

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

Érica Cristina Silva Marques
Maria Alice Prudêncio Jacques

Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Programa de Pós-Graduação em Transportes

RESUMO

A realização de estudos de engenharia para a definição de velocidade limite ressen-te-se da falta de elementos objetivos. Apesar das normas nacionais e internacionais referirem diferentes fatores a considerar nesses estudos, a importância relativa de cada fator e sua direta associação com a velocidade limite a ser recomendada não são indicadas. Nesse contexto, esta pesquisa visa contribuir para a identificação dos principais fatores relacionados à definição de velocidade limite, juntamente com seus pesos relativos. É proposto e aplicado um procedimento para a identificação da hierarquia e pesos dos fatores usualmente considerados na definição de velocidade limite. Esse procedimento utiliza o Método de Análise Hierárquica (MAH) para o tratamento de dados obtidos por consulta a especialistas atuantes em órgãos rodoviários. Sua aplicação a órgãos brasileiros, estaduais e federais, apresentou a característica do alinhamento horizontal como o fator de maior peso para a definição da velocidade limite para vias novas, e o número de acidentes para o caso das vias existentes.

ABSTRACT

Undertaking engineering studies to define speed limits is impaired by the lack of objective elements. In spite of the references existing national and international norms and regulations make to the different factors to be addressed by such studies, they fail to define the relative importance of each factor or indicate its direct association to the speed limit. Against that background this study seeks to identify the main factors involved in defining speed limits, and to determine their relative weights in arriving at this definition. A procedure is proposed for identifying the hierarchy and relative weights of the factors usually considered in defining speed limits based on the Analytic Hierarchy Process (AHP), and is applied to data obtained by consulting specialists actively engaged in highway organizations. Its results show that the main factor for establishing speed limits in new roads is the geometry of horizontal alignment, and that in existing roads this factor is the number of crashes.

1. INTRODUÇÃO

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.

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; AUSTROADS, 2005): (i) externalidades: o motorista tem dificuldade em avaliar o efeito que seu comportamento no trânsito produz nos demais usuários da via; (ii) informação inadequada: o motorista pode ter uma percepção inadequada em relação às condições da via e de seu veículo; (iii) 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 e/ou a habilidade de outros motoristas na condução do veículo. Para atender à realidade de cada via, podem ser adotados métodos distintos para a definição de velocidade limite.

Os principais métodos para a definição de velocidade limite referidos na literatura estão

apresentados na Tabela 1. O método “Estudos de Engenharia”, adotado tanto no Brasil (com fatores previstos pelo CONTRAN) quanto no exterior, apresenta as seguintes deficiências: falta uma associação entre o resultado da avaliação de cada fator e a velocidade limite correspondente; e falta a identificação do peso relativo de cada fator que permita a consideração de sua importância na definição da velocidade limite. Dado a ampla utilização desse método, esforços no sentido de promover seu aperfeiçoamento são necessários.

Tabela 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).

Face o exposto, o presente trabalho tem o objetivo de identificar a importância relativa dos fatores comumente adotados nos estudos de engenharia, e avaliar quais destes fatores devem ser efetivamente considerados para a definição da velocidade limite. Assim, visa contribuir com fundamentos necessários para a construção de um procedimento claro e objetivo para a definição da velocidade limite pelo método “Estudos de Engenharia”, especificamente para o caso das rodovias nacionais. Isto é, embora de extrema relevância, a questão da definição da velocidade para vias urbanas não é abordada neste trabalho.

2. FATORES USUALMENTE CONSIDERADOS NA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE

Dentre os métodos utilizados para a definição da velocidade limite (ver Tabela 1), os métodos “Estudos de Engenharia” e “Sistemas Especialistas” levam em conta fatores que representam as características da via e de seus usuários, além do ambiente viário. Nesta seção os dois métodos são apresentados juntamente com o conjunto dos fatores usualmente considerados na sua aplicação.

2.1. Sistemas especialistas para a definição de velocidade limite

Os sistemas especialistas 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. Nesta revisão são apresentados os sistemas especialistas LIMITS, USLIMITS e o sistema desenvolvido pela LTSA. Os fatores considerados nestes sistemas para a definição de velocidade limite encontram-se na Tabela 2.

2.1.1 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 de fatores relacionados ao ambiente viário e às condições de tráfego que são incorporados a um algoritmo capaz de combinar dados para produzir um limite de velocidade recomendado (AUSTROADS, 2005). Os programas LIMITS não são utilizados por todos os estados da Austrália que tem acesso a eles, uma vez que os usuários consideram o sistema pouco transparente (AUSTROADS, 2005).

2.1.2 Sistema USLIMITS

A partir de uma adaptação do sistema LIMITS, foi desenvolvida uma versão para os Estados Unidos da América, denominada USLIMITS 1. De modo a ajustar o programa e tornar sua lógica mais acessível aos técnicos americanos, foi desenvolvido o USLIMITS 2. Esta versão visou permitir ao usuário identificar com facilidade as variáveis consideradas na definição da velocidade limite, e o impacto de cada variável na tomada de decisão (Srinivasan *et al.*, 2006). Esse sistema 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 (Srinivasan *et al.*, 2006).

2.1.3 Sistema desenvolvido pela LTSA

A *Land Transport Safety Authority of New Zealand* – LTSA determina procedimentos através dos quais as autoridades rodoviárias podem estabelecer limites de velocidade aplicáveis às vias sob sua jurisdição. A definição da velocidade limite pode ser feita por meio de cálculo manual ou através do uso de um sistema computacional desenvolvido pela LTSA. O método de cálculo proposto pela LTSA (2003) é baseado nas características da via e das atividades que ocorrem na área que a via está inserida.

2.2. Estudos de engenharia para a definição de velocidade limite

No Brasil, e em outros países, é facultada ao órgão de trânsito a definição da velocidade limite a ser adotada. Entre as técnicas possíveis para a definição dessa velocidade, a que prevalece é aquela baseada em estudos de engenharia. Nesta seção são apresentados elementos de estudos realizados no Brasil e no exterior, e os fatores utilizados nesses estudos estão incluídos na Tabela 2.

2.2.1 Estudos de engenharia realizados no Brasil

O procedimento para a realização no Brasil de estudo de engenharia voltado à definição da velocidade limite em rodovias e vias urbanas é estabelecido no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume I – Sinalização Vertical de Regulamentação (CONTRAN, 2007). A maioria dos fatores elencados no referido manual para a realização desse estudo se refere a rodovias em operação e, portanto, sua aplicação a rodovias em fase de projeto é bastante limitada. O Manual de Sinalização de Trânsito não apresenta orientação sobre o peso que cada um dos fatores analisados deve ter na definição da velocidade limite, nem define a relação entre a avaliação desses fatores e a velocidade limite a ser estabelecida. Por esta razão, o que prevalece é o resultado da avaliação e experiência do técnico encarregado do estudo, o que pode levar à definição de velocidades distintas para situações semelhantes. Assim, existe a necessidade de se adotar novos procedimentos que resultem em velocidades limites mais padronizadas, e que não causem confusão e estranheza aos usuários.

2.2.2 Estudos de engenharia realizados em outros países

Nos Estados Unidos da América (EUA), alguns estados utilizam as recomendações dispostas no MUTCD (2009) para definir velocidade limite. 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 (Fitzpatrick *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. Os principais estudos realizados para se conhecer os diferentes fatores adotados pelos diferentes órgãos de trânsito do país foram desenvolvidos por: Parker (1985), *apud* NMA (2011) e Skaszek (2004); Fitzpatrick *et al.* (1997); ITE (2001), *apud* Srinivasan *et al.* (2006) e Skaszek (2004). Comparando esses estudos constata-se que a maioria utiliza como ferramenta de coleta de informações a aplicação de questionários a especialistas da área e agências governamentais.

Em Portugal, Correia e Silva (2010) realizaram um trabalho com o objetivo de desenvolver um modelo analítico para a definição de velocidade limite, uma das fases do trabalho compreendeu a seleção de variáveis para a caracterização física da rodovia e de seu ambiente circundante.

2.3. Fatores considerados nos estudos revisados para a definição de velocidade limite

A Tabela 2, a seguir, apresenta a síntese dos fatores obtidos na literatura.

Tabela 2: Fatores considerados nos estudos revisados para a definição de velocidade limite

Fatores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Fatores (cont.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Acostamento (presença e condições)			X			X		X	X		Legislação local		X									
Afastamento das edificações				X		X					Localização urbana ou rural		X	X							X	
Atitude/solicitação do público para alteração de velocidade limite		X	X								Meio-fio e sarjeta (presença) (1)		X	X								
Ciclistas (presença de facilidades)				X							Número e natureza das vias marginais				X		X					
Ciclistas (presença; volume; atividades)				X		X	X	X			Parada de ônibus											X
Classe da via (classe funcional) (1)		X	X	X		X	X	X			Pavimento (largura; tipo; condições)			X		X	X		X			
Composição do tráfego (presença de veículos pesados)					X		X				Pedestres (presença de facilidades)				X		X	X	X	X	X	
Comprimento do trecho da via				X		X					Pedestres (presença; volume; atividades)		X	X	X			X	X	X	X	
Condições para deslocamento lateral dos veículos (retornos, conversões, troca de faixas)								X			Risco nas margens da via (elementos de risco; condições inesperadas)			X			X	X	X	X	X	
Critério de projeto do departamento de transporte (1)		X									Seção transversal da via (elementos) (1)		X									
Custo de construção (1)		X									Tipo de controle de tráfego (presença; quantidade)				X		X	X				
Design do veículo		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	
Distâncias de visibilidade permitida pelo layout da via				X					X		Topografia do local (1)		X						X			
Divisor central (presença; tipo)				X		X	X				Velocidade de projeto		X	X	X		X					
Estacionamento (na via e fora da via; influência no fluxo; avaliação da existência e condições)		X	X	X			X	X	X		Velocidade de ritmo		X	X								X
Faixas de trânsito (número)				X		X	X				Velocidade limite (existente/prevista) (1)			X	X							
Faixas de trânsito (largura)			X	X		X					Velocidade limite em trechos adjacentes		X		X		X					
Geometria da via (horizontal; vertical; alinhamento inadequado)		X	X	X	X	X	X	X	X		Velocidade máxima legal (2)		X			X		X				
Histórico de acidentes		X	X	X	X	X	X	X	X		Velocidade média		X	X								
Iluminação da via				X							Velocidade operacional (V50)										X	
Impactos ambientais		X									Velocidade operacional (V85) (2)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Interseções e acessos (presença; quantidade; com desnível; sem desnível)						X	X	X	X		Velocidade segura para curvas		X								X	
									X		Volume de tráfego		X	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* Skaszek (2004); 2 - Fitzpatrick et al. (1997); 3 - ITE (2001) *apud* Srinivasan et al. (2006); 4 - Nova Zelândia (LTSA, 2003); 5 - Skaszek (2004); 6 - XLIMITS (AUSTROADS, 2005); 7 - USLIMITS (Srinivasan *et al.*, 2006); 8 - CONTRAN (2007); 9 - MUTCD (FHWA, 2009); 10 - Correia e Silva (2010)

A síntese dos fatores considerados nos dez trabalhos revisados mostrou que geometria da via, histórico de acidentes e tipo e densidade do uso do solo são os fatores mais recorrentes na literatura, 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%.

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.

3. 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 mostradas na Figura 1.

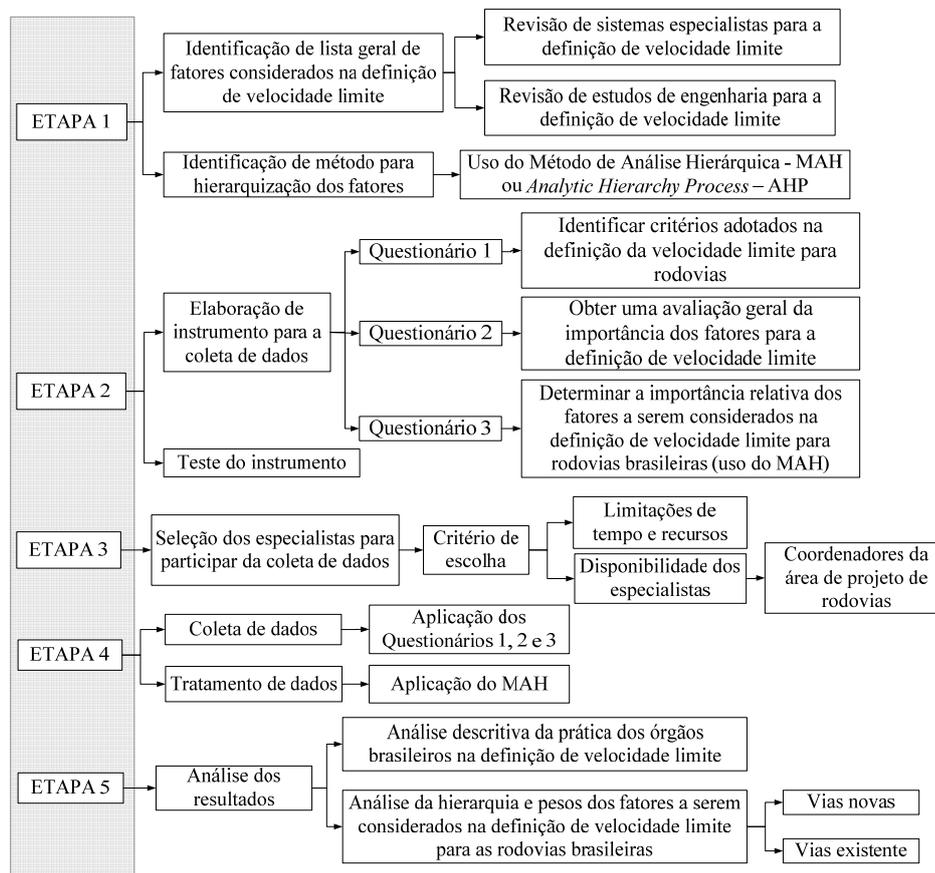


Figura 1: Estrutura geral do procedimento adotado

A identificação de lista geral de fatores considerados na definição de velocidade limite, realizada na Etapa 1, foi obtida a partir dos fatores extraídos da revisão bibliográfica, apresentados na Figura 1, que passaram por uma triagem, a fim de se eliminar fatores repetidos, indicados por poucos autores e fatores incomuns. A listagem final levada à consulta

aos especialistas brasileiros está apresentada na Tabela 3, e consiste em fatores agrupados em 05 categorias, algumas delas subdivididas em subcategorias. Nesta etapa também se decidiu pela aplicação do Método de Análise Hierárquica – MAH.

Tabela 3: Grupo de Fatores considerados no processo de consulta a especialistas

GRUPO DE FATORES	
1 CLASSIFICAÇÃO DA VIA	3.3 Outros elementos
1.1 Classificação geral	3.3.1 presença de facilidades para pedestres
1.2 Classificação funcional	3.3.2 presença de facilidades para ciclistas
1.3 Classificação técnica	3.3.3 estacionamento
2 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA LATERAL DA VIA (área lindeira)	3.3.4 iluminação pública
2.1 Elementos nas margens da via	3.3.5 dispositivos auxiliares
2.2 Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras	3.4 Pavimento
3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA VIA	3.5 Pontes e viadutos
3.1 Geometria	4 VELOCIDADES DE REFERÊNCIA
3.1.1 características do alinhamento horizontal	4.1 Velocidade de projeto
3.1.2 características do alinhamento vertical	4.2 Limite legal máximo de velocidade
3.1.3 características da seção transversal	4.3 Velocidade limite estabelecida para a via
3.2 Interseções, retornos e acessos	5 CARACTERÍSTICAS DO TRÁFEGO
3.2.1 presença de interseções	5.1 Presença e volume de pedestres e ciclistas
3.2.2 controle do tráfego nas interseções	5.2 Volume e composição do tráfego veicular
3.2.3 presença de retornos	5.3 Número de acidentes
3.2.4 presença de acessos	5.4 Velocidades praticadas

O instrumento de coleta, elaborado na Etapa 2, é composto pelos Questionários 1, 2 e 3, conforme referido na Figura 1. O Questionário 1 tem como objetivo identificar a prática dos órgãos nacionais na definição da velocidade limite para rodovias em operação e em fase de projeto; o Questionário 2 permite ao técnico avaliar cada um dos fatores listados na Tabela 2, classificando-o como importante ou não para a definição da velocidade limite, além de lhe permitir acrescentar um novo fator a ser considerado para este fim. A função do Questionário 3 é permitir a aplicação do MAH, e ele foi construído de forma que o especialista consultado compare os fatores listados na Tabela 3 e indique a dominância de um fator em relação ao outro. Os questionários completos estão apresentados no trabalho de Marques (2012).

A escolha dos especialistas, na Etapa 3, levou em conta as limitações de tempo e recursos para a pesquisa. Em função da proximidade de Brasília e oportunidades de contato, a pesquisa foi aplicada nos seguintes estados: Distrito Federal e Goiás (Região Centro-Oeste); Minas Gerais e São Paulo (Região Sudeste); e Santa Catarina (Região Sul).

Nesses estados, decidiu-se pela aplicação dos questionários nos seguintes órgãos: Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF), Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Agência Goiana de Transportes e Obras (AGETOP – GO), Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER-MG), Desenvolvimento Rodoviário S. A. (DERSA), Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER – SP), e Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina (DEINFRA – SC). 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 com notória experiência.

Na fase de coleta, Etapa 4, para facilitar a compreensão dos técnicos e o correto preenchimento dos questionários, principalmente ao se tratar do Questionário 3 que utiliza o MAH, é importante um aplicador junto ao especialista, com a finalidade de guiar o

entrevistado e garantir que as respostas não gerarão inconsistências em níveis incompatíveis com a margem de inconsistência admitida pelo MAH (Saaty,1991). Os Questionários 1 e 2 são de preenchimento simples, e os entrevistados não apresentaram dificuldades ao respondê-los.

Na aplicação realizada, mais de um técnico de alguns órgãos se sentiu motivado para o preenchimento do questionário, o que resultou em vários questionários respondidos para o mesmo órgão. Sendo assim, ao todo foram coletados doze conjuntos de questionários.

A fase de tratamento de dados, Etapa 4, consiste na aplicação do MAH, por meio da inserção dos dados no programa *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. A última etapa do procedimento, Etapa 5, consiste na análise dos resultados.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A primeira análise realizada consiste na descrição da prática dos órgãos para a definição de velocidade limite, e decorre da aplicação dos Questionários 1 e 2. A segunda análise é voltada para a apresentação e avaliação da hierarquia e pesos dos fatores a serem considerados na definição de velocidade limite para rodovias brasileiras, resultado da aplicação do Questionário 3.

4.1. Análise descritiva da prática dos órgãos para a definição da velocidade limite para rodovias

A aplicação do Questionário 1 resultou nos elementos a seguir relacionados:

- os principais documentos de referência utilizados pelos órgãos para a definição de velocidade limite são os manuais do DNIT;
- os principais critérios adotados para a definição de velocidade limite para vias novas são: classificação da via; condições específicas do local e critérios geométricos da via;
- as situações em que o órgão faz revisão da velocidade limite em rodovias existentes são: ocorrência de alto índice de acidentes, melhoramentos geométricos, urbanização da área lindeira; em função de travessia de pedestres, velocidade limite ultrapassada pelos usuários, e volume do tráfego;
- os critérios usados para aumento ou redução da velocidade em uma via já em operação são: composição e estudo do tráfego, níveis de serviços (A, B, C, D), classe da rodovia e estado funcional do pavimento.

Como resultado da aplicação do Questionário 2, a maioria dos especialistas indicou os seguintes elementos como não importantes para a definição de velocidade limite: pavimento (para vias novas e existentes), número de acidentes (para vias novas), iluminação pública e velocidades praticadas (para vias novas). Em contrapartida, os elementos considerados como importantes para a definição de velocidade limite são: 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). Os entrevistados não acrescentaram outros fatores relevantes.

4.2. Análise da hierarquia e peso dos fatores

A seguir são apresentados os principais resultados obtidos pela aplicação do MAH, contendo análises específicas para vias novas, para vias existentes e para a comparação entre os dois tipos de situação.

4.2.1 Análise dos resultados para vias novas

O processamento dos dados coletados com o Questionário 3 produziu a lista dos principais fatores relacionados a vias novas, com os respectivos pesos, que podem ser empregados na elaboração de futuros procedimentos para a definição de velocidades limites de forma mais objetiva. Essa lista está apresentada na Figura 2 que mostra a tela de saída do software *Expert Choice* com a inconsistência gerada pela combinação dos julgamentos dos órgãos estaduais e federais. Neste caso a inconsistência está menor que 0,10 (valor limite de inconsistência considerada aceitável pelo MAH), e ressalta-se que os pesos apresentados no gráfico totalizam 1 quando somados.

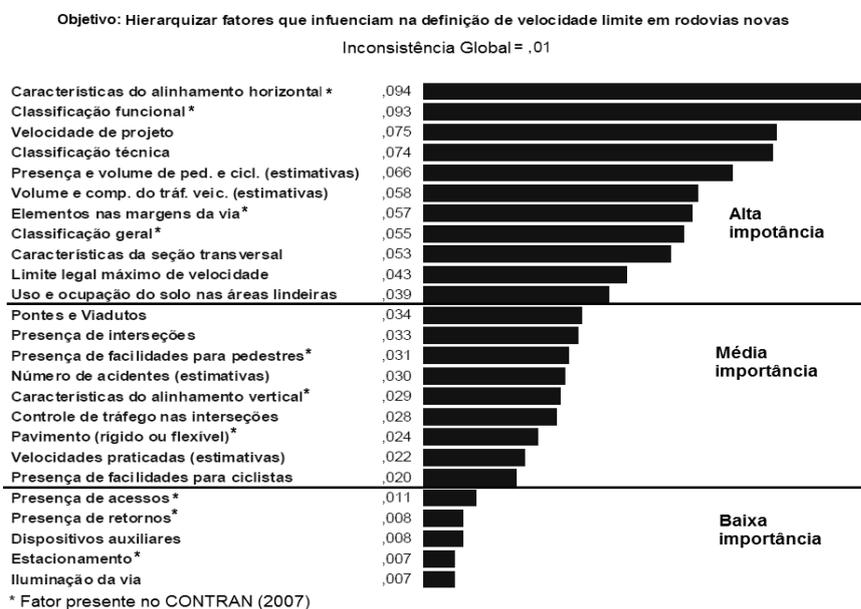


Figura 2: Combinação dos resultados dos órgãos federais e estaduais para vias novas

Ao analisar o gráfico é possível perceber visualmente três grupos distintos de fatores para a definição de velocidade limite. O primeiro grupo, de alta importância na definição de velocidade limite, possui peso igual ou superior a 0,035. O segundo grupo compreende os fatores com importância moderada para a definição de velocidade limite, com pesos inferiores a 0,035 e iguais ou superiores a 0,020. O terceiro grupo compreende os fatores com baixa importância para a definição de velocidade limite e que possuem peso inferior a 0,020.

A Figura 2 também permite comparar os fatores presentes no manual do CONTRAN (2007) com os fatores e pesos relativos indicados pelos especialistas entrevistados. Percebe-se que poucos fatores do manual (marcados com um asterisco) estão presentes no gráfico, e um dos motivos é que o CONTRAN (2007) não diferencia fatores relacionados a vias novas e vias existentes. Assim, foram marcados na figura somente os fatores que independem da categoria da via. Também se observa que somente os fatores características do alinhamento horizontal, classificação funcional, elementos nas margens da via e classificação geral estão presentes no grupo de alta importância para a definição de velocidade limite.

A Figura 3 reproduz os resultados obtidos em forma gráfica, permitindo a análise visual da variabilidade dos resultados gerados pela combinação das respostas dos órgãos federais (OF), combinação das respostas dos órgãos estaduais (OE), e combinação do conjunto órgãos estaduais e federais (OE e OF). Ressalta-se que os fatores da figura estão ordenados pela prioridade resultante do combinado entre órgãos federais e estaduais.

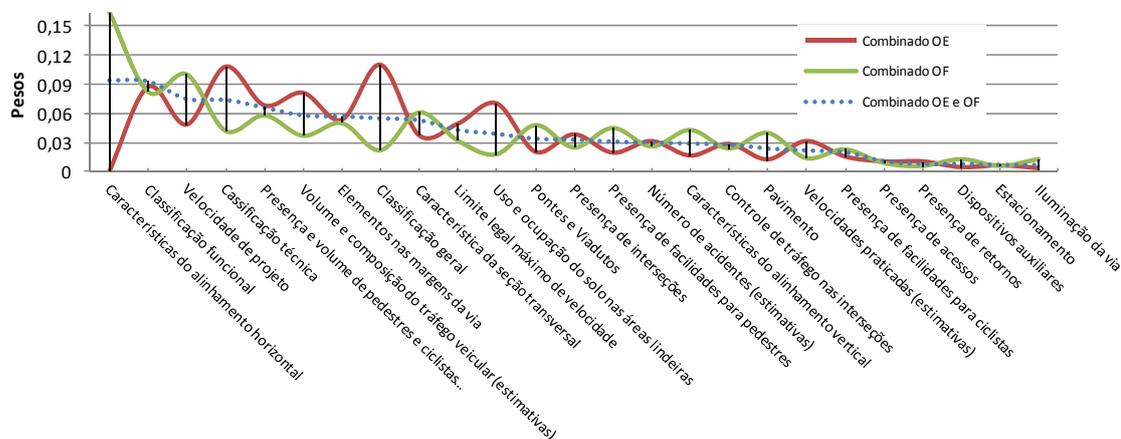


Figura 3: Análise da variabilidade entre os resultados obtidos para vias novas

Pela Figura 3 percebe-se que a variabilidade de julgamentos diminui na medida em que os pesos dos fatores também diminuem. Assim, os órgãos estaduais e federais concordam em relação aos fatores que possuem baixa importância na definição de velocidade limite. No entanto, percebem-se grandes discrepâncias ao analisar os fatores que possuem maior peso no resultado combinado OE e OF. Um dos motivos para tal pode estar na diferença dos perfis dos profissionais entrevistados e na experiência progressiva de cada um.

4.2.2 Análise dos resultados para vias existentes

Para vias existentes foi elaborada uma análise similar à realizada para vias novas. A Figura 4 apresenta a lista de fatores que são considerados importantes para a definição de velocidade limite em rodovias existentes e decorre da junção dos resultados obtidos dos órgãos estaduais (OE) e dos órgãos federais (OF). Esta lista poderá servir de base para a elaboração de normas voltadas para determinação de velocidade limite de forma mais objetiva.

Os fatores no gráfico também foram divididos em três grupos, de acordo com a importância na definição de velocidade limite. O grupo de fatores de alta importância abrange os dez primeiros fatores da Figura 4 com peso acima de 0,030; o de média importância compreende os fatores com peso menor que 0,030 e maior ou igual a 0,018; e o de baixa importância na compreende os seis últimos fatores com peso inferior a 0,018.

Na Figura 4 percebe-se uma gama maior de fatores do manual do CONTRAN (2007) presentes na lista de fatores considerados importantes para a definição de velocidade limite em vias existentes do que na análise realizada para vias novas. Isso ocorre porque o manual considera uma maior quantidade de fatores relacionados a vias existentes do que para vias novas. Os fatores referidos no documento do CONTRAN (2007) situam-se em grande parte entre os fatores considerados de alta importância para a definição de velocidade limite, apesar de também haver fatores situados no grupo de média e baixa importância.

Objetivo: Hierarquizar fatores que influenciam na definição de velocidade limite em rodovias existentes
Inconsistência Global = ,01

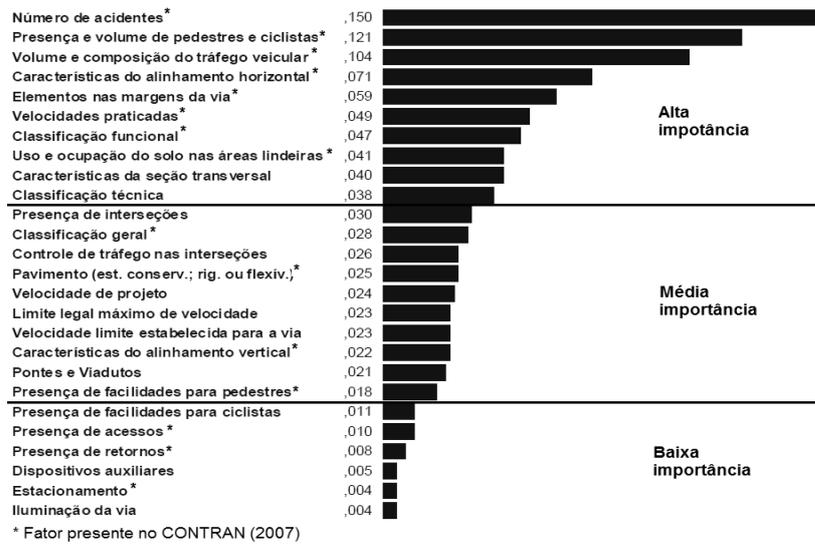


Figura 4: Combinação dos resultados dos órgãos federais e estaduais para vias existentes

A Figura 5 permite observar que, como ocorrido nas rodovias novas, a variabilidade dos pesos dos fatores entre as três situações consideradas diminui na medida em que a magnitude desses pesos decresce. Os fatores com pesos mais díspares são: “Características do alinhamento horizontal”, “Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras”, “Volume e composição do tráfego veicular” e “Classificação geral”.

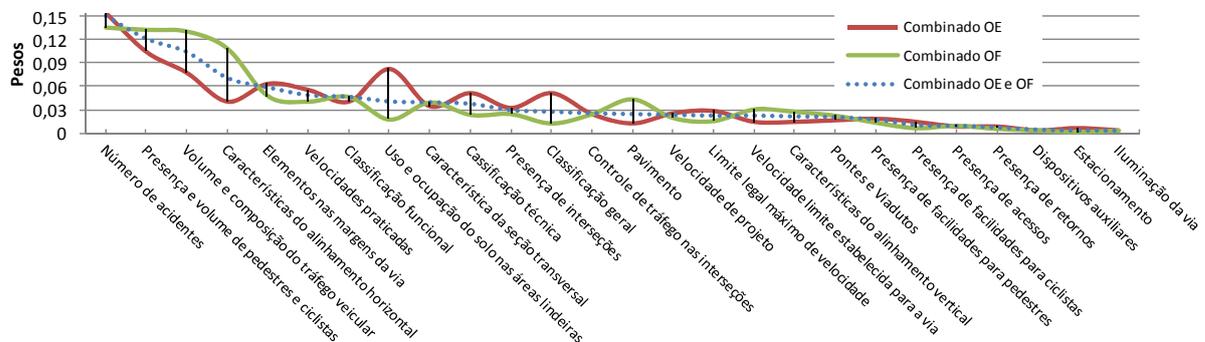


Figura 5: Análise da variabilidade entre os resultados obtidos para vias existentes

4.2.3 Comparação entre os resultados para vias novas e vias existentes

Nesta seção são abordadas as diferenças entre o resultado combinado dos órgãos estaduais e federais para vias novas e o resultado para vias existentes. Essas diferenças podem ser contempladas nos documentos oficiais para uma futura normatização que englobe os fatores e pesos que possam ser considerados na definição de velocidade limite.

A Figura 6 reproduz o resultado final para vias novas e o resultado referente a vias existentes em forma de representação gráfica, permitindo a análise visual dos fatores mais discrepantes. Ressalta-se que a figura possui os fatores organizados pela ordem de importância indicada no resultado combinado entre órgãos estaduais e federais para vias existentes.

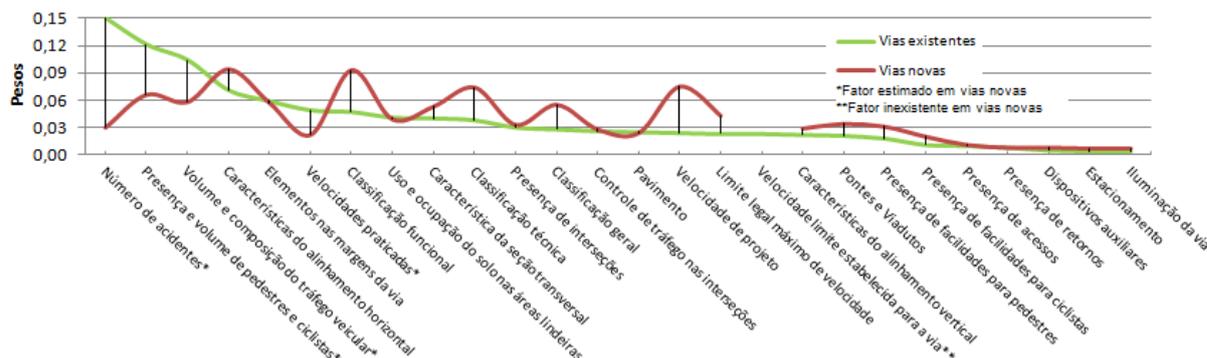


Figura 6: Análise da divergência entre os resultados obtidos para vias novas e existentes

Ao analisar a figura 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”. Nota-se também 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. CONCLUSÕES

Este trabalho se propôs a conhecer a prática nacional adotada na definição da velocidade limite em rodovias e a determinar a importância relativa dos fatores a serem considerados na definição de velocidade limite para rodovias brasileiras. Os resultados indicaram que a aplicação do MAH por meio da inserção dos dados coletados no software *Expert Choice* se mostrou bastante eficiente, tornando 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.

As principais limitações da pesquisa são: (i) o tempo gasto na aplicação dos questionários aos especialistas (a eliminação dos fatores pouco importantes para a definição de velocidade limite pode ser um meio para se diminuir o tempo de coleta); (ii) devido a pequena abrangência do estudo, os fatores (com a respectiva ordem e pesos) não podem ser considerados como efetivamente representativos da realidade nacional, e não devem ser diretamente recomendados em normas brasileiras sobre o assunto. Eles representam a opinião geral dos técnicos que atuam nos órgãos incluídos na pesquisa. A variabilidade observada nas respostas sugere que resultados equivalentes em níveis nacionais precisam contemplar o maior número possível de órgãos rodoviários estaduais.

A partir dos resultados, recomenda-se a continuação desta linha de pesquisa com a realização dos seguintes estudos: (i) aperfeiçoamento dos pesos obtidos pela aplicação do MAH para a elaboração de um sistema especialista voltado para a definição de velocidade limite que reflita a realidade das rodovias brasileiras; (ii) identificação de relações entre os valores que cada fator pode atingir com a velocidade limite mais recomendável, o que permitirá o desenvolvimento de um procedimento para a definição de velocidade limite que reflita boas

práticas nacionais. Este tipo de estudo deve ser conduzido por meio de encontros entre diferentes especialistas, onde seja possível a troca direta de experiências; e (iii) seleção de 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

- 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. *89º Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington, D.C.
- 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.
- LTSA – Land Transport Safety Authority of New Zealand (2003). *Land Transport Rule: Setting of Speed Limits 2003*. Em: < <http://www.nzta.govt.nz/resources/rules/docs/setting-speed-limits-2003.pdf>>. Acessado em: 07/08/2011.
- 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.
- MUTCD (2009) – *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*. 2009 Edition. Washington 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.
- 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. (1991) *Método de Análise Hierárquica*. McGraw Hill, Makron, São Paulo.
- Skszek, S.L. (2004). *Actual Speeds on the Roads Compared to the Posted Limits*. Final Report 551. Sponsored 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.

Érica Cristina Silva Marques (ericacristinasm@gmail.com)

Maria Alice Prudêncio Jacques (mapj@unb.br)

Pós-Graduação em Transportes – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

Faculdade de Tecnologia – Anexo SG-12, 1º andar – Universidade de Brasília.

Campus Universitário Darcy Ribeiro – Asa Norte 70910-900 Brasília – DF Brasil.