the relative importance of the factors usually considered and absence of objective criteria that would relate factors' measure with the corresponding speed limit.

Within this context, this research aims to contribute to overcome the first difficulty by identifying the main factors related to speed limits definition and the relative weights of such factors. This research also consists in an initial step towards the contribution to eliminate the second difficulty as it strives to verify the possibility to adapt the rules provided in the system USLIMITS in order to represent Brazilian technicians' point of view.

This research starts with a comprehensive literature review regarding the factors considered in expert systems and in engineering studies for setting speed limits. Based on the results of this literature review, a procedure to identify the hierarchy and the weights of the factors deemed relevant for setting speed limits is proposed and applied. This is done by using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and by consulting specialists of state and federal road traffic agencies responsible for highway projects, constructions, operations and/or inspections. This same consultation to specialists has also taken the opportunity to adapt the rules provided in the System USLIMITS in order to represent Brazilian technicians' view.

The procedure applied has shown the effectiveness of the AHP by the use of the software "Expert Choice". This has made it possible to figure out the relevance and the weights of the factors that influenced the studied agencies when establishing speed limits in new roads. The procedure has also shown that consulting specialists individually is not the best approach to enable the adaptation of USLIMITS rule basis.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – APRESENTAÇÃO	1
1.2 – FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	6
1.3 – HIPÓTESE.....	7
1.4 – OBJETIVOS	7
1.5 – JUSTIFICATIVA	8
1.6 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	9
2 – SISTEMAS ESPECIALISTAS PARA A DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE	11
2.1 – SISTEMA LIMITS	11
2.2 – SISTEMA USLIMITS	13
2.2.1 – Estrutura geral	14
2.2.2 – Base de regras.....	15
2.3 – SISTEMA LTSA	17
2.4 – TÓPICOS CONCLUSIVOS.....	19
3 – ESTUDOS DE ENGENHARIA PARA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE	22
3.1 – FATORES CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE POR ÓRGÃOS DE TRÂNSITO BRASILEIROS	22
3.2 – FATORES CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE POR ÓRGÃOS DE TRÂNSITO DE OUTROS PAÍSES	23
3.3 – SÍNTESE DOS FATORES CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE	30
3.4 – TÓPICOS CONCLUSIVOS.....	32
4 – PROCEDIMENTO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES A SEREM CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE PARA AS RODOVIAS BRASILEIRAS	34
4.1 – ETAPA 1: IDENTIFICAÇÃO DE LISTA DE FATORES CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE E DE MÉTODO PARA HIERARQUIZAÇÃO DOS FATORES.....	35
4.2 – ETAPA 2: ELABORAÇÃO E TESTE DO INSTRUMENTO DE COLETA	37

4.3 – ETAPA 3: SELEÇÃO DOS ESPECIALISTAS.....	41
4.4 – ETAPA 4: COLETA E TRATAMENTO DE DADOS.....	42
4.4.1 – Coleta de dados.....	42
4.4.2 – Tratamento de dados.....	44
4.5 – ETAPA 5: ANÁLISE DOS RESULTADOS	50
4.6 – TÓPICOS CONCLUSIVOS.....	50
5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS	52
5.1 – ANÁLISE DESCRITIVA DA PRÁTICA DOS ÓRGÃOS PARA A DEFINIÇÃO DA VELOCIDADE LIMITE PARA RODOVIAS	52
5.1.1 – Identificação dos critérios adotados.....	52
5.1.2 – Avaliação geral da importância dos fatores para a definição de velocidade limite.....	54
5.2 – ANÁLISE DA HIERARQUIA E PESO DOS FATORES.....	56
5.2.1 – Análise dos resultados para vias novas.....	56
5.2.1.1 – Proposição de lista de fatores para o auxílio à determinação de velocidade limite em vias novas	56
5.2.1.2 – Análise dos julgamentos individuais dos órgãos federais e estaduais para vias novas.....	59
5.2.1.3 – Análise da variabilidade entre os resultados combinados dos órgãos estaduais e órgãos federais para vias novas	61
5.2.2 – Análise dos resultados para vias existentes	64
5.2.2.1 – Proposição de lista de fatores para o auxílio à determinação de velocidade limite em vias existentes.....	64
5.2.2.2 – Análise dos julgamentos individuais dos órgãos federais e estaduais para vias existentes	67
5.2.2.3 – Análise da variabilidade entre os resultados combinados dos órgãos estaduais e órgãos federais para vias existentes.....	69
5.2.3 – Comparação entre os resultados para vias novas e vias existentes.....	71
5.3 – TÓPICOS CONCLUSIVOS.....	73
6 - ESTUDO PARA ADAPTAÇÃO DO USLIMITS À REALIDADE BRASILEIRA	76
6.1 – ETAPA 1.....	76
6.2 – ETAPA 2.....	77
6.3 – ETAPA 3.....	78
6.4 – ETAPA 4.....	78

6.5 – ETAPA 5.....	79
6.6 – TÓPICOS CONCLUSIVOS.....	80
7 – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	82
7.1 – PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS	83
7.2 – LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	85
7.3 – RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÊNDICE A – BASE DE REGRAS PARA A DETERMINAÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE DO SISTEMA ESPECIALISTA USLIMITS	91
A.1 – DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS UTILIZADOS NO PROGRAMA USLIMITS.....	91
A.2 – PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DA VELOCIDADE LIMITE PELO PROGRAMA USLIMITS	97
A.2.1 – Processo de obtenção da velocidade considerando características do local (VL1)	98
A.2.2 – Cálculo da velocidade limite com dados de acidentes (VL2).....	99
A.2.3 – Obtenção da velocidade limite recomendada: ajuste da velocidade preliminar.....	100
A.2.4 – Mensagens de alerta.....	101
APÊNDICE B - ASPECTOS CONCEITUAIS DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA.....	102
B.1 – MÉTODO DE CÁLCULO	102
B.2 – MODELO DE QUESTIONÁRIO.....	107
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIOS 1, 2, 3 e 4.....	108
APÊNDICE D – SÍNTESE DOS JULGAMENTOS DOS ÓRGÃOS ESTADUAIS (OE) E ÓRGÃOS FEDERAIS (OF) REFERENTE À IMPORTÂNCIA RELATIVA DOS FATORES NA DETERMINAÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE PARA VIAS NOVAS E EXISTENTES	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Principais métodos para definição de velocidade limite.....	6
Tabela 2.1 – Fatores considerados na definição de velocidade limite no programa LIMITS	13
Tabela 2.2 – Etapas realizadas no desenvolvimento do USLIMITS 2.....	14
Tabela 2.3 – Dados de entrada para o USLIMITS2 relacionados à via ou segmento estudado.....	15
Tabela 2.4 – Determinação de velocidade limite na Nova Zelândia.....	18
Tabela 2.5 – Fatores considerados na definição de velocidade limite.....	19
Tabela 2.6 – Síntese das relações entre valores dos fatores e valores da velocidade limite para o sistema USLIMITS.....	21
Tabela 3.1 – Fatores considerados na definição de velocidade limite por órgãos de trânsito brasileiros.....	23
Tabela 3.2 – Fatores considerados na definição de velocidade limite de acordo com o MUTCD (2009).....	24
Tabela 3.3 – Fatores utilizados na definição dos limites de velocidade nos Estados Unidos, segundo Parker (1985).....	25
Tabela 3.4 – Variáveis consideradas na determinação de velocidade limite segundo Correia e Silva (2010).....	30
Tabela 3.5 – Fatores considerados nos estudos revisados para a definição de velocidade limite.....	31
Tabela 4.1 – Lista geral de fatores a serem considerados no processo de consulta a especialistas.....	36
Tabela 4.2 – Questões para a coleta de informações referentes aos procedimentos adotados na definição de velocidade limite.....	37
Tabela 4.3 – Elementos a serem comparados no Questionário 3.....	39
Tabela 4.4 – Frota de veículos e quilometragem de rede viária por estado . Erro! Indicador não definido.	
Tabela 4.5 – Número de questionários válidos por órgão.....	49
Tabela 5.1 – Síntese das respostas obtidas na questão 1 do Questionário 1.....	53
Tabela 5.2 – Síntese das respostas obtidas na questão 2 do Questionário 1.....	53
Tabela 5.3 – Síntese das respostas obtidas na questão 3 do Questionário 1.....	54

Tabela 5.4 – Síntese das respostas obtidas na questão 4 do Questionário 1.....	54
Tabela 5.5 – Porcentagem de entrevistados que responderam que o fator não é importante para a definição de velocidade limite	55
Tabela 5.6 – Comparação entre valores combinados para Órgãos Estaduais (OE), Órgãos Federais (OF) e Órgãos Federais e Estaduais para (OF e OE) para vias novas	62
Tabela 5.7 – Comparação entre valores combinados para Órgãos Estaduais (OE), Órgãos Federais (OF) para vias existentes.....	70
Tabela 5.8 – Comparação entre valores combinados para vias novas e existentes.....	72
Tabela 6.1 – Questões relacionadas a vias expressas com controle de acessos	78
Tabela 6.2 – Síntese das resposta obtidas no Questionário 4	79
Tabela 7.1 – Principais fatores para definição de velocidade limite para vias novas.....	84
Tabela 7.2 – Principais fatores para definição de velocidade limite para vias existentes ...	84
Tabela A.1 – Classificação dos níveis de perigo a serem considerados em áreas não desenvolvidas	95
Tabela B.1 – Escala de comparação de critérios proposta por SAATY	104
Tabela B.2 – (a) Exemplo do cálculo do peso global; (b) Sintetização das prioridades ..	105
Tabela B.3 – Índice randômico (IR) para até 15 critérios	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Fatores que afetam a escolha da velocidade	2
Figura 1.2 – Taxa de envolvimento em acidentes por desvios com relação à velocidade média	3
Figura 1.3 – Relação entre velocidade e envolvimento em acidentes	4
Figura 2.1 – Procedimento para determinação da velocidade limite no programa USLIMITS2.....	14
Figura 2.2 – Procedimento detalhado para determinação da velocidade limite no programa USLIMITS2.....	16
Figura 3.1 – Fatores considerados para selecionar velocidade de projeto em vias novas... ..	26
Figura 3.2 – Fatores considerados para determinar velocidade limite em vias existentes ..	26
Figura 3.3 – Fatores considerados na definição da velocidade limite segundo ITE (2001)	27
Figura 3.4 – Fatores considerados na definição de velocidade limite segundo Skaszek (2004)	28
Figura 3.5 – Fatores considerados por pelo menos 40% dos estudos revisados, para a definição de velocidade limite.....	32
Figura 4.1 – Estrutura geral do procedimento adotado	34
Figura 4.2 – Exemplo de preenchimento do Questionário 2	38
Figura 4.3 – Exemplo de preenchimento do Questionário 3	40
Figura 4.4 – Estrutura hierárquica para vias existentes	46
Figura 4.5 – Exemplo da matriz de comparação gerada para o grupo Classificação viária pelo <i>Expert Choice</i>	47
Figura 4.6 – Prioridades resultantes de um julgamento referente a vias existentes	47
Figura 5.1 – Combinação dos resultados dos órgãos estaduais para vias novas	57
Figura 5.2 – Combinação dos resultados dos órgãos federais para vias novas	57
Figura 5.3 – Combinação dos resultados dos órgãos federais e estaduais para vias novas. ..	58
Figura 5.4 – Comparação entre julgamentos dos Órgãos Federais (OF) e Órgãos Estaduais (OE) para vias novas.....	60
Figura 5.5 – Análise da divergência entre os resultados obtidos para vias novas.....	63
Figura 5.6 – Combinação dos resultados dos órgãos estaduais para vias existentes.....	65
Figura 5.7 – Combinação dos resultados dos órgãos federais para vias existentes.....	65

Figura 5.8 – Combinação dos resultados combinados dos órgãos federais e estaduais para vias existentes	66
Figura 5.9 – Comparação entre julgamentos dos Órgãos Federais (OF) e Órgãos Estaduais (OE) para vias existentes	68
Figura 5.10 – Análise da divergência entre os resultados obtidos para vias existentes	70
Figura 5.11 – Análise da divergência entre os resultados obtidos para vias novas e existentes	72
Figura 6.1 – Estrutura geral do procedimento para a adaptação do sistema USLIMITS	76
Figura B.1 – Hierarquia simples de três níveis	103
Figura B.2 – Matriz-exemplo de comparações paritárias.....	104
Figura B.3 – Questionário no formato MAH	107
Figura D.1 – Julgamento do Órgão Estadual 1 (OE1).....	120
Figura D.2 – Julgamento do Órgão Estadual 2 (OE2).....	121
Figura D.3 – Julgamento do Órgão Estadual 3 (OE3).....	122
Figura D.4 – Julgamento do Órgão Estadual 4 (OE4).....	123
Figura D.5 – Julgamento do Órgão Estadual 5 (OE5).....	124
Figura D.6 – Julgamento do Órgão Federal 1 (OF1).....	125
Figura D.7 – Julgamento do Órgão Federal 2 (OF2).....	126

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO

A necessidade do deslocamento de veículos e pedestres requer uma estrutura viária adequada e segura. Para isso, com o intuito de prover maior segurança aos usuários, deve-se levar em conta o quesito velocidade na fase de projeto e na fase de operação da via.

Os motoristas, ao escolherem uma determinada velocidade, nem sempre tomam a decisão mais favorável do ponto de vista da segurança viária devido aos seguintes fatores (TRB, 1998; AUSTRROADS, 2005):

- externalidades: o motorista tem dificuldade em avaliar o efeito que seu comportamento no trânsito produz nos demais usuários da via;
- informação inadequada: o motorista pode ter uma percepção inadequada em relação às condições da via e de seu veículo;
- erro de percepção: o motorista pode subestimar a ocorrência e severidade de acidentes que a velocidade de seu veículo pode causar. Também pode superestimar sua habilidade na condução do veículo, e também a habilidade de outros motoristas.

A velocidade está relacionada tanto à segurança quanto à eficiência de viagens, o que torna importante gerenciá-la (Srinivasan *et al.*, 2006). A adoção de limites para os valores das velocidades com que os veículos podem circular nas vias urbanas e rurais é uma das ferramentas mais utilizadas com este objetivo (Tsu *et al.*, 2004).

A ideia de controlar a velocidade dos veículos vem da assunção de que ao se reduzir velocidade também se reduzem acidentes ou, pelo menos, a severidade desses eventos. Srinivasan *et al.* (2006) afirmam que uma velocidade limite racional é aquela que proporciona segurança, que a maioria das pessoas considera apropriada, que irá proteger o público, e que é exequível. Isto é, o limite de velocidade deve corresponder às características da via e ser aceito pelo usuário.

Logo, a definição de velocidades máximas deve partir de uma velocidade desejada pelos motoristas, porém associada a fatores que promovam a segurança de todos os usuários da via.

A velocidade do veículo tem uma estreita relação com os aspectos comportamentais do motorista, tais como escolha da velocidade, conformidade com os limites de velocidade, e percepção de risco (AUSTROADS, 2005). Também há uma forte relação entre velocidade e fatores de engenharia como elementos na lateral da rodovia, superfície de rolamento, geometria, características do veículo, e proteção dos ocupantes do veículo. As interações entre esses fatores fazem da gestão da velocidade uma tarefa multifatorial e de consideráveis proporções (AUSTROADS, 2005).

De acordo com Stuster *et al.* (1998), os motoristas geralmente reconhecem o mérito de reduzir sua velocidade em condições desconhecidas ou perigosas, para obter um tempo adicional para a tomada de decisão, o que demonstra uma tendência natural de auto-preservação. Porém, esse bom julgamento não é generalizado entre os condutores de veículos, como também existem grandes diferenças de capacidade e de habilidade entre os motoristas.

A escolha individual da velocidade, realizada pelo motorista, pode ser influenciada por uma série de fatores, como ilustrado na Figura 1.1. Entender a influência desses fatores na escolha da velocidade é vital para o estabelecimento de estratégias relacionadas à gestão da velocidade (AUSTROADS, 2005). O estabelecimento de limites de velocidade é base da gestão da velocidade, pois possibilita a fiscalização do comportamento dos condutores, e propõe aos motoristas uma velocidade aceitável e adequada. Deste modo, os limites de velocidade devem ser utilizados para aumentar a segurança, mitigando os riscos impostos na escolha da velocidade pelos motoristas (AUSTROADS, 2005).

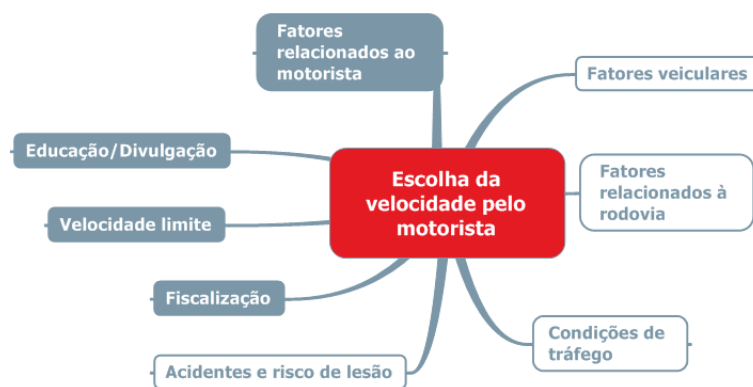


Figura 1.1 - Fatores que afetam a escolha da velocidade (Fonte: adaptado de Oxley e Corben, 2002 *apud* AUSTROADS, 2005)

Para compreender a relação entre velocidade e segurança é necessário conhecer os conceitos de velocidade encontrados na literatura, conhecer em que proporção a variação de velocidade implica em acidentes e entender o procedimento de escolha da velocidade pelo motorista.

De acordo com o estudo de Stuster *et al.* (1998), a relação entre a velocidade e a incidência de acidentes decorre do seguinte fato: quanto maior a velocidade do veículo, menor será o tempo disponível para a reação a um elemento de perigo na via, ou para a reação de outros motoristas ou pedestres. Como o tempo de reação varia entre os condutores, existe incidência de acidentes devido à variação de velocidades.

Solomon (1964) e Cirillo (1968), *apud* Stuster *et al.* (1998), pesquisaram essa relação entre velocidade veicular e incidência de acidentes. Foram verificadas menores taxas de acidentes para velocidades próximas à velocidade média do tráfego, e maiores taxas na medida em que se tem maiores desvios, acima ou abaixo, em relação à velocidade média. O estudo contribuiu para que fosse comprovado que veículos de baixa velocidade são mais propensos a se envolverem em acidentes do que veículos com velocidade relativamente alta. A Figura 1.2 apresenta essa relação.

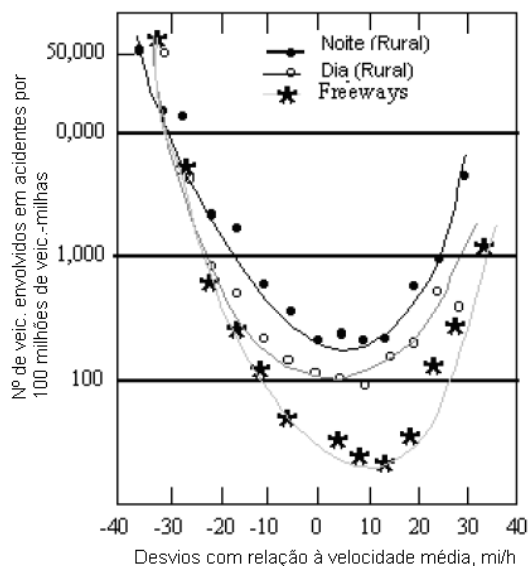


Figura 1.2 - Taxa de envolvimento em acidentes por desvios com relação à velocidade média (Fonte: Solomon, 1964 e Cirillo, 1968 *apud* Stuster *et al.* (1998))

Estudos de West and Dunn (1971), *apud* Stuster *et al.* (1998), deram continuidade à pesquisa de Solomon (1964) e Cirillo (1968), com a retirada da influência de veículos que fazem travessias ou retornos. O resultado gerado é que tanto veículos com velocidades

acima da média, quanto com velocidades inferiores à média estão igualmente propensos a envolvimento em acidentes, como mostra a Figura 1.3.

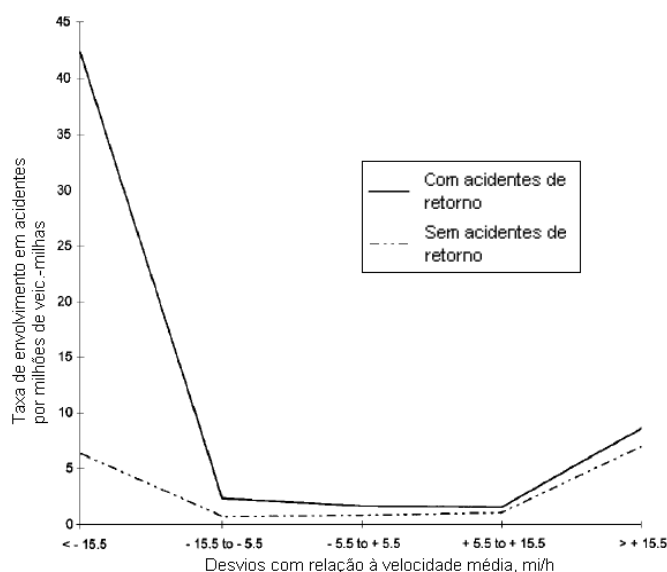


Figura 1.3 - Relação entre velocidade e envolvimento em acidentes (Fonte: adaptado de West and Dunn, 1971 *apud* Stuster *et al.* (1998))

Por fim, Lave (1985), *apud* Stuster *et al.* (1998), concluiu que velocidades limite projetadas para reduzir taxas de acidentes devem se concentrar em reduzir as variações de velocidade, e assim deve-se combater tanto motoristas que trafegam em baixa velocidade quanto os que trafegam em alta velocidade. Neste mesmo estudo, o autor sugeriu que o aumento da velocidade limite diminuiria a dispersão e por consequência diminuiria o número de acidentes.

Os estudos das relações entre velocidade, incidência de acidentes e severidade de acidentes reunidos por Stuster *et al.* (1998) contribuíram para o reconhecimento de que a definição de velocidade limite deve considerar questões de segurança, e demonstram que a definição de velocidades limite muito altas ou muito baixas, incompatíveis com o local de estudo, resultam em uma maior incidência de acidentes com maior severidade.

Atualmente há uma preocupação global quanto ao número de perdas de vidas humanas causadas por acidentes de trânsito, que vem crescendo em todos os países do mundo a taxas variadas. Com o intuito de modificar este cenário foi criada pela Organização das Nações Unidas – ONU a Década de Ação para Segurança Viária 2011 – 2020, com o objetivo de estabilizar e depois reduzir o nível previsto de mortes em acidentes de trânsito em todo o mundo, por meio do aumento de atividades realizadas em nível nacional, regional e mundial (UN, 2010).

A Década de Ação para Segurança Viária tomou por base o relatório elaborado pela Organização Mundial da Saúde - OMS denominado *Global Status Report on Road Safety: Time for Action* (WHO, 2009). Este relatório traz um diagnóstico do estado da segurança viária em vários países do mundo. Ao citar o Brasil, o relatório apresenta que o país está entre os 10 do mundo com maior número de mortes causadas por acidentes de trânsito.

O relatório também comenta sobre a definição de velocidade limite, e verifica que apenas 9% dos países indicam aplicação adequada dos limites de velocidade. E como recomendações, o relatório cita as seguintes diretrizes:

- os países precisam estabelecer e aplicar limites de velocidade que correspondam à função de cada via. Devem considerar os tipos de veículos que utilizam a via, a natureza e a finalidade da via, atividades na lateral da via, previsão de facilidades para os usuários mais vulneráveis e frequência de uso por pedestres e ciclistas. Especialmente em áreas urbanas, a velocidade limite não deve exceder 50 km/h;
- as autoridades locais precisam ter o poder de reduzir o limite de velocidade onde os usuários mais vulneráveis correm um risco particular;
- deve-se colocar em prática programas direcionados a promover a consciência pública e a compreensão dos efeitos do excesso de velocidade e da imposição de limites de velocidade.

As diretrizes relacionadas à determinação de velocidade limite recomendadas pela OMS dão indícios dos fatores que devem ser considerados na definição de velocidade pelos órgãos e entidades responsáveis pela gestão do trânsito, incluindo os brasileiros.

Para a definição de velocidade limite podem ser adotados métodos distintos. A Tabela 1.1 apresenta os principais métodos referidos na literatura.

Tabela 1.1 - Principais métodos para definição de velocidade limite

Limites legais de velocidade	São valores máximos definidos por lei. Esta velocidade é estabelecida, em geral, de acordo com a classe da via e com o tipo de veículo. O método é adotado tanto no Brasil quanto em outros países (Brasil, 1997; Contran, 2007).
Estudos de engenharia	São estudos técnicos que permitem o estabelecimento de velocidades iguais ou inferiores às referidas nos limites legais de velocidade. O Brasil adota como base para realização do estudo de engenharia os fatores apresentados no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito aprovado pela Resolução 180/2005 do Contran (2007).
Sistemas Especialistas	São programas computacionais utilizados para a definição de velocidades limites. São desenvolvidos a partir do conhecimento acumulado de diversos especialistas na área. A grande vantagem no uso deste método é a redução da subjetividade das decisões (Austroads, 2005).
Limites de velocidade variáveis	Neste método a velocidade limite pode variar de acordo com as condições de superfície da via, condições atmosféricas, situações de tráfego, trechos rodoviários em obra, entre outros aspectos (Robson, 2000).
Velocidade ótima	Tem o propósito de atingir benefícios para a sociedade e os limites de velocidade são definidos com vistas a minimizar o custo total do transporte para a sociedade, que inclui, por exemplo, tempo de viagem, acidentes rodoviários, poluição, entre outros (Cameron, 2002).
Programa <i>Vision Zero</i>	Não é um método de definição de velocidade limite, mas tem o propósito de contribuir com uma visão de que os usuários das vias não devem ser expostos a situações de violência que não possam ser suportadas pelo corpo humano (Tingvall e Haworth, 1999).

A definição da velocidade limite é feita, em geral, com a utilização do método denominado “Estudos de Engenharia”. Este método busca subsidiar a decisão dos órgãos gestores quanto à definição de velocidade limite por meio de uma lista de fatores que devem ser considerados. No caso brasileiro, esta lista está estabelecida na Resolução nº 180/2005 do CONTRAN (2007). O método em questão recomenda a consideração de diferentes aspectos ligados às características físicas e operacionais das vias, porém não traz diretrizes sobre como estes aspectos devem ser efetivamente considerados. Em consequência, a definição da velocidade limite resente-se da falta de elementos objetivos que garantam valores similares para vias com características semelhantes.

Assim, para contribuir com o estabelecimento de um procedimento claro e objetivo no âmbito dos “Estudos de Engenharia”, destinado a apoiar os tomadores de decisão na definição de velocidade limite, o presente trabalho tem a intenção de identificar os principais fatores, em termos da importância relativa, a serem considerados no estudo de engenharia para a definição da velocidade limite em rodovias brasileiras.

1.2 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A definição de velocidade limite deve buscar a segurança de todos os usuários da rodovia e promover a fluidez em níveis compatíveis com as necessidades de deslocamento desses usuários. Contudo, a definição de velocidade realizada tanto por órgãos do exterior quanto do Brasil resente-se, em geral, da falta de elementos objetivos que levem à adoção de valores similares para vias com características semelhantes. As principais dificuldades

enfrentadas pela maioria dos órgãos responsáveis pela operação das rodovias são: falta de definição da importância relativa dos fatores usualmente considerados e ausência de critérios objetivos que relacionem a medida dos fatores com o valor da velocidade limite correspondente.

Na literatura revisada, somente os trabalhos referentes a sistemas especialistas é que utilizam relação direta entre valores dos fatores considerados e a velocidade limite recomendada (AUSTROADS, 2005; Srinivasan *et al.*, 2006). O trabalho do USLIMITS (Srinivasan *et al.*, 2006) foi realizado com o objetivo de adaptar o sistema especialista LIMITS (AUSTROADS, 2005) para a recomendação de velocidades limites que sejam consideradas aceitáveis e passíveis de fiscalização nos Estados Unidos. No seu trabalho, Srinivasan *et al.* (2006), apresentaram as regras consideradas no USLIMITS, permitindo sua adaptação para outras realidades.

Neste contexto, o presente projeto buscará responder à seguinte questão: *Quais são os fatores mais importantes para a definição objetiva da velocidade limite para rodovias e como identificá-los?*

Assim, outro aspecto que será abordado neste trabalho é a possibilidade de adaptação do software USLIMITS à realidade brasileira.

1.3 - HIPÓTESE

O Método de Análise Hierárquica, aplicado a partir de resultados obtidos em consulta a especialistas, permite a identificação dos elementos a serem considerados no desenvolvimento de um procedimento claro e objetivo para apoiar os tomadores de decisão na definição de velocidade limite.

1.4 - OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é identificar os fatores mais importantes para a definição da velocidade limite para rodovias brasileiras.

Como objetivos específicos tem-se:

- conhecer a prática nacional adotada na definição da velocidade limite em rodovias, tanto para as rodovias em operação quanto para as rodovias que estão em fase de implantação;

- determinar a importância relativa dos fatores a serem considerados na definição de velocidade limite para rodovias brasileiras;
- adaptar as regras dispostas no sistema especialista USLIMITS para representar a visão dos técnicos brasileiros.

1.5 - JUSTIFICATIVA

O método de definição de velocidade limite previsto pelo CONTRAN, que é do tipo “Estudo de engenharia”, recomenda a consideração de diferentes aspectos ligados às características físicas e operacionais das vias. Porém, a exemplo do que ocorre em outros países, não traz diretrizes sobre como estes aspectos devem ser efetivamente considerados. Como consequência, a definição de velocidades limites similares para vias com características semelhantes nem sempre ocorre, comprometendo a compreensão dos usuários quanto ao propósito da sinalização viária.

Face o exposto, a presente dissertação visa avaliar a importância relativa dos fatores comumente adotados nos estudos de engenharia, e identificar quais destes fatores devem ser efetivamente considerados para a definição da velocidade limite. Isto é, propõe-se a contribuir com fundamentos necessários para a construção de um procedimento claro e objetivo para a definição da velocidade limite pelo método “Estudos de Engenharia”.

Para definir a velocidade limite de forma objetiva é necessário que sejam considerados fatores que influem diretamente nessa definição. Os principais fatores referidos na literatura para a definição da velocidade limite variam em função da filosofia e do método adotado pelo órgão de trânsito. Estudos de Engenharia realizados em diferentes países utilizam para o cálculo da velocidade limite diferentes fatores e não há registro de uma lista final. Em geral, cada país tem uma lista de fatores própria; como exemplo, o Brasil adota a lista indicada na resolução nº 180/2005 do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, já diferentes estados do Estados Unidos da América (EUA) adotam a lista indicada pelo *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways – MUTCD 2009*.

Apesar da existência de vários estudos e listas de fatores de diversos países, a dificuldade enfrentada tanto por órgãos do exterior quanto do Brasil é, sobretudo, incorporar o efeito dos fatores no valor da velocidade limite. Existe a necessidade de se incorporar o efeito da importância relativa de cada fator e da relação entre uma medida do fator e o valor da velocidade limite. A ausência desse tipo de avaliação impossibilita, por exemplo, a seleção

de “fatores críticos” que deveriam ser objeto de estudo aprofundado para subsidiar a elaboração de sistemas especialistas.

Como resumo pode-se citar as seguintes deficiências encontradas no método de Estudos de Engenharia, adotado para a definição da velocidade limite nas rodovias brasileiras:

- falta uma associação entre o resultado da avaliação de cada fator e a velocidade limite correspondente, ou seja, deve-se buscar uma forma objetiva de avaliar cada fator;
- falta a identificação do peso relativo de cada fator que permita a adoção de um procedimento que considere a importância de cada fator na definição da velocidade limite.

A eliminação das deficiências apontadas, em que a segunda delas é o objeto da presente pesquisa, contribuirá para que seja definido para cada via ou segmento viário um valor de velocidade limite que promova a segurança e assegure condições de circulação aceitáveis pelos motoristas.

O estudo proposto referente ao sistema especialista USLIMITS constitui-se em um passo inicial no sentido de contribuir para a eliminação futura da primeira das deficiências anteriormente referidas.

Destaca-se, entretanto, que o resultado de todo procedimento objetivo que venha a ser desenvolvido e empregado para a definição da velocidade limite deve ser avaliado pelo técnico responsável. Cabe a este a realização de ajustes no valor inicialmente previsto para a velocidade limite que, em casos especiais, possam se fazer necessários.

Também é importante salientar que, dentre os principais métodos para a definição de velocidade limite apresentados na Tabela 1.1, serão analisados na dissertação somente os estudos de engenharia e sistemas especialistas. Estes dois métodos são baseados na utilização de fatores que refletem as condições da via e do ambiente viário, e, portanto, vêm ao encontro do objetivo geral do trabalho.

1.6 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos da seguinte forma:

No Capítulo 1 encontra-se a apresentação da dissertação, abrangendo a hipótese levantada, formulação do problema, bem como os principais objetivos e justificativas para o desenvolvimento do trabalho.

Na sequência, os dois capítulos consecutivos referem-se ao processo de revisão bibliográfica. O Capítulo 2 contempla a revisão dos fatores considerados para a definição de velocidade limite em três sistemas especialistas utilizados em âmbito internacional. E o Capítulo 3 apresenta os fatores considerados na definição de velocidade limite nos estudos de engenharia em diferentes países.

O Capítulo 4 apresenta o procedimento adotado para a identificação dos fatores a serem considerados na definição de velocidade limite para as rodovias brasileiras, e inclui as etapas de elaboração dos questionários, seleção de especialistas, coleta e tratamento de dados e obtenção dos resultados. A análise dos resultados obtidos da aplicação do procedimento são apresentados no Capítulo 5.

No Capítulo 6 é apresentado o estudo para a adaptação do sistema especialista USLIMITS à realidade brasileira. E por fim, no Capítulo 7 são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido, fazendo um comparativo entre os resultados alcançados e os objetivos estabelecidos. Neste capítulo são, também, sugeridas algumas recomendações para trabalhos futuros.

2 - SISTEMAS ESPECIALISTAS PARA A DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE

Os sistemas especialistas para a definição da velocidade limite têm por objetivo auxiliar o técnico na definição da velocidade limite com base na experiência acumulada de diversos especialistas na área, devidamente representada em um programa computacional. Estes sistemas levam em conta um grande número de fatores que representam as condições da via e do tráfego, combinados entre si. A principal vantagem do uso de sistemas especialistas está na redução da subjetividade das decisões referentes ao estabelecimento das velocidades limites, assegurando consistência entre os valores definidos para condições viárias semelhantes, independentemente do órgão ou técnico encarregado da atividade. Na revisão a seguir são apresentados os sistemas especialistas LIMITS, USLIMITS 2 e o sistema desenvolvido pela LTSA.

2.1 - SISTEMA LIMITS

Os principais programas computacionais utilizados em nível internacional são os da família de programas LIMITS, desenvolvidos pela *Australian Road Research Board – ARRB*. O sistema LIMITS consiste de uma gama abrangente de fatores relacionados ao ambiente viário e às condições de tráfego. Estes fatores são incorporados a um algoritmo que permite a combinação de vários dados para produzir um limite de velocidade recomendado.

A primeira versão desenvolvida do sistema foi o VLIMITS, elaborado em 1988 para o estado australiano de Victoria e posteriormente revisto em 1992. A partir do VLIMITS foram desenvolvidas versões específicas para as regiões de: Queensland (QLIMITS), Nova Gales do Sul (NLIMITS), Austrália Ocidental (WALIMITS), Austrália do Sul (SALIMITS), Tasmânia (TLIMITS), Nova Zelândia (NZLIMITS) e Estados Unidos (USLIMITS) (AUSTROADS, 2005). Esses sistemas destinados a cada jurisdição diferente são denominados coletivamente como XLIMITS (Srinivasan *et al.*, 2006).

Em 2005, a AUSTROADS, associação das autoridades de transporte e trânsito da Austrália e Nova Zelândia, que tem como objetivo geral a melhoria das condições gerais do transporte rodoviário nos dois países, realizou um estudo voltado ao aperfeiçoamento dos métodos adotados para a definição da velocidade limite. O foco do estudo foi o de permitir uma melhor compatibilização entre as necessidades de mobilidade e de redução de

acidentes, tomando por base a filosofia da redução máxima de mortos e feridos em acidentes de trânsito, com o objetivo de promover uma redução de cerca de 10% no número de vítimas nas rodovias da AustralÁsia. O estudo indica que este aperfeiçoamento pode acontecer por meio de modificações nos algoritmos dos atuais programas LIMITS ou pelo desenvolvimento de um novo programa, de modo a incluir critérios relacionados diretamente com a segurança viária para cada tipo de via.

Um achado importante ao longo do estudo de AUSTROADS (2005) foi o de que os programas LIMITS não são amplamente utilizados por todos os estados que tem acesso a eles, e um dos motivos para tal é que os usuários consideram o sistema pouco transparente. A recomendação é que haja um desenvolvimento futuro do programa de modo a contemplar as questões de segurança, e que também promova uma melhor compreensão da sua estrutura lógica pelos usuários da ferramenta.

Atualmente a lógica do sistema LIMITS não se aperfeiçoa com a experiência anterior, como alguns sistemas especialistas fazem. O sistema passa por cinco etapas antes de recomendar um limite de velocidade. A primeira etapa lida com o tipo de área: rural, urbana ou mista. Em seguida lida com características da rodovia, tais como número de faixas, controle de acesso, tipo de via, e largura do canteiro central. Usando as informações inseridas nessas etapas, o sistema desenvolve uma primeira aproximação para o limite de velocidade. Nos dois passos seguintes este limite de velocidade pode ser modificado com base em outros fatores, tais como presença de escolas, número de acidentes, alinhamento vertical/horizontal, e a velocidade 85 percentil. O resultado final é o limite de velocidade recomendado, complementado com avisos sobre os fatores específicos que precisam ser mais estudados. Os fatores considerados no programa LIMITS para a definição da velocidade limite estão apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Fatores considerados na definição de velocidade limite no programa LIMITS

Fator
Ambiente viário
Função da via (arterial, não-arterial, local)
Número de faixas
Largura das faixas
Alinhamento vertical e horizontal
Presença e condições de acostamentos
Condições do pavimento
Elementos de risco e mobiliário da lateral da via
Presença de caminhos para pedestres
Presença de canteiro central
Presença de vias secundárias (marginais, interceptoras, etc)
Frequência de acessos laterais (interseções e número de acessos)
Presença de sinais de tráfego
Desenvolvimento adjacente
Natureza do desenvolvimento adjacente (rural, residencial, comercial e industrial)
Presença de escolas, hospitais e outros geradores de tráfego
Afastamento da via em relação ao desenvolvimento adjacente
Natureza e nível de atividade dos usuários da via
Pedestres
Ciclistas
Veículos pesados (caminhões e ônibus)
Registro de acidentes
Velocidades operacionais existentes (V85)
Volume de tráfego
Velocidade limite adjacente

Fonte: adaptado de AUSTROADS (2005)

2.2 - SISTEMA USLIMITS

Com a primeira versão específica do sistema LIMITS desenvolvida para os Estado Unidos, USLIMITS 1, foi identificado o mesmo problema encontrado outras versões do sistema: falta de transparência. Assim, foi desenvolvido o USLIMITS 2 com o objetivo de permitir ao usuário identificar com facilidade as variáveis consideradas na definição da velocidade limite, e o impacto de cada variável na tomada de decisão. A finalidade dessa revisão foi permitir que as velocidades limites recomendadas fossem consideradas aceitáveis pelos motoristas e passíveis de fiscalização.

Srinivasan *et al.* (2006) apresentaram em seu estudo as etapas realizadas no aprimoramento do sistema especialista USLIMITS. Comparando o estudo com outros trabalhos referentes a sistemas especialistas e com os estudos revisado no Capítulo 3 “Estudos de Engenharia”, este é o único que trata de forma específica a determinação de velocidade limite, pois o trabalho apresenta as relações diretas entre valores dos fatores considerados e a velocidade limite recomendada.

O novo sistema USLIMITS 2 foi desenvolvido a partir de entrevistas com especialistas. A grande contribuição do estudo é a determinação da velocidade limite por meio de regras de decisão, que tornam a definição da velocidade mais objetiva, e subsidiam a tomada de decisão pelos especialistas. Para se chegar às regras de decisão, o trabalho percorreu as etapas mostradas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Etapas realizadas no desenvolvimento do USLIMITS 2

Etapas		Descrição
1ª etapa	Identificação de fatores críticos	Os fatores críticos são variáveis consideradas pelos especialistas como essenciais para formular uma recomendação de velocidade limite.
2ª etapa	Categorização de cada fator	A categorização de cada variável é definida como alta, média e baixa importância.
3ª etapa	Entrevista com especialistas	Visa conhecer a lógica de decisão usada pelos especialistas para chegar à velocidade limite recomendada, e leva à obtenção da relação entre o valor quantitativo de cada fator e a correspondente velocidade limite recomendada.

2.2.1 - Estrutura geral

O programa USLIMITS 2 funciona de acordo com a estrutura apresentada na Figura 2.1. Os fatores considerados na definição de velocidade limite são os dados de entrada do programa e estão apresentados na Tabela 2.3. Esses fatores são relacionados aos tipos de via e às informações relacionadas à via. Após a inserção dos dados de entrada, o programa calcula a velocidade limite de acordo com duas abordagens (ver seção 2.2.2).

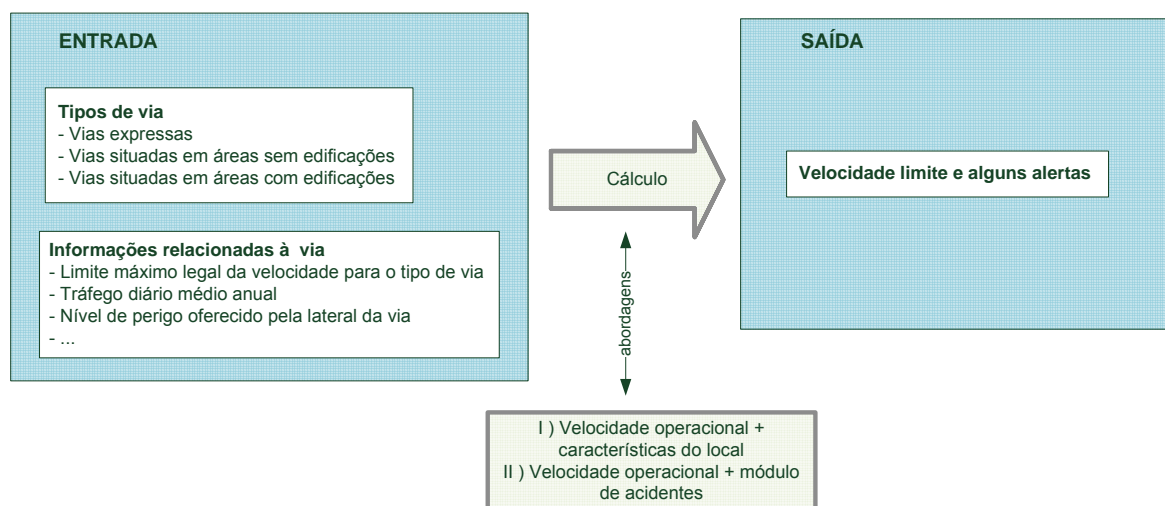


Figura 2.1 - Procedimento para determinação da velocidade limite no programa USLIMITS2

Tabela 2.3 - Dados de entrada para o USLIMITS2 relacionados à via ou segmento estudado

Dado solicitado ao usuário	Via Expressa com controle de acessos	Via em área sem edificações	Via em área com edificações
Velocidade operacional: V85 e V50	X	X	X
Presença de alinhamento adverso (1)	X	X	X
Esta seção é de transição para uma via sem controle de acesso? (2)	X		
Esta seção é de transição para uma via situada em área com edificações? (2)		X	
Comprimento da seção	X	X	X
Limite máximo legal da velocidade para o tipo da via (3)	X	X	X
Relevo do terreno (plano, ondulado, montanhoso) (4)	X		
Tráfego diário médio anual	X	X	X
Número de interseções em desnível na seção	X		
Estatística de acidentes (se disponível)	X	X	X
Nível de perigo oferecido pela lateral da via (5)		X	
Número de faixas e a presença/tipo de divisão dos fluxos opostos	X	X	X
Tipo da área			X
Número de acessos e de interseções não semaforizadas na seção			X
Número de semáforos na seção			X
Presença/ausência de estacionamento na via			X
Nível da atividade de pedestre/ciclista			X

(1) Se houver presença de alinhamento adverso, o programa envia um alerta ao usuário ao final do processamento; esta presença, entretanto, não afeta o valor calculado para a velocidade limite.

(2) Esta informação só é utilizada para verificar se a V85 é muito baixa; não afeta o cálculo da velocidade limite.

(3) Se a velocidade limite calculada for maior do que o limite legal máximo, o programa avisa o usuário sobre essa situação.

(4) Para terreno montanhoso a velocidade limite máxima é de 70mph.

(5) Baseado na escala de Zegeer *et al.* (FHWA-RD-87/008, Outubro 1987) *apud* Srinivasan *et al.* (2006)

Como dados de saída, o programa USLIMITS 2 gera a velocidade limite e alguns alertas que dependem da característica do local informado. Para exemplificar, pode-se citar o alerta gerado quando a velocidade recomendada é superior à velocidade legal máxima.

2.2.2 - Base de regras

As regras de decisão basearam-se em resultados de pesquisas anteriores e levaram em conta: (i) respostas de especialistas a estudos de caso hipotéticos, obtidos com base em pesquisas feitas via Internet; (ii) resultados obtidos em três encontros com especialistas (painéis); e (iii) experiência adquirida com base na utilização da primeira versão do programa, o USLIMITS 1.

A velocidade limite é calculada considerando duas abordagens. A primeira está relacionada com a velocidade operacional e com as características do local, e a segunda está relacionada com a velocidade operacional e com o módulo de acidentes. A menor velocidade resultante das duas abordagens é a velocidade limite de saída do programa. Na Figura 2.2 estão apresentados os passos percorridos pelo programa para a recomendação de velocidade limite, e no Apêndice A são apresentados detalhes dos diferentes passos.

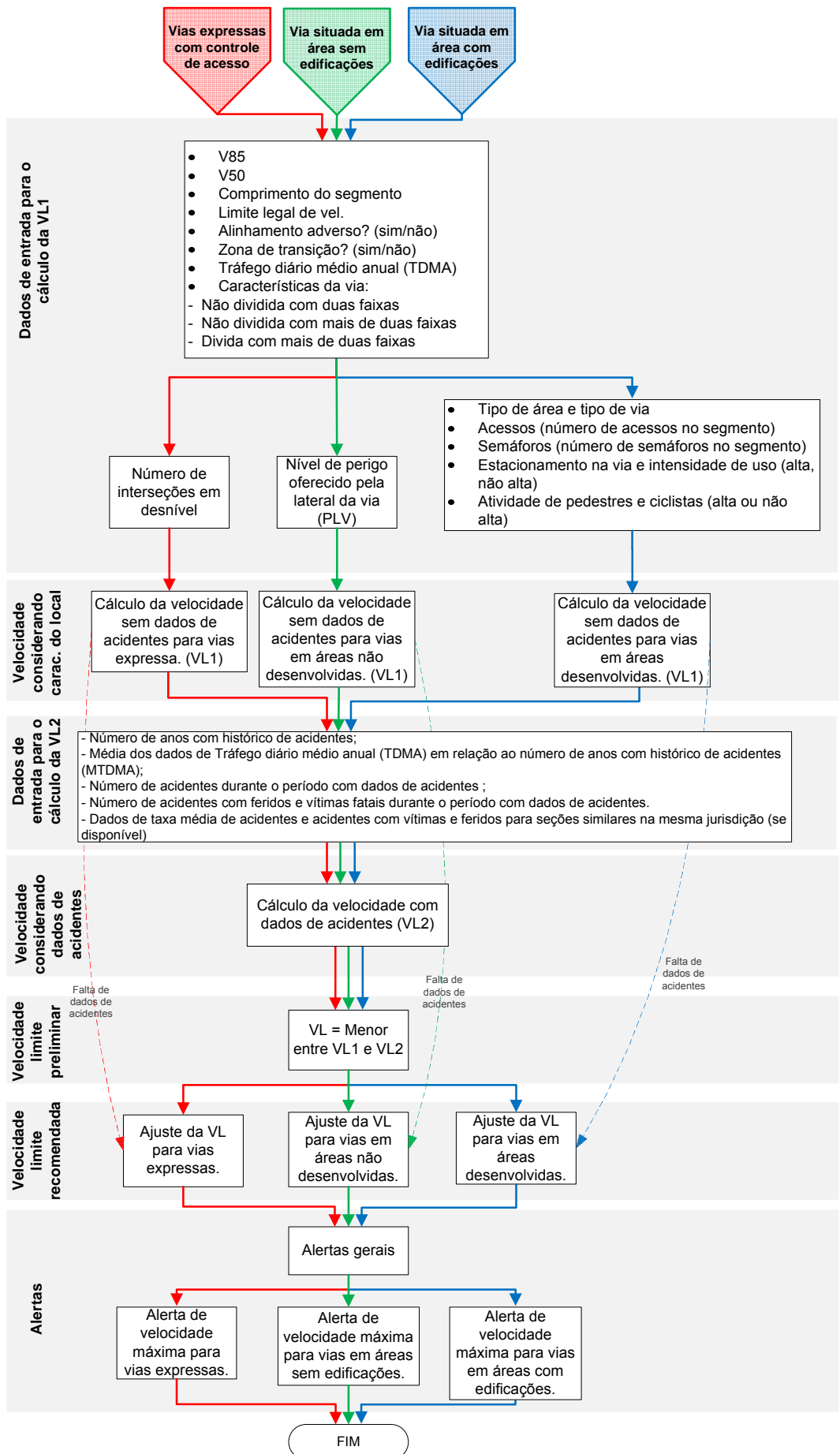


Figura 2.2 - Procedimento detalhado para determinação da velocidade limite no programa USLIMITS2

O programa USLIMITS solicita inicialmente a escolha do tipo de via. Após essa escolha, o usuário é levado a inserir os dados de entrada. Os dados de entrada são dados gerais, independentes do tipo de via trabalhada, e dados específicos para determinado tipo de via. Os dados específicos e as velocidades operacionais são utilizados para a determinação da velocidade VL1, que é a determinação da velocidade considerando as características do local (ver Apêndice A).

Após a determinação da velocidade VL1, o programa inicia o cálculo da velocidade limite considerando os dados de acidentes, VL2. Nesta etapa o programa solicita ao usuário a inserção de dados de acidentes para o trecho estudado. O procedimento de cálculo da VL2 utiliza as velocidades operacionais e os dados de acidentes e é apresentado no Apêndice A.

Após o cálculo da VL1 e VL2, o programa determina a velocidade limite preliminar, que é igual ao menor valor entre VL1 e VL2. Esta velocidade preliminar é ajustada para que a velocidade final não ultrapasse valores máximos e, no caso de vias expressas sem controle de acesso, também se considera o relevo do terreno em que a via está inserida para ajuste da velocidade. Estes procedimentos constam no Apêndice A.

Por fim, o programa gera uma série de alertas para o usuário. Os alertas gerais fornecem informações para o caso de velocidade recomendada acima do limite legal, existência de alinhamento adverso, nível alto ou médio de acidentes e comprimento de trecho menor que o mínimo permitido. O programa também fornece alertas específicos para cada tipo de via, que se referem à velocidade máxima recomendada pelos especialistas dos Estados Unidos (ver Apêndice A).

2.3 - SISTEMA LTSA

De acordo com a autoridade de transporte LTSA (2003) - *Land Transport Safety Authority of New Zealand*, na Nova Zelândia, a velocidade limite é definida pela legislação denominada *Land Transport rule: Setting of Speed Limit*. Esta norma determina procedimentos através dos quais as autoridades rodoviárias podem estabelecer limites de velocidade aplicáveis às vias sob sua jurisdição por meio de cálculo manual ou através do uso de um sistema computacional desenvolvido pela LTSA.

A legislação prevê que a velocidade limite deve ser segura e apropriada para o tipo e nível de desenvolvimento das áreas adjacentes. Os fatores considerados no cálculo da velocidade abrangem sua determinação tanto para vias novas quanto para vias existentes. O trabalho

recomenda como procedimento de cálculo a realização de pesquisas para avaliar o uso do solo na lateral da via. Vale ressaltar que o método de cálculo proposto pela LTSA (2003) é fortemente baseado nas características e atividades que ocorrem na área que a via está inserida.

Para a definição de velocidade limite, as autoridades devem realizar pesquisas de acordo com os critérios estabelecidos na legislação, e têm por base a indicação da classificação da via e a recomendação de uma nota para os fatores: tipo de uso do solo na lateral, atividades de pedestres/ciclistas, estacionamento, *layout* da via (faixas, canteiro central, entre outros), localização e volume de tráfego. A nota é utilizada como dado de entrada para o cálculo. Para a determinação da velocidade, a norma traz fluxogramas com a finalidade de guiar o usuário e auxiliá-lo a obter uma velocidade limite apropriada.

A Tabela 2.4 apresenta um resumo do método adotado pela LTSA e a Tabela 2.5 apresenta os fatores considerados no cálculo de velocidade limite nas rodovias da Nova Zelândia.

Tabela 2.4 - Determinação de velocidade limite na Nova Zelândia

Nota média - R	Velocidade limite (km/h)		
	Localização rural	localização mista	localização urbana
$R \geq 11$	Observação 1	50	50
$R \geq 11$ com controle de velocidade média	Observação 1	Observação 2	10, 20, 30 ou 40
$R \geq 11$ com características urbana/arterial	Observação 1	60	60
$11 > R \geq 6$	70	70	70
$6 > R \geq 3$	80	80	80
$R < 3$	100	100	Observação 1
Observação 1: A nota média (R) e o nível de uso do solo na lateral da via não são adequados para a localização desta via. Selecione a localização adequada de acordo com o tipo de uso do solo adjacente.			
Observação 2: Velocidades limites de 10, 20, 30 ou 40km/h somente devem ser implantadas em vias locais ou coletoras que se situam em áreas de tráfego urbano.			

Fonte: adaptado de LTSA (2003)

Tabela 2.5 - Fatores considerados na definição de velocidade limite

Fator
Volume de tráfego
Dados detalhados de uso do solo na lateral da via (número de casas, shoppings, escolas, entre outros)
Volume de pedestres
Facilidades para pedestres
Volume de ciclistas
Facilidades para ciclistas
Atividades de estacionamento e influência no fluxo de tráfego
Layout da via (número de faixas, largura da faixa, geometria da via, iluminação da via, afastamento das edificações e tipo de canteiro central)
Visibilidade permitida pelo layout da via
Tipo de controle de tráfego
Função da via (arterial, coletora e local)
Tipo de região (rural, urbana, mista)
Número e natureza de vias adjacentes (vias interceptoras)
Velocidade limite existente
Velocidade limite no início e fim do trecho
Comprimento do trecho da via
Dados de acidentes
Dados de pesquisa de velocidade

Fonte: adaptado de LTSA (2003); AUSTRROADS (2005)

O cálculo da velocidade limite pelo método LTSA depende da coleta dos dados referentes ao tipo de uso do solo na lateral da via e a coleta de informações gerais da via analisada.

2.4 - TÓPICOS CONCLUSIVOS

A principal vantagem do uso de sistemas especialistas está na redução da subjetividade das decisões referentes ao estabelecimento das velocidades limites, assegurando consistência entre os valores definidos para condições viárias semelhantes, independentemente do órgão ou técnico encarregado da atividade. Os sistemas especialistas apresentados neste capítulo foram: LIMITS, USLIMITS 2 e o sistema desenvolvido pela LTSA.

Nos Estados Unidos da América (EUA), o sistema LIMITS foi o precursor do sistema USLIMITS 1. Este último, por ser considerado pouco transparente foi substituído pelo USLIMITS 2 que é caracterizado por recomendar velocidades consideradas aceitáveis pelos motoristas, passíveis de fiscalização e por permitir ao usuário identificar a lógica adotada na definição da velocidade limite. O estudo de Srinivasan *et al.* (2006) detalha o sistema USLIMITS 2, e é o único trabalho que expõe as relações diretas entre os valores dos fatores considerados e a velocidade limite recomendada.

O cálculo da velocidade limite no programa USLIMITS 2 demanda a inserção de dados de entrada relacionados às características do local e dados referentes ao número de acidentes.

Como saída o programa gera uma velocidade limite para via e apresenta alertas informativos ao usuário.

O sistema da LTSA é menos detalhado que o método USLIMITS 2, e segue critérios mais simples de definição de velocidade limite. A determinação da velocidade limite no sistema LTSA é baseada em uma nota atribuída às características físicas e operacionais da via e ao tipo de área que a via está inserida.

Por meio da revisão desses métodos foi possível identificar:

- (i) os principais fatores considerados na definição da velocidade limite na visão dos sistemas especialistas: os fatores presença de pedestres/ciclistas, tipo de divisor central, número de faixas, geometria da via, histórico de acidentes, tipo de controle de tráfego, tipo e densidade do uso do solo e volume de tráfego foram referenciados em conjunto nos três sistemas. No Capítulo 3, estes fatores são comparados com outros adotados no método de definição de velocidade “Estudos de Engenharia”.
- (ii) as relações diretas entre valores que estes fatores podem assumir e valores específicos da velocidade limite: no caso do sistema especialista USLIMITS a Tabela 2.6 apresenta essas relações. E no caso da Nova Zelândia essas relações podem ser identificadas na Tabela 2.4.

Os elementos identificados neste capítulo são empregados para a seleção de um conjunto de fatores que em seguida são avaliados por especialistas brasileiros. Esta seleção é realizada ao longo do Capítulo 3. As relações entre os valores dos fatores e a velocidade limite são submetidas à avaliação por parte de técnicos nacionais com vistas à verificação de sua aplicabilidade direta ou à necessidade de ajustes para representar a nossa realidade. Esta atividade é descrita no Capítulo 4.

Tabela 2.6 – Síntese das relações entre valores dos fatores e valores da velocidade limite para o sistema USLIMITS

		Velocidade limite = menor valor entre VL1 e VL2	
Tipo de via	Valores dos fatores	VL1	VL2
Via expressa com controle de acesso	espaçamento médio entre interseções $\leq 0,5$ (milhas/interseção)	menor valor entre A e B	Se Nível de acidentes = Baixo -> VL2 = C Se Nível de acidentes = Médio -> VL2 = Maior entre A e B Se Nível de acidentes = Alto -> VL2 = Maior entre A e B
	$0,5 <$ espaçamento médio entre interseções $\leq 1,0$ (milhas/interseção)	maior valor entre A e B	
	espaçamento médio entre interseções $> 1,0$ (milhas/interseção)	igual a C	
Via situada em área com edificações	sinais por milha > 4 , e/ou atividade de pedestres e ciclistas = Alta, e/ou atividade de estacionamento = Alta, e/ou acessos por milha > 60	igual a B	
	$40 <$ acessos por milha ≤ 60 , e sinais por milha > 3 , e tipo de área comercial ou coletora-residencial.	igual a A	
	se pelo menos uma das sentenças acima for falsa	igual a C	
Via situada em área sem edificações	PLV* = 6 ou 7	menor valor entre A e B	
	PLV* = 4 ou 5	maior valor entre A e B	
	PLV* = 1,2 ou 3	igual a C	

* PLV - Nível de perigo oferecido pela lateral da via. Baseado no trabalho de Zegeer et al. (1987) *Safety Effects of Cross-Section Design for two-Lane Roads*, Volume I-Final Report, FHWA-RD-87-008, Outubro 1987.
A = V85 arredondada para baixo, para um valor múltiplo de 5 mph
B = V50 arredondada para o mais próximo valor múltiplo de 5 mph
C = V85 arredondada para o mais próximo valor múltiplo de 5 mph
VL1 = Velocidade limite considerando característica do local
VL2 = Velocidade limite considerando o módulo de acidentes

3 - ESTUDOS DE ENGENHARIA PARA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE

No Brasil, e em outros países, é facultado ao órgão de trânsito a definição da velocidade limite a ser adotada. Entre as técnicas possíveis para a definição de velocidade limite, a que prevalece é aquela baseada em estudos de engenharia. Em geral, as diretrizes para a elaboração de estudos de engenharia estão dispostas em manuais técnicos, que apresentam fatores a serem considerados no estudo e a forma de analisá-los.

De acordo com TRB (1998), Srinivasan *et al.* (2006) e AUSTRROADS (2005), o estudo de engenharia é o método mais comum para determinação de velocidade limite. Esse estudo requer coleta de dados e análises das condições do tráfego, da via e do ambiente viário para a determinação de um limite de velocidade apropriado.

Na maioria dos estudos relacionados com definição de velocidade limite, o fator preponderante é a V85 – velocidade abaixo da qual trafegam 85% dos veículos (85 percentil) (Contran, 2007; Srinivasan *et al.*, 2006). Esta velocidade é considerada como a que reflete a percepção dos motoristas em relação às condições de geometria da via (alinhamento horizontal e vertical) e do acostamento (existência e condições). Ela é usada, portanto, para caracterizar a velocidade desejada pelos motoristas, e é considerada como o principal fator na maioria dos estudos relacionados com definição de velocidade limite, uma vez que se a velocidade limite for muito inferior à velocidade desejada, ela passa a não ser respeitada e, conseqüentemente, não terá efeito prático.

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica dos fatores usualmente considerados na definição de velocidade limite, tanto por órgãos de trânsito nacionais quanto internacionais. O foco são os fatores adotados na realização de estudos de engenharia para a definição dessa velocidade. Os fatores obtidos em um estudo destinado ao desenvolvimento de um modelo analítico para a definição de velocidade limite também serão apresentados.

3.1 - FATORES CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE POR ÓRGÃOS DE TRÂNSITO BRASILEIROS

Para a elaboração do estudo de engenharia, o documento de referência para o Brasil é o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, aprovado pela Resolução 180/2005 do

CONTRAN, o qual estabelece que o estudo deve ser realizado tomando por base os fatores dispostos na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Fatores considerados na definição de velocidade limite por órgãos de trânsito brasileiros

Fatores
Localização da via (rural ou urbana)
Classificação viária definida no CTB
Existência e as condições de deslocamento lateral (transposição de faixas, movimentos, conversão e retorno)
Existência e as condições de estacionamento, parada e acesso
Velocidade abaixo da qual trafegam 85% dos veículos (85 percentil)
Características e condições do pavimento
Existência e condições dos acostamentos
Condições de alinhamento vertical e horizontal
Condições de segurança em curvas
Locais com situação potencial de perigo, tais como: inadequação geométrica, obras na pista, atrito lateral, passagem de nível, travessia de pedestres, área escolar
Estatísticas de ocorrência de acidentes
Condições do trânsito de pedestres e ciclistas ao longo da via
Composição do tráfego considerando a incidência de veículos de grande porte.

Fonte: adaptado de CONTRAN (2007)

Apesar da exaustiva listagem de fatores apresentada no Manual de Sinalização de Trânsito, este deixa a desejar em alguns aspectos. A relação dos fatores a considerar indica que o estudo de engenharia deve ser realizado para rodovias em operação, já que somente poucos fatores podem ser avaliados na fase de projeto. Além disso, o manual não apresenta orientação sobre o peso que cada um dos fatores analisados deve ter na definição da velocidade limite.

Deste modo, a velocidade limite estabelecida fica a critério da avaliação e experiência do técnico encarregado do estudo, o que pode resultar em velocidades distintas para situações semelhantes. Assim, tem-se a necessidade de se adotar novos procedimentos que resultem em velocidades limites mais padronizadas.

Estudos específicos relacionados à prática efetiva dos órgãos gestores nacionais para a definição da velocidade limite não foram localizados na revisão bibliográfica realizada para o presente trabalho.

3.2 - FATORES CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE POR ÓRGÃOS DE TRÂNSITO DE OUTROS PAÍSES

Assim como no Brasil, os órgãos de trânsito estrangeiros também possuem manuais

técnicos destinados a fornecer informações e orientações atualizadas para os órgãos e entidades do sistema de trânsito.

Nos Estados Unidos da América (EUA), alguns estados utilizam as recomendações do *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways – MUTCD (2009)* para definir velocidade limite. De acordo com este manual, para definir a velocidade limite pode-se considerar os fatores dispostos na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Fatores considerados na definição de velocidade limite de acordo com o MUTCD (2009)

Fatores
V85
Característica da rodovia, condições de bordo, alinhamento do greide, e distância de visibilidade;
Velocidade de ritmo;
Uso do solo e ambiente viário;
Condições de estacionamentos e atividades de pedestres nas proximidades da rodovia;
Histórico de acidentes de no mínimo 12 meses.

Fonte: adaptado de MUTCD (2009)

A crítica a se fazer quanto ao estudo do MUTCD (2009) diz respeito ao não fornecimento de detalhes sobre como levar em conta efetivamente os fatores supracitados (Fitzpatric *et al.*, 2003). Apesar de vários outros documentos também se referirem a fatores a serem considerados na definição da velocidade limite, existe uma deficiência quase que geral no tocante à importância relativa de cada fator e a forma objetiva de incluí-los na análise.

Alguns órgãos de trânsito dos EUA utilizam fatores diferentes dos recomendados no MUTCD. Para investigar esta questão, diversos estudos foram realizados no país. A maioria dos estudos utilizou como ferramenta de coleta de informações a aplicação de questionários a especialistas da área.

Parker (1985), *apud* NMA (2011) e Skszek (2004), realizou os primeiros estudos voltados a identificar as práticas utilizadas para a definição de velocidade limite em rodovias dos EUA. O estudo baseou-se em pesquisa realizada em todos os Estados e 44 cidades do país, conduzida pela *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.

Como resultado do estudo foram apresentados os principais fatores utilizados na definição dos limites de velocidade nos EUA na época (Tabela 3.3). Além dos fatores referidos na Tabela 3.3, Skszek (2004) cita que Parker levou em conta também a velocidade de projeto.

Tabela 3.3 - Fatores utilizados na definição dos limites de velocidade nos Estados Unidos, segundo Parker (1985)

Fator	Estados (%)	Locais - agências e cidades (%)
Velocidade 85 percentil	100	86
Uso do solo na lateral da via	85	77
Histórico de acidentes	79	81
Velocidade limite em vias adjacentes	71	45
Velocidade de ritmo	67	34
Geometria da via (alinhamento vertical e horizontal)	67	57
Velocidade média	52	34
Volume de pedestre	40	50

Fonte: adaptado de NMA (2011)

Fitzpatrick *et al.* (1997) realizaram um estudo para o *Texas Department of Transportation* (TxDOT) voltado à identificação da relação entre as velocidades de projeto, operacional e limite nos Estados Unidos. Um dos objetivos do estudo foi identificar os principais critérios adotados pelos Departamentos de Transporte americanos (DOTs) e municipalidades para a definição da velocidade limite. A pesquisa foi realizada com o envio de 283 questionários aos engenheiros de tráfego e de projeto dos DOTs e das municipalidades, com um retorno de 168 questionários.

Uma das questões incluídas nos questionários investiga sobre os fatores considerados pelos DOTs para selecionar a velocidade de projeto de uma rodovia. Esta questão está relacionada ao estabelecimento de velocidades em vias novas, ainda não implantadas. A Figura 3.1 apresenta as respostas fornecidas pelos especialistas. Observa-se que os fatores mais utilizados pelos DOTs são a localização da via em área urbana ou rural, a classe funcional, a topografia do local, os critérios de projeto do departamento e a velocidade limite legal. Além dos fatores explicitados o estudo informa que a velocidade de projeto é usada como velocidade limite inicial (de acordo com mais de 50% dos respondentes) e que a velocidade limite é modificada depois que a via entra em operação, usando a V85 obtida por medições em campo.

Outra questão também incluída no estudo busca conhecer quais fatores são considerados para determinar a velocidade limite para vias existentes. A Figura 3.2 apresenta as respostas fornecidas pelos especialistas para esta questão. Pela figura percebe-se que a V85 (velocidade operacional prevista) é o fator mais utilizado pelos DOTs, em seguida tem-se o histórico de acidentes, uso do solo na lateral da via e limites máximos de velocidade definidos pelas leis estaduais.

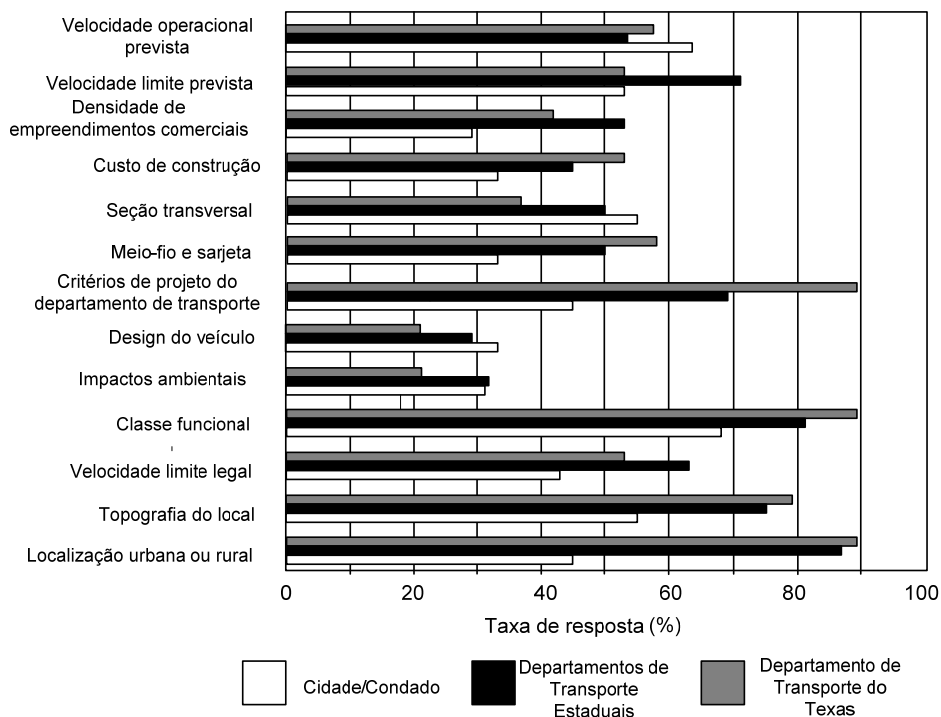


Figura 3.1 - Fatores considerados para selecionar velocidade de projeto em vias novas (Fonte: adaptado de Fitzpatrick et al. (1997))

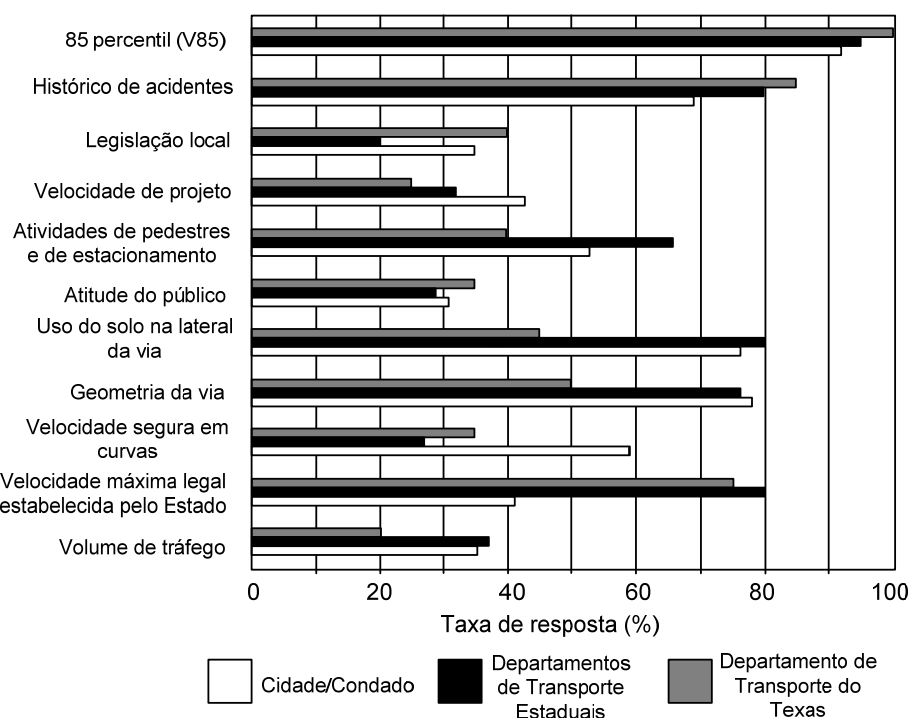


Figura 3.2 - Fatores considerados para determinar velocidade limite em vias existentes (Fonte: adaptado de Fitzpatrick et al. (1997))

Em 2001, o *Institute of Transportation Engineers* – ITE (2001), *apud* Srinivasan et al. (2006), conduziu uma pesquisa com a finalidade de determinar os fatores utilizados para a definição de velocidades limite em zonas de velocidade. A pesquisa revelou que a velocidade 85 percentil (V85) é o fator predominante, e é utilizado por 99% dos

entrevistados. Outros fatores que se mostraram relevantes são geometria da via e ocorrências de acidentes, que são considerados por mais de 90% das agências que responderam a pesquisa, como apresentado na Figura 3.3. O uso do solo na lateral da via é considerado por 82% dos que responderam a pesquisa.

A pesquisa também indicou que a geometria da via, ocorrência de acidentes e políticas de governo são os três fatores que influenciam na decisão de se adotar outra velocidade diferente da V85. O estudo também coletou opiniões pessoais dos entrevistados. Alguns deles afirmaram que “a V85 não funciona e que é necessário um método mais eficiente”. Somado a isso, outros responderam que “o público tem dificuldade em entender como o profissional de engenharia de tráfego determina velocidade limite”, o que leva a dificuldades em interagir com grupos políticos e sociais.

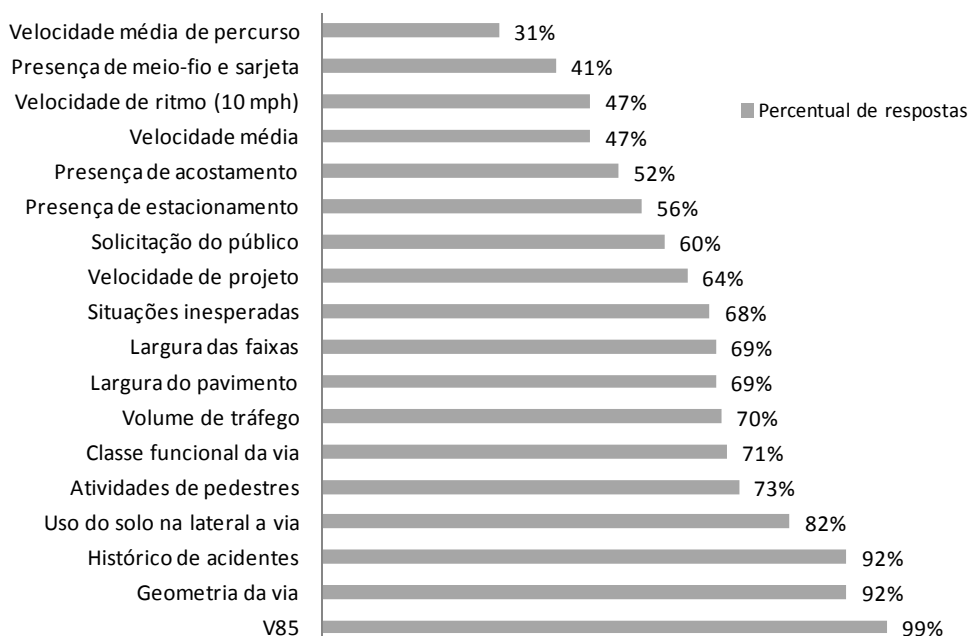


Figura 3.3 - Fatores considerados na definição da velocidade limite segundo ITE (2001)
(Fonte: adaptado de ITE (2001) *apud* Srinivasan *et al* (2006))

Outra pesquisa na mesma temática foi realizada por Skaszek (2004). A pesquisa objetivou estudar a relação entre a velocidade limite estabelecida nas rodovias dos EUA e as velocidades praticadas pelos motoristas. Para isso, um dos objetivos específicos do estudo foi o de levantar a prática adotada na definição e fiscalização da velocidade limite nas rodovias de todos os estados do país. O estudo pesquisou 50 agências responsáveis pelo monitoramento de velocidade, com o retorno de respostas de 48 estados.

Uma das questões incluídas na pesquisa está relacionada à identificação dos principais fatores considerados pelos Departamentos de Transporte americanos para a definição de velocidade limite. Para esta pergunta, 47 estados retornaram respostas.

O resultado da pesquisa está apresentado na Figura 3.4. O fator adotado com maior frequência pelos americanos é a velocidade de projeto. Após este fator, outros bastante relevantes são: histórico de acidentes, tipo e superfície da via, V85 e volume de tráfego. A categoria denominada “Estudos de tráfego e de engenharia” é utilizada por 13% dos entrevistados. Estes estudos são conduzidos, geralmente, quando há mudanças na velocidade limite estabelecida, e levam em conta: histórico de acidentes, tipo de via e de sua superfície, volume de tráfego e velocidades praticadas.

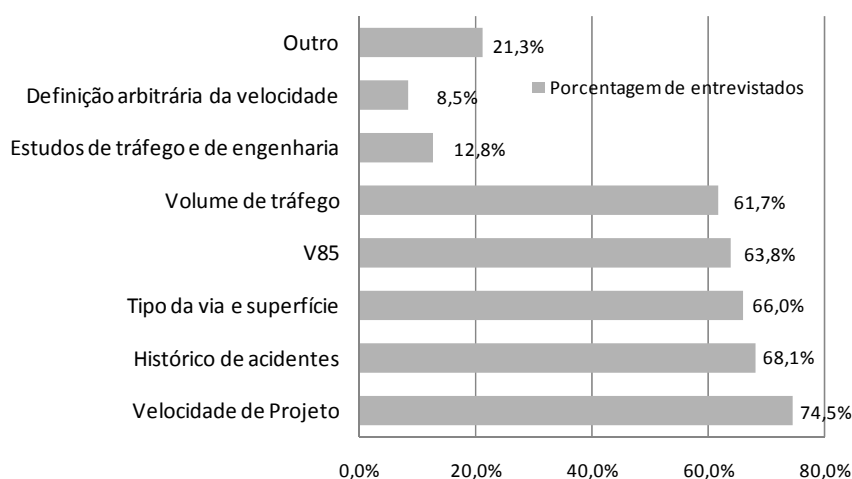


Figura 3.4 - Fatores considerados na definição de velocidade limite segundo Skaszek (2004) (Fonte: adaptado de Skaszek (2004))

Um resultado interessante da pesquisa realizada por Skaszek (2004) é que a V85 é utilizada somente por 63,8% dos entrevistados. O autor entende que isto pode significar que o comportamento do motorista não está sendo tão representativo para a definição de velocidade limite, visto que o motorista nem sempre toma cuidados necessários em relação à segurança ao conduzir seu veículo. Skaszek também faz uma comparação com o estudo realizado por Parker (1985) *apud* Sksek (2004). Os resultados do estudo de 2004 apresentam uma mudança de atitude em relação aos de 1985, uma vez que a V85 naquela época era o fator utilizado com maior frequência nos estudos de engenharia mais antigos, e em 2004 o fator utilizado com maior frequência é a velocidade de projeto.

Correia e Silva (2010) realizaram um trabalho com o intuito de desenvolver um modelo analítico capaz de apoiar a seleção de limites de velocidade adequados para trechos de rodovias em pista simples, na área rural ou urbana, com base nas características da rodovia

(elementos físicos), do ambiente viário circundante, e dos usuários. Foi utilizado um modelo Logit multinomial para escolhas discretas - *Multinomial Logit (MNL) discrete choice model* - com a finalidade de calcular a probabilidade de determinado trecho de via ter velocidade limite classificada como 50 km/h, 70km/h ou 90 km/h.

Para a calibração do modelo foram analisados, por 4 especialistas, 340 trechos de rodovias de pista simples (cada trecho com 200 m de extensão) localizados na região de Coimbra (Portugal). Posteriormente, os mesmos especialistas analisaram 110 trechos para a validação do modelo. No tratamento dos dados, a velocidade de 90 km/h foi considerada a escolha de referência e foi então desenvolvido um modelo para cada uma das outras duas escolhas possíveis ($V = 50$ km/h e $V = 70$ km/h).

O trabalho demonstrou que há uma incompatibilidade clara entre os limites de velocidades adotados nas rodovias estudadas e as características do ambiente envolvente. Existe uma tendência para o estabelecimento de velocidades mais baixas, comparadas com as que os especialistas consideram como uma velocidade segura para aquele ambiente.

Uma das fases do trabalho compreendeu a seleção de variáveis para a caracterização física da rodovia e de seu ambiente circundante. A lista de variáveis foi elaborada com base em estudos internacionais e em consulta aos especialistas que participaram do estudo, e foi classificada por ordem de prioridade, de acordo com o que os especialistas consideram como mais importante para a determinação de velocidade limite. A Tabela 3.4 apresenta a lista de variáveis utilizadas na elaboração dos modelos, juntamente com a indicação das que se mostraram estatisticamente significativas no processo de calibração.

Tabela 3.4 - Variáveis consideradas na determinação de velocidade limite segundo Correia e Silva (2010)

Número/ordem	Variáveis
1*	Interseções ao longo do trecho, no LDC
2*	Interseções ao longo do trecho, no LEC
3*	Acessos individuais a estacionamentos fora da via, no LDC
4	Acessos individuais a estacionamentos fora da via, no LEC
5	Acessos laterais para o tráfego motorizado, no LDC
6*	Acessos laterais para o tráfego motorizado, no LEC
7*	Número de vagas de estacionamento ao longo do trecho, no LDC
8	Número de vagas de estacionamento ao longo do trecho, no LEC
9	Acessos para caminhos de pedestres, no LDC
10	Acessos para caminhos de pedestres, no LEC
11	Acesso de pedestres a edificações, no LDC
12	Acesso de pedestres a edificações, no LEC
13	Paradas de ônibus, no LDC
14*	Paradas de ônibus, no LEC
15*	Travessias formais para pedestres
16	Postos de gasolina, no LDC
17	Postos de gasolina, no LEC
18	Semáforos para controle de velocidade, no LDC
19	Semáforos para controle de velocidade, no LEC
20*	Caçadas, no LDC
21*	Caçadas, no LEC
22*	Nível médio de restrições laterais, no LDC
23*	Nível médio de restrições laterais, no LEC
24*	Nível alto de restrições laterais, no LDC
25*	Nível alto de restrições laterais, no LEC

Legenda:

LDC - lado direito do condutor

LEC - lado esquerdo do condutor

* - variável significativa nos modelos ($V = 50$ km/h e $V = 70$ km/h)

Fonte: adaptado de Correia e Silva (2010)

3.3 - SÍNTESE DOS FATORES CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE

A partir das informações obtidas na literatura revisada é possível a realização de uma síntese dos fatores considerados na definição de velocidade limite. Sua realização tem como objetivo a identificação dos fatores que serão considerados na consulta a ser realizada aos especialistas, descrita no Capítulo 4. Esta síntese consiste de uma listagem geral de fatores utilizados por órgãos brasileiros (Resolução nº 180/2005 do CONTRAN, 2007) e estrangeiros, desde o ano de 1985 até o ano de 2010.

A Tabela 3.5 apresenta os principais fatores para a definição da velocidade limite referidos nos estudos identificados na literatura pesquisada. Nesta tabela estão incluídos, também, os fatores considerados nos sistemas especialistas apresentado no Capítulo 2, de forma a permitir a visão global de todos os fatores referidos nos trabalhos revisados e, assim, a identificação dos mais frequentemente utilizados.

Tabela 3.5 - Fatores considerados nos estudos revisados para a definição de velocidade limite

Fatores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acostamento (presença e condições)			x			x		x	x	
Afastamento das edificações				x		x				
Atitude/solicitação do público para alteração de velocidade limite		x	x							
Ciclistas (presença de facilidades)				x						
Ciclistas (presença; volume; atividades)				x		x	x	x		
Classe da via (classe funcional) (1)		x	x	x		x		x	x	
Composição do tráfego (presença de veículos pesados)						x		x		
Comprimento do trecho da via				x			x			
Condições para deslocamento lateral dos veículos (retornos, conversões, troca de faixas)								x		
Critério de projeto do departamento de transporte (1)		x								
Custo de construção (1)		x								
Design do veículo		x								
Distâncias de visibilidade permitida pelo layout da via				x					x	
Divisor central (presença ; tipo)				x		x	x			
Estacionamento (na via e fora da via; influência no fluxo; avaliação da existência e condições)		x	x	x			x	x	x	x
Faixas de trânsito (número)				x		x	x			
Faixas de trânsito (largura)			x	x		x				
Geometria da via (horizontal; vertical; alinhamento inadequado)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Histórico de acidentes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Iluminação da via				x						
Impactos ambientais		x								
Interseções e acessos (presença ; quantidade; com desnível; sem desnível)						x	x	x		x
Legislação local		x								
Localização urbana ou rural		x		x				x		
Meio-fio e sarjeta (presença) (1)		x	x							
Número e natureza das vias marginais				x		x				
Parada de ônibus										x
Pavimento (largura; tipo; condições)			x		x	x		x		
Pedestres (presença de facilidades)				x		x		x		x
Pedestres (presença; volume; atividades)	x	x	x	x		x	x	x	x	
Risco nas margens da via (elementos de risco; condições inesperadas)			x			x	x	x		x
Seção transversal da via (elementos) (1)		x								
Tipo de controle de tráfego (presença; quantidade)				x		x	x			
Tipo e densidade do uso do solo (área e/ou lateral da via) ; Presença geradores de tráfego (escolas, hospitais e outros)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Topografia do local (1)		x					x			
Velocidade de projeto	x	x	x		x					
Velocidade de ritmo	x		x							x
Velocidade limite (existente/prevista) (1)		x		x						
Velocidade limite em trechos adjacentes		x		x		x				
Velocidade máxima legal (2)		x			x		x			
Velocidade média	x		x							
Velocidade operacional (V50)							x			
Velocidade operacional (V85) (2)	x	x	x		x	x	x	x	x	
Velocidade segura para curvas		x						x		
Volume de tráfego		x	x	x	x	x	x			

(1) Para Fitzpatrick et al. (1997) estes fatores são utilizados para a determinação de velocidade em via novas
(2) Para Fitzpatrick et al. (1997) estes fatores são utilizados para a determinação de velocidade em vias novas e vias já existentes
1 - Parker (1985) apud Skszek (2004) ; 2 - Fitzpatrick et al. (1997); 3 - ITE (2001) apud Srinivasna et al. (2006); 4 - Nova Zelândia (LTSA, 2003); 5 - Skszek (2004); 6 - XLIMITS (AUSTRROADS, 2005); 7 - USLIMITS (Srinivasan et al., 2006); 8 - CONTRAN (2007); 9 - MUTCD (FHWA, 2009); 10 - Correia e Silva (2010)

A dificuldade encontrada na elaboração desta síntese advém do conflito entre os termos utilizados nos diferentes estudos. Os termos foram padronizados e traduzidos para o português do Brasil.

Os estudos revisados apresentam como fatores mais freqüentes os dispostos na Figura 3.5. A figura exhibe os fatores citados por pelo menos quatro autores, ou por pelo menos 40% dos estudos pesquisados. Pela figura percebe-se que os fatores preponderantes são geometria da via, histórico de acidentes e tipo e densidade do uso do solo. Outros fatores que também se destacam são presença de pedestres e velocidade operacional V85.

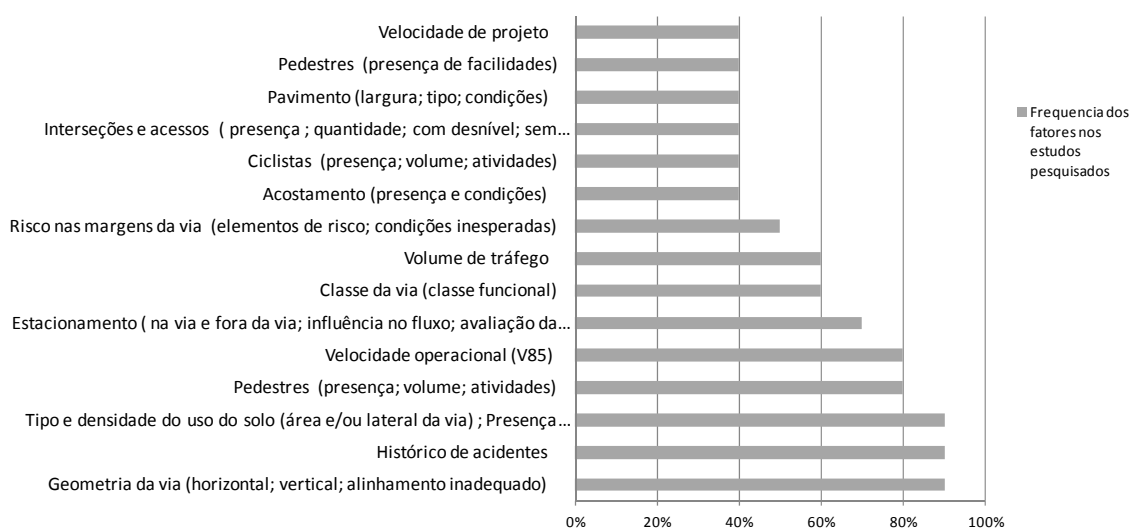


Figura 3.5 - Fatores considerados por pelo menos 40% dos estudos revisados, para a definição de velocidade limite

3.4 - TÓPICOS CONCLUSIVOS

O método mais comum para determinação de velocidade limite em rodovias é o “Estudo de Engenharia”. Este estudo requer coleta de dados e análises para a determinação de um limite de velocidade apropriado. Os dados coletados correspondem aos fatores considerados na determinação da velocidade.

A síntese dos fatores considerados nos 10 trabalhos revisados mostrou que, de acordo com a Figura 3.5, geometria da via, histórico de acidentes e tipo e densidade do uso do solo são os fatores mais adotados, aparecendo em 90% dos estudos analisados. Os fatores presença de pedestres e velocidade operacional foram citados por mais de 80% dos autores, e o fator estacionamento por 70%.

Para a elaboração do estudo de engenharia, o Brasil adota o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito aprovado pela Resolução 180/2005 do CONTRAN. Os fatores no caso brasileiro não diferem muito dos fatores utilizados na literatura internacional, e o estudo também apresenta as mesmas deficiências encontradas nos estudos estrangeiros. A principal falha encontrada é a falta de orientação sobre o peso que cada um dos elementos analisados (fatores) deve ter na definição da velocidade limite, e como os resultados de cada fator devem ser objetivamente considerados para essa definição.

Os Estados Unidos da América é o país que mais possui estudos que investigam a forma utilizada para a definição de velocidade limite. A maioria dos estudos foi realizada por meio de entrevistas a especialistas. As pesquisas apresentam como resultado listas com os principais fatores que são considerados na definição de velocidade limite. Os fatores mais utilizados pelos americanos são V85, uso do solo na lateral da via e histórico de acidentes. Destaca-se, no entanto, que os estudos não indicam o peso do fator V85 com relação aos demais e nem desses últimos entre si.

Dentre os trabalhos revisados, somente o de Correia e Silva (2010) é que permite, a priori, verificar a ordem de importância de cada fator. Por meio dos coeficientes de cada variável no modelo é possível inferir a importância relativa de cada variável na definição da velocidade limite. No entanto, a interpretação dos coeficientes das variáveis como a contribuição específica efetiva de cada uma delas deve ser feita com cautela em função de limitações naturais no desenvolvimento de modelos de previsão.

Face ao exposto, percebe-se que é importante desenvolver e aplicar um procedimento que permita identificar quais os fatores que devem ser empregados para a definição da velocidade limite no contexto das rodovias brasileiras e, também, qual a importância relativa desses fatores. Este procedimento é apresentado no Capítulo 4.

4 - PROCEDIMENTO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES A SEREM CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE PARA AS RODOVIAS BRASILEIRAS

A estrutura geral do procedimento adotado para obtenção da hierarquia e pesos dos fatores a serem considerados na definição de velocidade limite para as rodovias brasileiras compreende as cinco etapas indicadas no fluxograma da Figura 4.1.

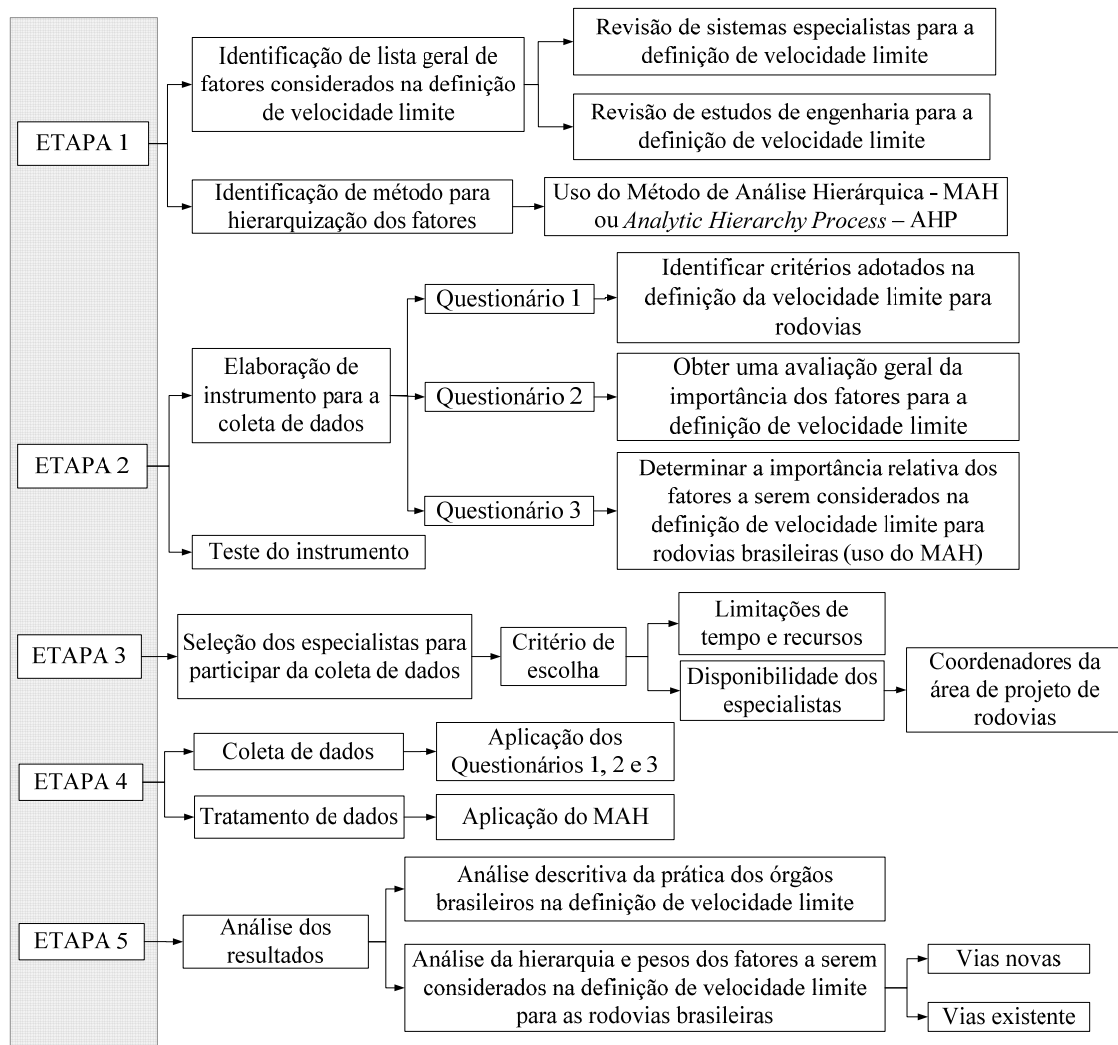


Figura 4.1 - Estrutura geral do procedimento adotado

Nas seções a seguir estão detalhadas as etapas mostradas na Figura 4.1. Os resultados indicados na Etapa 5 são indicados no Capítulo 5.

4.1 - ETAPA 1: IDENTIFICAÇÃO DE LISTA DE FATORES CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE E DE MÉTODO PARA HIERARQUIZAÇÃO DOS FATORES

Esta etapa do procedimento teve o intuito de identificar uma lista geral de fatores a serem considerados em processo de consulta a especialistas brasileiros. Visou, também, identificar o método a ser utilizado na hierarquização dos fatores.

Neste procedimento decidiu-se pela aplicação do Método de Análise Hierárquica – MAH ou *Analytic Hierarchy Process* – AHP para a definição da importância relativa e hierarquização dos fatores, com o uso do software *Expert Choice* cujas características e disponibilidade de licença para utilização permitem que os objetivos da pesquisa sejam atendidos. Os aspectos conceituais do MAH, relevantes para o desenvolvimento do referido procedimento, estão apresentados no Apêndice B.

A lista geral de fatores a serem considerados em processo de consulta a especialistas resultou da revisão bibliográfica apresentada no Capítulo 2 e no Capítulo 3, e sintetizada na Tabela 3.5. No Capítulo 2 foram apresentados os fatores considerados nos sistemas especialistas para a definição de velocidade limite, e no Capítulo 3 os fatores considerados nos estudos de engenharia para a definição de velocidade limite.

Os fatores extraídos da revisão bibliográfica passaram por uma triagem, a fim de se eliminar fatores repetidos, indicados por poucos autores e fatores incomuns. Posteriormente esses fatores foram agrupados para a obtenção de uma lista final e elaboração do instrumento de coleta.

Os fatores foram agrupados em 5 categorias: Classificação da via; Características da área lateral da via, Características físicas da via, Velocidades de referência e Característica do tráfego. A Tabela 4.1 apresenta a lista geral de fatores a serem considerados no processo de consulta a especialistas.

Tabela 4.1- Lista geral de fatores a serem considerados no processo de consulta a especialistas

GRUPO DE FATORES	DESCRIÇÃO
1. CLASSIFICAÇÃO DA VIA	
1.1 Classificação geral	rural ou urbana
1.2 Classificação funcional	expressa, arterial, coletora, local
1.3 Classificação técnica	Classe 0, I, II, III e IV.
2. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA LATERAL DA VIA (área lindeira)	
2.1 Elementos nas margens da via	verificar o afastamento das edificações e de elementos que possam causar risco aos veículos no caso de saída de pista (postes, pilares de viadutos e passarelas, elementos de suporte da sinalização vertical, etc.); verificar a presença e afastamento de pontos de ônibus.
2.2 Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras	verificar o uso predominante do solo (residencial, industrial, comercial, agrícola, etc.) e a intensidade desse uso (ocupação). Levantar em conta a presença de áreas escolares, postos de gasolina, e outros polos geradores de viagens (PGV) nas margens da via.
3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA VIA	
3.1 Geometria	
3.1.1 características do alinhamento horizontal	número e elementos de projeto das curvas horizontais (raio, comprimento de transição, etc).
3.1.2 características do alinhamento vertical	inclinação e extensão das rampas; número e elementos de projeto das curvas verticais (rampas concordadas; comprimento da curva).
3.1.3 características da seção transversal	número e largura das faixas por sentido; presença e tipo do separador de fluxos opostos (barreira de concreto, canteiro central, com ou sem defensas, etc); presença e largura dos acostamentos; presença e largura das calçadas; presença de meio-fio e sarjeta.
3.2 Interseções, retornos e acessos	
3.2.1 presença de interseções	número médio por quilômetro (densidade de interseções) e tipo de interseção (em nível, interconexões).
3.2.2 controle do tráfego nas interseções	sinalização vertical, rotatórias ou semáforo.
3.2.3 presença de retornos	número médio por quilômetro.
3.2.4 presença de acessos	número médio por quilômetro de acessos a propriedades lindeiras e/ou áreas de estacionamento.
3.3 Outros elementos	
3.3.1 presença de facilidades para pedestres	faixas de travessia (semaforizadas ou não), túneis ou passarelas, inclusive junto a interseções.
3.3.2 presença de facilidades para ciclistas	ciclovias ou ciclofaixas, incluindo interseções com tráfego veicular.
3.3.3 estacionamento	presença de estacionamento permitido na lateral da pista, contíguo as faixas de trânsito.
3.3.4 iluminação pública	iluminação pública.
3.3.5 dispositivos auxiliares	presença de dispositivos de proteção contínua para o fluxo veicular (defensas metálicas e/ou barreiras de concreto).
3.4 Pavimento	Para vias existentes: verificar se o pavimento é rígido ou flexível e seu estado de conservação. Para vias novas: verificar se o pavimento é rígido ou flexível.
3.5 Pontes e viadutos	Verificar a presença de pontes e viadutos no trecho, especialmente com larguras inferiores à largura normal da via (incluindo acostamentos).
4. VELOCIDADES DE REFERÊNCIA	
4.1 Velocidade de projeto	(Velocidade Diretriz).
4.2 Limite legal máximo de velocidade	limite legal máximo de velocidade.
4.3 Velocidade limite estabelecida para a via	(aplicável no caso de vias existentes).
5. CARACTERÍSTICAS DO TRÁFEGO	
5.1 Presença e volume de pedestres e ciclistas	Para vias existentes: verificar o volume médio de pedestres e ciclistas circulando nas margens da via e efetuando operação de travessia. Para vias novas (estimativas): estimar o volume de pedestres e ciclistas com base no uso e ocupação do solo das áreas lindeiras.
5.2 Volume e composição do tráfego veicular	Para vias existentes: verificar o volume médio de veículos, incluindo a identificação do percentual de veículos pesados. Para vias novas (estimativas): estimar o volume veicular.
5.3 Número de acidentes	Para vias existentes: verificar o histórico de acidentes, considerando os últimos 05(cinco) anos. Para vias novas (estimativas): calcular, usando um modelo de previsão de acidentes, o número esperado de acidentes para um determinado período de tempo.
5.4 Velocidades praticadas	Para vias existentes: determinar a velocidade operacional (V85), a velocidade mediana (V50) e a velocidade média e o coeficiente de variação (CV) da velocidade. Para vias novas (estimativas): calcular, usando um modelo de previsão de velocidade operacional, a V85 para a via (ou trecho de via) considerado.

A revisão do MAH auxiliou na elaboração de um dos instrumentos de coleta, o Questionário 3 que está apresentado na Etapa 2. Na aplicação deste instrumento, os fatores listados na Tabela 4.1 foram comparados entre si, de forma que o especialista consultado

pôde indicar a dominância de um fator em relação ao outro. Os resultados da aplicação do MAH são os indicados na Etapa 5.

4.2 - ETAPA 2: ELABORAÇÃO E TESTE DO INSTRUMENTO DE COLETA

A Etapa 2 é caracterizada pela elaboração e aplicação de teste do instrumento de coleta de dados. O teste do instrumento foi realizado com especialistas da área de projeto e operação de rodovias. Em função desse teste alguns ajustes foram feitos visando a aplicação dos instrumentos na etapa efetiva de coleta de dados. No Apêndice C estão apresentadas somente as versões finais dos questionários.

O instrumento de coleta é composto por três Questionários:

- o Questionário 1: tem a função de conhecer a prática do órgão na definição da velocidade limite;
- o Questionário 2: consiste da verificação geral da concordância dos entrevistados com os elementos da lista geral de fatores e, também, permite que estes incluam outros fatores;
- o Questionário 3: busca identificar o peso de cada fator citado no Questionário 2 e, portanto, a determinação da importância relativa dos fatores para rodovias em fase de projeto e em fase de operação.

Com o Questionário 1, apresentado no Apêndice C, foram coletados os dados do respondente – nome, função, órgão, e-mail, e tempo de atuação na definição da velocidade limite de rodovias –, e informações sobre os procedimentos adotados na definição de velocidade limite pelo seu órgão de origem, por meio das quatro questões apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Questões para a coleta de informações referentes aos procedimentos adotados na definição de velocidade limite

1) Quais as normas utilizadas pelo órgão para a definição da velocidade limite? (Cite as normas e o ano em que foram publicadas. No caso de serem adotadas normas específicas do órgão, anexar ao questionário uma cópia das mesmas)
2) Levando em conta as normas referidas na Questão 1 e a experiência prática dos técnicos que atuam no órgão, quais os principais critérios adotados para a definição da velocidade limite para novas rodovias?
3) Em que situações o órgão faz alteração da velocidade limite de rodovias existentes?
4) Quais os critérios usados para a definição de uma nova velocidade limite para uma via ou trecho viário já em operação (aumento ou redução da velocidade existente)?

No Questionário 2 é apresentada a lista de fatores da Tabela 4.1 e a descrição de cada fator. Ao lado de cada fator foi disponibilizado um espaço para que o entrevistado indique a

importância do fator. A marcação do campo “SIM” indica que o fator analisado, no seu entendimento, tem importância na definição de velocidade limite para rodovias e “NÃO” caso o fator não tenha importância na definição de velocidade limite. Neste questionário o entrevistado pode adicionar fatores de seu interesse, não listados no questionário, no campo “OUTROS”. Um exemplo de preenchimento do Questionário 2 está na Figura 4.2 e sua versão completa encontra-se no Apêndice C.

GRUPOS DE FATORES		DESCRIÇÃO	SIM	NÃO
1 CLASSIFICAÇÃO DA VIA				
1.1 Classificação geral		rural ou urbana.		x
1.2 Classificação funcional		expressa, arterial, coletora, local.	x	
1.3 Classificação técnica		Classe 0, I, II, III e IV.	x	
.....				
OUTROS: (Insira outros fatores não abordados nesta listagem. Se necessário, utilize o verso da página.)				

Figura 4.2 – Exemplo de preenchimento do Questionário 2

O Questionário 3 permitiu a obtenção da hierarquia geral e do peso dos fatores para vias novas e vias existentes. Este questionário utiliza o MAH, onde os fatores são comparados entre si pelo entrevistado para se obter o grau de dominância de um fator em relação a outro. Ao elaborar este questionário foram observadas as seguintes ressalvas em relação aos fatores apresentados na Tabela 4.1:

- o fator “4.3 Velocidade limite estabelecida para a via” é aplicável somente para o caso de vias existentes;
- os elementos que compõem o grupo “5. CARACTERÍSTICAS DO TRÁFEGO: 5.1 Presença e volume de pedestres e ciclistas, 5.2 Volume e composição do tráfego veicular, 5.3 Número de acidentes, 5.4 Velocidades praticadas” possuem significados diferentes ao se tratar de vias novas e de vias existentes. No caso de vias existentes esses elementos podem ser medidos em campo, já para o caso de vias novas, esses elementos são apenas estimados;
- o fator “3.4 Pavimento” também possui uma diferenciação para vias novas e existentes. Em vias novas a descrição desse fator é baseada no tipo de pavimento (rígido ou flexível) e para vias existentes é baseado no tipo e estado de conservação do pavimento.

Devido a essas restrições e com a finalidade de reduzir o tempo de coleta de dados (ao evitar a realização de julgamentos repetidos pelo entrevistado), o Questionário 3 foi dividido em três partes: na primeira parte comparam-se os fatores comuns a vias novas e vias existentes, na segunda os fatores referentes a vias novas, e na terceira parte a vias existentes. Cada parte do questionário é composta por sub-grupos dos fatores mostrados na Tabela 4.1. Os elementos de cada sub-grupo são comparados entre si. Não é permitida a comparação entre elementos de sub-grupos distintos. Os sub-grupos de elementos a serem comparados em cada parte do Questionário 3 estão presentes na Tabela 4.3. A comparação final entre os grupos gerais de fatores é feita no final das Partes 2 e 3, considerando todos os grupos aplicáveis a vias novas e vias existentes, reunidos na célula inferior direita das tabelas referentes às Partes 2 e 3.

Tabela 4.3 - Elementos a serem comparados no Questionário 3

Parte 1 - Elementos vias novas e existentes	
1.1 Classificação geral	3.2.1 <i>presença de interseções</i>
1.2 Classificação funcional	3.2.2 <i>controle do tráfego nas interseções</i>
1.2 Classificação técnica	3.2.3 <i>presença de retornos</i>
2.1 Elementos nas margens da via	3.2.4 <i>presença de acessos</i>
2.2 Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras	3.3.1 <i>presença de facilidades para pedestres</i>
3.1.1 <i>características do alinhamento horizontal</i>	3.3.2 <i>presença de facilidades para ciclistas</i>
3.1.2 <i>características do alinhamento vertical</i>	3.3.3 <i>estacionamento</i>
3.1.3 <i>características da seção transversal</i>	3.3.4 <i>iluminação pública</i>
	3.3.5 <i>dispositivos auxiliares</i>

(a)

Parte 2 - Elementos vias novas	
3.1 Geometria	5.1 Presença e volume de pedestres e ciclistas
3.2 Interseções, retornos e acessos	5.2 Volume e composição do tráfego veicular
3.3 Outros elementos	5.3 Número de acidentes
3.4 Pavimento	5.4 Velocidades praticadas
3.5 Pontes e viadutos	1. CLASSIFICAÇÃO DA VIA
4.1 Velocidade de projeto	2. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA LATERAL DA VIA (área lindeira)
4.2 Limite legal máximo de velocidade	3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA VIA
	4. VELOCIDADES DE REFERÊNCIA
	5. CARACTERÍSTICAS DO TRÁFEGO

(b)

Parte 3 - Elementos vias existentes	
3.1 Geometria	5.1 Presença e volume de pedestres e ciclistas
3.2 Interseções, retornos e acessos	5.2 Volume e composição do tráfego veicular
3.3 Outros elementos	5.3 Número de acidentes
3.4 Pavimento	5.4 Velocidades praticadas
3.5 Pontes e viadutos	1. CLASSIFICAÇÃO DA VIA
4.1 Velocidade de projeto	2. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA LATERAL DA VIA (área lindeira)
4.2 Limite legal máximo de velocidade	3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA VIA
4.3 Velocidade limite estabelecida para a via	4. VELOCIDADES DE REFERÊNCIA
	5. CARACTERÍSTICAS DO TRÁFEGO

(c)

Observa-se na Tabela 4.3 que os elementos integrantes da Parte 2 – Elementos vias novas e da Parte 3 – Elementos vias existentes são iguais em sua maioria, porém essa divisão foi necessária para investigar a existência de diferença na hierarquia dos fatores relacionados a vias novas e a vias existentes.

O Questionário 3 completo encontra-se no Apêndice C. Na Figura 4.3 é apresentado um exemplo de preenchimento deste questionário. O exemplo de preenchimento é referente ao primeiro sub-grupo da Parte 1 – Elementos vias novas e existentes, que são: 1.1 Classificação geral, 1.2 Classificação funcional e 1.3 Classificação técnica.

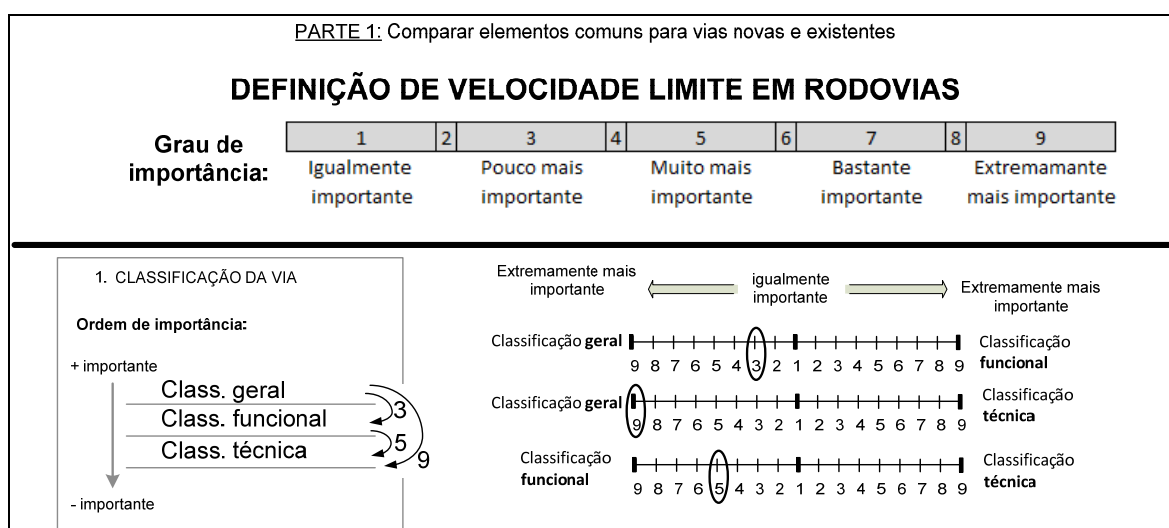


Figura 4.3 – Exemplo de preenchimento do Questionário 3

Observa-se na Figura 4.3 o grau de dominância de um fator em relação ao outro. O quadro a esquerda é utilizado para hierarquizar os fatores do sub-grupo analisado, onde os elementos são colocados em ordem de importância de acordo com a opinião dos especialistas. Na escala a direita os entrevistados devem indicar o grau de importância que um fator tem em relação ao outro, considerando números de 1 a 9. Como a escala possui lados simétricos, o grau de importância deve ser marcado no lado próximo ao elemento mais dominante da comparação paritária. No caso do exemplo apresentado, as respostas foram as seguintes:

- Classificação geral é considerada “pouco mais importante” que Classificação funcional;
- Classificação geral é considerada “extremamente mais importante” que Classificação técnica;

- Classificação funcional é considerada “muito mais importante” que Classificação técnica.

A Etapa 3 a seguir apresenta o processo de escolha dos especialistas que participaram da etapa de coleta de dados.

4.3 - ETAPA 3: SELEÇÃO DOS ESPECIALISTAS

A Etapa 3 do procedimento teve o intuito de selecionar os especialistas para participar da coleta de dados. A escolha dos órgãos desses especialistas levou em conta as limitações de tempo e recursos para a pesquisa, especialmente no sentido de viabilizar a viagem aos órgãos para a aplicação da entrevista.

Considerando que o propósito da pesquisa é conhecer a hierarquia e os pesos dos fatores adotados na prática de definição de velocidade limite nos órgãos brasileiros, e reconhecendo a dificuldade de recursos para aplicar a pesquisa em todos os Departamentos de Estradas e Rodagens (DERs) do país, foram selecionadas as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste como amostra para a coleta de dados.

Após a escolha das regiões, foram eleitos dessas regiões os estados com oportunidades e facilidades de acesso por parte dos aplicadores da pesquisa, e que possuíssem vasta malha rodoviária. Assim, os estados escolhidos para a aplicação da pesquisa foram os seguintes:

- região Centro-Oeste: Distrito Federal e Goiás;
- região Sudeste: Minas Gerais e São Paulo;
- região Sul: Santa Catarina.

A partir da escolha dos estados, decidiu-se pela aplicação dos questionários também em órgãos federais, devido à facilidade de acesso aos órgãos federais situados em Brasília.

Os órgãos onde os questionários foram aplicados são os seguintes:

- Distrito Federal
 - Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF)
 - Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT)
 - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)
- Estado de Goiás
 - Agência Goiana de Transportes e Obras (AGETOP)

- Estado de Minas Gerais
 - Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER-MG)
- Estado de São Paulo
 - Desenvolvimento Rodoviário S. A. (DERSA)
 - Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER – SP)
- Estado de Santa Catarina
 - Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina (DEINFRA)

Em todos os órgãos listados entrou-se em contato com os técnicos ligados à área de projeto e operação de rodovias, buscando, especialmente, os coordenadores da área de projeto de rodovias com notória experiência na área. Caso o coordenador estivesse impossibilitado de responder ao questionário solicitou-se para que indicasse outro técnico da área.

Os DERs, a AGETOP e o DEINFRA atuam na área de infraestrutura de transportes com a função de administrar o sistema rodoviário estadual, a integração com as rodovias municipais e federais e a interação com os demais modos de transporte.

Já os órgãos federais têm as seguintes funções: a ANTT a de fiscalizar a exploração da infraestrutura das rodovias concedidas, e o DNIT a de operar, manter, restaurar ou repor, adequar a capacidade e ampliar as rodovias federais. Esses dois órgãos compreendem toda a população de órgãos federais do país com a função de construir, operar e fiscalizar rodovias.

Também cabe destacar que o DERSA é uma empresa de economia mista, que desenvolve vários trabalhos com o governo de São Paulo e atualmente é gestora do Programa de Desenvolvimento do Sistema Viário Estratégico de São Paulo.

4.4 - ETAPA 4: COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

A Etapa 4 do procedimento compreende a coleta de dados, com aplicação dos instrumentos descritos na Etapa 2 e apresentados no Apêndice C. O tratamento consiste na validação dos dados coletados e transferência dos mesmos para o software *Expert Choice*.

4.4.1 - Coleta de dados

Na fase de coleta, para facilitar a compreensão dos técnicos e o correto preenchimento dos questionários, principalmente ao se tratar do Questionário 3, é importante um aplicador junto ao especialista, com a finalidade de guiar o entrevistado e garantir que as respostas

não gerarão inconsistência. O emprego do MAH, utilizado no Questionário 3, necessita de um auxílio particular para que o entrevistado preencha o questionário de forma adequada, sobretudo quando o técnico não tem conhecimento do método.

A inconsistência é verificada no seguinte caso: considerando os elementos A_1 , A_2 e A_3 . Se o elemento A_1 é 3 vezes mais dominante do que o elemento A_2 , ou seja $A_1=3x A_2$, e o elemento A_1 é 6 vezes mais dominante do que o elemento A_3 , ou seja $A_1=6x A_3$, então se $A_2 \neq 2x A_3$ o julgamento será inconsistente. O julgamento não necessita ser totalmente consistente, o método permite uma margem de inconsistência nos julgamentos. Maiores detalhes sobre o Método de Análise Hierárquica estão apresentados no Apêndice B.

Uma das principais dificuldades encontradas na aplicação dos questionários foi a falta de disponibilidade de tempo por parte dos especialistas, uma vez que a pesquisa demanda várias comparações sucessivas, o que gasta um tempo considerável. Em geral, quando o entrevistado desconhece o MAH, a aplicação dos questionários pode ter uma duração de até três horas. Assim, foi necessário informar ao entrevistado o tempo previsto de duração da pesquisa.

Para os especialistas impossibilitados de despender o tempo necessário para o preenchimento dos questionários, foi desenvolvido um tutorial para guiá-los. Antes do envio do tutorial foi realizada uma reunião com a finalidade de estabelecer um contato inicial com o entrevistado, e apresentar os princípios do MAH. Após a reunião foi combinada uma data para o recebimento do questionário preenchido.

Em alguns órgãos, mais de um técnico se sentiu motivado para o preenchimento do questionário, o que resultou em vários questionários respondidos para o mesmo órgão. Em outros casos um grupo de técnicos decidiu participar da pesquisa e entraram em consenso quanto às respostas, o que resultou em um único questionário para o órgão, gerado a partir da discussão entre os técnicos.

Ao todo foram coletados 12 questionários. Destes, alguns foram eliminados e outros combinados para resultar em um único resultado por estado, detalhes desse procedimento estão na fase de tratamento de dados, Seção 4.4.2.

Os Questionário 1 e 2 são de preenchimento simples, e os entrevistados não apresentaram dificuldades ao responde-los. Para a correta aplicação do Questionário 3, foram utilizadas com os especialistas as estratégias descritas abaixo, com o intuito de se obter um

questionário com o mínimo de inconsistência possível e que refletisse a opinião do especialista:

- antes de iniciar o preenchimento do questionário, o aplicador despendeu em torno de 10 minutos para explicar os objetivos do trabalho e a utilização do MAH. Também foi realizado um treinamento prévio com o entrevistado com uma situação do cotidiano, para que ele entendesse a lógica de preenchimento do Questionário 3 e o conceito de inconsistência (detalhes dos MAH estão no Apêndice B);
- para agilizar o processo de aplicação e diminuir o tempo de coleta, que em geral teve uma duração de três horas, o aplicador se ofereceu para escrever as respostas para o entrevistado, o que permitiu, ao aplicador verificar de forma aproximada as inconsistências dos julgamentos;
- a técnica que o aplicador utilizou para verificar a inconsistência foi conferir se as comparações (marcação de valores de 1 a 9) entre elementos de ordem de importância próxima estão menores que as comparações entre os elementos de ordem de importância mais distantes. Como o exemplo da Figura 4.3, onde se observa, no quadro a esquerda, que os julgamentos internos são menores que o julgamento externo.
- o entrevistado foi orientado a comparar, primeiramente, o grau de importância do elemento mais importante com o elemento menos importante, para depois continuar com as outras comparações do grupo. Isto auxiliou o entrevistado a evitar a ocorrência de inconsistência, pois, uma vez que se conheça a comparação mais extrema, sabe-se que as comparações intermediárias devem ter necessariamente um grau de importância menor. No exemplo da Figura 4.3 também é possível observar esse procedimento, em que a primeira comparação que o entrevistado deve realizar é entre os elementos “Class. Geral” e “Class. Técnica”.

4.4.2 - Tratamento de dados

A fase de tratamento de dados consiste na aplicação do Método de Análise Hierárquica – MAH, por meio da inserção dos dados no *Expert Choice*, eliminação de questionários inconsistentes, e combinações de resultados. Os resultados combinados permitem a obtenção da hierarquia e peso dos fatores para cada estado entrevistado, para cada órgão federal e para o conjunto de órgãos estaduais e federais, com a finalidade de adquirir uma

lista final de fatores importantes para a definição de velocidade limite para rodovias novas e existentes, que poderá servir de base para a elaboração de futuras normas.

O software *Expert choice* tem uma interface amigável, e possibilita rápida compreensão e inserção de dados. O usuário apenas insere o objetivo, os critérios e as alternativas (este estudo não compreende a etapa de inserção de alternativas) e preenche as comparações entre critérios e entre alternativas, considerando números na escala de 1 a 9 (respostas do Questionário 3). Como resultado final, o programa apresenta as prioridades em pesos numéricos, a razão de consistência de cada comparação, o resultado global, e a análise de sensibilidade. É possível usar o programa para decisões de grupo, onde se utiliza a média geométrica das opiniões dos participantes para se obter o julgamento do grupo (Wolff, 2008).

O MAH utiliza os seguintes passos para se chegar ao resultado (ver detalhes no Apêndice B):

Passo 1 - Definição do problema e determinação do objetivo;

Passo 2 - Estruturação da hierarquia;

Passo 3 - Comparação paritária dos fatores;

Passo 4 - Obtenção das prioridades;

Passo 5 - Sintetização de prioridades;

Passo 6 – Verificação da consistência dos julgamentos;

Passo 7 - Combinação dos julgamentos individuais de vários participantes.

Os doze questionários coletados passaram pelos Passos 3 a 5 indicados abaixo (os Passos 1 e 2 são realizados somente uma vez para cada tipo de situação: vias novas e vias existentes); no Passo 6 os questionários inconsistentes foram eliminados e no Passo 7 os questionários válidos foram combinados entre si. Os diferentes passos do Método de Análise Hierárquica aplicados ao presente estudo são detalhados a seguir:

Passo 1 – Definição do problema e determinação do objetivo

Como o problema compõe o objetivo do trabalho, para esta dissertação o objetivo consiste em: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em vias existentes (idem para vias novas).

Passo 2 – Estruturação da hierarquia

Para inserir os dados no ambiente proporcionado pelo software *Expert Choice* deve-se inicialmente construir a árvore hierárquica, como apresentado na Figura B.1 do Apêndice B. A árvore hierárquica inclui o objetivo no nível mais alto, e os níveis intermediários incluem os fatores que dependem do objetivo principal. Ressalta-se que este trabalho não compreende a escolha de alternativas. Como exemplo da estrutura hierárquica construída no programa, a Figura 4.4 apresenta a estrutura construída para vias existentes. A descrição de cada um dos itens inseridos na hierarquia encontra-se na Tabela 4.1. O procedimento adotado foi o mesmo para o caso de vias novas.

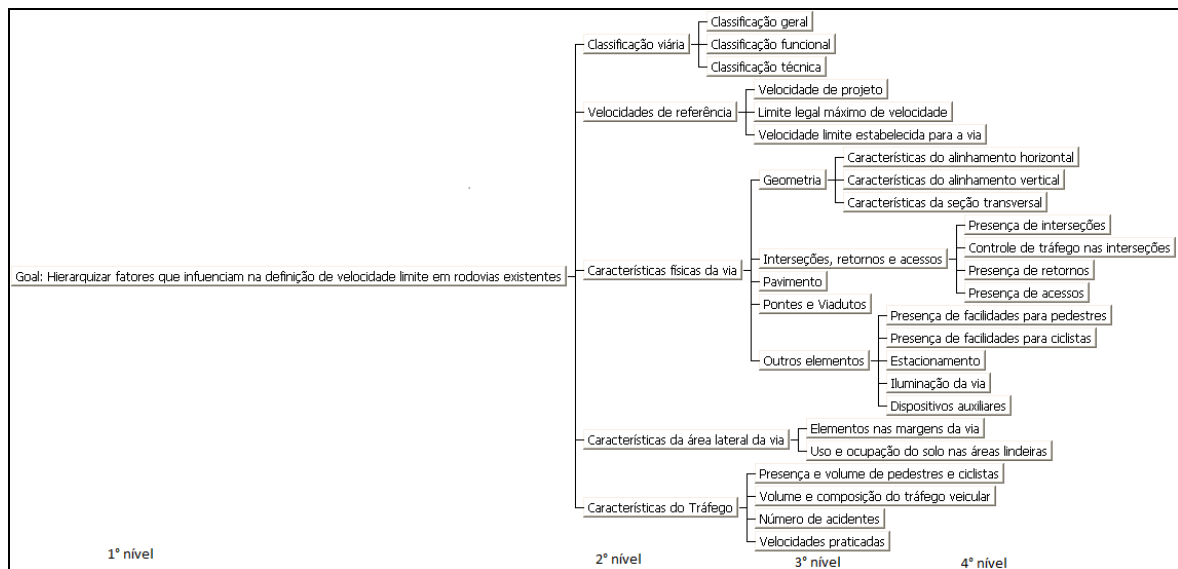


Figura 4.4 – Estrutura hierárquica para vias existentes

Passo 3 – Comparação paritária dos fatores

Após a construção da hierarquia o programa gera as matrizes de comparação, como apresentado na Figura B.2 do Apêndice B, para cada grupo de fatores. Ao total são nove matrizes que foram preenchidas para vias novas e outras nove para vias existentes, com os dados coletados no Questionário 3. A Figura 4.5 apresenta um exemplo da matriz de comparação gerada pelo programa para o grupo Classificação viária. Ressalta-se que os julgamentos são a comparação do elemento da linha com o elemento da coluna. Quando o elemento da coluna é dominante sobre o elemento da linha, o programa apresenta o julgamento na cor vermelha.

Compare the relative importance with respect to: Classificação viária			
	Classificação geral	Classificação funcional	Classificação técnica
Classificação geral		9,0	9,0
Classificação funcional			1,0
Classificação técnica	Incon: 0,00		

Figura 4.5 – Exemplo da matriz de comparação gerada para o grupo Classificação viária pelo *Expert Choice*

Passo 4 – Obtenção das prioridades

As prioridades são obtidas pelas equações apresentadas no Apêndice B, e calculadas pelo programa para cada matriz de comparação. Os resultados apresentados por matriz resultam em prioridades locais que somam 1 para cada subgrupo. A multiplicação da prioridade local de um elemento pela prioridade local do elemento de nível imediatamente superior resulta na prioridade global do primeiro elemento. A prioridade global será utilizada para a elaboração da sintetização dos resultados (observar Tabela B.3). A Figura 4.6 apresenta as prioridades de um julgamento de um especialista referente a vias existentes, onde as prioridades locais são caracterizadas pelo índice L e as prioridades globais pelo índice G.

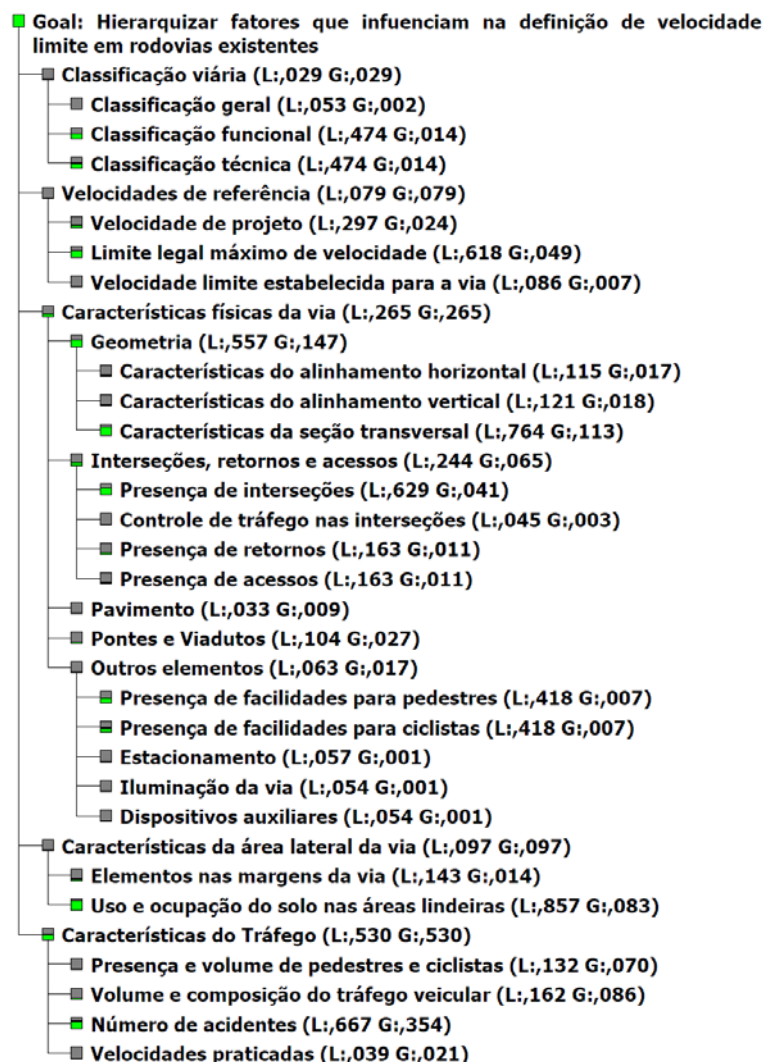


Figura 4.6 – Prioridades resultantes de um julgamento referente a vias existentes

Passo 5 – Sintetização de prioridades

A sintetização de prioridades é a apresentação dos resultados referentes aos pesos globais dos elementos pertencentes ao último nível de cada grupo, ou seja, de acordo com a Figura 4.4, serão apresentados todos os elementos do nível 4 e os elementos do nível 3 para os quais não há nível 4 associado. Os resultados válidos da sintetização de prioridade para cada estado e órgão federal encontram-se no Apêndice D.

Passo 6 – Verificação da consistência dos julgamentos

A consistência dos julgamentos de cada matriz é verificada pelo cálculo da razão de consistência (RC) indicada no Apêndice B e denominada pelo *Expert Choice* como “*Inconsistency*”. Nos questionários aplicados, a razão de consistência somente foi avaliada para o resultado sintetizado, verificando assim a inconsistência global dos julgamentos, como apresentado nas Figuras do Apêndice D.

No tratamento dos dados houve dois casos em que foi verificada a inconsistência global acima do permitido (0,10 de acordo com o MAH). No primeiro caso os técnicos de um órgão preencheram mais de um questionário, e ao verificar a inconsistência pelo *Expert Choice* percebeu-se que apenas um questionário estava com a inconsistência acima do permitido. Assim o questionário inválido foi eliminado, e continuou-se com as respostas dos questionários com inconsistência permitida.

O segundo caso ocorrido foi o de que o único questionário respondido pelo órgão gerou inconsistência acima de 0,10, e não havia possibilidade de se retornar ao especialista para repetir a aplicação do Questionário 3. Neste caso aplicou-se o método de melhoria de consistência indicado no Apêndice B e disponível no programa *Expert Choice*. O programa possui na sua barra de ferramentas uma aba denominada “*Inconsistency*” onde é possível visualizar o julgamento da matriz de comparação com a 1ª maior inconsistência, 2ª maior inconsistência e assim por diante. Esta mesma ferramenta indica o melhor valor para substituir o elemento inconsistente e tornar a inconsistência da matriz igual a zero pelo ícone denominado “*Best Fit*”. Ressalta-se que este procedimento deve ser aplicado com cautela para que os julgamentos dos especialistas não sejam descaracterizados.

Os cuidados tomados para aplicar o método de melhoria de consistência foi o de procurar a matriz de julgamentos mais inconsistente, e de maior nível hierárquico possível para aplicar o método. O valor indicado pelo programa pelo ícone “*Best Fit*” não foi aceito totalmente. O julgamento inconsistente foi modificado para um valor aproximado do valor recomendado pelo programa até obter a inconsistência de 0,10. Após a aplicação do

método de melhoria de consistência, a ordem dos fatores do resultado sintetizado e consistente foi comparada com a ordem dos fatores do resultado sintetizado inconsistente. Percebeu-se que houve pequenas mudanças nos pesos dos fatores, mas não houve alteração da ordem de prioridade dos mesmos.

Após o tratamento dos dados pela eliminação dos questionários inconsistentes e aplicação do método de melhoria de consistência, dos doze questionários iniciais, restaram onze, os quais passaram pelo passo de combinação dos resultados.

Passo 7 – Combinação dos julgamentos individuais de vários participantes

Os onze questionários válidos estão distribuídos de acordo com a Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Número de questionários válidos por órgão

Órgãos	DER-DF	AGETOP	DER-MG	DERSA	DER-SP	DEINFRA	ANTT	DNIT	Total
Número de questionários válidos	1	2	1	1	1	1	1	3	11

Para os órgãos que possuem mais de um questionário válido foi necessária a realização da combinação dos resultados para obter somente um resultado por órgão. Ressalta-se que no estado de São Paulo foram entrevistados dois órgãos estaduais, e com a finalidade de se obter um único resultado para o estado, os questionários do DERSA e do DER-SP foram combinados entre si e este resultado será referido como um único órgão estadual pela sigla OE.

A combinação é realizada pela média geométrica dos elementos de cada matriz de comparação, gerando uma nova matriz de resultados combinados, conforme o Apêndice B. O programa *Expert Choice* gera o resultado combinado pela ferramenta “*Combine Participants’ Judgments/Data*” onde se escolhe previamente os julgamentos que participarão do resultado combinado. Desta forma foram geradas as seguintes categorias de resultados para vias novas e vias existentes:

- resultados por órgão estadual (inclui, além da síntese das respostas dos órgãos DER-DF, DER-MG e DEINFRA, a síntese resultante da combinação dos questionários da AGETOP e combinado DERSA com DER-SP);
- resultado combinado dos órgãos estaduais (inclui a combinação dos “resultados por órgão estadual”);

- resultados por órgão federal (inclui a síntese das respostas da ANTT e a síntese resultante da combinação dos questionários do DNIT);
- resultado combinado dos órgãos federais (inclui a combinação dos “resultados por órgão federal”);
- resultado combinado dos órgãos estaduais e federais (inclui a combinação do “resultado combinado dos órgãos estaduais” com o “resultado combinado dos órgãos federais”).

4.5 - ETAPA 5: ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta etapa consiste na análise dos resultados da aplicação do procedimento adotado. Os resultados da aplicação dos Questionários 1 e 2 são apresentados como análise descritiva, onde se apresenta a prática utilizada nos órgãos entrevistados para a definição de velocidade limite, como também a opinião dos especialistas sobre a importância dos fatores citados na Tabela 4.1.

A análise detalhada de cada resultado apresentado acima, tanto para vias novas e quanto para vias existentes, é apresentada no Capítulo 5.

4.6 - TÓPICOS CONCLUSIVOS

O procedimento para identificação dos fatores a serem considerados na definição de velocidade limite para as rodovias brasileiras foi iniciado pela etapa da identificação de lista geral de fatores comumente considerados na definição de velocidade limite e identificação de método para a hierarquização desses fatores e determinação da sua importância relativa.

O método adotado para a hierarquização dos fatores e determinação da importância relativa é o Método de Análise Hierárquica – MAH, com o uso do software *Expert Choice*.

Os fatores a serem considerados na definição de velocidade limite foram extraídos da revisão bibliográfica, passaram por uma triagem e foram agrupados para a obtenção de uma lista final e elaboração dos instrumentos de coleta. Os instrumentos de coleta compreendem: (i) Questionário 1 - com a função de conhecer a prática do órgão na definição da velocidade limite; (ii) Questionário 2 - consiste da verificação geral da concordância dos entrevistados com os elementos da lista geral de fatores e, também,

permite que estes incluam outros fatores; (iii) Questionário 3 – busca determinar a importância relativa dos fatores para rodovias novas e existentes (uso do MAH).

Após a elaboração dos instrumentos os entrevistados (técnicos da área de projeto e operação de rodovias com experiência na área) foram selecionados. Essa seleção levou em conta as limitações de tempo e recursos para a pesquisa, bem como a necessidade de coletar dados junto a profissionais com efetiva experiência na questão da definição de velocidade limite para rodovias.

Ressalta-se que, com a finalidade de que os resultados obtidos fossem efetivamente representativos da opinião do técnico, o emprego do MAH necessitou de um auxílio particular para que o entrevistado preenchesse o questionário de forma adequada, sobretudo quando o técnico não tinha conhecimento do método. A apresentação inicial do método e de como o questionário deveria ser preenchido com base em uma situação simples do cotidiano foi a estratégia adotada para esse fim.

Como resultados, o procedimento descrito no Capítulo 4 permitiu a obtenção de uma análise descritiva da prática utilizada nos órgãos entrevistados para a definição de velocidade limite, como também o conhecimento da opinião dos especialistas sobre a importância dos fatores, por meio dos Questionários 1 e 2.

O segundo produto da aplicação do procedimento foi a hierarquização e determinação da importância relativa dos fatores considerados na determinação de velocidade limite, por meio da aplicação do Questionário 3 e inserção dos dados no *Expert choice*. Os resultados dessa aplicação são apresentados no Capítulo 5.

5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme exposto no Capítulo 4, as etapas de determinação e análise dos resultados resultam em dois tipos de análise. A primeira análise refere-se à prática dos órgãos na definição de velocidade limite, e decorre do resultado da aplicação dos Questionários 1 e 2. Já a segunda parte da análise dos resultados consiste na apresentação e avaliação da hierarquia e pesos dos fatores a serem considerados na definição de velocidade limite para rodovias brasileiras. Nas seções a seguir os dois tipos de análise são apresentados.

5.1 - ANÁLISE DESCRITIVA DA PRÁTICA DOS ÓRGÃOS PARA A DEFINIÇÃO DA VELOCIDADE LIMITE PARA RODOVIAS

5.1.1 - Identificação dos critérios adotados

O Questionário 1 foi respondido pelos doze entrevistados na pesquisa. Nas tabelas a seguir estão sintetizadas as respostas dos técnicos, apresentando um resumo do que foi coletado.

A Tabela 5.1 apresenta as respostas dos entrevistados para a primeira pergunta do Questionário 1. As principais normas utilizadas pelos órgãos para a definição de velocidade limite são os manuais do DNIT. Ressalta-se que somente o DER-SP apresentou a utilização de uma norma específica para o órgão. Essa norma do DER-SP faz referência ao Manual de projeto geométrico – DNER 1999 e à norma *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* – AASHTO 2004. Como a pergunta pede para anexar normas, os órgãos DEINFRA e DER-SP incluíram nos questionários os documentos descritos na Tabela 5.1. Os dois documentos servem apenas de apoio à atuação dos órgãos e não são instrumentos normativos.

Tabela 5.1 – Síntese das respostas obtidas na questão 1 do Questionário 1

<p>1) Quais as normas utilizadas pelo órgão para a definição da velocidade limite? (Cite as normas e o ano em que foram publicadas. No caso de serem adotadas normas específicas do órgão, anexar ao questionário uma cópia das mesmas)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Normas técnicas do DNIT (em especial: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais - DNER 1999 e Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários - DNER 1999) - Manual do CONTRAN E DENATRAN - Instrução normativa de Projeto geométrico: IP-DE-F00/001 de 2005 do DER-SP
<p>Normas anexadas:</p> <p><u>DEINFRA - SC:</u> O órgão anexou um parecer técnico (documento interno) não publicado, que sugere que o estado de Santa Catarina pode adotar uma única velocidade máxima permitida de trânsito para todos os segmentos livres das estradas de pista simples, com velocidade máxima para automóveis de 100 km/h, ônibus 90 km/h e caminhões com peso > 2,8t 80 km/h. Ressalta-se que este procedimento trata-se de uma sugestão, não sendo aplicado de forma integral nas rodovias de Santa Catarina.</p> <p><u>DER - SP:</u> O órgão anexou um documento interno não publicado, que indica fatores que podem ser levados em conta para a alteração da V85 e obtenção de uma velocidade ideal para o trecho, respeitando a velocidade de projeto e a velocidade regulamentada. A V85 pode ser modificada de acordo com os fatores: particularidades da via (deficiências geométrica; interferências; praças de pedágio; fenômenos climáticos; urbanização e tráfego de pedestres; e danos a superfície do pavimento e acostamentos que possam prejudicar a segurança) e índice de acidentes.</p>

A questão 2 trata dos principais critérios adotados para a definição de velocidade limite para vias novas. As respostas dos entrevistados encontram-se na Tabela 5.2. Ao analisar as respostas nota-se que um dos respondentes apresentou os fatores: estatísticas de acidentes, volume médio diário de veículos e políticas de desenvolvimento para região, como fatores adotados na definição de velocidade limite para rodovias novas e justificou que estes elementos são levados em consideração para o caso de duplicação de via, que na concepção do especialista se enquadra na categoria de rodovia nova.

Tabela 5.2 – Síntese das respostas obtidas na questão 2 do Questionário 1

<p>2) Levando em conta as normas referidas na Questão 1 e a experiência prática dos técnicos que atuam no órgão, quais os principais critérios adotados para a definição da velocidade limite para novas rodovias?</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Critérios geométricos da via - Condições específicas do local (interseções, aproximações de núcleos urbanos, entre outros) - Classificação técnica e funcional - Experiência técnica - Manuais técnicos do DNIT e legislação do CONTRAN - Relevo da região - Estatísticas de acidentes, Volume Médio Diário de veículos, Política de planejamento para o desenvolvimento de determinada região onde a rodovia está incluída (critérios referentes à duplicação de vias)

A Tabela 5.3 apresenta as respostas obtidas na Questão 3 referente às situações em que o órgão faz revisão da velocidade limite em rodovias existentes. Entre as situações incluídas na tabela é interessante destacar o comportamento do usuário, estado de conservação da rodovia e obras temporárias.

Tabela 5.3 – Síntese das respostas obtidas na questão 3 do Questionário 1

<p>3) Em que situações o órgão faz revisão da velocidade limite de rodovias existentes?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alto índice de acidentes - Em condições de novos projetos da via (em casos de restauração e/ou restauração com melhoramentos), como também intervenções com melhoramentos geométricos - Em situações de análise e melhoria de segurança da rodovia - Adensamento e urbanização da área limdeira e proximidade de perímetros urbanos - Em função de travessia de pedestres, trevos e obras temporárias (por exemplo: construção e recuperação de pontes e rodovias) - Adequação operacional e às normas vigentes - Comportamento dos usuários (velocidade limite ultrapassada pelos usuários) - Estado de conservação da rodovia - Em função do estudo de tráfego e de capacidade da rodovia (volume do tráfego)

A última questão do questionário refere-se aos critérios usados para aumento ou redução da velocidade em uma via já em operação. Pela Tabela 5.4 verifica-se que muitos desses critérios foram respondidos na Questão 3.

Tabela 5.4 – Síntese das respostas obtidas na questão 4 do Questionário 1

<p>4) Quais os critérios usados para a definição de uma nova velocidade limite para uma via ou trecho viário já em operação (aumento ou redução da velocidade existente)?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quando para a elevação de velocidade o critério utilizado é uma nova característica geométrica da via - Quando para redução de velocidade, utiliza-se o critério de velocidade mínima (metade da velocidade máxima). - Índice de acidentes, cálculo da UPS, histórico de acidentes - Velocidade operacional (V85) - Composição e estudo do tráfego - Atrito lateral - Intensidade do volume de tráfego (VDM) - Níveis de serviços (A, B, C, D) - Fatores de riscos (como travessia de pedestres) - Resolução do CONTRAN : Cálculo do percentil para novos pontos de implantação do REV(redutores de velocidade) - Classe da rodovia - Estado funcional do pavimento, intervenções, duplicações de ordem técnica e funcional
--

Nas tabelas apresentadas percebe-se que muitos dos fatores citados encontram-se na lista de fatores apresentada na Tabela 4.1.

5.1.2 - Avaliação geral da importância dos fatores para a definição de velocidade limite

O Questionário 2 tem a função de conhecer se os fatores comparados pelos especialistas no Questionário 3 são importantes para a definição de velocidade limite na visão dos entrevistados. O resultado da aplicação deste questionário está na Tabela 5.5, onde se apresenta para cada fator a porcentagem de entrevistados que marcaram o fator como não importante para a definição de velocidade limite.

Tabela 5.5 – Porcentagem de entrevistados que responderam que o fator não é importante para a definição de velocidade limite

Fatores	Porcentagem dos entrevistados que responderam que o fator não é importante
Pavimento (vias novas)	58,33%
Pavimento (vias existentes)	50,00%
Número de acidentes (vias novas)	41,67%
Iluminação pública	33,33%
Velocidades praticadas (vias existentes)	33,33%
Dispositivos auxiliares	25,00%
Estacionamento	25,00%
Velocidade de projeto	25,00%
Velocidade limite estabelecida para a via	25,00%
Velocidades praticadas (vias novas)	25,00%
Pontes e viadutos	16,67%
Presença de retornos	16,67%
Características da seção transversal	8,33%
Características do alinhamento vertical	8,33%
Classificação técnica	8,33%
Controle do tráfego nas interseções	8,33%
Limite legal máximo de velocidade	8,33%
Número de acidentes (vias existentes)	8,33%
Presença de acessos	8,33%
Presença de facilidades para ciclistas	8,33%
Presença e volume de pedestres e ciclistas (vias novas)	8,33%
Uso e ocupação do solo nas áreas lideiras	8,33%
Volume e composição do tráfego veicular (vias existentes)	8,33%
Volume e composição do tráfego veicular (vias novas)	8,33%
Características do alinhamento horizontal	0,00%
Classificação funcional	0,00%
Classificação geral	0,00%
Elementos nas margens da via	0,00%
Presença de facilidades para pedestres	0,00%
Presença de interseções	0,00%
Presença e volume de pedestres e ciclistas (vias existentes)	0,00%

Analisando a tabela percebe-se que os elementos Pavimento (para vias novas e existentes) não são importantes para a definição de velocidade limite para a maioria dos entrevistados. Os fatores Número de acidentes (para vias novas), Iluminação pública e Velocidades praticadas (para vias novas) também foram marcados como não importantes por um parte considerável dos entrevistados.

Os especialistas entraram em consenso em relação aos fatores Características do alinhamento horizontal, Classificação funcional, Classificação geral, Elementos nas margens da via, Presença de facilidades para pedestres, Presença de interseções e Presença e volume de pedestres (para vias existentes). Todos esses foram considerados importantes para a definição de velocidade limite

5.2 - ANÁLISE DA HIERARQUIA E PESO DOS FATORES

Os resultados obtidos após o tratamento com o *Expert Choice* não são identificados para preservar os respondentes. Os cinco Órgãos Estaduais são caracterizados pelas siglas OE1, OE2, OE3, OE4 e OE5 e os dois Órgãos Federais pelas siglas OF1 e OF2.

As análises de dados são realizadas para a categoria de vias novas (Seção 5.2.1) e vias existentes (Seção 5.2.2), e terão por base os resultados sintetizados apresentados nas figuras e tabelas desta seção. Os resultados detalhados por órgão entrevistado encontram-se no Apêndice D.

Para cada categoria de via, a análise de dados se subdividirá em três partes: proposição de lista de fatores para a determinação de velocidade limite, análise dos julgamentos individuais dos órgãos federais e estaduais e da variabilidade entre os resultados combinados dos diferentes órgãos. Na seção 5.2.3 é feita uma avaliação das semelhanças e diferenças entre os fatores mais relevantes identificados para os dois grupos de vias.

5.2.1 - Análise dos resultados para vias novas

5.2.1.1 - Proposição de lista de fatores para o auxílio à determinação de velocidade limite em vias novas

Esta fase da análise visa indicar uma lista dos principais fatores, com os respectivos pesos, que possam ser empregados na elaboração de futuros procedimentos para a definição de velocidades limites de forma mais objetiva. Os gráficos apresentados nesta seção são as telas de saída do software *Expert Choice*. As inconsistências dos resultados também estão apresentadas e observa-se que os resultados possuem inconsistência menor que 0,10 (valor limite de inconsistência considerada aceitável pelo método AHP).

Na Figura 5.1 apresenta-se o gráfico do resultado combinado das respostas dos cinco órgãos estaduais (OE1, OE2, OE3, OE4 e OE5), e na Figura 5.2 é apresentado o resultado combinado dos dois órgãos federais (OF1 e OF2). A Figura 5.3 mostra o resultado combinado final, gerado a partir dos pesos apresentados nas Figura 5.1 e Figura 5.2. Ressalta-se que os pesos apresentados nos gráficos totalizam 1 quando somados.

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias novas

Inconsistência Global = ,01



Figura 5.1 – Combinação dos resultados dos órgãos estaduais para vias novas

Synthesis with respect to:

Goal: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias novas

Overall Inconsistency = ,03



Figura 5.2 – Combinação dos resultados dos órgãos federais para vias novas

Synthesis with respect to:

Goal: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias novas

Overall Inconsistency = ,01

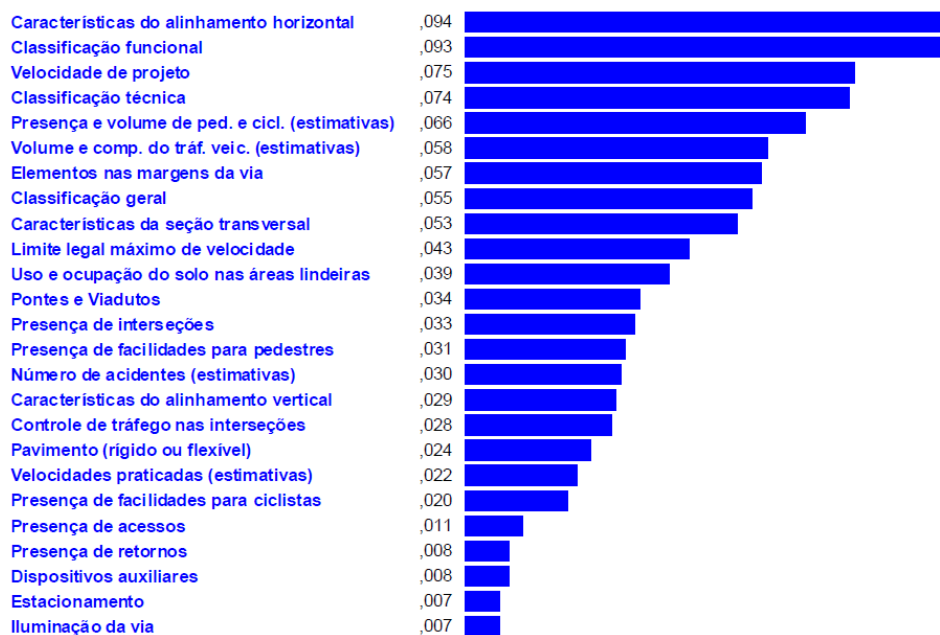


Figura 5.3 – Combinação dos resultados dos órgãos federais e estaduais para vias novas

O gráfico da Figura 5.3 exibe a proposta de uma lista final de fatores importantes para a definição da velocidade limite para rodovias novas, que poderá servir de base para a elaboração de normas voltadas para essa matéria.

Neste gráfico também se observam três grupos distintos de fatores para a definição de velocidade limite (fatores de alta, média e baixa importância). Os grupos foram definidos meio de análise visual da Figura 5.3, considerando a distribuição dos pesos apresentados no gráfico.

O primeiro grupo, de alta importância na definição de velocidade limite e peso igual ou superior a 0,035, compreende os onze fatores a seguir: “Características do alinhamento horizontal”, “Classificação funcional”, “Velocidade de projeto”, “Classificação técnica”, “Presença e volume de pedestres e ciclistas (estimativas)”, “Volume e composição do tráfego veicular (estimativas)”, “Elementos nas margens da via”, “Classificação geral”, “Características da seção transversal”, “Limite legal máximo de velocidade”, “Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras”.

O segundo grupo compreende os fatores com importância moderada para a definição de velocidade limite. Neste grupo os fatores possuem pesos inferiores a 0,035 e iguais ou superiores a 0,020. Os nove fatores inseridos nesta classe são: “Pontes e viadutos”,

“Presença de interseções”, “Presença de facilidades para pedestres”, “Número de acidentes (estimativas)”, “Características do alinhamento vertical”, “Controle de tráfego nas interseções”, “Pavimento”, “Velocidades praticadas (estimativas)” e “Presença de facilidades para ciclistas”.

O terceiro grupo compreende os fatores com baixa importância para a definição de velocidade limite e que possuem peso inferior a 0,020. Este grupo compreende os fatores “Presença de acessos”, “Presença de retornos”, “Dispositivos auxiliares”, “Estacionamento” e “Iluminação da via”.

Também se pode analisar a amplitude (diferença entre o maior e menor peso) dos valores apresentados nos três gráficos, permitindo observar o grau de distribuição dos pesos atribuídos aos fatores. Os pesos da Figura 5.1, julgamento dos órgãos estaduais, possuem uma amplitude de 0,107 e apresentam os pesos bem distribuídos entre os fatores. Já o julgamento dos órgãos federais, Figura 5.2, apresenta uma amplitude de 0,158, e apresenta grande discrepância entre os pesos, especialmente ao se comparar o peso do primeiro fator “Características do alinhamento horizontal” (peso de 0,164) com os pesos dos outros fatores do mesmo grupo.

5.2.1.2 - Análise dos julgamentos individuais dos órgãos federais e estaduais para vias novas

Esta seção tem a intenção de analisar de forma detalhada os julgamentos realizados pelos cinco órgãos estaduais e pelos dois órgãos federais. Para tal análise foi elaborada a Figura 5.4 que apresenta, em forma de representação gráfica, os pesos atribuídos pelos órgãos federais e estaduais aos fatores referentes a vias novas. A figura apresenta apenas os fatores que possuem peso igual ou superior a 0,035 em pelo menos um dos órgãos entrevistados, que correspondem à classificação de “alta importância” referida na Seção 5.2.1.1 em nível de cada respondente (não necessariamente em nível global).

Além dos resultados de cada órgão, a figura mostra ainda a combinação dos resultados dos órgãos estaduais na coluna Comb. OE; a combinação dos resultados dos órgãos federais na coluna Comb. OF; e a combinação dos resultados dos órgãos estaduais e federais na coluna Comb. OE e OF. Também está incluído na figura o tempo médio de atuação dos entrevistados na definição de velocidade limite. Ressalta-se que os fatores apresentados nesta figura estão organizados pela ordem de prioridade gerada no resultado combinado dos órgãos estaduais e federais (ver coluna Comb. OE e OF).

Fatores com peso $\geq 0,035$ para vias novas	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	Comb. OE	OF1	OF2	Comb. OF	Comb. OE e OF
Características do alinhamento horizontal										
Classificação funcional										
Velocidade de projeto										
Classificação técnica										
Presença e volume de pedestres e ciclistas (estimativas)										
Volume e composição do tráfego veicular (estimativas)										
Elementos nas margens da via										
Classificação geral										
Característica da seção transversal										
Limite legal máximo de velocidade										
Uso e ocupação do solo nas áreas lindéiras										
Pontes e Viadutos										
Presença de interseções										
Presença de facilidades para pedestres										
Número de acidentes (estimativas)										
Características do alinhamento vertical										
Controle de tráfego nas interseções										
Pavimento										
Velocidades praticadas (estimativas)										
Presença de facilidades para ciclistas										
Presença de acessos										
Tempo médio de atuação dos entrevistados na definição de velocidade limite	Entre 5 e 10 anos	Mais de 10 anos	Mais de 10 anos	Entre 5 e 10 anos	Mais de 10 anos		Menos de 5 anos	Menos de 5 anos		

OE - Órgão Estadual
 OF - Órgão Federal
 Comb. OE - Combinado dos resultados dos órgãos estaduais
 Comb. OF - Combinado dos resultados dos órgãos federais
 Comb. OE e OF - Combinado dos resultados dos órgãos estaduais e federais
 Obs.: O triângulo de cor escura representa peso relativo do fator

Figura 5.4 – Comparação entre julgamentos dos Órgãos Federais (OF) e Órgãos Estaduais (OE) para vias novas

Pela Figura 5.4 percebe-se a variabilidade de julgamento entre órgãos estaduais e entre órgãos federais. Observa-se que os pesos dos fatores listados após “Característica da seção transversal” são, em sua maioria, de pouca intensidade o que resulta em grandes espaços vazios nessa região. Os espaços vazios indicam fatores com peso inferior a 0,035,

considerados, então, com importância de moderada a baixa para a definição de velocidade limite.

Os órgãos OF1 e OF2 apresentam concordância no julgamento da importância dos fatores “Características do alinhamento horizontal”, “Classificação funcional”, “Presença e volume de pedestres e ciclistas” e “Características da seção transversal”. Percebe-se que o julgamento do órgão OF2 possui mais similaridades com o resultado combinado dos estados que o órgão OF1. Assim conclui-se que os órgãos federais possuem visões diferentes quanto à importância de diferentes fatores empregados na definição de velocidade limite.

Já os órgãos estaduais deram importância ao fator “Volume e composição do tráfego veicular (estimativas)” o qual apareceu em quatro órgãos estaduais (OE1, OE2, OE4 e OE5) com peso maior ou igual a 0,035, o que indica que este fator é considerado de alta importância na definição de velocidade limite para estes órgãos. No caso do órgão OF2 este fator apresentou-se como o mais importante, com peso igual a 0,123 (ver Apêndice D). Outros fatores que receberam destaque foram “Classificação técnica”, “Presença e volume de pedestres e ciclistas (estimativas)” e “Classificação geral”. Esses fatores foram considerados com peso $\geq 0,035$ por três órgãos estaduais, sendo que dois deles consideraram esses fatores com peso de alta intensidade.

O fator “Velocidade de projeto” é o terceiro em ordem de importância no resultado combinado OE e OF. Porém ele possui forte relevância somente no OF1, o que resultou no segundo lugar em ordem de importância no resultado combinado OF. Os órgãos OE2 e OE5 conferiram a este fator pesos bem inferiores ao do órgão OF1, enquanto para os demais órgãos estaduais seu peso foi inferior a 0,035.

5.2.1.3 - Análise da variabilidade entre os resultados combinados dos órgãos estaduais e órgãos federais para vias novas

A proposição da lista de fatores mostrada na Figura 5.3 requer uma análise mais profunda da variabilidade encontrada nos resultados combinados dos órgãos estaduais e federais. Com este intuito, foram elaboradas a Tabela 5.6 e a Figura 5.5. A Tabela 5.6 permite comparar a ordem de importância e os pesos dos valores nos resultados combinados para Órgãos Estaduais (OE), Órgãos Federais (OF) e para combinação entre Órgãos Federais e Estaduais (OF e OE). Já a Figura 5.5 reproduz os dados da tabela em forma gráfica, permitindo a análise visual dos fatores mais discrepantes. Ressalta-se que os fatores da

Figura 5.5 estão ordenados pela prioridade resultante do combinado entre órgãos federais e estaduais.

Tabela 5.6 - Comparação entre valores combinados para Órgãos Estaduais (OE), Órgãos Federais (OF) e Órgãos Federais e Estaduais para (OF e OE) para vias novas

Fatores para vias novas	Combinado OF e OE		Combinado OE		Combinado OF	
	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso
Características do alinhamento horizontal	1	0,094	10	0,044	1	0,164
Classificação funcional	2	0,093	3	0,087	3	0,082
Velocidade de projeto	3	0,075	9	0,048	2	0,100
Classificação técnica	4	0,074	2	0,108	10	0,042
Presença e volume de pedestres e ciclistas (estimativas)	5	0,066	6	0,068	5	0,058
Volume e composição do tráfego veicular (estimativas)	6	0,058	4	0,081	12	0,037
Elementos nas margens da via	7	0,057	7	0,053	6	0,050
Classificação geral	8	0,055	1	0,11	18	0,022
Característica da seção transversal	9	0,053	12	0,037	4	0,061
Limite legal máximo de velocidade	10	0,043	8	0,049	13	0,032
Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras	11	0,039	5	0,07	19	0,018
Pontes e Viadutos	12	0,034	16	0,02	7	0,048
Presença de interseções	13	0,033	11	0,038	15	0,025
Presença de facilidades para pedestres	14	0,031	17	0,019	8	0,045
Número de acidentes (estimativas)	15	0,03	13	0,031	14	0,026
Características do alinhamento vertical	16	0,029	18	0,016	9	0,043
Controle de tráfego nas interseções	17	0,028	15	0,028	16	0,024
Pavimento	18	0,024	20	0,012	11	0,040
Velocidades praticadas (estimativas)	19	0,022	14	0,031	20	0,014
Presença de facilidades para ciclistas	20	0,02	19	0,015	17	0,023
Presença de acessos	21	0,011	22	0,01	23	0,009
Presença de retornos	22	0,008	21	0,01	24	0,006
Dispositivos auxiliares	23	0,008	24	0,004	22	0,013
Estacionamento	24	0,007	23	0,006	25	0,006
Iluminação da via	25	0,007	25	0,003	21	0,013

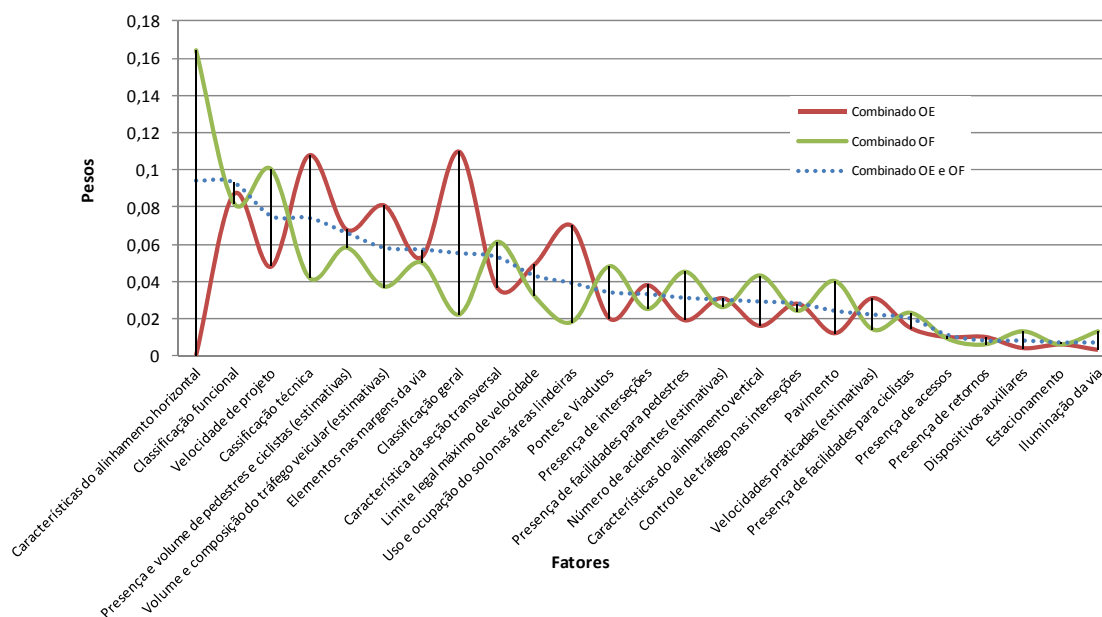


Figura 5.5 - Análise da divergência entre os resultados obtidos para vias novas

Ao analisar a ordem dos fatores da Tabela 5.6, percebe-se que do grupo dos dez primeiros fatores do combinado OE e OF, 90% coincidem com o grupo dos dez primeiros fatores do combinado OE, porém em ordem diferente. E 70% do grupo dos dez primeiros fatores do combinado OE e OF coincidem com o grupo dos dez primeiros fatores do combinado OF, também em ordem diferente. Assim, conclui-se que o resultado combinado federal e estadual possui mais características dos resultados dos órgãos estaduais do que dos órgãos federais. Destaca-se que na elaboração do combinado OE e OF foram considerados os pesos já combinados de cada conjunto de órgãos, e não os pesos individuais de cada órgão.

Pela Figura 5.5 percebe-se a variabilidade dos julgamentos entre os órgãos estaduais e federais. Essa variabilidade diminui na medida em que os pesos dos fatores também diminuem. Assim, os órgãos estaduais e federais concordam com os fatores que possuem baixa importância na definição de velocidade limite, como “Pavimento”, “Velocidades praticadas (estimativas)”, “Presença de facilidades para ciclistas”, “Presença de acessos”, “Presença de retornos”, “Dispositivos auxiliares”, “Estacionamento” e “Iluminação da via”, mostrados nas Figura 5.5 e Tabela 5.6.

No entanto, esses órgãos discordam quanto aos fatores que possuem maior peso no resultado combinado OE e OF. Os fatores observados com maiores diferenças de peso são: “Características do alinhamento horizontal”, “Velocidade de projeto”, “Classificação técnica”, “Volume e composição do tráfego veicular (estimativas)”, “Classificação geral” e “Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras”.

O fator “Características do alinhamento horizontal” possui o peso mais preponderante do resultado combinado OE e OF, de acordo com a Tabela 5.6. Entretanto, somente os órgãos federais atribuíram um peso alto a este fator (0,164); os órgãos estaduais o consideraram importante, mas com relevância bem inferior a atribuída pelos órgãos federais (0,044). Esse fator possui ordem de prioridade 10 no resultado combinado dos órgãos estaduais e ordem 1 no combinado dos órgãos federais.

Um dos motivos desta variabilidade pode estar no tempo de experiência profissional dos especialistas entrevistados. No caso dos órgãos federais os especialistas possuem baixo tempo de experiência na definição de velocidade limite (menos de 5 anos), enquanto que nos órgãos estaduais o tempo de experiência é maior (entre 5 e 10 anos, e mais de 10 anos), o que faz com que o resultado combinado dos órgãos estaduais gere resultados mais representativos de situações concretas. Outro motivo é a falta de disponibilidade de tempo por parte dos especialistas dos órgãos federais, o que impediu o acompanhamento do entrevistado durante o preenchimento dos questionários e o saneamento de possíveis dúvidas dos especialistas na realização dessa atividade.

5.2.2 - Análise dos resultados para vias existentes

As mesmas análises realizadas para as via novas também serão apresentadas para categoria de vias existentes, considerando gráficos e tabelas similares para a apresentação dos resultados.

5.2.2.1 - Proposição de lista de fatores para o auxílio à determinação de velocidade limite em vias existentes

Os gráficos abaixo apresentam as listas de fatores que são considerados importantes para a definição de velocidade limite em rodovias existentes de acordo com os órgãos estaduais (Figura 5.6) e órgãos federais (Figura 5.7). O resultado do combinado destes dois grupos está apresentado na Figura 5.8, e consiste na lista final de fatores que poderá servir de base para a elaboração de normas voltadas para determinação de velocidade limite de forma mais objetiva.

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias existentes

Inconsistência Global = ,01



Figura 5.6 – Combinação dos resultados dos órgãos estaduais para vias existentes

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias existentes

Inconsistência Global = ,02



Figura 5.7 – Combinação dos resultados dos órgãos federais para vias existentes

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias existentes

Inconsistência Global = ,01



Figura 5.8 – Combinação dos resultados combinados dos órgãos federais e estaduais para vias existentes

Como apresentado na seção de vias novas, aqui também se fará a análise dos gráficos quanto: aos grupos de alta, média e baixa importância na definição de velocidade limite e à amplitude dos pesos dos fatores.

O grupo de fatores de alta importância na definição de velocidade limite abrange os dez primeiros fatores da Figura 5.8 com peso acima de 0,035, a saber: “Número de acidentes”, “Presença e volume de pedestres e ciclistas”, “Volume e composição do tráfego veicular”, “Características do alinhamento horizontal”, “Elementos nas margens da via”, “Velocidades praticadas”, “Classificação funcional”, “Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras”, “Características da seção transversal” e “Classificação técnica”.

O grupo de fatores de média importância compreendem os fatores com peso menor que 0,035 e maior ou igual a 0,018, isto é: “Presença de interseções”, “Classificação geral”, “Controle de tráfego nas interseções”, “Pavimento”, “Velocidade de projeto”, “Limite legal máximo de velocidade”, “Velocidade limite estabelecida para a via”, “Características do alinhamento vertical”, “Pontes e viadutos” e “Presença de facilidades para pedestres”.

E o grupo de fatores de baixa importância na definição de velocidade limite compreendem os seis últimos fatores com peso inferior a 0,018, que são: “Presença de facilidades para

ciclistas”, “Presença de acessos”, “Presença de retornos”, “Dispositivos auxiliares”, “Estacionamento” e “Iluminação da via”.

Ao analisar a amplitude dos gráficos, observa-se que os valores do gráfico da Figura 5.6 atingiu uma amplitude de 0,151, maior que a do gráfico da Figura 5.7 (amplitude de 0,134), isso ocorreu devido à grande valoração do fator “Número de acidentes” por parte dos órgãos estaduais. O gráfico da Figura 5.7 possui uma amplitude menor, e os maiores pesos estão distribuídos entre os quatro primeiros fatores. Os valores da Figura 5.8 apresentaram amplitude de 0,146, apresentando, também, forte valoração ao fator “Número de acidentes”.

Observa-se também que os dois primeiros fatores da Figura 5.8 coincidem com os dois fatores principais das Figuras 5.6 e 5.7.

5.2.2.2 - Análise dos julgamentos individuais dos órgãos federais e estaduais para vias existentes

Nesta seção estão apresentados na Figura 5.9, de forma detalhada, os julgamentos dos cinco órgãos estaduais e dos dois órgãos federais em relação a vias existentes. Observa-se que a figura mostra apenas os fatores com peso acima de 0,035, considerados de alta importância para a definição de velocidade limite. Os fatores estão listados pela ordem de importância indicada no resultado combinado dos órgãos estaduais e órgãos federais (observar coluna Comb. OE e OF).

Fatores com peso $\geq 0,035$ para vias existentes	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	Comb. OE	OF1	OF2	Comb. OF	Comb. OE e OF
Número de acidentes										
Presença e volume de pedestres e ciclistas										
Volume e composição do tráfego veicular										
Características do alinhamento horizontal										
Elementos nas margens da via										
Velocidades praticadas										
Classificação funcional										
Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras										
Característica da seção transversal										
Classificação técnica										
Presença de interseções										
Classificação geral										
Controle de tráfego nas interseções										
Pavimento										
Velocidade de projeto										
Limite legal máximo de velocidade										
Características do alinhamento vertical										
Pontes e Viadutos										
Presença de acessos										
Tempo médio de atuação dos entrevistados na definição de	Entre 5 e 10 anos	Mais de 10 anos	Mais de 10 anos	Entre 5 e 10 anos	Mais de 10 anos		Menos de 5 anos	Menos de 5 anos		

OE - Órgão Estadual
OF - Órgão Federal
Comb. OE - Combinado dos resultados dos órgãos estaduais
Comb. OF - Combinado dos resultados dos órgãos federais
Comb. OE e OF - Combinado dos resultados dos órgãos estaduais e federais
Obs.: O triângulo de cor escura representa peso relativo do fator

Figura 5.9 – Comparação entre julgamentos dos Órgãos Federais (OF) e Órgãos Estaduais (OE) para vias existentes

A Figura 5.9 mostra que os fatores com peso acima de 0,035, tanto para os órgãos estaduais como para federais, estão concentrados na região acima do fator “Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras”. Ao analisar essa figura nota-se que os fatores “Presença e volume de pedestres e ciclistas”, “Volume e composição do tráfego veicular” e “Uso e ocupação do solo” foram os que apresentaram maior concordância entre os órgãos estaduais. Cada um deles foi apontado por quatro órgãos estaduais com peso acima de 0,035.

O fator “Número de acidentes” foi indicado como o mais importante para os órgãos estaduais. Apesar deste fator não aparecer como consenso entre os cinco órgãos estaduais, ele obteve máxima valoração pelos órgãos OE1, OE3 e OE5.

Cabe destacar que o fator “Classificação técnica” recebeu peso máximo apenas pelo órgão OE2, o que refletiu no resultado combinado dos órgãos estaduais (coluna Comb. OE) com peso $\geq 0,035$.

Os órgãos federais apresentaram consenso em relação aos quatro primeiros fatores do resultado combinado entre órgãos estaduais e federais (ver coluna Comb. OE e OF), a saber: “Número de acidentes”, “Presença e volume de pedestres e ciclistas”, “Volume e composição do tráfego veicular” e “Características do alinhamento horizontal”. Desses quatro fatores somente “Características do alinhamento horizontal” apresentou pesos similares nos órgãos OF1 e OF2.

5.2.2.3 - Análise da variabilidade entre os resultados combinados dos órgãos estaduais e órgãos federais para vias existentes

O estudo da variabilidade entre os resultados combinados também se faz necessário para a categoria de vias existentes. Na Tabela 5.7 são apresentados a ordem de importância e o peso dos fatores para os resultados: combinado estadual, combinado federal e combinado estadual e federal. Observa-se que os fatores estão listados na ordem de prioridade do resultado combinado entre órgãos estaduais e federais.

A Figura 5.10 também apresenta a variabilidade do julgamento entre os resultados combinado estadual e combinado federal.

Tabela 5.7 – Comparação entre valores combinados para Órgãos Estaduais (OE), Órgãos Federais (OF) para vias existentes

Fatores para vias existentes	Combinado OF e OE		Combinado OE		Combinado OF	
	Ordem	Peso	Ordem	Peso	Ordem	Peso
Número de acidentes	1	0,150	1	0,155	1	0,136
Presença e volume de pedestres e ciclistas	2	0,121	2	0,105	2	0,133
Volume e composição do tráfego veicular	3	0,104	4	0,078	3	0,131
Características do alinhamento horizontal	4	0,071	10	0,041	4	0,109
Elementos nas margens da via	5	0,059	5	0,064	5	0,048
Velocidades praticadas	6	0,049	6	0,056	8	0,041
Classificação funcional	7	0,047	9	0,041	6	0,047
Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras	8	0,041	3	0,083	17	0,018
Característica da seção transversal	9	0,040	11	0,035	9	0,040
Classificação técnica	10	0,038	8	0,052	14	0,024
Presença de interseções	11	0,030	12	0,033	12	0,025
Classificação geral	12	0,028	7	0,052	20	0,013
Controle de tráfego nas interseções	13	0,026	15	0,025	13	0,025
Pavimento	14	0,025	21	0,013	7	0,044
Velocidade de projeto	15	0,024	14	0,026	16	0,020
Limite legal máximo de velocidade	16	0,023	13	0,029	18	0,016
Velocidade limite estabelecida para a via	17	0,023	18	0,015	10	0,031
Características do alinhamento vertical	18	0,022	19	0,015	11	0,028
Pontes e Viadutos	19	0,021	17	0,017	15	0,023
Presença de facilidades para pedestres	20	0,018	16	0,019	19	0,014
Presença de facilidades para ciclistas	21	0,011	20	0,015	22	0,007
Presença de acessos	22	0,010	23	0,009	21	0,010
Presença de retornos	23	0,008	22	0,009	23	0,006
Dispositivos auxiliares	24	0,005	26	0,004	25	0,004
Estacionamento	25	0,004	24	0,007	26	0,002
Iluminação da via	26	0,004	25	0,004	24	0,004

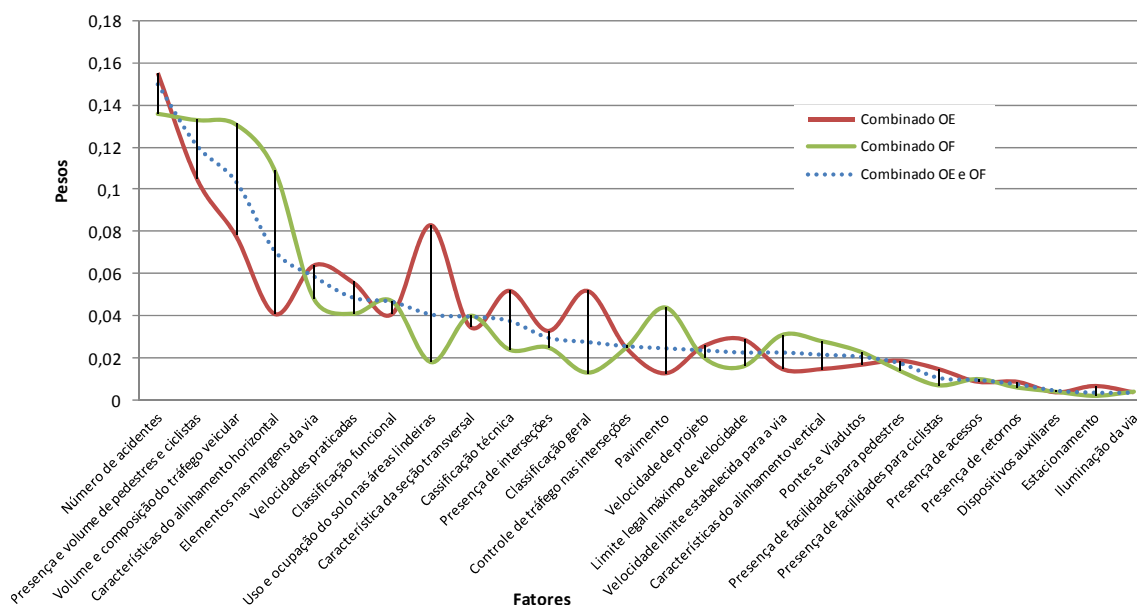


Figura 5.10 - Análise da divergência entre os resultados obtidos para vias existentes

Ao examinar as colunas “Ordem” da Tabela 5.7 percebe-se que 90% do conjunto dos dez primeiros fatores da lista resultante do combinado OF e OE, coincidem com o grupo dos dez primeiros fatores da lista resultante do combinado OE. Igualmente se observa que 80% do grupo dos dez primeiros fatores do combinado OF e OE, coincidem com o grupo dos dez primeiros do combinado OF. Assim conclui-se que para vias existentes os julgamentos dos órgãos estaduais foram mais próximos dos órgãos federais do que no caso de vias novas.

Além disso, pode-se destacar que os dois primeiros fatores dos resultados combinados dos órgãos estaduais e do resultado combinado dos órgãos federais são iguais apesar de possuírem pesos distintos.

A Figura 5.10 permite ressaltar que, como ocorrido nas rodovias novas, a variabilidade dos fatores diminui na medida em que os pesos dos fatores também decrescem.

Os fatores mais díspares são: “Características do alinhamento horizontal”, “Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras”, “Volume e composição do tráfego veicular” e “Classificação geral”.

5.2.3 - Comparação entre os resultados para vias novas e vias existentes

Partindo do pressuposto de que para vias novas e existentes ainda não se conhecem normas que contemplem as disparidades entre os fatores que influenciam na velocidade limite dessas vias, nesta seção serão abordadas as diferenças entre os fatores e pesos relacionados ao resultado combinado entre órgãos estaduais e federais apresentados anteriormente na Figura 5.3, para vias novas, e na Figura 5.8, para vias existentes.

Esta análise possibilita verificar quais diferenças entre vias novas e existentes que devem ser contempladas nos documentos oficiais para uma futura normatização que englobe os fatores e pesos que possam ser considerados na definição de velocidade limite.

Com este intuito foi elaborada a Tabela 5.8 e a Figura 5.11. A tabela compara a ordem de importância e os pesos dos fatores dos resultados combinados para vias novas e para vias existentes. E a figura reproduz os dados da tabela em forma de representação gráfica, permitindo a análise visual dos fatores mais discrepantes. Ressalta-se que tanto a figura quanto a tabela possuem os fatores organizados pela ordem de importância indicada no resultado combinado entre órgãos estaduais e federais para vias existentes.

Tabela 5.8 – Comparação entre valores combinados para vias novas e existentes

Fatores para vias novas e existentes	Combinado (OE e OF) Vias existentes		Combinado (OE e OF) Vias novas	
	Ordem	Peso	Ordem	Peso
Número de acidentes*	1	0,150	15	0,03
Presença e volume de pedestres e ciclistas*	2	0,121	5	0,066
Volume e composição do tráfego veicular*	3	0,104	6	0,058
Características do alinhamento horizontal	4	0,071	1	0,094
Elementos nas margens da via	5	0,059	7	0,057
Velocidades praticadas*	6	0,049	19	0,022
Classificação funcional	7	0,047	2	0,093
Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras	8	0,041	11	0,039
Característica da seção transversal	9	0,040	9	0,053
Classificação técnica	10	0,038	4	0,074
Presença de interseções	11	0,030	13	0,033
Classificação geral	12	0,028	8	0,055
Controle de tráfego nas interseções	13	0,026	17	0,028
Pavimento	14	0,025	18	0,024
Velocidade de projeto	15	0,024	3	0,075
Limite legal máximo de velocidade	16	0,023	10	0,043
Velocidade limite estabelecida para a via**	17	0,023		
Características do alinhamento vertical	18	0,022	16	0,029
Pontes e Viadutos	19	0,021	12	0,034
Presença de facilidades para pedestres	20	0,018	14	0,031
Presença de facilidades para ciclistas	21	0,011	20	0,02
Presença de acessos	22	0,010	21	0,011
Presença de retornos	23	0,008	22	0,008
Dispositivos auxiliares	24	0,005	23	0,008
Estacionamento	25	0,004	24	0,007
Iluminação da via	26	0,004	25	0,007

* Para vias novas esses fatores são estimados
 ** O fator "Velocidade limite estabelecida para a via" não se aplica a vias novas

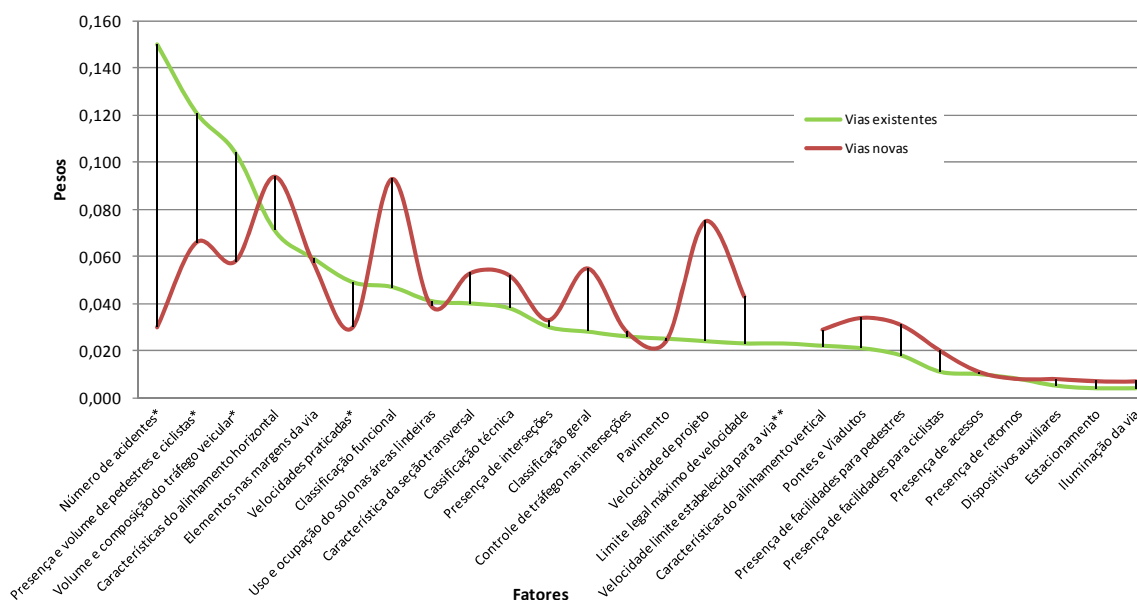


Figura 5.11 - Análise da divergência entre os resultados obtidos para vias novas e existentes

Observando a Tabela 5.8, ao se comparar os dez primeiros valores da coluna “Ordem” para vias existentes com os dez primeiros valores da coluna “Ordem” para vias novas, percebe-se que 70% do grupo de vias novas está contido no grupo de vias existentes. Os fatores

desses grupos que mais se diferem entre as categorias de vias são “Número de acidentes” (com ordem de importância 1 em vias existentes e 15 em vias novas) e “Velocidades praticadas (com ordem de importância 6 em vias existentes e 19 em vias novas).

Também cabe destacar os fatores das vias novas que não estão contidos no grupo dos dez primeiros fatores de vias existentes, que são: “Velocidade de projeto” (com ordem de importância 3 em vias novas e 15 em vias existentes), “Classificação técnica” (com ordem de importância 4 em vias novas e 10 em vias existentes), “Limite legal máximo de velocidade” (com ordem de importância 10 em vias novas e 16 em vias existentes).

Ao analisar a Figura 5.11 percebe-se que a partir do fator “Presença de facilidades para ciclistas” a variabilidade entre pesos das vias novas e existentes diminui consideravelmente, o que mostra que esses fatores são considerados de baixa importância para a determinação de velocidade limite tanto em vias novas quanto em vias existentes. Cabe dar destaque a outros fatores que também possuem pesos bem próximos para as duas categorias de vias, e foram considerados com maior importância, que são: “Elementos nas margens da via”, “Uso do solo nas áreas lindeiras”, “Presença de interseções”, “Controle de tráfego nas interseções” e “Pavimento”.

Ainda examinando a Figura 5.11 nota-se que a maioria dos pesos conferidos a vias novas são superiores aos conferidos a vias existentes. E os três primeiros fatores do gráfico são os que possuem maior disparidade entre as duas categorias de vias.

5.3 - TÓPICOS CONCLUSIVOS

Os dados do Questionário 1 indicaram que as principais normas utilizadas pelos órgãos para a definição de velocidade limite são as normas do DNIT. Em rodovias existentes a revisão de velocidade limite é realizada em várias situações, especialmente quando há alto nível de acidentes e melhoramentos geométricos. Os critérios utilizados para a definição de uma nova velocidade limite são vários, entre eles estão fatores de risco, composição do tráfego, velocidade operacional. Ressalta-se que muitos dos fatores citados pelos técnicos encontram-se no Questionário 3.

O Questionário 2 tem a função de conhecer se os fatores comparados pelos especialistas no Questionário 3 são importantes para a definição de velocidade limite. Os resultados apresentaram que os fatores Pavimento (para vias novas e existentes), Número de acidentes

(para vias novas), Iluminação pública e Velocidades praticadas (para vias novas) foram marcados como não importante por mais de 33% dos entrevistados.

A análise dos dados coletados com o Questionário 3 foi realizada para a categoria de vias novas e vias existentes. As conclusões dessas análises são apresentadas a seguir.

A proposta de uma lista final de fatores que pode servir de base para a elaboração de normas voltadas para a definição de velocidade limite em vias novas, indica que os cinco principais fatores considerados pelos especialistas são: “Características do alinhamento horizontal”, com peso igual a 0,094, “Classificação funcional”, com peso igual a 0,093, “Velocidade de projeto”, com peso igual a 0,075, “Classificação técnica”, com peso igual a 0,074 e “Presença e volume de ped. e cicl. (estimativas)”, com peso igual a 0,066. Os pesos desses fatores mostram que “Características do alinhamento horizontal” e “Classificação funcional” são considerados pelos especialistas como hierarquicamente superiores aos outros fatores e igualmente importantes para a definição de velocidade limite, uma vez que o peso atribuído a esses fatores são bem próximos. Os fatores “Velocidade de projeto” e “Classificação técnica” também possuem pesos bem próximos o que indica que estes fatores são adotados em conjunto na definição de velocidade limite. Para o caso de vias novas também foi verificada a variabilidade dos julgamentos entre o grupo de órgão estaduais, e entre o grupo de órgãos federais. Nesta análise percebe-se que os órgãos federais possuem visões diferentes quanto à importância dos fatores empregados na definição de velocidade limite.

A última análise para vias novas, que consistiu na avaliação das semelhanças e diferenças entre os fatores mais relevantes para a determinação de velocidade limite, mostrou que o grupo dos dez primeiros fatores do combinado OE e OF coincide com 90% do grupo dos dez primeiros fatores do combinado OE, o que indica que o resultado do combinado federal e estadual possui mais características dos resultados dos órgãos estaduais do que dos órgãos federais. A variabilidade dos julgamentos entre os órgãos estaduais e federais diminui na medida em que os pesos dos fatores também diminuem.

Em vias existentes os cinco principais fatores a serem considerados na definição de velocidade limite são: “Número de acidentes”, com peso igual a 0,150, “Presença e volume de pedestres e ciclistas”, com peso igual a 0,121, “Volume e composição do tráfego veicular”, com peso igual a 0,104, “Características do alinhamento horizontal”, com peso igual a 0,071 e “Elementos nas margens da via”, com peso igual a 0,059. Percebe-se, pela

análise dos pesos, que existe uma hierarquia clara entre esses fatores, diferente do caso de vias novas.

Na análise para vias existentes verificou-se que os julgamentos dos órgãos estaduais foram mais próximos dos órgãos federais do que no caso de vias novas. Também se destaca que os dois primeiros fatores dos resultados combinados dos órgãos estaduais e do resultado combinado dos órgãos federais são iguais, apesar de possuírem pesos distintos. Outra informação importante é de que como ocorrido nas rodovias novas, a variabilidade dos fatores diminui na medida em que os pesos dos fatores também decrescem.

Finalmente, cabe registrar que 70% do grupo dos dez primeiros fatores identificados para vias novas estão contidos no grupo dos dez primeiros fatores para vias existentes.

ESTUDO PARA ADAPTAÇÃO DO USLIMITS À REALIDADE BRASILEIRA

O estudo para aplicação do sistema USLIMITS às rodovias brasileiras tem o objetivo de adaptar as regras dispostas no sistema especialista USLIMITS para representar a visão dos técnicos brasileiros.

Esta proposta constitui-se em um passo inicial no sentido de contribuir para a eliminação de uma das deficiências encontrada no método de definição de velocidade limite em rodovias brasileiras, a saber: falta de associação entre o resultado da avaliação de cada fator e a velocidade limite correspondente, ou seja, deve-se buscar uma forma objetiva de avaliar cada fator.

Assim, visando este objetivo, o procedimento utilizado para permitir a aplicação do sistema USLIMITS às rodovias brasileiras está descrito no fluxograma da Figura 0.1.

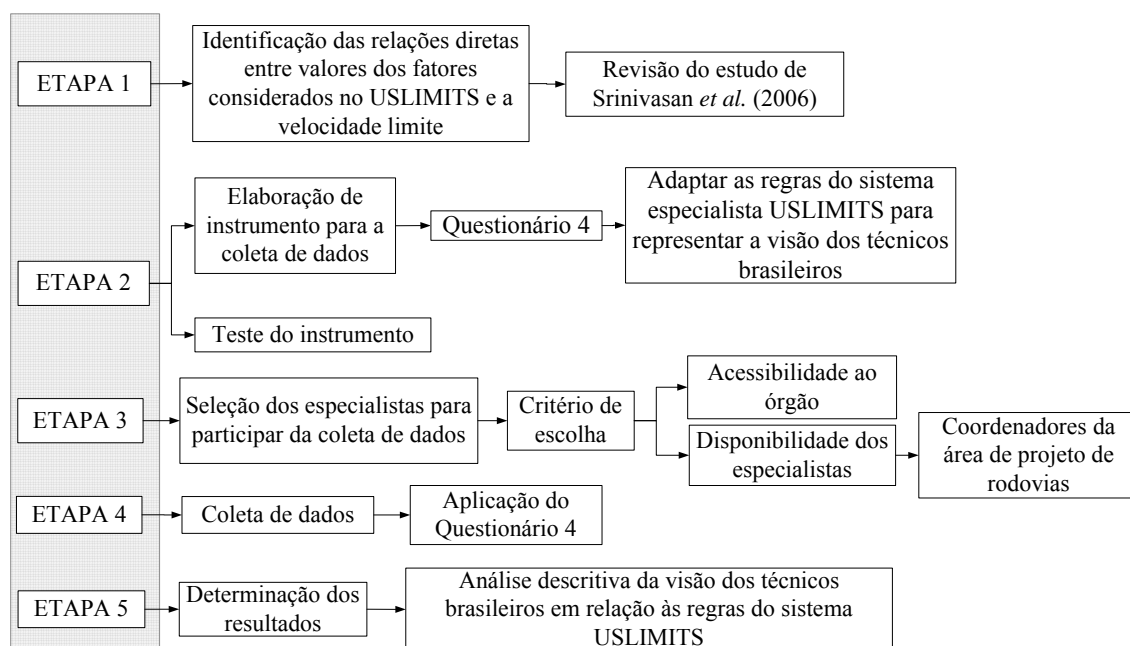


Figura 0.1 – Estrutura geral do procedimento para a adaptação do sistema USLIMITS

Nas seções a seguir estão detalhadas as etapas mostradas na Figura 0.1.

5.4 - ETAPA 1

Nesta primeira etapa do procedimento foi realizada a identificação das relações diretas entre valores dos fatores considerados no USLIMITS e a velocidade limite. Para isso foi necessária a revisão do estudo de Srinivasan *et al.* (2006) apresentada na Seção 2.2, do

Capítulo 2 desta dissertação. Esta revisão, juntamente com os fluxogramas apresentados no Apêndice A detalham o funcionamento do sistema USLIMITS.

A Tabela 2.6 - Síntese das relações entre valores dos fatores e valores da velocidade limite para o sistema USLIMITS - apresenta resumidamente as relações explicitadas no sistema. Estas relações serviram da base para a elaboração do questionário com vistas a adaptar o sistema à realidade brasileira.

5.5 - ETAPA 2

A segunda etapa do procedimento consistiu na elaboração do instrumento de coleta, o Questionário 4. O teste do instrumento foi realizado juntamente com o teste dos Questionários 1, 2 e 3 apresentados no Capítulo 4. Não houve alterações na versão original do questionário, e a versão completa do Questionário 4 encontra-se no Apêndice C.

O Questionário 4 tem o objetivo de adaptar as regras do sistema especialista USLIMITS para representar a visão dos técnicos brasileiros e está subdividido em quatro partes, as quais tratam dos valores dos fatores relacionados a:

- i. vias expressas com controle total de acesso – as questões desta seção incluem os fatores volume de veículos e espaçamento médio entre interseções em desnível;
- ii. rodovias situadas em áreas urbanas (ou urbanizadas) - as questões desta seção incluem os fatores número de semáforos e acessos por quilômetro;
- iii. nível de acidentes e nível de vítimas - neste item o nível de acidentes do local é comparado com o nível de acidentes da região;
- iv. velocidades mínimas – nesta seção o especialista deve indicar os valores de velocidades mínimas para vias expressas, vias não urbanizadas e vias em áreas urbanas (ou urbanizadas).

Para cada parte do questionário o entrevistado deve responder, nos espaços destinados, as questões indicadas, de acordo com a sua experiência de trabalho. No questionário também há o valor adotado no sistema USLIMITS para o fator analisado, assim o especialista tem a possibilidade de concordar ou sugerir um novo valor para o fator. A Tabela 0.1 apresenta um modelo do Questionário 4 que contempla questões relacionadas a vias expressas com controle de acesso. A versão completa deste questionário encontra-se no Apêndice C.

Tabela 0.1 – Questões relacionadas a vias expressas com controle de acessos

VIAS EXPRESSAS COM CONTROLE DE ACESSO
a) Para que valores de Volume Médio Diário Anual (VMDA), o espaçamento médio entre interseções em desnível tem influência na velocidade local? VMDA \geq _____ veículos por dia (USLIMITS considera 180.000 veículos por dia)
b) Qual valor do espaçamento médio entre interseções abaixo do qual ocorre uma interferência elevada das interseções sobre a velocidade da via expressa? Espaçamento médio \leq _____ metros (USLIMITS considera 800 m)
c) Qual o intervalo de valores para o espaçamento médio entre interseções que produz uma interferência moderada das interseções sobre a velocidade da via expressa. Espaçamento médio entre _____ e _____ metros (USLIMITS considera de 800 a 1600 m)

Ressalta-se que o Questionário 4 não apresenta relações ligadas a rodovias situadas em área não desenvolvida. No USLIMITS, para esse tipo de rodovia é utilizada a classificação do nível de perigo oferecido pela lateral das vias para determinar a velocidade. Esta classificação adveio do trabalho de Zegger *et al.*(1987) *apud* Srinivasan *et al.* (2006) e está disposta na Tabela A.1 – Classificação dos níveis de perigo a serem considerados em áreas não desenvolvidas.

5.6 - ETAPA 3

A etapa 3 compreendeu a seleção dos especialistas para participar da coleta de dados. O questionário foi aplicado com os mesmos especialistas entrevistados no procedimento descrito na Seção 4.3 do Capítulo 4.

A aplicação foi realizada em nove órgãos de projeto, construção e operação de rodovias, abrangendo tanto órgãos estaduais quanto federais.

5.7 - ETAPA 4

A aplicação do Questionário 4 foi realizada juntamente com os Questionários 1, 2 e 3. Uma vez que a entrevista foi aplicada pessoalmente, foi possível o conhecimento das instruções normativas relacionadas às questões dispostas no Questionário 4 utilizadas pelos órgãos entrevistados, quando existentes.

A principal dificuldade encontrada na aplicação do questionário foi a falta de dados no órgão para o preenchimento das questões propostas.

5.8 - ETAPA 5

A Etapa 5 consiste na determinação dos resultados, para a tentativa de adaptação do software USLIMITS para a realidade brasileira.

Os dados coletados com os especialistas foram sintetizados e estão reunidos na Tabela 0.2.

Tabela 0.2 - Síntese das resposta obtidas no Questionário 4

	Questão	Valor recomendados pelo USLIMITS	Valores indicado por diferentes especialistas
VIAS EXPRESSAS COM CONTROLE TOTAL DE ACESSO	a) Para que valores de Volume Médio Diário Anual (VMDA) , o espaçamento médio entre interseções em desnível tem influencia na velocidade dos veículos na via expressa?	acima ou igual a 180.000 veículos	- acima ou igual a 28.800 veículos por faixa - acima de 120.00 veículos (para o caso de auto-estrada urbana com 4 faixas/sentido)
	b) Qual valor do espaçamento médio entre interseções abaixo do qual ocorre uma interferência elevada das interseções sobre a velocidade dos veículos na via expressa?	abaixo de 800 metros	- abaixo de 800 metros
	c) Qual o intervalo de valores para o espaçamento médio entre interseções que produz uma interferência moderada das interseções sobre a velocidade dos veículos na via expressa?	entre 800 a 1600 metros	- entre 800 a 1600 metros
RODOVIAS SITUADAS EM ÁREAS URBANAS (OU URBANIZADAS)	a) Qual o valor da relação “ semáforos por quilômetro ” acima do qual o número de semáforos produz uma interferência elevada sobre a velocidade dos veículos nas rodovias situadas em áreas urbanizadas?	acima de 2,5 semáforos por km	- acima de 2 semáforos por km (ou seja, espaçamento entre semáforos menor ou igual a 500 metros)
	b) Qual o valor da relação “semáforos por quilômetro” acima do qual o número de semáforos produz uma interferência moderada sobre a velocidade das rodovias situadas em áreas urbanizadas?	acima de 1,9 semáforos por km	- acima de 1 semáforo por km (ou seja, espaçamento entre semáforos menor ou igual a 1 km)
	c) Qual o valor da relação “acessos por quilômetro” acima do qual o número de acessos produz uma interferência elevada sobre a velocidade das rodovias situadas em áreas urbanizadas?	acima de 37,5 acessos por km	- USLIMITS considera valores muito altos para acessos por quilômetro, incompatíveis com a realidade brasileira; os técnicos não sugeriram um valor
	d) Qual o valor da relação “acessos por quilômetro” acima do qual o número de acessos produz uma interferência moderada sobre a velocidade das rodovias situadas em áreas urbanizadas?	entre 25 a 37,5 acessos por km	- USLIMITS considera valores muito altos para acessos por quilômetro, incompatíveis com a realidade brasileira; os técnicos não sugeriram um valor
NÍVEL DE ACIDENTES	a) Qual o valor da relação taxa de acidentes do local/taxa média de acidentes da região abaixo do qual se considera um nível baixo de acidentes no local?	abaixo de 1,3 (isto é, taxa de acidentes do local \leq 30% da taxa média de acidentes da região)	- resposta não obtida
	b) Qual o valor da relação taxa de vítimas do local/taxa média de vítimas da região abaixo do qual se considera um nível baixo de acidentes no local?	abaixo de 1,3 (isto é, taxa de vítimas do local \leq 30% da taxa média de vítimas da região)	- resposta não obtida
VELOCIDADES MÍNIMAS	a) Qual o valor mínimo de velocidade limite que deve ser considerado em vias expressas ?	USLIMITS considera 56 km/h, ou seja, 35 mph	- 60 km/h (metade da velocidade máxima - 120 km/h) - 90 km/h
	b) Qual o valor mínimo de velocidade limite que deve ser considerado em vias em áreas não urbanizadas ?	USLIMITS considera 40 km/h, ou seja, 25 mph	- 40 km/h (metade da velocidade máxima - 80 km/h) - 60 km/h - 60 km/h com pedestre e 80 km/h sem pedestre
	c) Qual o valor mínimo de velocidade limite que deve ser considerado em vias em áreas urbanas (ou urbanizadas) ?	USLIMITS considera 32 km/h, ou seja, 20 mph	- 30 km/h (metade da velocidade máxima - 60 km/h) - 40 km/h - 30 km/h com lombada e 40 km/h sem lombada

Os dados obtidos com este procedimento de coleta não foram considerados satisfatórios, uma vez que os entrevistados apresentaram dificuldades em responder às perguntas do Questionário 4 de forma completa. As principais observações apresentadas pelos especialistas durante o preenchimento do questionário foram:

(i) falta de dados operacionais nos órgãos, principalmente com relação ao número de acidentes e volume de veículos;

(ii) alguns órgãos entrevistados não possuem rodovias expressas com controle total de acesso em seu estado de origem, o que inviabilizou as respostas desses órgãos para as questões relacionadas a esse tipo de via;

(iii) um órgão indicou que não utiliza semáforos em rodovias situadas em áreas urbanas (ou urbanizadas);

(iv) vários órgãos questionaram a grande quantidade de acessos considerada pelo sistema USLIMITS nas rodovias situadas em áreas urbanas (ou urbanizadas), e consideram não dispor de elementos suficientes para fornecer outros valores;

(v) um dos especialistas entrevistados trouxe grande contribuição para o trabalho ao responder a quase todas as questões propostas, e concordou com grande parte dos valores recomendados pelo sistema USLIMITS.

5.9 - TÓPICOS CONCLUSIVOS

A proposta de aplicação do sistema USLIMITS às rodovias brasileiras constitui-se em um passo inicial no sentido de contribuir para a eliminação de uma das deficiências encontradas no método de definição de velocidade limite em rodovias brasileiras: a falta de associação entre o resultado da avaliação de cada fator e a velocidade limite correspondente.

Na primeira etapa do procedimento foi realizada a identificação das relações diretas entre valores dos fatores considerados no USLIMITS e a velocidade limite por meio da revisão do estudo de Srinivasan *et al.* (2006).

Em seguida elaborou-se o Questionário 4 com o objetivo de adaptar as regras do sistema especialista USLIMITS para representar a visão dos técnicos brasileiros. O questionário foi

aplicado com os mesmo especialistas entrevistados no procedimento descrito na seção 4.3 do Capítulo 4.

A aplicação do Questionário 4 proporcionou um análise descritiva da visão dos técnicos brasileiros em relação às regras do sistema USLIMITS, disposta na Tabela 0.2. A partir da análise realizada conclui-se que os órgãos entrevistados não tiveram condições de preencher o questionário de forma completa, assim o objetivo da aplicação do Questionário 4 não foi alcançado.

Em virtude da insuficiência das respostas coletadas no Questionário 4 é possível concluir que a consulta a especialistas de forma individualizada não é a melhor abordagem para permitir a adaptação da base de regras do USLIMITS. Dado que os diferentes especialistas têm níveis de informação variados sobre as questões levantadas, a substituição de aplicação do questionário por uma reunião conjunta, onde cada questão seja discutida em grupo na busca por uma resposta de consenso, possivelmente trará melhores resultados para o objetivo pretendido.

Outra medida que pode ser tomada com o intuito de auxiliar no desenvolvimento de um sistema especialista, seria aperfeiçoar os pesos obtidos no Capítulo 5 e aplicá-los a um sistema especialista que reflita a realidade das rodovias brasileiras. Neste caso, propõe-se o desenvolvimento de outro sistema, e não adaptação do USLIMITS.

6 - CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A velocidade limite das rodovias está relacionada tanto à segurança quanto à fluidez do tráfego. A primeira condição está diretamente ligada à diminuição dos possíveis riscos a que os usuários podem ser expostos quando os veículos trafegam a velocidades não elevadas e mais uniformes, e a segunda ao tempo de viagem desejado pelos motoristas. Desta forma, o projetista deve levar em consideração essa dualidade, e determinar as velocidades máximas contemplando a velocidade desejada pelos motoristas para a sua mobilidade, devidamente ajustada por fatores que reflitam as características da via e seu entorno e do tráfego, com a finalidade de prover maior segurança aos usuários.

O Brasil adota para a definição de velocidade limite o método de “Estudos de engenharia” previsto pelo CONTRAN. A resolução nº 180/2005 traz uma lista de fatores que subsidiam a decisão dos órgãos gestores na definição de velocidade limite, porém não traz diretrizes sobre como esses aspectos devem ser efetivamente considerados. As principais dificuldades enfrentadas pela maioria dos órgãos responsáveis pela operação das rodovias na definição de velocidade limite são: falta de definição da importância relativa dos fatores usualmente considerados e ausência de critérios objetivos que relacionem a medida dos fatores com o valor da velocidade limite correspondente. Na literatura revisada, o trabalho referente ao sistema especialista USLIMITS é o único que utiliza relação direta entre valores dos fatores considerados e a velocidade limite recomendada.

Neste contexto, o presente trabalho se propôs atingir os seguintes objetivos: (i) conhecer a prática nacional adotada na definição da velocidade limite em rodovias, tanto para as rodovias existentes quanto para as rodovias novas; (ii) determinar a importância relativa dos fatores a serem considerados na definição de velocidade limite para rodovias brasileiras; (iii) adaptar as regras dispostas no sistema especialista USLIMITS para representar a visão dos técnicos brasileiros. Os objetivos (i) e (ii) foram alcançados no âmbito dos órgãos pesquisados, conforme apresentado no Capítulo 5. Já o objetivo (iii) não foi atingido. O resultado da aplicação do instrumento de coleta de dados para esse fim (Questionário 4) não obteve resultados satisfatórios, como indicado no Capítulo 6. Em virtude da insuficiência das respostas coletadas no Questionário 4 é possível concluir que a consulta a especialistas de forma individualizada não é a melhor abordagem para permitir a adaptação da base de regras do USLIMITS.

Para atingir o objetivo (ii), o trabalho partiu da hipótese de que: “O Método de Análise Hierárquica, aplicado a partir de resultados obtidos em consulta a especialistas, permite a identificação dos elementos a serem considerados no desenvolvimento de um procedimento claro e objetivo para apoiar os tomadores de decisão na definição de velocidade limite.”. Esta hipótese foi comprovada, como apresentado no Capítulo 5. Pela aplicação do procedimento descrito no Capítulo 4 verificou-se efetivamente que os especialistas têm condições de indicar a importância relativa entre fatores que influenciam na determinação de velocidade limite e que o Método de Análise Hierárquica possibilita sintetizar as respostas dos especialistas de forma simples, o que permite extrair o conhecimento de muitos e transformar em um resultado único.

Assim, este trabalho pôde contribuir com fundamentos necessários no sentido permitir o futuro desenvolvimento de um procedimento claro e objetivo no âmbito dos “Estudos de Engenharia” para a determinação de velocidade limite.

Nas seções a seguir estão apresentados os principais resultados, as limitações da pesquisa e recomendações para futuros trabalhos.

6.1 - PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS

A revisão dos sistemas especialistas para a definição de velocidade limite, apresentada no Capítulo 2, permitiu identificar, além dos principais fatores considerados na definição de velocidade limite na visão dos sistemas especialistas, as relações diretas entre os valores que estes fatores podem assumir e valores específicos da velocidade limite. A revisão dos estudos de engenharia para a definição de velocidade limite, contida no Capítulo 3, proporcionou a obtenção dos fatores considerados na definição de velocidade limite na visão dos estudos de engenharia em diferentes países.

As revisões dos Capítulos 2 e 3 propiciaram a elaboração da síntese dos fatores considerados na definição de velocidade limite pela literatura nacional e internacional. A partir desta síntese foi elaborada a lista geral de fatores que foi apresentada aos especialistas para o julgamento da importância relativa entre esses fatores.

A partir disso, no Capítulo 4 foram elaborados o Questionário 1 com a finalidade de atingir o objetivo (i), e os Questionários 2 e 3 para atingir o objetivo (ii). O Capítulo 6 apresentou o Questionário 4, elaborado com a finalidade de se atingir o objetivo (iii), que não foi atingido na forma pretendida. Uma das razões para tal foi que os especialistas entrevistados

não dispunham de elementos suficientes (baseados em dados disponíveis no órgão e/ou na sua experiência profissional) para ajustar os valores constantes da base de regras do USLIMITS. Ou seja, a consulta a especialistas de forma individualizada não se mostrou uma forma de abordagem adequada. Acredita-se que se tivesse sido realizada uma reunião conjunta de vários especialistas, a troca direta de visões e experiências poderia permitir, se não o ajuste completo da base de regras, pelo menos uma avaliação da condição do programa em auxiliar os técnicos nacionais na atividade de definição de velocidades limites.

O principal resultado deste trabalho advém da aplicação do Questionário 3. Os resultados indicaram que a aplicação do Método de Análise Hierárquica por meio da inserção dos dados coletados no software *Expert Choice* se mostrou bastante eficiente e foi possível obter uma lista final de fatores para apoiar a decisão dos órgãos gestores na determinação de uma velocidade limite que proporcione maior segurança aos usuários. Ressalta-se que os resultados obtidos foram apresentados para vias novas e existentes. A relação dos 10 principais fatores para cada um desses tipos de via é apresentado nas Tabela 6.1 Tabela 6.2.

Tabela 6.1 – Principais fatores para definição de velocidade limite para vias novas

Ordem	Fatores para vias novas	Peso
1	Características do alinhamento horizontal	0,094
2	Classificação funcional	0,093
3	Velocidade de projeto	0,075
4	Classificação técnica	0,074
5	Presença e volume de pedestres e ciclistas (estimativas)	0,066
6	Volume e composição do tráfego veicular (estimativas)	0,058
7	Elementos nas margens da via	0,057
8	Classificação geral	0,055
9	Característica da seção transversal	0,053
10	Limite legal máximo de velocidade	0,043

Tabela 6.2 – Principais fatores para definição de velocidade limite para vias existentes

Ordem	Fatores para vias existentes	Peso
1	Número de acidentes	0,150
2	Presença e volume de pedestres e ciclistas	0,121
3	Volume e composição do tráfego veicular	0,104
4	Características do alinhamento horizontal	0,071
5	Elementos nas margens da via	0,059
6	Velocidades praticadas	0,049
7	Classificação funcional	0,047
8	Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras	0,041
9	Característica da seção transversal	0,040
10	Classificação técnica	0,038

É importante destacar que os fatores (com a respectiva ordem e pesos) apresentados nas Tabela 6.1 Tabela 6.2 não podem ser considerados como efetivamente representativos da realidade nacional, nem devem ser diretamente recomendados em normas brasileiras sobre o assunto. Eles, na verdade, representam adequadamente a opinião geral dos técnicos que atuam nos órgãos incluídos na pesquisa. A variabilidade observada nas respostas individuais sugere claramente que resultados equivalentes em níveis nacionais precisam contemplar o maior número possível de órgãos rodoviários estaduais.

Um resultado importante da pesquisa foi, portanto, a definição e teste de um procedimento que pode ser adotado para a identificação dos fatores relevantes, ordem de importância e respectivos pesos para a definição da velocidade limite, aplicáveis em nível nacional. Para tanto, caberá apenas a realização das Etapas 4 e 5 desse procedimento em outros órgãos estaduais.

6.2 - LIMITAÇÕES DO ESTUDO

As principais limitações apresentadas pela presente pesquisa são as seguintes:

- o tempo de coleta foi um fator limitante do método pois, como ocorrido no caso dos órgãos federais, alguns especialistas não dispuseram de tempo para o preenchimento da pesquisa acompanhado pelo aplicador. Devido a esse fato foi elaborado um tutorial para guiar esses especialistas a responderem os questionários, o que pode ter impedido o saneamento de possíveis dúvidas. A eliminação dos fatores considerados pouco importantes para a definição de velocidade limite pode ser um meio para se diminuir o tempo de coleta.
- em alguns órgãos estaduais, os entrevistados não conseguem dispor do tempo necessário para responder aos questionários da pesquisa com a devida calma, o que pode ter ocasionado respostas incompatíveis com a realidade. Acredita-se que se a pesquisa tivesse sido conduzida por um órgão oficial, como o DENATRAN, os técnicos poderiam dar prioridade à atividade, uma vez que os resultados seriam divulgados e aplicados em nível nacional. Nesse caso, também seria possível aplicar a pesquisa em um maior número de órgãos estaduais;
- o estudo teve uma abrangência pequena, visto que foram pesquisados somente cinco estados da federação devido às limitações de tempo e recursos para a sua realização. Assim, os resultados apresentados neste trabalho não representam a visão nacional de definição de velocidade limite, e sim a visão dos órgãos atingidos pelo trabalho.

6.3 - RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados do presente trabalho, recomenda-se a continuação desta linha de pesquisa com a realização dos seguintes estudos:

- Aperfeiçoamento dos pesos obtidos pela aplicação do Método de Análise Hierárquica para a elaboração de um sistema especialista voltado para a definição de velocidade limite que reflita a realidade das rodovias brasileiras. Para tanto, o maior número possível de órgãos estaduais deve ser envolvido. Assim, é importante o apoio oficial de órgãos como o DENATRAN;
- Identificação de relações entre os valores que cada fator pode atingir com a velocidade limite mais recomendável. Esta relação, aliada aos pesos de cada fator, permitirá o desenvolvimento de um procedimento para a definição de velocidade limite que reflita boas práticas nacionais. Este procedimento pode, inclusive, se constituir em um sistema especialista que permita, a partir das características da via, do ambiente viário e do tráfego (motorizado e não-motorizado), apresentar recomendações para o valor da velocidade limite aplicável. A recomendação é de que este estudo seja conduzido por meio da promoção de encontros entre diferentes especialistas, onde seja possível a troca direta de experiências na busca por relações entre valores de cada fator e as velocidades limites correspondentes que efetivamente contribuam para o aprimoramento da prática nacional;
- Uma vez definidas as relações entre os valores que cada fator pode atingir com a velocidade limite recomendável, e considerando os pesos já obtidos para cada fator, recomendam-se futuros estudos no sentido de aplicar o MAH para a escolha de alternativas, onde as diferentes alternativas seriam valores da velocidade limite.
- Visto que os resultados obtidos para cada órgão entrevistado estão intimamente ligados ao perfil profissional dos especialistas consultados, sugere-se para trabalhos futuros selecionar profissionais cujo perfil permita melhor contribuir para a finalidade da pesquisa, independente do órgão de origem do profissional. Neste sentido, uma das primeiras fases do trabalho seria a identificação desse perfil de profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres (2009). AETT - Anuário Estatístico dos Transportes Terrestres. Extensão Total, em Quilômetros, das Rodovias, por Região e UF - 2004-2008. Disponível em: http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/10874/1_1_REDE_RODOVIARIA.html. Acessado em 05/03/2012.
- AUSTROADS (2005) Balance between Harm Reduction and Mobility in Setting Speed Limits: A Feasibility Study. Austroads Publication No. AP-R272/05. Sydney, Austrália: Austroads, 2005.
- Brasil (1997). Lei No. 9503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro.
- Cameron, M. (2002). Estimation of the optimum speed on urban residential streets. Monash University Accident Research Center. Victoria, Australia.
- CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito (2007). Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume I – Sinalização Vertical de Regulamentação. 2ª Edição. Brasília: CONTRAN, 2007.
- Correia, G. H. A., Silva, A. B. (2010). Setting speed limits in rural two-lane highways using expert opinion crossed with measurable Road-side characteristics. Artigo apresentado no 89º Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, D.C., Janeiro 10-14, 2010.
- DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito (2008). Frota de veículos. Anuário 2008. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>. Acessado em 05/03/2012.
- Ehrlich, P. J. (2004) Procedimentos para apoio às decisões – gestão de riscos e de Objetivos Conflitantes. Escola de administração de empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (FGV-EAESP). Acessado em 21/01/2012: http://www.fgv.br/academico/professores/Pierre_J_Ehrlich/
- Expert Choice (2002) Expert Choice for groups. Help Topics. Expert Choice Inc.
- Fitzpatrick, K., Krammes, R. and Fambro, D. (1997) Design speed, operating speed and posted speed relationships. ITE Journal, Vol. 67, No. 2, pp. 52-59.
- Fitzpatrick, K., Carlson, P., Brewer, M.A., Wooldridge, M.D., Miaou, S.-P. (2003). Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed Practices. NCHRP Report 504. Transportation Research Board, Washington, D.C.

- França, L. C. R. (2004) Procedimento para Análise da Eficácia da Gestão dos Órgãos de Trânsito dos Municípios Brasileiros. Dissertação de Mestrado em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Kneib, E. C. (2008) Subcentros urbanos: contribuição conceitual e metodológica à sua definição e identificação para planejamento de transportes. Tese de doutorado em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- LTSA – Land Transport Safety Authority of New Zealand (2003). Land Transport Rule: Setting of Speed Limits 2003. In: <
<http://www.nzta.govt.nz/resources/rules/docs/setting-speed-limits-2003.pdf>>.
 Acessado em: 07/08/2011.
- MUTCD (2009) – Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways. 2009 Edition. Washigton D.C.: FHWA, 2009.
- NMA – National Motorist Association (2011). Speed Zoning Synthesis, a USDOT study. Disponível em: <http://www.motorists.org/speed-limits/zoning-synthesis>. Acessado em: 28/07/2011.
- Paiva, M. (2008) Implantação de Estacionamentos de Automóveis e Bicicletas Integrados ao Transporte Público. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.
- Pirdashti, M; Omidi, M; Pirdashti, H. (2009). An AHP-Delphi Multi-criteria Usage Cases Model With Application to Citrogypsum Decisions, Case Sudy: Kimia Gharb Gostar Industries Company. World Academy of Science, Engeneering and Technology.
- Robson, M. (2000). Examples of Variable Speed Limit Applications. Speed Management Workshop. In: TRB 79th Annual Meeting, Washington D.C., January 9, 2000.
- Saaty, T. L. (2003) Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. European Journal of Operational Research. Vol. 145, pg. 85-91.
- Saaty, T.L. (1991) Método de Análise Hierárquica. McGraw Hill, Makron, São Paulo.
- Sato, Y. (2005) Questionnaire Design for Survey Research: Employing Weighting Method. In: ISAHp 2005 – VIII International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Honolulu, Hawaii.
- Skszek, S.L. (2004). Actual Speeds on the Roads Compared to the Posted Limits. Final Report 551. Sponsered by Arizona Department of Transportation in cooperation with FHWA, 2004.

- Srinivasan, R., Parker, M., Harkey, D., Tharpe, D. And Sumner, R. (2006). Expert System for Recommending Speed Limits in Speed Zones. Project NCHRP Project No. 3-67. Transportation Research Board, Washington, D.C. (November 2006).
- Stuster, J., Coffman, Z., Warren, D. (1998) Synthesis of safety research related to speed and speed limits. Publication Number: FHWA-RD-98-154. Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Tingvall, C., Haworth, N. (1999). Vision Zero – An ethical approach to safety and mobility. In: ITE International Conference Road Safety & Traffic Enforcement: Beyond 2000, Melbourne, 6-7 September 1999.
- TRB – Transportation Research Board (1998). Managing Speed: Review of Current Practice for Setting and Enforcing Speed Limits. Special Report 254. Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1998.
- TSU, B. S. A.; SUZUKI, C. Y. ; KABBACH JR., F. I. (2004). Proposta de metodologia para estabelecimento de limites legais de velocidade em rodovias de pista simples. Revista Engenharia, Sao Paulo, p. 169 - 174, 01 nov.
- UN – United Nations (2010). Global plan for the Decade of Action for Road Safety 2011-2010 Version 3.
- WHO – World Healty Organization (2009). Global Status Report on Road Safety: time for action. In: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241563840_eng.pdf>. Acessado em 03/04/2011.
- Wolff, C. S. (2008) O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação / Cristina Santos Wolff Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE A - BASE DE REGRAS PARA A DETERMINAÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE DO SISTEMA ESPECIALISTA USLIMITS

As informações presentes neste apêndice apresentam detalhes sobre as variáveis adotadas no sistema USLIMITS e fluxogramas com procedimento utilizado no programa para a recomendação de velocidade limite.

As informações contidas na seção A.1 foram extraídas do Apêndice L - *User Guide*, do documento *Expert System for Recommending Speed Limits in Speed Zones* (Srinivasan, 2006). Os fluxogramas apresentados na seção A.2 foram retirados do Apêndice-K do mesmo documento

A.1 - DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS UTILIZADOS NO PROGRAMA USLIMITS

a) Tipo de Área

- Área não desenvolvida: área onde a densidade populacional é baixa e nas margens da via o terreno encontra-se majoritariamente no seu estado natural (sem elementos construídos pelo homem). Ao longo do texto, percebe-se claramente a associação entre “área não desenvolvida” e “área rural” (ver Tabela da página L-16).
- Área desenvolvida: área onde o ambiente construído pelo homem substituiu a maioria do ambiente natural. As vias inseridas neste tipo de área apresentam velocidades típicas entre 25mph (40,2km/h) e 50mph (80,5km/h), que dependem do nível de interação entre a atividade humana e a viagem veicular, do projeto da via e do tipo de controle do tráfego. Ao longo do texto, percebe-se claramente a associação entre “área desenvolvida” e “área urbana” (ver Tabela da página L-16).

b) Tipo do terreno com relação à topografia

- Plano: permite grandes distâncias de visibilidade; nesses terrenos, as inclinações máximas das vias expressas são de 3%.
- Ondulado: as inclinações naturais do terreno usualmente variam em torno do alinhamento vertical da via, e ocasionalmente inclinações acentuadas provocam

restrições aos alinhamentos normais da via (horizontal e vertical); nesses terrenos, as inclinações máximas das vias expressas são de 4%.

- Montanhoso: as mudanças longitudinais e transversais da elevação do solo relativas à via são abruptas; nesses terrenos, as inclinações máximas das vias expressas são de 6%, mas podem exceder a 7% em algumas áreas. No USLIMIT, segmentos de vias expressas nesse tipo de terreno terão as velocidades limites estabelecidas em valores inferiores a 70 mph (112,7km/h).

c) **Tipo de via**

- Via com controle total de acessos: vias onde todas as entradas e saídas de veículos são feitas em níveis diferentes, e que tem a função principal de atender ao fluxo de passagem. Podem ocorrer em áreas urbanas ou rurais, e as velocidades típicas variam entre 55mph (88,6km/h), em áreas urbanas, e 75mph (120,75km/h), em algumas vias expressas rurais. Nas áreas urbanas, no segmentos em que a via expressa se conecta diretamente com as demais vias urbanas, a velocidade limite as vezes chega a 35mph (56,4km/h).

- Vias (ou segmentos) localizadas em áreas não desenvolvidas: são vias que não têm restrições de acessos, e apresentam velocidades típicas entre 40mph (64,4km/h) e 65mph (104,65km/h), dependendo das características do terreno (plano, ondulado, montanhoso) e da geometria da via.

- Via em área desenvolvida - residencial local: situada no interior de áreas residenciais para atender as necessidades de deslocamento dos residentes (veículos e pedestres). Principais características: velocidade limite entre 25mph (40,25km/h) e 35mph (56,35km/h); a largura pavimentada permite a circulação do tráfego nas duas direções, e o estacionamento de veículos pode ou não ser permitido em um ou dois lados da via; no entanto, a largura não é suficiente para permitir ao mesmo tempo os dois sentidos de circulação sem interferências e estacionamento na via; usos comerciais não são permitidos na área.

- Via em área desenvolvida – residencial coletora: via que atende tanto ao tráfego das residências localizadas nas suas margens quanto ao gerado por residentes que moram ao longo do corredor. Principais características: velocidade limite entre 25mph (40,25km/h) e 45mph (72,45km/h); largura pavimentada permite a circulação do tráfego nas duas direções; o estacionamento de veículos pode ou não ser permitido em um ou

dois lados da via; a ocupação das áreas lindeiras é principalmente por residências uni ou multi-familiares; apresenta, tipicamente, 30 acessos de residências por milha (em torno de 19 acessos por quilometro); ao longo do corredor pode ser encontrado algum estabelecimento comercial, especialmente lojas de conveniências nas principais interseções.

- Via em área desenvolvida - comercial: via que atende tanto ao tráfego de passagem quanto ao acesso aos estabelecimentos localizados nas suas margens. Principais características: velocidade limite geralmente entre 25mph (40,25km/h) e 45mph (72,45km/h); a ocupação ao longo do corredor é predominantemente comercial, com mais de 30 acessos ao comércio por milha (mais de 19 acessos por quilometro); tendem a ter mais de uma faixa por sentido; e o estacionamento na via, em um ou dois lados, pode ou não ser permitido.

- Via em área desenvolvida - para o atendimento a grandes empreendimentos (PGVs): via que atende ao tráfego gerado por grandes empreendimentos comerciais (shopping malls, edifícios de escritórios e complexos industriais), sendo projetadas para atender a volume de tráfego elevado de e para os empreendimentos. Principais características: velocidade limite geralmente entre 35mph (56,35km/h) e 50mph (80,5km/h); o número de acessos é inferior a 30 por milha (19 acessos por quilometro).

d) Velocidade operacional

É definida como o 85 percentil (V85) da velocidade com que os veículos viajam na via (ou segmento). Seu valor deve ser determinado a partir de dados de velocidade coletados ao longo de 24 horas de um dia útil. Usando os mesmos dados, deve-se calcular o 50 percentil (V50) da velocidade praticada pelos veículos. O USLIMIT não aceita diferenças entre o V85 e o V50 superiores a 15mph (24,15km/h). O V85 e o V50 são considerados medidas associadas à velocidade operacional, mas não são relacionados aos veículos em regime de fluxo livre. O Manual recomenda que, no caso do usuário não possuir metodologia própria para medir essas velocidades, as orientações do Capítulo 3 do *ITE Manual of Transportation Engineering Studies* de 1994 podem ser utilizadas.

e) **Segmento com alinhamento adverso**

Um segmento é considerado com alinhamento adverso quando apresenta distâncias reduzidas de visibilidade, curvas reversas, larguras estreitas de pavimento e acostamento, que levem à prática de velocidades operacionais inferiores às observadas no restante do trecho da via em estudo. Estes segmentos, em geral, exigem a implantação de mensagens referentes à velocidade de segurança (velocidade sugerida pela sinalização).

f) **Segmento (zona) de transição**

São segmentos de vias que fazem ligação entre vias expressas e não expressas, e também entre vias localizadas em área não desenvolvida e área desenvolvida. Esta informação serve para o USLIMIT verificar se a velocidade operacional informada pelo usuário é compatível com o tipo de via; em segmentos de transição espera-se velocidades operacionais mais baixas.

g) **Número de interseções em desnível, aplicável somente no caso de vias expressas**

Corresponde ao espaçamento médio entre as interseções, calculado pela divisão do comprimento do segmento pelo número de interseções nele contidas. Se o número de interseções é igual a zero, o usuário informa para esta entrada do programa o valor do comprimento total do segmento.

h) **Dados de acidentes**

- Duração do período do estudo de acidentes, em anos e meses (deve ser superior a 3 anos).
 - Número total de acidentes no segmento
 - Número de acidentes com feridos e mortos no segmento
 - O volume diário médio anual para o período do estudo
 - Número médio das taxas de acidentes totais, e de acidentes com feridos e mortos (em 100 milhões de veículos – milha) para vias similares localizadas na mesma jurisdição.
- Se este dado não for disponível, o sistema usa valores *default* obtidos do *Highway Safety Information System (HSIS)*.

i) Nível do perigo oferecido pelas laterais da via

Só é aplicável para vias em áreas não desenvolvidas, e é definido em função do tipo e largura do acostamento, distância lateral livre da via e presença/ausência de objetos fixos na lateral da via, dentre outros aspectos (ver Tabela A.1).

Tabela A.1- Classificação dos níveis de perigo a serem considerados em áreas não desenvolvidas

Condição observada	Nível do perigo oferecido pelas laterais da via						
	1 (Menor perigo)	2	3	4	5	6	7 (Maior perigo)
Zonas laterais livres de obstáculos (distância entre o bordo da pista e os obstáculos)	≥ 9 m	Entre 6 e 7,5m	≈3m	Entre 1,5 e 3m	Entre 1,5 e 3m	≤1,5m	≤1,5m
Inclinação das áreas laterais	>1:4	≈1:4	≈1:3 ou 1:4	≈1:3 ou 1:4	≈1:3	≈1:2	≤1:2(*)
Condição de recuperação do veículo quando ocorre saída de pista	Boa	Boa	Razoável	Razoável, com maior chance de colisão	Ruim	Sem	Sem
Superfície da via			Rugosa				
Defensas laterais (distância entre o bordo da pista e a defesa)				Pode ter (1,5 a 2m)	Pode ter (0 a 1,5m)	Sem	Sem
Obstáculos rígidos (distância entre o bordo da pista e os obstáculos)				≈3m	Entre 2 e 3m	Entre 0 e 2m	

(*)Falésia ou corte vertical em rocha
OBS: essa classificação veio do trabalho de Zegeer et al. (1987) *Safety Effects of Cross-Section Design for Two-Lane Roads*, Volume I- Final Report, FHWA-RD-87-008, October 1987

j) Número de acessos

Refere-se ao número de acessos a propriedades e de vias de acesso não semaforizadas.

k) Número de semáforos no segmento

Refere-se ao número de semáforos no trecho. Esta informação é usada para calcular o número de semáforos por milha (número de semáforos dividido pelo comprimento do seguimento).

l) Número de faixas e presença/ausência de separador central

O usuário deve informar a qual das seguintes categorias o segmento analisado pertence: duas faixas sem separador central; múltiplas faixas com faixa central para conversões à esquerda para os dois sentidos de tráfego; múltiplas faixas com separador central.

m) Presença/utilização de estacionamento na via

Os usuários devem indicar se esta situação é “elevada” ou “não elevada”. Situação “elevada” ocorre tipicamente em áreas centrais das cidades e/ou áreas classificadas como CBD (*Central Business District*), onde: tem-se estacionamento nos dois lados da via, com tempos limites de parada inferiores a 60 minutos, e com pelo menos 30% das vagas ocupadas nos dias úteis.

n) Atividade de pedestre/ciclista

Os usuários devem indicar se esta situação é “elevada” ou “não elevada”. Situação “elevada” ocorre tipicamente em : áreas residenciais com quatro ou mais casas por acre (4046,80 m²), intercaladas com unidades habitacionais multi-familiares; presença de hotéis à distância de 800m de outros locais movimentados como lojas de departamento, áreas de recreação, ou centros de idosos; áreas centrais; usualmente apresentam passeios pavimentados, travessias demarcadas e semáforos para pedestres.

A.2- PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DA VELOCIDADE LIMITE PELO PROGRAMA USLIMITS (adaptado de Srinivasan, 2006)

LEGENDA

V85 arredondada para baixo (A) =
É obtida pelo arredondamento para baixo da velocidade 85 percentil para o múltiplo 5mph mais próximo (ex: se a V85 for 63 mph, a V85 arredondada para baixo será 60 mph)

V50 arredondada para o mais próximo (B) = Múltiplo de 5mph que está mais próximo da velocidade 50 percentil (ex: se a V50 for 58 mph, a V50 arredondada para o mais próximo será 60 mph)

V85 arredondada para o mais próximo = Múltiplo de 5mph que está mais próximo da velocidade 85 percentil (ex: se a V85 for 63 mph, a V85 arredondada para o mais próximo será 65 mph)

VL = Velocidade limite recomendada

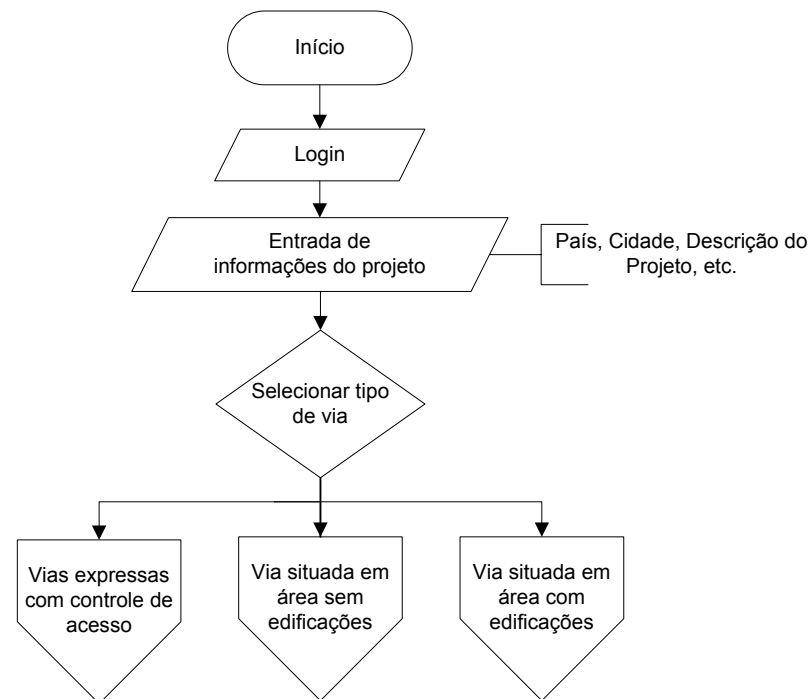
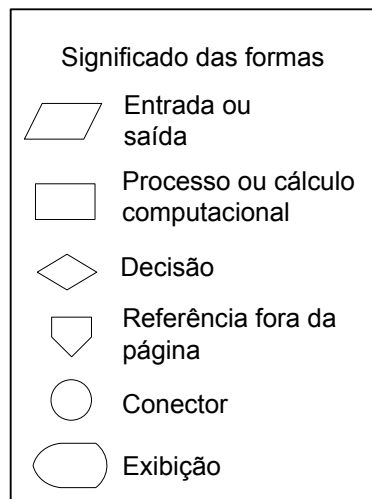
VL1 = Velocidade limite considerando velocidades operacionais e características do local

VL2 = Velocidade limite considerando o módulo de acidentes

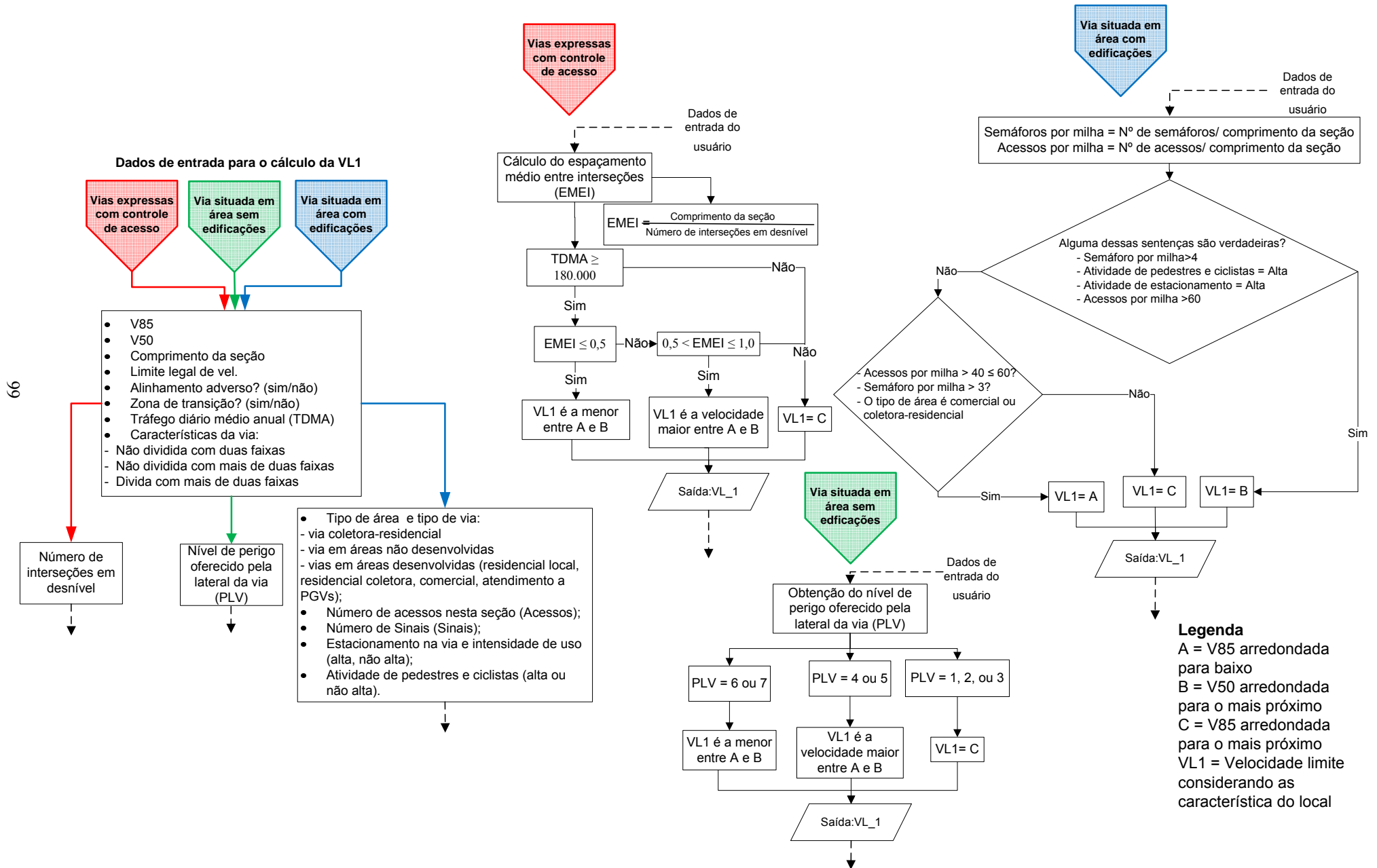
TDMA = Tráfego diário médio anual

MTDMA = Média dos TDMA para o período com histórico de acidentes

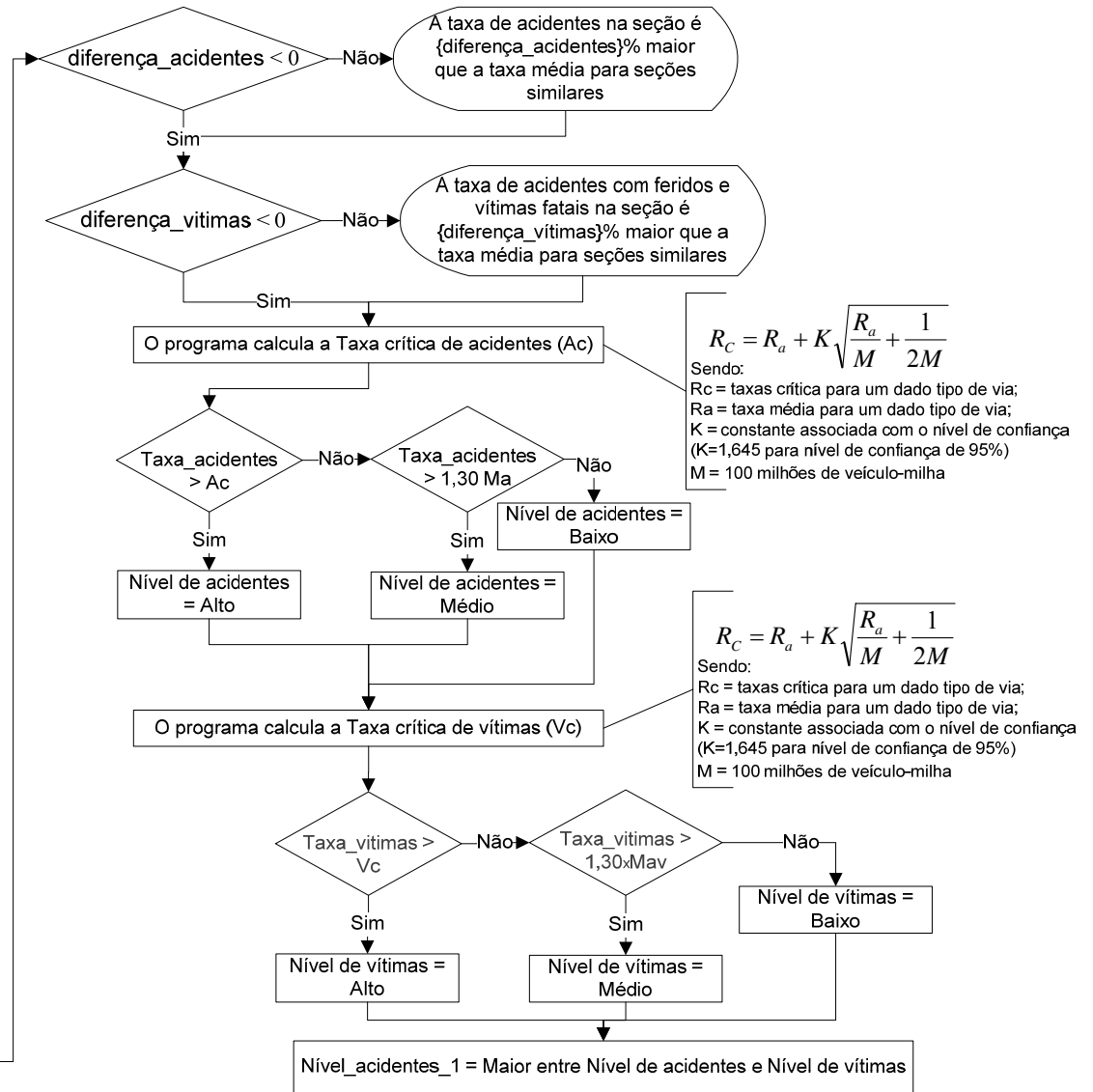
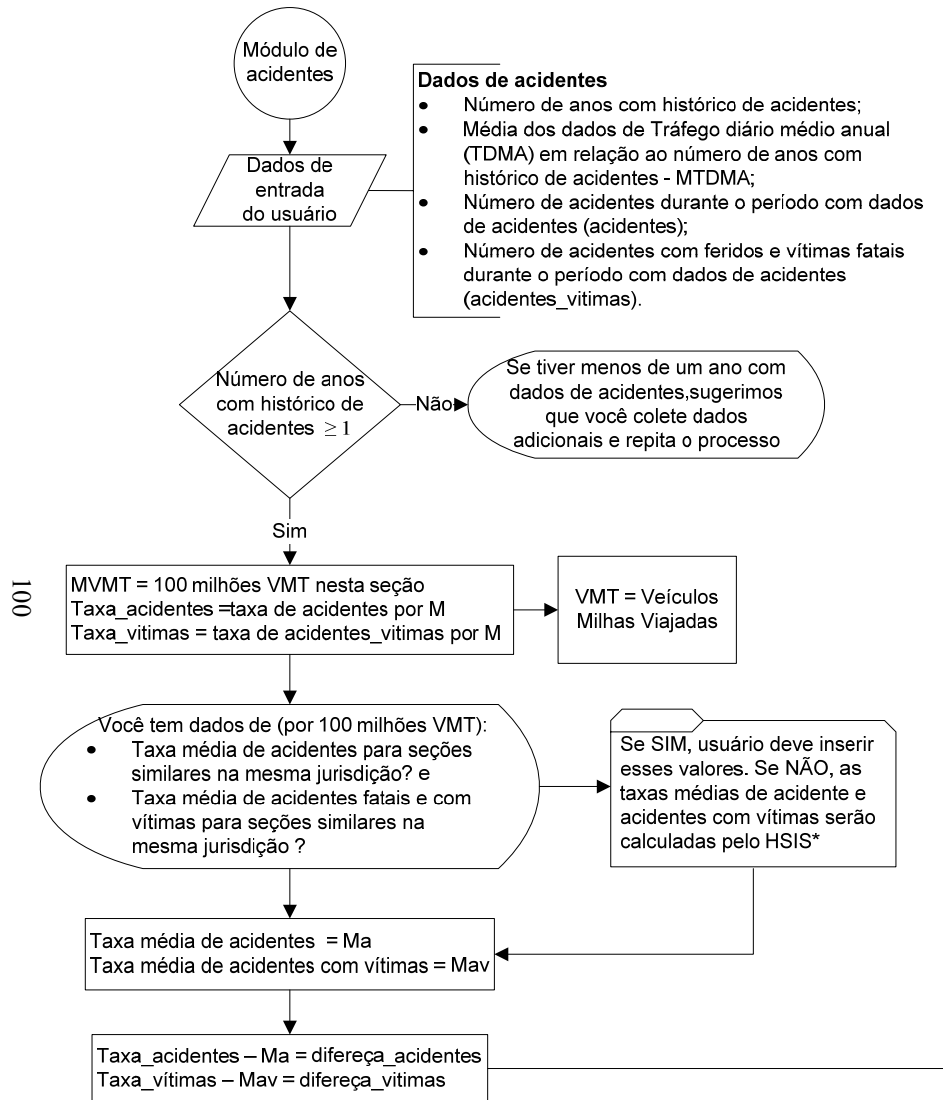
MVMT = 100 milhões de veículos-milhas viajadas (VMT)



A.3 – Processo de obtenção da velocidade considerando características do local (VL1)

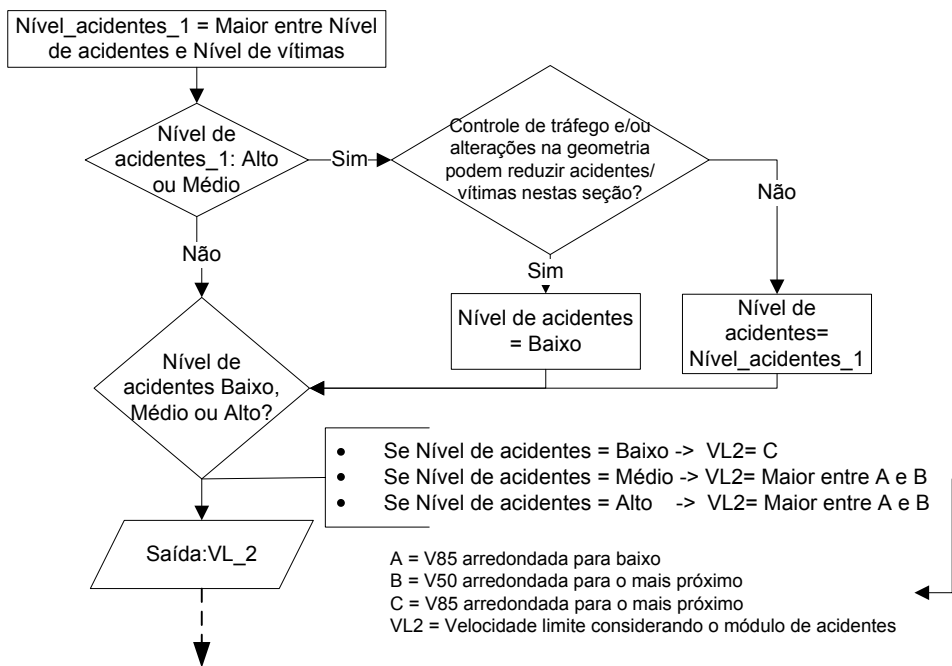


A.4 - Cálculo da velocidade limite com dados de acidentes (VL2)

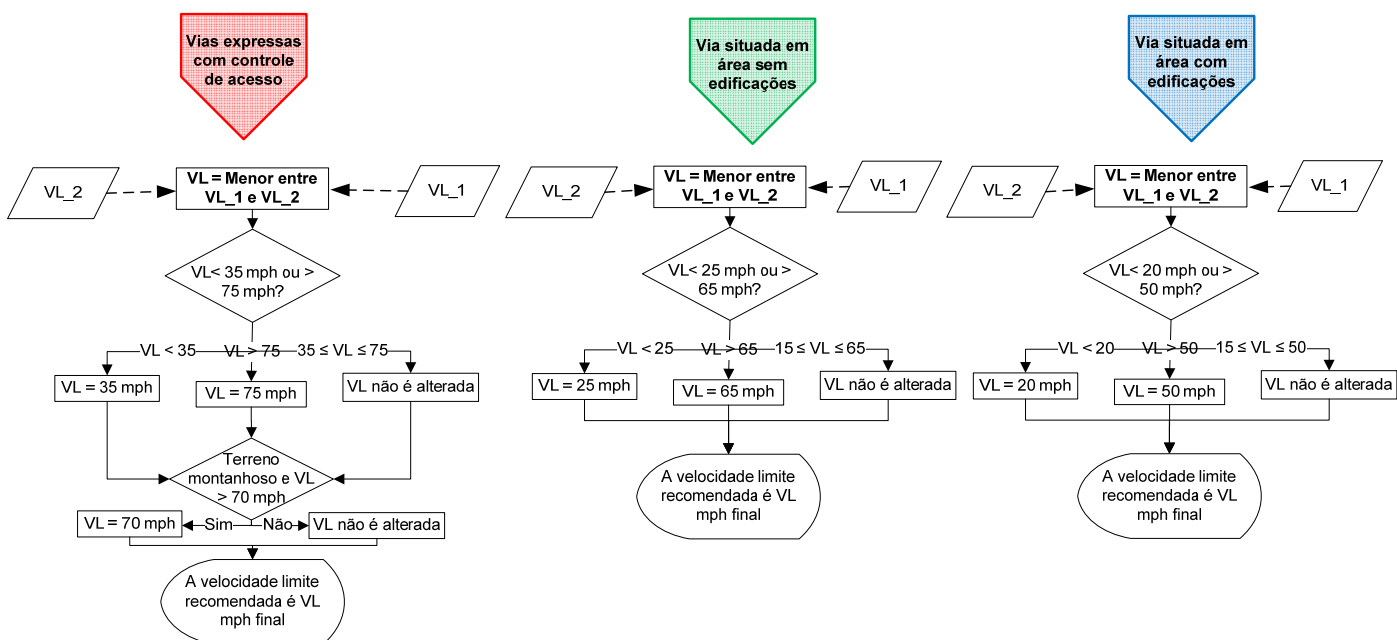


*O HSIS (Highway Safety Information System) é um banco de dados de vários estados dos Estados Unidos, que contém dados de acidentes, inventário de rodovia e volume de tráfego.

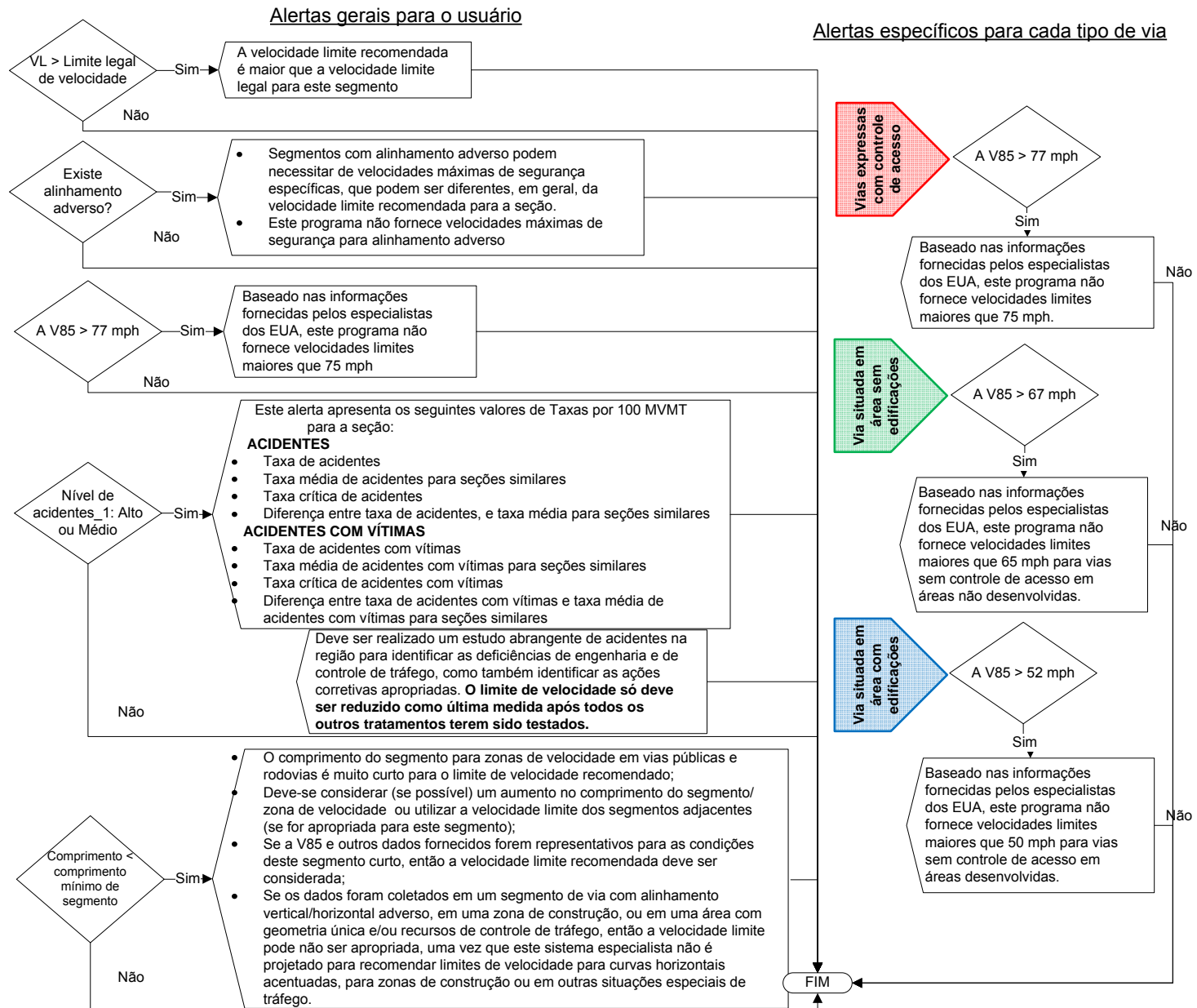
A.4 - Cálculo da velocidade limite com dados de acidentes (VL2) - continuação



A.5 – Obtenção da velocidade limite recomendada: ajuste da velocidade preliminar



A.6 – Mensagens de alerta



APÊNDICE B - ASPECTOS CONCEITUAIS DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

O Método de Análise Hierárquica – MAH é um processo matemático desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70 (Saaty, 1991), com a intenção de auxiliar a prática na tomada de decisão, que é essencial no cotidiano das pessoas, pois frequentemente os decisores precisam optar por uma entre várias alternativas. O MAH é um dos métodos de análise multicritério, e apresenta várias vantagens qualitativas sobre outros métodos de análise multicritério, como boa consistência lógica, transparência e fácil utilização; e tem seu uso consolidado pela comunidade técnica (Paiva, 2008).

Segundo Saaty (1991), a teoria é um modelo da maneira pela qual a mente humana conceitualiza e estrutura um problema complicado. Em geral, a mente, ao defrontar-se com um grande número de elementos, os agrega em grupos, segundo propriedades comuns, e os hierarquiza. Este é o processo fundamental da percepção: decomposição e síntese.

O MAH é utilizado em vários campos da ciência e, em geral, o seu uso mais frequente é para o caso de escolha de alternativas. De acordo com Saaty (1991), o MAH pode ser utilizado nos seguintes procedimentos de tomada de decisão: planejamento; geração de conjunto de alternativas; estabelecimento de prioridades; alocação de recursos; otimização; resolução de conflitos, entre outros.

No presente trabalho, o MAH será utilizado com a finalidade de estabelecer prioridades, visto que os fatores considerados na definição de velocidade limite serão hierarquizados para a obtenção dos respectivos pesos.

B.1 - MÉTODO DE CÁLCULO

O princípio do MAH é a decomposição do problema em elementos menores (construção de hierarquias) e atribuição de pesos a esses elementos. Assim é possível avaliar o impacto de vários componentes de um subsistema sobre o sistema completo e encontrar, então, suas prioridades (Saaty, 1991).

Os pesos são atribuídos por meio de comparações paritárias entre os elementos que caracterizam o problema.

Analisando-se diferentes aplicações do MAH, como por exemplo os trabalhos de Pirdashti *et al.*(2009), Paiva (2008), Kneibe, (2008), Wolff (2008) e França (2004), verifica-se que a aplicação do método é feita de acordo com os passos apresentadas a seguir.

Passo 1 - Definição do problema e determinação do objetivo:

O problema compõe o objetivo do trabalho, e como todo problema possui várias partes, a ideia do método é desagregar o problema e analisar cada item de forma detalhada. O objetivo, como visto anteriormente, pode ser a escolha de uma alternativa ou, como no caso desta dissertação, hierarquização de fatores.

Passo 2 - Estruturação da hierarquia:

Neste etapa considera-se o objetivo geral no nível mais alto. Nos níveis intermediários devem ser apresentados os critérios (fatores) que dependem do objetivo principal e que permitirão a avaliação das alternativas, e no nível mais baixo devem ser indicadas as alternativas. Para que a modelagem seja adequada devem ser incluídos todos os fatores considerados importantes para que a representação do problema seja a mais próxima possível do real (ver Figura B.1).

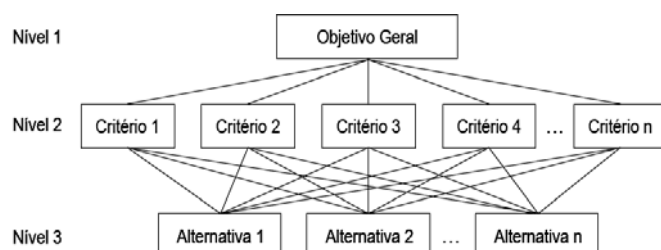


Figura B.1 - Hierarquia simples de três níveis (Fonte: Wolff, 2008)

Passo 3 - Comparação paritária dos fatores:

A comparação paritária dos fatores de mesmo nível hierárquico e das alternativas, gera uma matriz quadrada $A = (a_{ij})_{n \times n}$, onde n é o número de fatores no nível analisado. Cada julgamento representa a dominância do elemento da linha sobre o elemento da coluna da matriz. Salienta-se que a matriz é recíproca, pois todo elemento a_{ij} corresponde a um $a_{ji} = 1/a_{ij}$ (por isso é necessário avaliar somente a metade triangular superior da matriz) e todo $a_{ii}=1$, estes elementos podem ser observados na Figura B.2. Quando o elemento

da coluna for dominante com relação ao elemento da linha usa-se o valor recíproco dos valores apresentados na Tabela B.1. Essa tabela apresenta a escala para comparação de critérios desenvolvida por Saaty.

$$\begin{array}{c}
 C \\
 A_1 \\
 A_2 \\
 \vdots \\
 A_n
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 A_1 \\
 A_2 \\
 \vdots \\
 A_n
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 A_2 \\
 \vdots \\
 A_n
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 A_n \\
 \vdots \\
 A_n
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 x \\
 \dots \\
 y \\
 z \\
 \vdots \\
 1
 \end{array}$$

Figura B.2 - Matriz-exemplo de comparações paritárias (Fonte: adaptado de Wolff, 2008)

Tabela B.1- Escala de comparação de critérios proposta por SAATY

Intensidade da importância	Definição
1	Iguamente importante
3	Pouco mais importante
5	Muito mais importante
7	Bastante importante
9	Extremamente mais importante
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos sucessivos

Adaptado de Paiva (2008)

Passo 4 - Obtenção das prioridades:

Esta etapa inicia-se com a normalização dos pesos dados às comparações. O cálculo é realizado dividindo-se cada elemento da matriz $A = (a_{ij})_{n \times n}$ pela soma dos elementos da coluna a que pertence, resultando em $\bar{w}_i(a_j)$, como apresentado na Equação (B.1) (Paiva, 2008).

$$\bar{w}_i(a_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad j= 1, \dots, n \quad \text{Equação (B.1)}$$

Em que n é o número de critérios a serem comparados.

Posteriormente é calculado o autovetor ou vetor prioridade (w) ou ($w(a_i)$) que fornece a ordem de importância dos fatores. O autovetor é calculado a partir da soma dos elementos da linha da matriz normalizada e posterior divisão deste resultado por n (número de critérios). O cálculo é feito de acordo com a Equação (B.2) (Paiva, 2008).

$$w(a_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{w}_i(a_j)}{n} \quad i= 1, \dots, n \quad \text{Equação (B.2)}$$

Passo 5 - Sintetização de prioridades.

Essa etapa tem o objetivo de definir a prioridade global das alternativas ou a hierarquização global dos fatores julgados por um indivíduo. A prioridade global é

obtida pela multiplicação das prioridades (pesos) dos níveis mais altos pelos níveis mais baixos.

As Tabela B.2 (a) e (b) apresentam um exemplo de como é feito esse cálculo. Os pesos dos elementos do nível 2 (A e B) são multiplicados pelos elementos correspondentes de nível 3 (a1,a2,a3 e b1,b2,b3). Se houverem outros níveis na hierarquia, eles também deverão fazer parte da multiplicação. Como resultado tem-se o peso global que informa a ordem de prioridade dos elementos julgados.

Tabela B.2 - (a) Exemplo do cálculo do peso global; (b) Sintetização das prioridades

Nível 1	Nível 2	Pesos nível 2	Nível 3	Pesos nível 3	Peso global (Peso N2 x Peso N3)
Objetivo: Hierarquizar	A	0,387	a1	0,053	0,021
			a2	0,474	0,183
			a3	0,474	0,183
	B	0,613	b1	0,167	0,102
			b2	0,833	0,511

(a)

Hierarquia	
Critérios Nível 3	Peso global
b2	0,511
a2	0,183
a3	0,183
b1	0,102
a1	0,021

(b)

Passo 6 – Verificação da consistência dos julgamentos:

Após finalizadas as comparações, é necessário conhecer a consistência da matriz de julgamentos. Saaty (1991) entende que a matriz será inconsistente quando ocorrer a seguinte situação: se uma atividade A_1 é 3 vezes mais dominante do que a atividade A_2 , ou seja $A_1=3A_2$, e a atividade A_1 é 6 vezes mais dominante do que a atividade A_3 , ou seja $A_1=6A_3$, então se $A_2 \neq 2A_3$ a matriz será inconsistente. Assim, uma matriz consistente deve respeitar os princípios de transitividade e proporcionalidade. Como os seres humanos não se comportam como máquinas, sempre haverá um certo grau de inconsistência. A consistência é verificada pelo cálculo da razão de consistência (RC), conforme as Equações B.3, B.4 e B.5, em geral, se a razão de consistência for menor que 0,10 os julgamentos serão satisfatórios (Expert Choice, 2002). A Equação (B.3) indica o cálculo do autovetor da matriz A.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[Aw]_i}{w_i} \tag{Equação (B.3)}$$

Em que A é a matriz de comparação paritária, vetor w o vetor de pesos, e n o número de critérios.

Após o cálculo do autovetor, calcula-se o índice de consistência (IC), que é dado pela diferença entre $\lambda_{m\acute{a}x}$ e o n, e é determinado pela Equação (B.4).

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad \text{Equação (B.4)}$$

Após o cálculo do índice de consistência (IC), obtém-se a razão de consistência (RC) pela divisão do índice de consistência (IC) pelo índice randômico (IR), conforme mostra a Equação (B.5). Saaty (1991) apresenta valores do índice randômico para até 15 critérios advindos de experimentos com matrizes recíprocas aleatórias (ver Tabela B.3).

Tabela B.3 - Índice randômico (IR) para até 15 critérios

nº de critérios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,75	1,59

Saaty (1991)

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad \text{Equação (B.5)}$$

Em que:

IC – índice de consistência

IR – índice randômico

RC – razão de consistência

Observa-se que não é necessário que todas as matrizes de comparação sejam consistentes. A consistência pode ser avaliada após a sintetização dos resultados (Passo 5). Caso a razão de consistência global seja aceitável ($RC \leq 0,10$) os julgamentos serão considerados satisfatórios (Ehrlich,2004).

Outra possibilidade de se ajustar a consistência de uma matriz está no método de melhoria da consistência, em que o objetivo é transformar a matriz de julgamentos inconsistentes em uma matriz quase consistente, ou pelo menos melhorar um pouco a consistência (Wolff, 2008). No trabalho de Saaty (2003) este processo está explicitado com mais detalhes.

Passo 7 - Combinação dos julgamentos individuais de vários participantes (caso necessário)

Quando existe a necessidade de se aplicar questionários individuais, onde cada

participante julga todos os critérios e alternativas, os julgamentos dos participantes podem ser combinados para gerar um resultado único para o grupo. O cálculo do combinado é realizado tomando-se a média geométrica de cada comparação, gerando uma nova matriz em que cada elemento a_{ij} de uma matriz resultante é a média geométrica dos elementos a_{ij} atribuídos pelos participantes (Wolff, 2008). Pirdashti *et. al.* (2009) apresenta a fórmula geral para o cálculo do resultado combinado, mostrada na Equação (B.6).

$$a_{ij}^G = \left\{ \prod_{K=1}^n (a_{ijk})^{\beta_K} \right\}^{\frac{1}{\sum \beta_K}} = \left\{ \prod_{K=1}^n (a_{ijk})^{\beta_K} \right\} \quad i, j= 1, \dots, m, K=1, \dots, n \quad \text{Equação (B.6)}$$

Em que β_K e a_{ijk} são, respectivamente, a importância e eficiência da decisão K e os são elementos da matriz K.

B.2 - MODELO DE QUESTIONÁRIO

Para a aplicação do Método de Análise Hierárquica foi desenvolvido um questionário com a finalidade de facilitar o preenchimento por parte dos especialistas. O questionário foi baseado no modelo desenvolvido por Sato (2005), apresentado na Figura B.3. Neste estudo o autor compara as respostas obtidas por dois tipos de questionário. Um questionário no formato de Método de Análise Hierárquica e outro no formato do método “*Feeling Thermometer (FT)*”. Como resultado das análises de regressão foi observado que o método FT pode não ser efetivo em prever as preferências dos entrevistados, enquanto o peso derivado do MAH pôde prever as preferências dos respondentes.

Em que partido político você está pretendendo votar na próxima eleição? Compare cada um dos seguintes pares de partidos, e marque o local ao longo do seguimento.

absoluto	←	equivalente	→	absoluto
JCP				LDP
NK				SDP
DPJ				LDP
SDP				JCP
LDP				NK
JCP				DPJ
LDP				SDP
NK				JCP
SDP				DPJ
DPJ				NK

Figura B.3 – Questionário no formato MAH (Fonte: adaptado de Sato, 2005)

APÊNDICE C– QUESTIONÁRIOS 1, 2, 3 e 4



QUESTIONÁRIO 1

OBJETIVO:

IDENTIFICAR OS CRITÉRIOS ADOTADOS NA DEFINIÇÃO DA VELOCIDADE LIMITE PARA RODOVIAS

I – DADOS DO RESPONDENTE

NOME: _____

FUNÇÃO: _____

ÓRGÃO: _____

E-MAIL: _____

TEMPO DE ATUAÇÃO NA DEFINIÇÃO DA VELOCIDADE LIMITE DE RODOVIAS:

() Mais de 10 anos () Entre 5 e 10 anos () Menos de 5 anos

II – VELOCIDADE LIMITE

1) Quais as normas utilizadas pelo órgão para a definição da velocidade limite?

(Cite as normas e o ano em que foram publicadas. No caso de serem adotadas normas específicas do órgão, anexar ao questionário uma cópia das mesmas)

2) Levando em conta as normas referidas na Questão 1 e a experiência prática dos técnicos que atuam no órgão, quais os principais critérios adotados para a definição da velocidade limite para novas rodovias?

3) Em que situações o órgão faz alteração da velocidade limite de rodovias existentes?

4) Quais os critérios usados para a definição de uma nova velocidade limite para uma via ou trecho viário já em operação (aumento ou redução da velocidade existente)?

OBJETIVO:

OBTER AVALIAÇÃO GERAL DA IMPORTÂNCIA DOS FATORES PARA A DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE

Marque **SIM** para o fator que **tem importância na definição de velocidade limite** para rodovias e **NÃO** para o que **não tem importância**. Você pode adicionar fatores do seu interesse no campo **OUTROS**.

GRUPO DE FATORES	DESCRIÇÃO	SIM	NÃO
1. CLASSIFICAÇÃO DA VIA			
1.1 Classificação geral	rural ou urbana		
1.2 Classificação funcional	expressa, arterial, coletora, local		
1.2 Classificação técnica	Classe 0, I, II, III e IV.		
2. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA LATERAL DA VIA (área lindeira)			
2.1 Elementos nas margens da via	verificar o afastamento das edificações e de elementos que possam causar risco aos veículos no caso de saída de pista (postes, pilares de viadutos e passarelas, elementos de suporte da sinalização vertical, etc.); verificar a presença e afastamento de pontos de ônibus.		
2.2 Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras	verificar o uso predominante do solo (residencial, industrial, comercial, agrícola, etc.) e a intensidade desse uso (ocupação). Levar em conta a presença de áreas escolares, postos de gasolina, e outros polos geradores de viagens (PGV) nas margens da via.		
3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA VIA			
3.1 Geometria			
<i>características do alinhamento horizontal</i>	número e elementos de projeto das curvas horizontais (raio, comprimento de transição, etc).		
<i>características do alinhamento vertical</i>	inclinação e extensão das rampas; número e elementos de projeto das curvas verticais (rampas concordadas; comprimento da curva).		
<i>características da seção transversal</i>	número e largura das faixas por sentido; presença e tipo do separador de fluxos opostos (barreira de concreto, canteiro central, com ou sem defensas, etc); presença e largura dos acostamentos; presença e largura das calçadas; presença de meio-fio e sarjeta.		
3.2 Interseções, retornos e acessos			
<i>presença de interseções</i>	número médio por quilômetro (densidade de interseções) e tipo de interseção (em nível, interconexões).		
<i>controle do tráfego nas interseções</i>	sinalização vertical, rotatórias ou semáforo.		
<i>presença de retornos</i>	número médio por quilômetro.		
<i>presença de acessos</i>	número médio por quilômetro de acessos a propriedades lindeiras e/ou áreas de estacionamento.		
3.3 Outros elementos			
<i>presença de facilidades para pedestres</i>	faixas de travessia (semaforizadas ou não), túneis ou passarelas, inclusive junto a interseções.		
<i>presença de facilidades para ciclistas</i>	ciclovias ou ciclofaixas, incluindo interseções com tráfego veicular.		
<i>estacionamento</i>	presença de estacionamento permitido na lateral da pista, contíguo as faixas de trânsito.		
<i>iluminação pública</i>	iluminação pública.		
<i>dispositivos auxiliares</i>	presença de dispositivos de proteção contínua para o fluxo veicular (defensas metálicas e/ou barreiras de concreto).		
3.4 Pavimento			
	<i>Para vias existentes:</i> verificar se o pavimento é rígido ou flexível e seu estado de conservação.		
	<i>Para vias novas:</i> verificar se o pavimento é rígido ou flexível.		
3.5 Pontes e viadutos			
	Verificar a presença de pontes e viadutos no trecho, especialmente com larguras inferiores à largura normal da via (incluindo acostamentos).		
4. VELOCIDADES DE REFERÊNCIA			
4.1 Velocidade de projeto	(Velocidade Diretriz).		
4.2 Limite legal máximo de velocidade	limite legal máximo de velocidade.		
4.3 Velocidade limite estabelecida para a via	(aplicável no caso de vias existentes).		
5. CARACTERÍSTICAS DO TRÁFEGO			
5.1 Presença e volume de pedestres e ciclistas	<i>Para vias existentes:</i> verificar o volume médio de pedestres e ciclistas circulando nas margens da via e efetuando operação de travessia. <i>Para vias novas (estimativas):</i> estimar o volume de pedestres e ciclistas com base no uso e ocupação do solo das áreas lindeiras.		
5.2 Volume e composição do tráfego veicular	<i>Para vias existentes:</i> verificar o volume médio de veículos, incluindo a identificação do percentual de veículos pesados. <i>Para vias novas (estimativas):</i> estimar o volume veicular.		
5.3 Número de acidentes	<i>Para vias existentes:</i> verificar o histórico de acidentes, considerando os últimos 05 (cinco) anos. <i>Para vias novas (estimativas):</i> calcular, usando um modelo de previsão de acidentes, o número esperado de acidentes para um determinado período de tempo.		
5.4 Velocidades praticadas	<i>Para vias existentes:</i> determinar a velocidade operacional (V85), a velocidade mediana (V50) e a velocidade média e o coeficiente de variação (CV) da velocidade. <i>Para vias novas (estimativas):</i> calcular, usando um modelo de previsão de velocidade operacional, a V85 para a via (ou trecho de via) considerado.		

OUTROS:

(Insira outros fatores não abordados nesta listagem. Se necessário, utilize o verso da página.)

DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE EM RODOVIAS

Grau de importância:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Igualmente importante		Pouco mais importante		Muito mais importante		Bastante importante		Extremamente mais importante

1. CLASSIFICAÇÃO DA VIA

Ordem de importância:

+ importante

↓

↓

- importante

Extremamente mais importante ← igualmente importante → Extremamente mais importante

Classificação **geral** |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Classificação **funcional**

Classificação **geral** |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Classificação **técnica**

Classificação **funcional** |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Classificação **técnica**

2. CARAC. ÁREA LATERAL DA VIA

Ordem de importância:

+ importante

↓

↓

- importante

Extremamente mais importante ← igualmente importante → Extremamente mais importante

Elementos nas **margens da via** |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 **Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras**

3. CARAC. FÍSICAS DA VIA – 3.1 Geometria

Ordem de importância:

+ importante

↓

↓

- importante

Extremamente mais importante ← igualmente importante → Extremamente mais importante

Características do **alinhamento horizontal** |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Características do **alinhamento vertical**

Características do **alinhamento horizontal** |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Características da **seção transversal**

Características do **alinhamento vertical** |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Características da **seção transversal**

3. CARAC. FÍSICAS DA VIA – 3.2 Interseções, retornos e acessos

Ordem de importância:

+ importante

↓

↓

- importante

Extremamente mais importante ← igualmente importante → Extremamente mais importante

Presença de **interseções** |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 **Controle do tráfego nas interseções**

Presença de **interseções** |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Presença de **retornos**

Presença de **interseções** |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Presença de **acessos**

Controle do tráfego nas interseções |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Presença de **retornos**

Controle do tráfego nas interseções |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Presença de **acessos**

Presença de **retornos** |-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Presença de **acessos**

DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE EM RODOVIAS

Grau de importância:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igualmente importante		Pouco mais importante		Muito mais importante		Bastante importante		Extremamente mais importante

3. CARAC. FÍSICAS DA VIA –
3.3 Outros elementos

Ordem de importância:

+ importante

- importante

	Extremamente mais importante	← igualmente importante →	Extremamente mais importante
Presença de facilidades para pedestres	9 8 7 6 5 4 3 2 1	2 3 4 5 6 7 8 9	Presença de facilidades para ciclistas
Presença de facilidades para pedestres	9 8 7 6 5 4 3 2 1	2 3 4 5 6 7 8 9	Estacionamento
Presença de facilidades para pedestres	9 8 7 6 5 4 3 2 1	2 3 4 5 6 7 8 9	Iluminação pública
Presença de facilidades para pedestres	9 8 7 6 5 4 3 2 1	2 3 4 5 6 7 8 9	Dispositivos auxiliares
Presença de facilidades para ciclistas	9 8 7 6 5 4 3 2 1	2 3 4 5 6 7 8 9	Estacionamento
Presença de facilidades para ciclistas	9 8 7 6 5 4 3 2 1	2 3 4 5 6 7 8 9	Iluminação pública
Presença de facilidades para ciclistas	9 8 7 6 5 4 3 2 1	2 3 4 5 6 7 8 9	Dispositivos auxiliares
Estacionamento	9 8 7 6 5 4 3 2 1	2 3 4 5 6 7 8 9	Iluminação pública
Estacionamento	9 8 7 6 5 4 3 2 1	2 3 4 5 6 7 8 9	Dispositivos auxiliares
Iluminação pública	9 8 7 6 5 4 3 2 1	2 3 4 5 6 7 8 9	Dispositivos auxiliares

DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE EM RODOVIAS

Grau de importância:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Igualmente importante		Pouco mais importante		Muito mais importante		Bastante importante		Extremamente mais importante

3. CARAC. FÍSICAS DA VIA

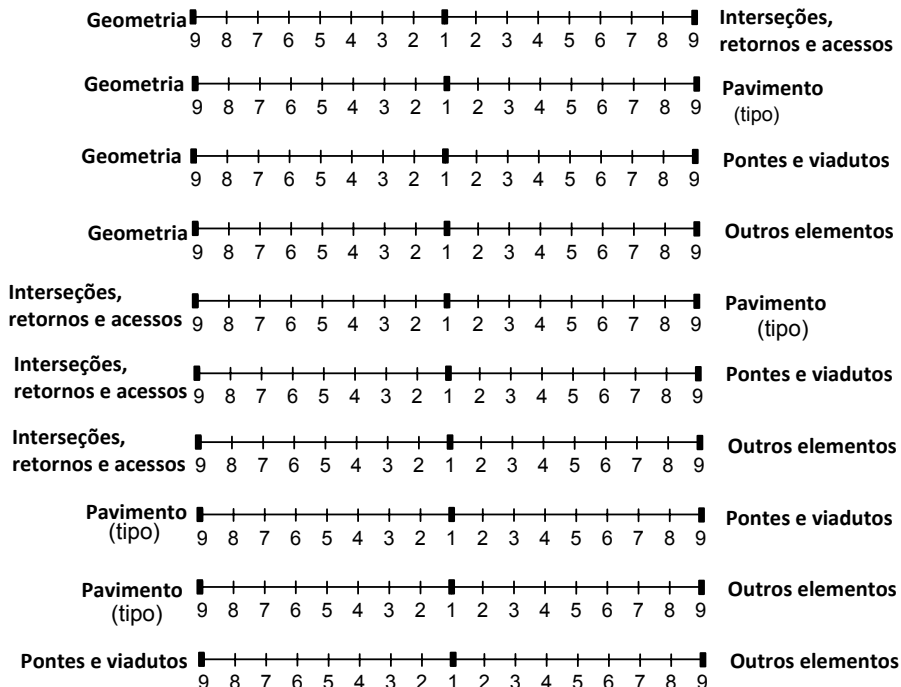
Ordem de importância:

+ importante

↓

- importante

Extremamente mais importante ← igualmente importante → Extremamente mais importante



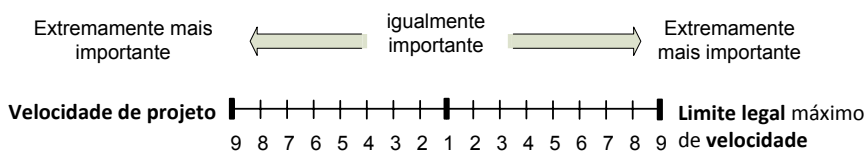
4. VELOCIDADES DE REFERÊNCIA

Ordem de importância:

+ importante

↓

- importante



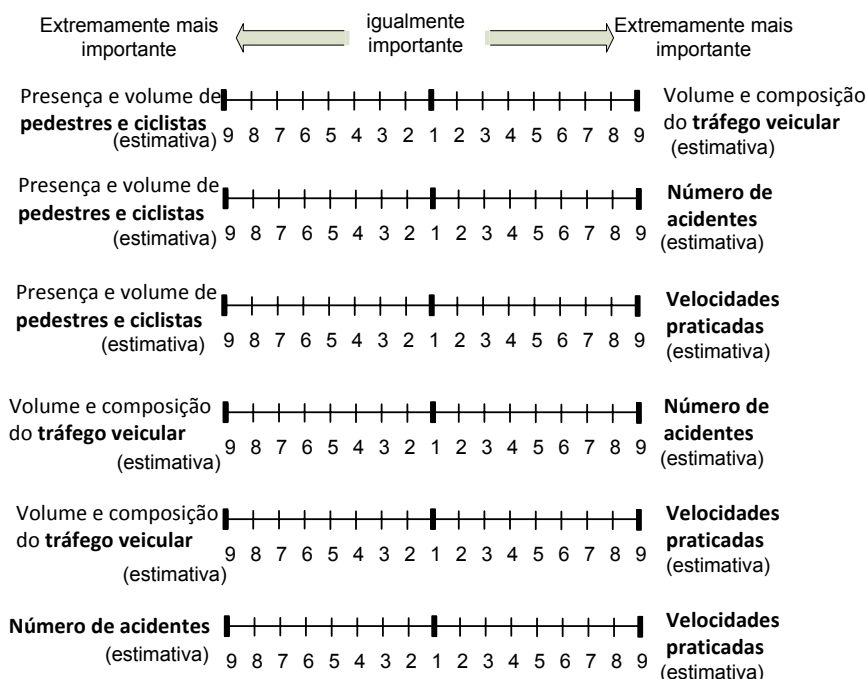
5. CARAC. DO TRÁFEGO

Ordem de importância:

+ importante

↓

- importante



DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE EM RODOVIAS

Grau de importância:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Igualmente importante		Pouco mais importante		Muito mais importante		Bastante importante		Extremamente mais importante

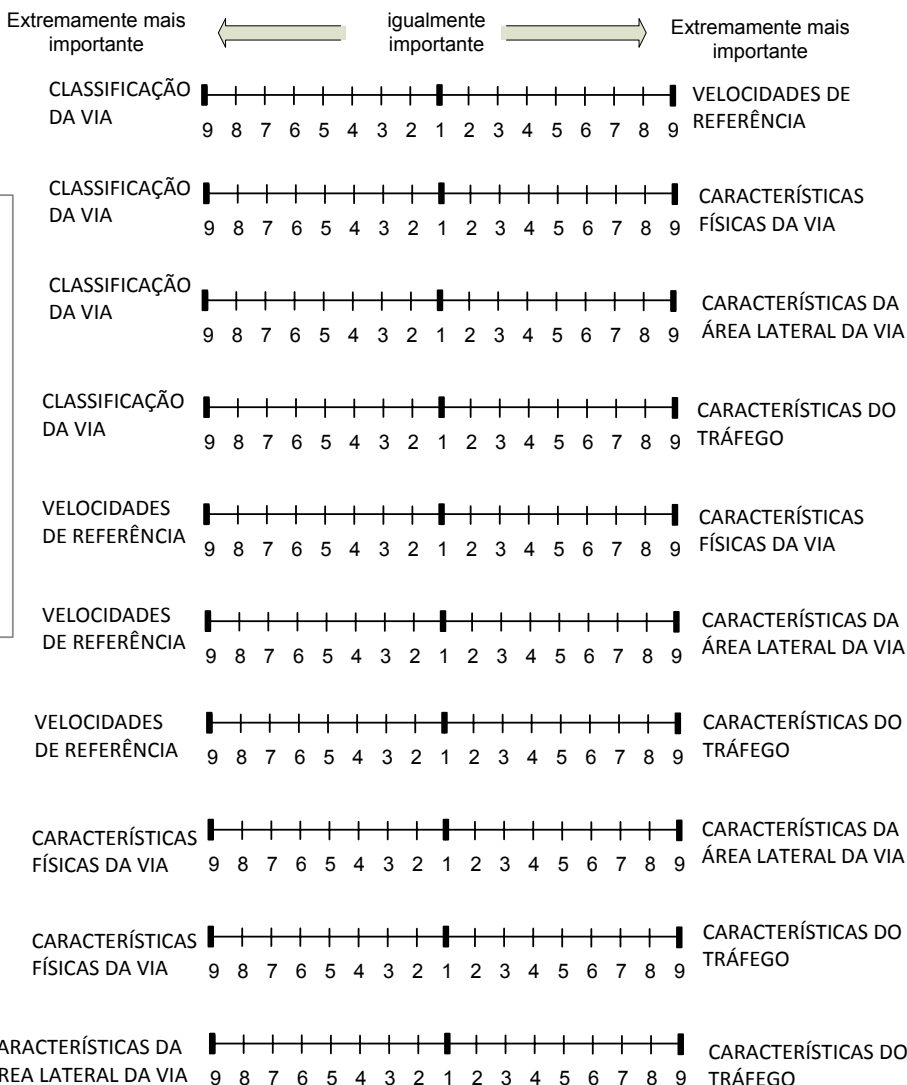
GRUPOS DE FATORES

Ordem de importância:

+ importante

↓

- importante



DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE EM RODOVIAS

Grau de importância:

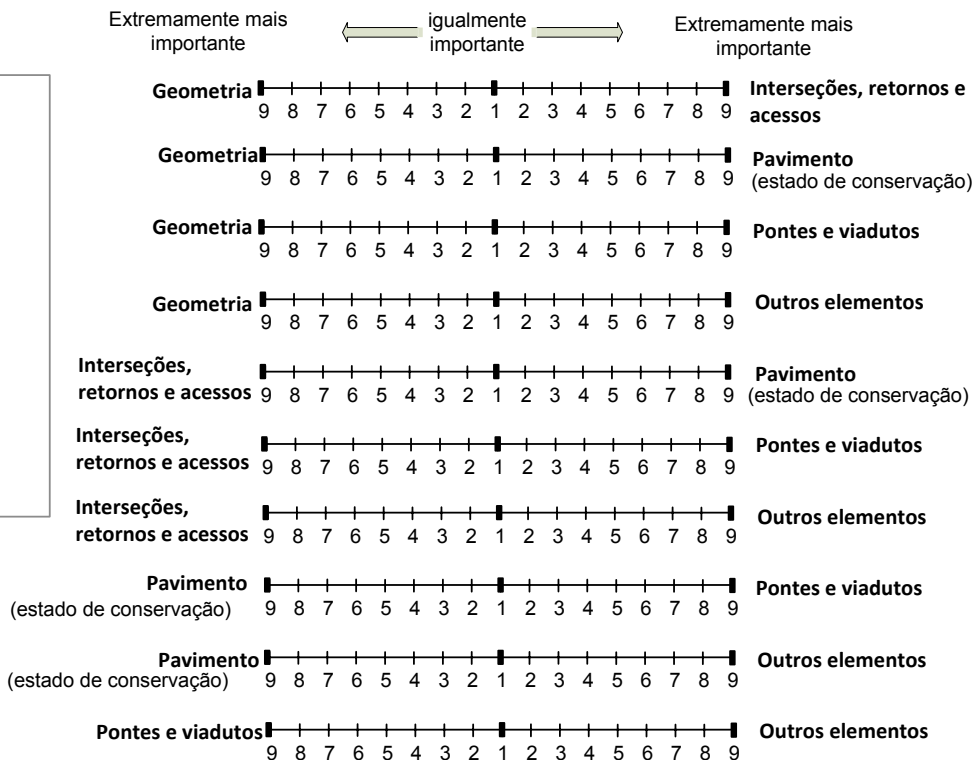
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Igualmente importante		Pouco mais importante		Muito mais importante		Bastante importante		Extremamente mais importante

3. CARAC. FÍSICAS DA VIA

Ordem de importância:

+ importante

- importante

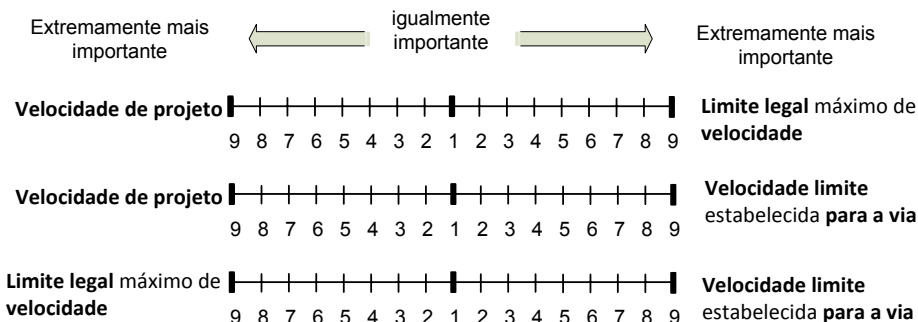


4. VELOCIDADES DE REFERÊNCIA

Ordem de importância:

+ importante

- importante

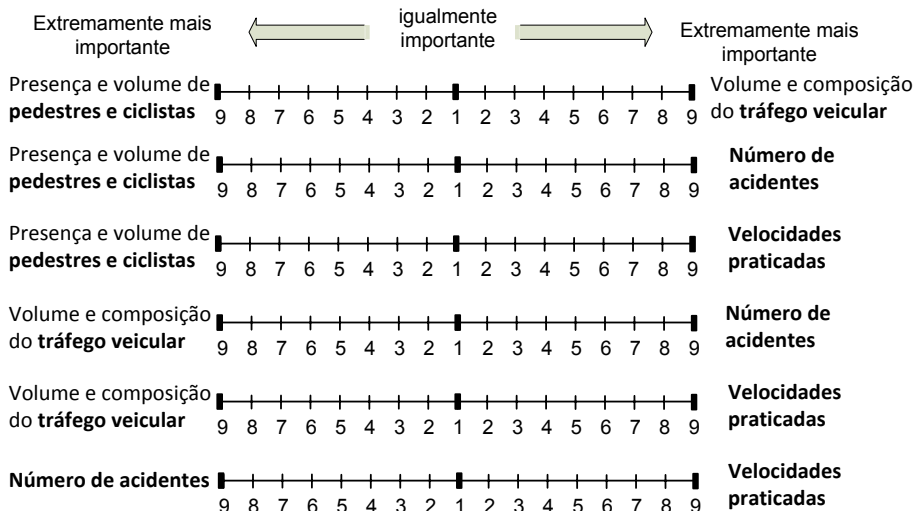


5. CARAC. DO TRÁFEGO

Ordem de importância:

+ importante

- importante



DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE EM RODOVIAS

Grau de importância:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Igualmente importante		Pouco mais importante		Muito mais importante		Bastante importante		Extremamente mais importante

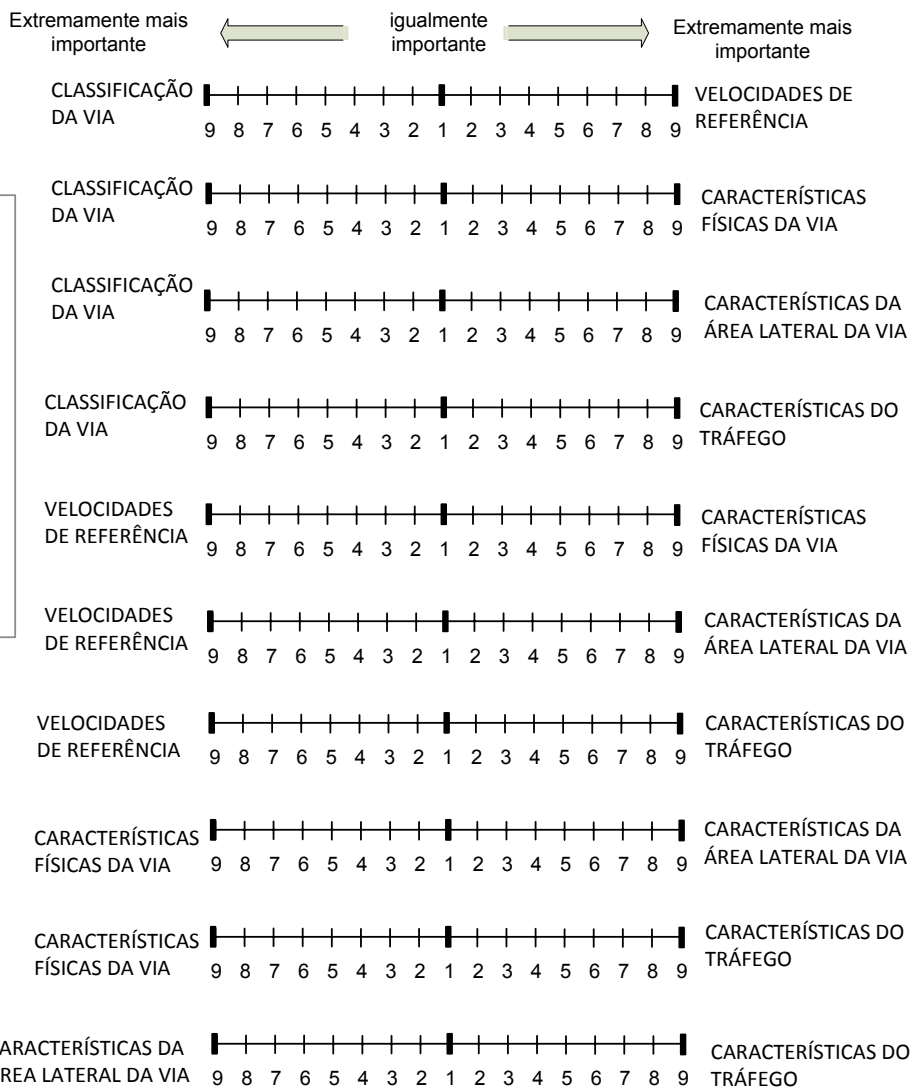
GRUPOS DE FATORES

Ordem de importância:

+ importante

↓

- importante





QUESTIONÁRIO 4

ADAPTAR AS REGRAS DISPOSTAS NO SISTEMA ESPECIALISTA USLIMITS PARA REPRESENTAR A VISÃO DOS TÉCNICOS BRASILEIROS

1 - Considerando VIAS EXPRESSAS COM CONTROLE DE ACESSO:

- a) Para que valores de Volume Médio Diário Anual (VMDA), o espaçamento médio entre interseções¹ em desnível tem influencia na velocidade local?

VMDA \geq _____ veículos por dia (USLIMITS considera 180.000 veículos por dia)

- b) Qual valor do espaçamento médio entre interseções abaixo do qual ocorre uma **interferência elevada** das interseções sobre a velocidade da via expressa?

Espaçamento médio \leq _____ metros (USLIMITS considera 800 m)

- c) Qual o intervalo de valores para o espaçamento médio entre interseções que produz uma **interferência moderada** das interseções sobre a velocidade da via expressa.

Espaçamento médio entre ____ e ____ metros (USLIMITS considera de 800 a 1600 m)

2 - Considerando RODOVIAS SITUADAS EM ÁREAS URBANAS (OU URBANIZADAS):

- a) Qual o valor da relação “semáforos por quilômetro” acima do qual o número de semáforos produz uma **interferência elevada** sobre a velocidade das rodovias situadas em áreas urbanizadas?

Densidade de semáforos $>$ _____ semáforos por quilômetro (USLIMITS considera 2,5 semáforos por km)

- b) Qual o valor da relação “semáforos por quilômetro” acima do qual o número de semáforos produz uma **interferência moderada** sobre a velocidade das rodovias situadas em áreas urbanizadas?

Densidade de semáforos $>$ _____ semáforos por quilômetro (USLIMITS considera 1,9 semáforos por km)

- c) Qual o valor da relação “acessos² por quilômetro” acima do qual o número de acessos produz uma **interferência elevada** sobre a velocidade das rodovias situadas em áreas urbanizadas?

Densidade de acessos $>$ _____ acessos por quilômetro (USLIMITS considera 37,5 acessos por km)

- d) Qual o valor da relação “acessos por quilômetro” acima do qual o número de acessos produz uma **interferência moderada** sobre a velocidade das rodovias situadas em áreas urbanizadas?

Densidade de acessos entre ____ e ____ acessos por quilômetro (USLIMITS considera de 25 a 37,5 m)

¹ Interseção: Área em que duas ou mais vias se cruzam, e onde se localizam todos os dispositivos que permitem os diversos movimentos de circulação ordenada dos veículos. Fonte: DNER – Glossário De Termos Técnicos Rodoviários (1997)

² Acesso: Entrada e/ou saída de uma via, inclui as alças (ramos de uma interseção que permitem as mudanças de vias que se cruzam).

Fonte: DNER – Glossário De Termos Técnicos Rodoviários (1997)



3 - Considerando NÍVEL DE ACIDENTES

- a) Qual o valor da relação **taxa de acidentes do local/taxa média de acidentes da região** abaixo do qual se considera um **nível baixo de acidentes** no local?

Taxa de acidentes do local/taxa média de acidentes da região < ____ (USLIMITS considera 1,3, isto é, 30% superior)

- b) Qual o valor da relação **taxa de vítimas do local/taxa média de vítimas da região** abaixo do qual se considera um **nível baixo de acidentes** no local?

Taxa de vítimas do local/taxa média de vítimas da região < ____ (USLIMITS considera 1,3 , isto é, 30% superior)

4 - Considerando VELOCIDADES MÍNIMAS

- a) Qual o valor mínimo de velocidade limite que deve ser considerado em **vias expressas**?

Velocidade mínima para vias expressas > ____ (USLIMITS considera 56 km/h, ou seja, 35 mph)

- b) Qual o valor mínimo de velocidade limite que deve ser considerado em **vias em áreas não urbanizadas**?

Velocidade mínima para vias em áreas não urbanizadas > ____ (USLIMITS considera 40 km/h, ou seja, 25 mph)

- c) Qual o valor mínimo de velocidade limite que deve ser considerado em **vias em áreas urbanas (ou urbanizadas)**?

Velocidade mínima para vias em áreas urbanas > ____ (USLIMITS considera 32 km/h, ou seja, 20 mph)

**APÊNDICE D – SÍNTESE DOS JULGAMENTOS DOS ÓRGÃOS
ESTADUAIS (OE) E ÓRGÃOS FEDERAIS (OF)
REFERENTE À IMPORTÂNCIA RELATIVA DOS
FATORES NA DETERMINAÇÃO DE
VELOCIDADE LIMITE PARA VIAS NOVAS E
EXISTENTES**

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias novas

Inconsistência Global = ,08



(a) Para vias novas

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias existentes

Inconsistência Global = ,09



(b) Para vias existentes

Figura D.1 - Julgamento do Órgão Estadual 1 (OE1)

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias novas

Inconsistência Global = ,06



(a) Para vias novas

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias existentes

Inconsistência Global = ,05



(b) Para vias existentes

Figura D.2 - Julgamento do Órgão Estadual 2 (OE2)

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias novas

Inconsistência Global = ,10



(a) Para vias novas

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias existentes

Inconsistência Global = ,09



(b) Para vias existentes

Figura D.3 - Julgamento do Órgão Estadual 3 (OE3)

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias novas

Inconsistência Global = ,03



(a) Para vias novas

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias existentes

Inconsistência Global = ,03



(b) Para vias existentes

Figura D.4 - Julgamento do Órgão Estadual 4 (OE4)

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias novas

Inconsistência Global = ,02



(a) Para vias novas

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias existentes

Inconsistência Global = ,06



(b) Para vias existentes

Figura D.5 - Julgamento do Órgão Estadual 5 (OE5)

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias novas

Inconsistência Global = ,08



(a) Para vias novas

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias existentes

Inconsistência Global = ,05



(b) Para vias existentes

Figura D.6 - Julgamento do Órgão Federal 1 (OF1)

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias novas

Inconsistência Global = ,03



(a) Para vias novas

Síntese com respeito ao:

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias existentes

Inconsistência Global = ,03



(b) Para vias existentes

Figura D.7 - Julgamento do Órgão Federal 2 (OF2)