

Cláudio André Neves

**PROCEDIMENTO PARA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADES LIMITE NA  
SUPERINTENDÊNCIA DE RONDÔNIA**

Brasília

2017

Cláudio André Neves

**PROCEDIMENTO PARA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADES LIMITE NA  
SUPERINTENDÊNCIA DE RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Operações Rodoviárias, do Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico, da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Especialista em Operações Rodoviárias  
Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Alice Prudêncio Jacques

Brasília

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Neves, Cláudio André  
PROCEDIMENTO PARA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADES  
LIMITE NA SUPERINTENDÊNCIA DE RONDÔNIA / Cláudio  
André Neves ; orientador, Maria Alice Prudêncio  
Jacques, 2017.  
53 p.

Monografia (especialização) - Universidade  
Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Curso  
de Especialização em Operações Rodoviárias,  
Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. velocidade limite em rodovias. 3. 85  
percentil. 4. velocidade operacional. I. Prudêncio  
Jacques, Maria Alice . II. Universidade Federal de  
Santa Catarina. Especialização em Operações  
Rodoviárias. III. Título.

Cláudio André Neves

**PROCEDIMENTO PARA DEFINIÇÃO DE VELOCIDADES LIMITE NA  
SUPERINTENDÊNCIA DE RONDÔNIA**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Especialista em Operações Rodoviárias” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Especialização em Operações Rodoviárias

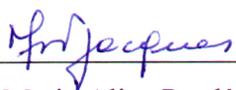
Brasília, 28 de junho de 2017.



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Maria Benciveni Franzoni

Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Alice Prudêncio Jacques

Orientadora

Universidade de Brasília



Prof. M.e Silvio dos Santos

Membro da banca

Este trabalho é dedicado aos meus pais, minha esposa e minha filha que está chegando em breve, também ao DNIT, órgão que me acolhe, estimula e proporciona continuamente o meu desenvolvimento profissional

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a minha Orientadora, pela paciência e generosidade em me emprestar seu tempo e conhecimento.

À equipe da Polícia Rodoviária Federal do estado de Rondônia que sempre estiveram dispostos a discutir e colaborar com o trabalho, nos fornecendo equipamento e agentes para realização da coleta de dados.

A Superintendência Regional do Estado de Rondônia por ter dado todo respaldo logístico necessário para realização da Especialização

A CGPERT por ter criado e nos proporcionado a possibilidade de participar da primeira turma de Especialização em Operações Rodoviárias do DNIT

## RESUMO

Visto alguns problemas de definição de velocidade limite em rodovias na malha rodoviária federal de Rondônia, o objetivo do presente trabalho é identificar e aplicar uma metodologia de simples utilização pelos analistas da Superintendência Regional do DNIT do estado Rondônia. Foram revisadas algumas metodologias de órgãos brasileiros e de outros países e, a partir dessa revisão, buscou-se identificar fatores a serem considerados que realmente sejam relevantes e de fácil aplicação. O estudo revelou que para o objetivo pretendido, deve ser empregado o 85 percentil da velocidade dos veículos em regime de fluxo livre, complementado pela análise de outros aspectos físicos e operacionais da rodovia. Nessa análise, os elementos a serem considerados são: histórico de acidentes, acessos a polos geradores de viagens e outros elementos. A metodologia proposta foi testada na BR-364/RO. Para a realização do estudo de caso foram utilizados dados coletados *in loco* e dados obtidos junto ao DNIT e a PRF. A análise dos resultados do referido estudo mostrou que o procedimento proposto atende às necessidades da Superintendência do DNIT em Rondônia para a revisão da velocidade limite das rodovias sob sua circunscrição.

**Palavras-chave:** velocidade limite em rodovias, 85 percentil, velocidade operacional

## ABSTRACT

Based on the difficulties to establish speed limit on highways, particularly in Rondônia, this study aims at identifying and applying a simple methodology to be used by analysts from Rondônia's Regional Superintendence of the National Department of Traffic Infrastructure (DNIT). Some Brazilian government agencies and other countries' methodologies have been analyzed. From this analysis, relevant and easily applicable factors have been identified. Regarding its objective, this study has revealed the necessity of implementing 85-percentile vehicles speed in free flow approach; along with some operational and physical aspects of the highway. In this analysis, the elements to be considered are: accident history, access to trip generators and other elements. The proposed methodology has been tested on BR-364/RO highway. To this case study, data has been collected in loco and data from DNIT and PRF (Federal Highway Police) have been used. The result analysis of this study has revealed that the proposed procedure meets the needs of DNIT Superintendence in Rondônia concerning roads speed limits review under its circumscription.

**Key-words:** speed limit on highways, 85-percentile, operational speed.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fatores considerados por pelo menos 40% dos estudos revisados .....	24
Figura 2 - Variação em relação a velocidade média (mph) x Taxa de Colisão .....	27
Figura 3 - Taxa Relativa acidentes em relação a velocidade média de viagem .....	28
Figura 4 - Estado de Rondônia com elementos da malha de infraestrutura viária .....	34
Figura 5 - Porto Velho - delimitação do trecho a ser analisado na BR-364 .....	35
Figura 6 - BR-364 km 716 - Pista sentido Crescente .....	36
Figura 7 - BR-364 km 718 - Pista sentido Decrescente .....	38
Figura 8 - BR-364 km 716 - Pista sentido Decrescente .....	38
Figura 9 - BR-364 km 722,5 em frente a Universidade Federal de Rondônia UNIR .....	40
Figura 10 - Total de Acidentes entre 2014 a 2016 .....	41
Figura 11 - Coleta de Dados dia 14/01/2017.....	44
Figura 12 – Gráfico tabulação de Velocidades coleta 14/01/17.....	44
Figura 13 - Coleta de Dados dia 14/01/17 coma PRF - km 722,5.....	45
Figura 14 – Frequência de velocidades Coleta de Dados dia 17/01/2017.....	47
Figura 15 – Gráfico tabulação de Velocidades coleta 14/01/17.....	47
Figura 16 - Coleta de Velocidade 17/01/17 com a PRF - km 717 .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diretrizes Básicas para Regulamentação da Velocidade Máxima Permitida nas vias .....	20
Tabela 2 - Fatores a serem considerados nos estudos de engenharia .....	23
Tabela 3 - Fatores utilizados na definição dos limites de velocidade nos Estados Unidos .....	24
Tabela 4 – Valores da constante “k” para vários níveis de confiança .....	31
Tabela 5 – Desvio padrão de Velocidades Pontuais para diferentes tipos de via.....	31
Tabela 6 – Fator redutor em relação ao nº total de acidentes nos últimos 3 anos com vítimas.....	32
Tabela 7 – Curvas Horizontais do km 716 ao 723 da BR-364/RO .....	37
Tabela 8 - Severidade dos acidentes ocorridos no período 2014 - 2016 .....	41
Tabela 9 – Coleta de dados com radar 14/01/2017 .....	43
Tabela 10 – Coleta de dados 14/01/2017 - frequências de velocidades .....	43
Tabela 11 – Coleta de dados com radar 17/01/2017 .....	46
Tabela 12 – Coleta de dados 17/01/2017 - frequências de velocidades .....	47

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

PRF – Polícia Rodoviária Federal

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	15
1.2	PERGUNTA DA PESQUISA .....	17
1.3	OBJETIVO DO TRABALHO.....	17
1.4	JUSTIFICATIVA .....	17
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	18
<b>2</b>	<b>DETERMINAÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE.....</b>	<b>19</b>
2.1	LIMITES DE VELOCIDADE DEFINIDOS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA .....	19
2.2	VELOCIDADE DIRETRIZ E VELOCIDADE OPERACIONAL .....	21
2.3	ESTUDOS DE ENGENHARIA.....	22
2.4	A IMPORTÂNCIA DO V85 PARA DEFINIÇÃO DA VELOCIDADE LIMITE.....	25
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTO PROPOSTO.....</b>	<b>29</b>
3.1	VERIFICAÇÃO DO VALOR MÁXIMO DA VELOCIDADE LIMITE QUE PODERÁ SER DEFINIDA PARA O TRECHO .....	29
3.2	MEDIÇÃO EM CAMPO DA V85 .....	30
<b>3.2.1</b>	<b>Determinações do tamanho da amostra .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Cálculo da V85 .....</b>	<b>32</b>
3.3	FATORES DE AJUSTE A SEREM APLICADOS SOBRE A V85 .....	32
<b>3.3.1</b>	<b>Histórico de acidentes.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Presença de acessos diretos a polos geradores de viagens.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Outras condições que podem afetar a segurança viária.....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>34</b>
4.1	DADOS OBTIDOS PARA O TRECHO A SER ESTUDADO .....	34
<b>4.1.1</b>	<b>Classificação da via de acordo com o Artigo 60 do CTB .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Avaliação da geometria e da circulação do tráfego no trecho estudado.....</b>	<b>36</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Acidentes ocorridos no trecho estudado .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Determinação da V85 .....</b>	<b>41</b>

4.1.4.1	Parâmetros utilizados para a determinação do tamanho da amostra .....	41
4.1.4.2	Tratamento e tabulação dos dados.....	42
4.2	DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE LIMITE SEGUINDO O PROCEDIMENTO PROPOSTO.....	48
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>50</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A gestão da velocidade através de limites de velocidade adequados é elemento essencial da segurança rodoviária, sendo um pré-requisito para uma gestão eficaz e sustentável da velocidade. Os limites de velocidade devem refletir a velocidade máxima praticável para condições normais e devem ser aceitos como razoáveis pela maioria dos condutores. Em essência, os limites de velocidade separam o comportamento de alto risco do comportamento seguro, exibido pelos condutores. Quando forem necessários limites de velocidade mais baixos, deve-se implementar medidas de engenharia e outras que favoreçam a redução das velocidades praticadas pelos condutores dos veículos.

Limites de velocidade racionais podem ser estabelecidos com base em diferentes métodos. Dentre os métodos disponíveis, o estudo de engenharia é o mais amplamente utilizado, sendo inclusive o recomendado pela Resolução N. 180/2005 do CONTRAN, que aprovou o Volume I – Sinalização Vertical de Regulamentação, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (CONTRAN, 2007).

Conforme Donnel et al. (2009), uma vez que os limites de velocidade forem ajustados apropriadamente e a Polícia adotar uma fiscalização com baixa tolerância para altas velocidades, combinado com informação e educação públicas, espera-se impactar significativamente na segurança viária.

Frequentemente as velocidades regulamentadas são questionadas pelos usuários nas rodovias federais do estado de Rondônia. Tendo em vista que as velocidades limites têm origem em projetos geométricos e intervenções de engenharia, que muitas vezes são sujeitas à subjetividade dos agentes envolvidos, surge a necessidade de se dispor de um procedimento que, ao mesmo tempo em que padronize os critérios de definição de velocidades, seja acessível e de fácil aplicação pelos analistas e técnicos de infraestrutura envolvidos no processo de definição de velocidades nas rodovias.

As rodovias federais de Rondônia, predominantemente, foram implantadas no início dos anos 80, e nota-se que em diversos trechos as velocidades regulamentadas mostraram-se incompatíveis com as condições de trânsito atuais. Nesses trechos, as velocidades praticadas pelos usuários são claramente superiores aos limites estabelecidos pela sinalização, e isso certamente ocorre pelo fato da rodovia possuir boas condições de geometria e elevados níveis

de serviço, além da capacidade dos veículos em atingir altas velocidades com maior segurança que algumas décadas atrás. Tal fenômeno acaba fomentando questionamentos e reclamações por parte dos condutores, tendendo a influenciar negativamente na credibilidade do sistema de sinalização da rodovia e, por conseguinte, produzindo comportamento infrator por parte dos motoristas na condução de seus veículos.

A velocidade máxima nas rodovias federais em Rondônia é de 80km/h, com a malha rodoviária formada predominantemente por rodovias rurais de pista simples, com alguns trechos urbanos e semiurbanos duplicados, nos quais a velocidade é limitada a 60 km/h.

A Polícia Rodoviária Federal (PRF), dentro das suas atribuições, tem-se manifestado favorável à revisão das velocidades regulamentadas pelo DNIT, algumas vezes até solicitando adequações para que ocorra uma operação de trânsito com maior naturalidade e viabilize a fiscalização dentro da razoabilidade. A Superintendência do DNIT do estado de Rondônia, portanto, encontra-se diante da necessidade de realização de estudos para adequação das velocidades operacionais em seus trechos rodoviários, de modo que sejam estabelecidos parâmetros mais realísticos ao trânsito, e que proporcione à fiscalização da velocidade uma maior ponderação e efetividade. Melhor dizendo, o órgão precisa atuar no sentido de viabilizar o diagnóstico e propor soluções para o resgate da credibilidade de todo o sistema de sinalização de velocidade nas rodovias de estado de Rondônia, cumprindo assim o seu objetivo, que é orientar e promover um trânsito com fluidez e segurança.

Neste contexto, pretende-se, inicialmente, verificar algumas das abordagens ligadas ao método do estudo de engenharia para a definição da velocidade limite. Conforme Marques (2012), estudos de engenharia realizados em diferentes países utilizam para a definição da velocidade limite diversos fatores, não havendo uma unanimidade sobre quais fatores devem ser efetivamente considerados. Normalmente, cada órgão adota um conjunto de fatores recomendados próprio, que difere entre órgãos de diferentes países e até mesmo dentro de um mesmo país.

Na sequência, a partir da avaliação das abordagens revisadas, será proposto um procedimento simples que possa ser aplicado com facilidade para a definição/revisão da velocidade limite das rodovias federais do estado de Rondônia. Esse procedimento, então, será testado por meio de um estudo de caso. Para esse estudo, foi selecionado um trecho da BR-364/RO situado entre os km 716 e 723, caracterizado como rural, possuindo pista dupla com divisão física entre as pistas de fluxos opostos. Atualmente sua velocidade é regulamentada em 60km/h, e percebe-se que a velocidade praticada pelos usuários é superior ao preconizado. Em

coleta preliminar de dados junto à PRF realizada em janeiro de 2017, foi verificado que somente 14% dos veículos trafegavam em velocidade abaixo do limite estabelecido pela sinalização.

Assim, ao realizar o estudo da velocidade no trecho selecionado, levando-se em conta o procedimento proposto, pretende-se promover a readequação da velocidade limite da via, ajustando sua velocidade para uma velocidade coerente com a velocidade de operação. Posteriormente, se o referido procedimento atingir plenamente seus objetivos, pretende-se repassar a metodologia de análise para as unidades locais no estado de Rondônia para readequação de outros trechos que se encontram na mesma situação.

## 1.2 PERGUNTA DA PESQUISA

Como definir a velocidade limite para trechos homogêneos das rodovias federais do estado de Rondônia, de maneira que promova a segurança viária e que seja respeitada pela maioria dos usuários?

## 1.3 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo do trabalho é definir e testar um procedimento simples e de fácil utilização que permita a revisão e, quando necessário, a adequação da velocidade regulamentada nos diversos trechos de rodovias federais dentro da superintendência do DNIT do estado de Rondônia.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Apesar do Volume I – Sinalização Vertical de Regulamentação, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito do CONTRAN (CONTRAN, 2007) apresentar que a definição da velocidade limite das vias deve ser feita a partir de um estudo de engenharia, e listar um conjunto de elementos que devem ser incluídos nesse estudo, não são estabelecidos no Manual critérios objetivos que relacionem esses elementos a valores recomendados de velocidade limite. Além do previsto no Manual do CONTRAN, no Brasil não há um método consagrado para definição do limite de velocidade de circulação viária, que permita a cada órgão de trânsito com circunscrição sobre a via definir os limites de velocidades com base em critérios claros previamente estabelecidos, e válidos para todo o território nacional. Também

não há nenhum órgão para verificar se o limite de velocidade de circulação estabelecido pelos gestores rodoviários para cada trecho das rodovias brasileiras é seguro para seus usuários, ou não.

Ou seja, é de grande relevância para a solução do problema atualmente enfrentado pela Superintendência do DNIT em Rondônia com relação à revisão da velocidade limite nas vias sob sua jurisdição, o estudo de outras abordagens e caminhos de adaptação para que seja obtido um procedimento de aplicação factível na malha rodoviária federal em Rondônia.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta a formulação do problema existente em alguns segmentos rodoviários, que estão regulamentados com velocidades incompatíveis com a velocidade adotada pela maioria dos usuários, trazendo alguns dificuldades, dentre as quais a falta de credibilidade do sistema de sinalização da rodovia e a inviabilização da fiscalização pela PRF. O capítulo mostra, portanto, a necessidade de determinação de uma metodologia para a revisão das velocidades com base em alguns critérios e que esteja ao alcance para a aplicação em qualquer Unidade Local do DNIT. Ele inclui, também, a definição do problema, objetivo e justificativa do trabalho.

No Capítulo 2 é abordada a metodologia existente no Brasil e alguns fatores considerados na definição de velocidade limite nos estudos de engenharia realizados em diferentes países.

No Capítulo 3 foram definidos alguns elementos a serem utilizados dentro da metodologia proposta, e no Capítulo 4 é realizada a aplicação do procedimento em um caso prático na Superintendencia de Rondônia. Essa aplicação consistiu na definição da velocidade adequada em um trecho rodoviario na BR-364/RO.

Finalmente, no Capítulo 5, são apresentadas as conclusões do trabalho e sugestões para trabalhos futuros relacionados ao tema.

## 2 DETERMINAÇÃO DE VELOCIDADE LIMITE

No Brasil, e no mundo, é atribuída aos órgãos de trânsito a definição da velocidade limite a ser adotada nas rodovias e vias urbanas. O artigo 61 do Código de Trânsito Brasileiro - CTB (BRASIL, 1997) estabelece velocidades máximas permitidas para vias rurais e urbanas no caso de não haver sinalização regulamentadora, e atribui ao órgão ou entidade de trânsito a função de regulamentar, por meio de sinalização, as velocidades limites. Entre as técnicas possíveis para a definição de velocidade limite, a predominante é aquela baseada em estudos de engenharia. Em algumas situações, entretanto, não é possível a realização desses estudos e é comum a adoção da velocidade diretriz (adotada na elaboração do projeto geométrico da via) como a velocidade de referência para a definição da velocidade regulamentada.

Nesse contexto, esse capítulo de revisão da literatura aborda aspectos gerais sobre os estudos de engenharia e apresenta outros elementos relevantes para o estudo da velocidade limite.

### 2.1 LIMITES DE VELOCIDADE DEFINIDOS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

No Brasil, os limites de velocidade são estabelecidos pelo Art. 61 do Código de Trânsito Brasileiro. De acordo com esse artigo:

*“Art. 61. A velocidade máxima permitida para a via será indicada por meio de sinalização, obedecidas suas características técnicas e as condições de trânsito.*

*§ 1º Onde não existir sinalização regulamentadora, a velocidade máxima será de:*

*I - nas vias urbanas:*

*a) 80 (oitenta) quilômetros por hora, nas vias de trânsito rápido;*

*b) 60 (sessenta) quilômetros por hora, nas vias arteriais;*

*c) 40 (quarenta) quilômetros por hora, nas vias coletoras;*

*d) 30 (trinta) quilômetros por hora, nas vias locais;*

*II - nas vias rurais:*

*a) nas rodovias:*

*1) 110 (cento e dez) quilômetros por hora para automóveis, camionetas e motocicletas; (Redação dada pela Lei nº 10.830, de 2003)*

*2) 90 (noventa) quilômetros por hora, para ônibus e micro-ônibus;*

- 3) 80 (oitenta) quilômetros por hora, para os demais veículos;  
 b) nas estradas, 60 (sessenta) quilômetros por hora.

§ 2º O órgão ou entidade de trânsito ou rodoviário com circunscrição sobre a via poderá regulamentar, por meio de sinalização, velocidades superiores ou inferiores àquelas estabelecidas no parágrafo anterior. ”

De acordo com a Resolução nº 180, de 26 de agosto de 2005, que aprova o Volume I - Sinalização Vertical de Regulamentação, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, elaborado pelo Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN (CONTRAN, 2007), as diretrizes básicas para regulamentação da velocidade máxima permitida em vias rurais devem obedecer ao disposto na Tabela 1.

Tabela 1 - Diretrizes Básicas para Regulamentação da Velocidade Máxima Permitida nas vias

Classificação Viária Art. 60 CTB	Indicadores físicos	Nº de faixas de trânsito por sentido	Velocidade máxima permitida (km/h)	
			Autos Motos Camionetes	Caminhões Ônibus Demais Veículos
Rodovia	Pista dupla em área rural	2 ou mais	90 a 120	80 ou 90
	Pista dupla em área urbana	2 ou mais	ver nota 1	ver nota 1
	Pista simples com sentido de circulação único em área rural	2 ou mais	100 a 120	80 ou 90
	Pista simples com sentido de circulação único em área urbana	2 ou mais	ver nota 1	ver nota 1
	Pista simples com sentido de circulação duplo em área rural	1 ou mais	80 a 110	70 ou 80
	Pista simples com sentido de circulação duplo em área urbana	1 ou mais	ver nota 1	ver nota 1
Estrada	Pista simples em área rural	1 ou mais	50 a 70	40 a 70
	Pista simples em área urbana	1 ou mais	ver nota 1	ver nota 1

Fonte: CONTRAN (2007)

Além disso, o referido manual estabelece, também, que para a determinação da velocidade máxima a ser regulamentada para via ou trechos de via, o estudo de engenharia deve:

- 1) Identificar a via como urbana ou rural e a classificação viária definida no artigo 60 do CTB;
- 2) Avaliar a existência e as condições de deslocamento lateral, do tipo transposição de faixas, movimentos, conversão e retorno;
- 3) Avaliar a existência e as condições de estacionamento, parada e acesso;
- 4) Verificar a velocidade abaixo da qual trafegam 85% dos veículos (85 percentis);
- 5) Avaliar as características e condições do pavimento;
- 6) Avaliar a existência e condições dos acostamentos;
- 7) Avaliar as condições de alinhamento vertical e horizontal;
- 8) Avaliar as condições de segurança em curvas;
- 9) Identificar os locais com situação potencial de perigo, tais como: inadequação geométrica, obras na pista, atrito lateral, passagem de nível, travessia de pedestres, área escolar;
- 10) Levantar e analisar as estatísticas de ocorrência de acidentes;
- 11) Avaliar as condições do trânsito de pedestres e ciclistas ao longo da via;
- 12) Avaliar a composição do tráfego considerando a incidência de veículos de grande porte.

Observa-se que o manual estabelece alguns requisitos, no entanto não estabelece procedimentos operacionais com critérios objetivos, por exemplo não especificando a situação de tráfego para a qual deve ser determinada a V85.

## 2.2 VELOCIDADE DIRETRIZ E VELOCIDADE OPERACIONAL

Conforme DNER (1999), a **velocidade diretriz**, ou de projeto, é a maior velocidade com que um trecho viário pode ser percorrido com segurança, quando o veículo estiver submetido apenas às limitações impostas pelas características geométricas do trecho.

Já a **velocidade de operação**, segundo DNER (1997), é a maior velocidade média possível numa estrada, para um dado veículo e sob determinadas condições. De forma concordante, segundo DNIT (2006), a velocidade de operação é a mais alta velocidade com que o veículo pode percorrer uma dada via atendendo às limitações impostas pelo tráfego, sob condições favoráveis de tempo, sem poder exceder a velocidade de projeto.

Em Nota Técnica, o DER-SP (2006) apresenta uma análise quanto à forma de obtenção ou de fixação do valor a ser utilizado para a velocidade de operação e define que, quando da

análise de um trecho viário já existente, a velocidade de operação pode ser aferida através de medições realizadas no local por equipamentos adequados.

Nos estudos de engenharia para a definição da velocidade limite, é usado o conceito de **velocidade operacional**, que corresponde ao 85 percentil da velocidade do fluxo de tráfego determinada para um trecho viário quando este está sob condições de fluxo livre, usualmente referida como a V85.

### 2.3 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 Marques (2012), o estudo de engenharia é o método mais comum para determinação de velocidade limite. Através da coleta de dados e análises das condições do tráfego, da via e do ambiente viário é feita a determinação de um limite de velocidade apropriado. Os fatores a serem considerados nos estudos de engenharia variam em função do país e/ou órgão que os realizam, revelando diferenças nas abordagens do método. Na Tabela 2 são apresentados os critérios adotados em estudos de engenharia realizados em diferentes órgãos.

Marques (2012) compilou os principais fatores considerados em alguns países, incluindo o Brasil, os quais estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Fatores a serem considerados nos estudos de engenharia

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	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	
Histórico de acidentes	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		X					X			
Velocidade de projeto	X	X	X		X					
Velocidade de ritmo	X		X						X	
Velocidade limite (existente/prevista)		X		X						
Velocidade limite em trechos adjacentes	X			X		X				
Velocidade máxima legal		X			X		X			
Velocidade média	X		X							
Velocidade operacional (V50)							X			
Velocidade operacional (V85)	X	X	X		X	X	X	X	X	
Velocidade segura para curvas		X						X		
Volume de tráfego		X	X	X	X	X	X			

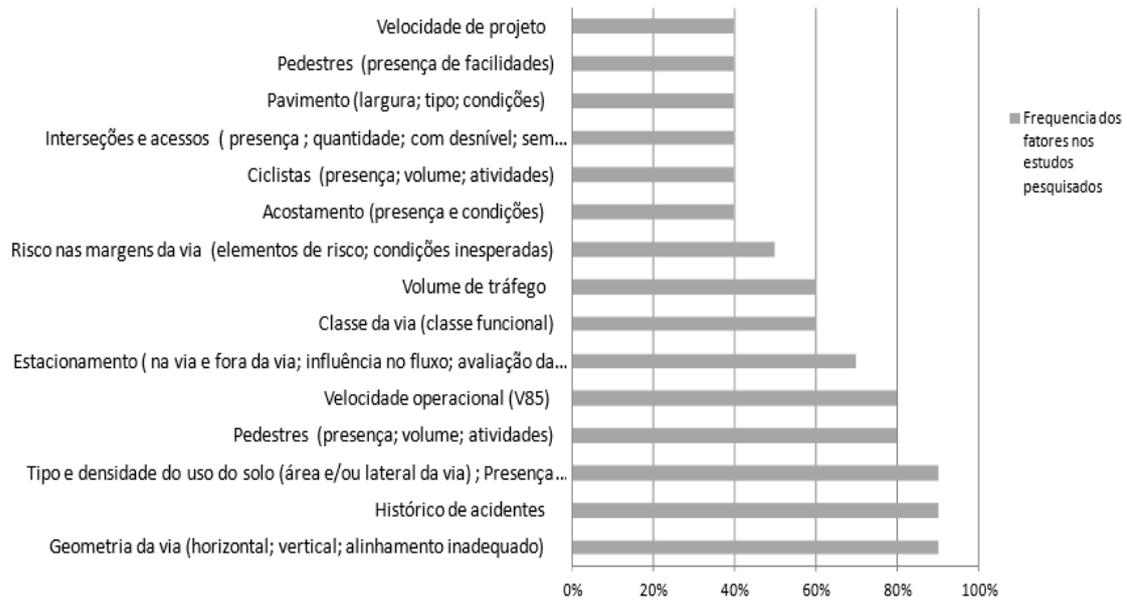
(1) Para Fitzpatrick et al. (1997) estes fatores são utilizados para a determinação de velocidade em via novas (2) Para Fitzpatrick et al. (1997) estes fatores são utilizados para a determinação de velocidade em vias novas e vias já existentes

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)

Fonte: Marques (2012)

A partir destas análises, Marques identificou alguns fatores que são considerados em, pelo menos, 40 % dos estudos. Esses fatores, juntamente com o seu grau de utilização no conjunto de trabalhos revisados, são mostrados na Figura 1 (MARQUES 2012)

Figura 1 - Fatores considerados por pelo menos 40% dos estudos revisados



Fonte: Marques (2012)

Dentre os trabalhos que tratam dos fatores a serem considerados na definição da velocidade limite, destaca-se o realizado por Parker (1985), que sintetizou os principais fatores utilizados nos Estados Unidos (ver Tabela 3).

Tabela 3 - Fatores utilizados na definição dos limites de velocidade nos Estados Unidos

Fator	Porcentagem de Uso Utilizado	
	Estados	Locais Agências e cidades
Velocidade 85percentil	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	40	34
Volume de pedestre	40	50

Fonte: Parker (1985)

Como pode ser verificado na Figura 1, a V85 foi adotada como critério para definição da velocidade limite em 80% dos estudos revisados, do mesmo modo que a presença de

pedestres. O tipo e a densidade do uso do solo, na verdade se a via se insere em área urbana ou rural, juntamente com o histórico de acidentes e a geometria viária foram os fatores empregados em 90% dos trabalhos considerados por Marques (2012). No caso da síntese feita por Parker (1985), os principais fatores considerados foram a V85, o uso do solo na lateral da via e o histórico de acidentes.

Na sua pesquisa, a partir de consultas a técnicos que atuam em órgãos gestores estaduais e federais, Marques (2012) obteve como os 10 (dez) principais fatores para a determinação da velocidade limite em rodovias já em operação, os que seguem (em ordem da importância atribuída pelos técnicos brasileiros):

- 1º Número de acidentes;
- 2º Presença e volume de pedestres e ciclistas;
- 3º Volume e composição do tráfego veicular;
- 4º Características do alinhamento horizontal;
- 5º Elementos nas margens da via;
- 6º Velocidades praticadas (que podem ser traduzidas pela V85);
- 7º Classificação funcional da via;
- 8º Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras;
- 9º Características da seção transversal;
- 10º Classificação técnica.

#### 2.4 A IMPORTÂNCIA DO V85 PARA DEFINIÇÃO DA VELOCIDADE LIMITE

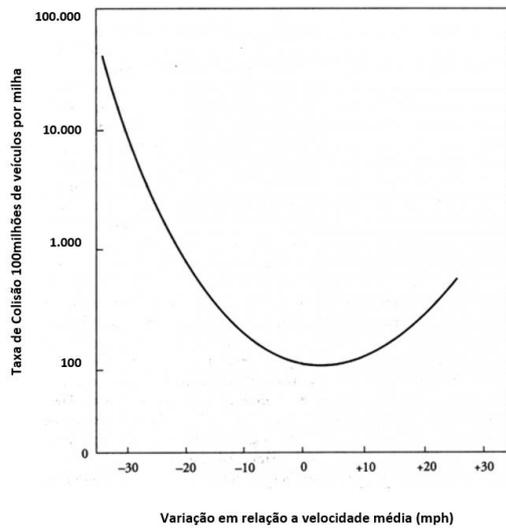
A V85 corresponde a velocidade abaixo da qual 85% dos veículos trafegam em uma via (85percentil) sob as condições prevalentes do tráfego. *“Quando a V85 é obtida em condições de fluxo livre, ela é considerada como a velocidade máxima que reflete a percepção dos motoristas em relação às condições de geometria da via (alinhamento horizontal e vertical) e do seu acostamento (existência e condições), bem como das áreas lindeiras. 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”* (Marques, 2012). Essa primazia da V85 não foi confirmada pelo levantamento feito junto aos técnicos brasileiros. Segundo os

mesmos, esse fator é importante para a definição da velocidade limite, mas ocupa o sexto lugar em relevância.

A importância da V85 como referência de velocidade segura foi verificada em um estudo abrangente intitulado "Acidentes nas principais rodovias rurais relacionadas à velocidade, motorista e veículo", que foi conduzido por David Solomon nos anos 50 e início dos anos 60 e lançado em 1964. Diversos estudos posteriores chegaram a conclusões muito semelhantes, por isso é bem documentado que a fixação dos limites de velocidade próximos do valor do percentil 85 das velocidades de viagem reais em condições de fluxo livre resultam em menos acidentes e, sobretudo, em acidentes de menor gravidade.

Em 1963, David Solomon relatou pela primeira vez o efeito de velocidades de operação em acidentes. Em sua pesquisa clássica, Solomon relatou que o desvio da velocidade média de tráfego em ambas as direções, negativa e positiva, contribuiu significativamente para a ocorrência de acidentes. De fato, Solomon mostrou que os veículos que viajavam 16-24 quilômetros por hora mais lentos do que as velocidades médias do tráfego tinham maior probabilidade de se envolver em acidentes do que os veículos que viajavam ligeiramente acima da velocidade média. Solomon apresentou seus resultados na "Curva de Solomon" apresentada na Figura 2, que relaciona a variação da velocidade com relação à velocidade média (eixo X) com o envolvimento em acidentes, dado pela taxa de colisão (eixo Y).

Figura 2 - Variação em relação a velocidade média (mph) x Taxa de Colisão 100milhões de veículos por milha



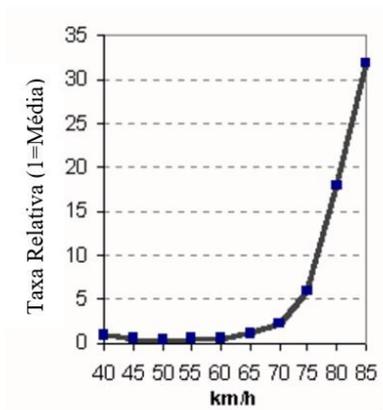
Fonte: Solomon (1964) *apud* Stuster et al. (1998)

O risco, portanto, não é o cometimento de infração dos limites, e sim as diferenças de velocidade resultantes desse comportamento observado. Isso significa dizer, por exemplo, que numa multidão de pessoas caminhando na mesma velocidade, no momento que uma delas para, ou reduz repentinamente sua velocidade, a tendência é de que ocorra um congestionamento ou até mesmo o atropelamento da pessoa que parou. O mesmo conceito se aplica quando as pessoas são substituídas por veículos.

Embora a velocidade 85º percentil (V85) seja tipicamente usada como ponto de partida para estabelecer um limite racional para a velocidade regulamentada, é importante destacar que essa velocidade pode variar ao longo do tempo, como reflexo de alterações ocorridas no sistema viário. Por isso, a V85 deve ser monitorada sistematicamente para que os limites de velocidade sejam ajustados quando houver necessidade.

Conforme mostrado na Figura 3, o risco de se envolver em um acidente foi menor para os veículos que viajavam perto da velocidade média, aumentando exponencialmente a velocidades mais altas.

Figura 3 - Taxa Relativa acidentes em relação a velocidade média de viagem



Fonte: Kloeden, 1997 *apud* Stuster et al., 1998

Fonte: Kloeden (1997) *apud* Stuster et al. (1998)

De acordo com a Curva de Solomon, o risco de colisão é menor perto da velocidade média de tráfego e aumenta para veículos que viajam muito mais rápido ou mais lento que a média. O aumento do risco de os motoristas viajarem mais devagar do que a média, confirma a importância de programas de segurança envolvendo *tapers* e faixas de aceleração e desaceleração, controle de acesso, entre outras medidas para reduzir conflitos resultantes de grandes diferenças de velocidades.

### **3 PROCEDIMENTO PROPOSTO**

Nota-se que no Brasil não há um método claro para definição do limite de velocidade de circulação viária. Cada órgão de trânsito define os limites de velocidades sem critério prévio, baseados em critérios pouco objetivos e mensuráveis.

Observando diversas metodologias utilizadas em outros órgãos, verifica-se que pode ser considerada como boa prática a definição da velocidade limite tendo como ponto inicial a velocidade operacional identificada para o trecho viário em questão. Como referido anteriormente, a velocidade operacional é a velocidade abaixo da qual circulam 85% dos veículos em condições de fluxo livre, considerada segura pelos condutores, na ausência de obstáculos e conflitos que imponham uma redução pontual. Isto posto, percebe-se que se a velocidade estabelecida para uma via for menor que a velocidade operacional, poderá ocorrer excesso de infrações, perda da credibilidade da sinalização e até mesmo o aumento de acidentes.

É necessário reconhecer, entretanto, a existência de locais em que a velocidade deve ser realmente limitada abaixo da velocidade operacional em função das características de tráfego do local e de entorno, ou das características físicas da via. Além disso, a velocidade limite não pode exceder os valores máximos definidos pelo Manual de Sinalização Vertical de Regulamentação do CONTRAN (CONTRAN, 2007).

Levando em conta esses aspectos, o procedimento proposto será baseado no valor obtido em campo para a V85, devidamente ajustado a partir dos critérios apresentados no item 3.3 a seguir (V85 ajustada). O valor da V85 ajustada será então comparado ao valor máximo admitido pelo CONTRAN, conforme verificação prevista no item 3.1 a seguir, e o valor da velocidade limite a ser adotado para o trecho corresponderá ao menor desses valores.

#### **3.1 VERIFICAÇÃO DO VALOR MÁXIMO DA VELOCIDADE LIMITE QUE PODERÁ SER DEFINIDA PARA O TRECHO**

Verificar a classificação do trecho estudado da rodovia, de acordo com os indicadores físicos constantes da tabela do Manual de Sinalização Vertical de Regulamentação do CONTRAN, que estabelece as diretrizes básicas para a regulamentação da velocidade máxima permitida em vias rurais. A partir dessa classificação verificar qual o valor máximo da velocidade limite que pode ser definida para o trecho para os dois conjuntos de veículos

constantes do Manual, que são: autos, motos e camionetes; e caminhões, ônibus e demais veículos.

É importante destacar que, de acordo com o referido Manual do CONTRAN, trechos de vias rurais inseridos em áreas urbanas terão a velocidade máxima regulamentada como sendo uma via urbana (ver Tabela 1 do item 5.2 do referido manual). Para efeito do presente procedimento, o mesmo critério será utilizado no caso do trecho estar inserido em área com ocupação lindeira com característica de área urbana, mesmo não pertencendo ao perímetro urbano dos municípios.

Ou seja, a verificação prevista nesse item consiste em: analisar se o trecho é pavimentado (rodovia) ou não (estrada); possui pista simples ou dupla; qual o número de faixas de trânsito por sentido; e se está inserido em área urbanizada (pertencente ao perímetro urbano do município ou inserida em área com características de ocupação urbana).

### 3.2 MEDIÇÃO EM CAMPO DA V85

Essa medição deve ser feita com base na coleta dos dados da velocidade de uma amostra de veículos circulando em condições de fluxo livre. Para obter os dados da velocidade de cada veículo podem ser empregados diferentes tipos de equipamentos. Um aspecto importante a ser levado em conta é que, para que a velocidade medida reflita a considerada pelo condutor como a mais adequada para as condições da via e do tráfego, ele não deve perceber que a velocidade do seu veículo está sendo registrada.

#### 3.2.1 Determinações do tamanho da amostra

De acordo com o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), a determinação da amostra mínima a ser levantada depende da precisão desejada na estimativa da média e da variância dos dados. É necessário, portanto, conhecer de antemão esta variância, o que nem sempre é possível. Para tanto, ou é feita uma pesquisa preliminar para obter a variância ou é assumido um valor obtido através de estudos semelhantes. Para obter a média aritmética das velocidades pontuais o número de observações deve atender às condições:

$$n \geq \left( \frac{kS}{E} \right)^2, n \geq 30 \quad (1)$$

Onde:

$n$  = número de observações ou tamanho da amostra

$k$  = constante correspondente ao nível de confiança (precisão) desejado

$S$  = desvio padrão da população de velocidades (km/h)

$E$  = erro máximo aceitável na estimativa da velocidade (km/h)

A Tabela 4, baseada nas propriedades da Distribuição Normal, apresenta os valores de  $k$  para os níveis de confiança mais comumente usados. Para velocidades costuma-se usar os níveis de 95% e 95,5%. Em casos muito especiais, em que se deseja maior grau de confiança nos resultados, emprega-se níveis de 99% e 99,7%.

Tabela 4 – Valores da constante “ $k$ ” para vários níveis de confiança

Nível de Confiança (%)	Valor de $k$
68,3	1,00
86,6	1,50
90,0	1,64
95,0	1,96
95,5	2,00
98,8	2,50
99,0	2,58
99,7	3,00

Fonte: DNIT (2006)

A Tabela 5 fornece os desvios padrões típicos de velocidades para diferentes tipos de rodovias de duas ou quatro faixas de tráfego, a serem usados quando não se dispõe de valor confiável.

Tabela 5 – Desvio padrão de Velocidades Pontuais para diferentes tipos de via

Tipo de Rodovia	Número de Faixas	Desvio Típico
Rural	2	8,5
Rural	4	6,8
Suburbana	2	8,5
Suburbana	4	8,5
Urbana	2	7,7
Urbana	4	7,9

Fonte: DNIT (2006)

### 3.2.2 Cálculo da V85

A partir das velocidades individuais obtidas para os  $n$  veículos da amostra, é calculado o 85 percentil do conjunto de observações. Essa obtenção pode ser ilustrada graficamente. Também é recomendada a elaboração da distribuição de frequências das velocidades, para intervalos de 10 km/h, o que permitirá observar diretamente como estão distribuídos os valores da velocidade praticada no trecho em estudo.

### 3.3 FATORES DE AJUSTE A SEREM APLICADOS SOBRE A V85

Cada um dos elementos considerados produzirá uma redução a ser aplicada sobre o valor obtido para a V85. O valor da V85 ajustada será então igual ao valor medido em campo subtraído da soma total das reduções decorrentes da consideração de cada um dos fatores.

- Acessos a Polos Geradores de viagens
- Histórico de Acidentes
- Outros elementos

#### 3.3.1 Histórico de acidentes

Verificar o número de acidentes com vítimas feridas e mortos ocorridos nos últimos 03 (três) anos no trecho considerado, e verificar o número de acidentes em 03 anos por km. Para aplicação desse critério, o trecho analisado não deve ser maior que 10 km de extensão. Para a revisão de trechos com extensão superior a 10 km, estes devem ser divididos em segmentos de no máximo 10 km, e a verificação do fator redutor deve ser verificada para cada subtrecho. O fator de redução a ser aplicado é o apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Fator redutor em relação ao nº total de acidentes nos últimos 3 anos com vítimas

Nº total de acidentes com vítimas nos últimos 3 anos por km	Fator de Redução
0-5	0
5-10	10
10-20	20
>20	30

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

### **3.3.2 Presença de acessos diretos a polos geradores de viagens**

No trecho que contém pelo menos um acesso a polo gerador de viagem, assim entendidos locais como escolas, hospitais, centros de compras, etc. a redução deverá ser, no mínimo, de 10 km/h.

### **3.3.3 Outras condições que podem afetar a segurança viária**

Analisar condições que podem não estar refletidas na V85 medida em campo, tais como a presença e a largura dos acostamentos, localização e geometria dos retornos, tipos de elementos de divisão dos fluxos opostos (para o caso de rodovias de pista dupla), e largura livre de obstáculos nas margens da rodovia (nos dois sentidos de circulação). Caso uma ou mais dessas condições seja desfavorável, adotar, pelo menos, redução de 10 km/h.

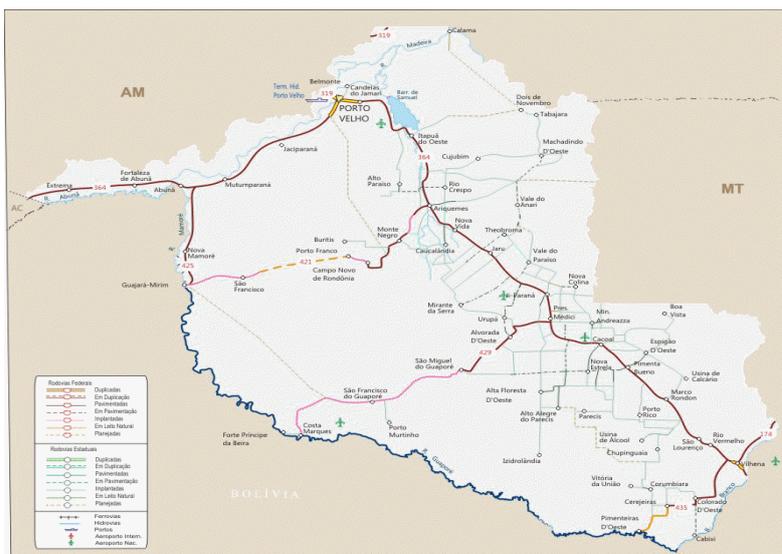
## 4 ESTUDO DE CASO

O procedimento proposto apresentado no Capítulo 3 será aplicado a um trecho da BR-364, localizado em Rondônia.

### 4.1 DADOS OBTIDOS PARA O TRECHO A SER ESTUDADO

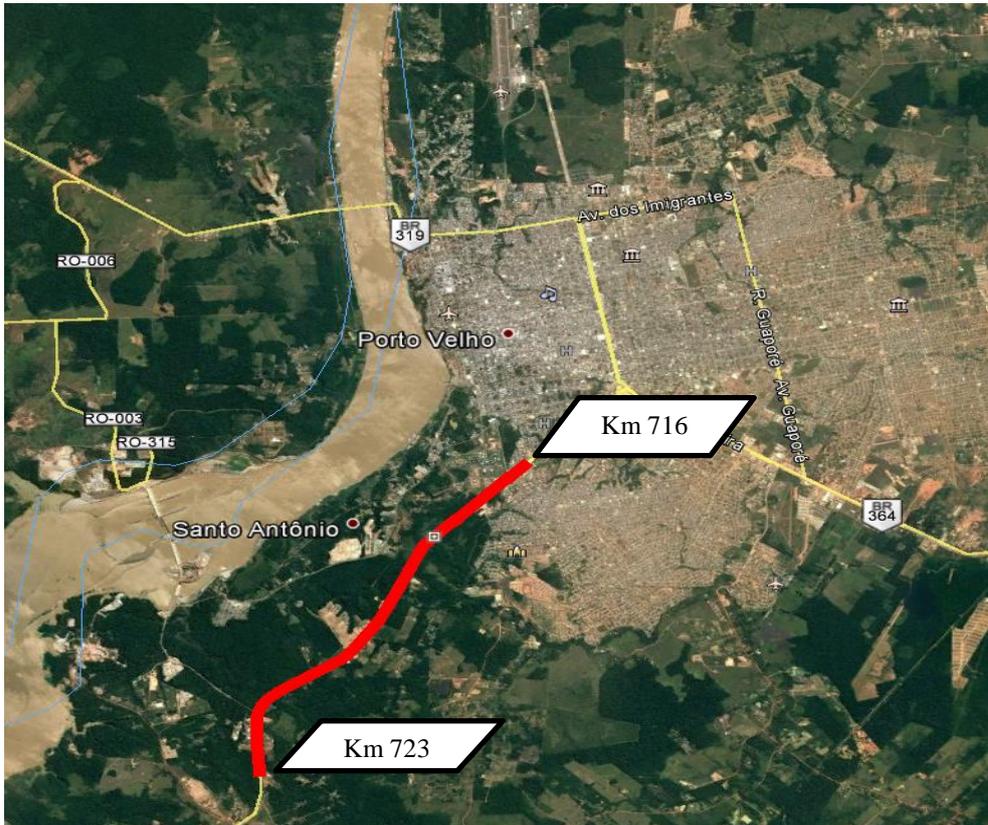
A principal rodovia do Estado de Rondônia é a BR-364, que percorre o estado transversalmente, do sudeste ao noroeste até Porto Velho, e em seguida segue para a região oeste em direção ao Acre, conforme a Figura 4. O trecho a ser analisado é o compreendido entre os quilômetros 716 e 723 (ver Figura 5). Nesse trecho, a velocidade limite atualmente estabelecida é de 60 km/h.

Figura 4 - Estado de Rondônia com elementos da malha de infraestrutura viária



Fonte: Wikipédia

Figura 5 - Porto Velho - delimitação do trecho a ser analisado na BR-364



Fonte: Google Earth

#### 4.1.1 Classificação da via de acordo com o Artigo 60 do CTB

De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro, Art. 60, que apresenta as diretrizes básicas para regulamentação da velocidade máxima permitida em vias rurais, a rodovia BR-364/RO, no trecho em análise, enquadra-se como via rural do tipo rodovia.

De acordo com a Resolução 180 do CONTRAN, como é uma rodovia de pista dupla em área rural, pode ser adotada a velocidade máxima permitida para automóveis, motocicletas e caminhonetes pode variar no intervalo de 90 a 120 km/h, e para caminhões, ônibus e demais veículos pode assumir os valores de 80 ou 90 km/h.

Cabe ressaltar que o trecho em estudo não está localizado em área urbanizada.

#### 4.1.2 Avaliação da geometria e da circulação do tráfego no trecho estudado

- O Volume Médio Diário mais recente encontrado foi de 3.200 veículos por dia. Os dados foram coletados no trecho subsequente ao trecho em estudo, dando sequência ao fluxo de tráfego do mesmo. A contagem foi realizada por um contador fixo instalado pelo do Plano Nacional de Contagem de Tráfego/PNCT, no km 736,10, onde o Volume Médio Diário registrado refere-se ao mês de março de 2016;
- Pista dupla com duas faixas de 3,5 em cada direção, com excelentes condições de pavimento, separadas por barreira New Jersey (ver Figura 6);
- Existência de 3 retornos à esquerda com separação entre as pistas constituída por canteiros centrais com larguras variando de 2,00 a 35,00 metros;
- Acostamentos de 3,0m em cada lado em toda a extensão do segmento em análise;

Figura 6 - BR-364 km 716 - Pista sentido Crescente



Fonte: Autor (2017)

- Trecho levemente ondulado com aclives e declives com declividade máxima de 6,00% com distâncias de visibilidade superiores a 350m;
- Curvas Horizontais, conforme Tabela 7: existem 4 curvas no trecho, de raios longos com curvas de transição, permitindo aos motoristas desenvolver o movimento de curva sem necessidade de redução da velocidade.

Tabela 7 – Curvas Horizontais do km 716 ao 723 da BR-364/RO

<b>Curva</b>	<b>AC</b>	<b>Lado</b>	<b>Raio</b>
1	21°40'00"	Esquerda	640,07
2	12°10'00"	Direita	708,76
3	20°45'00"	Direita	1.130,93
4	60°39'00"	Esquerda	640,07

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

- Existência de apenas uma faixa de pedestres no km 722,5 em frente a Universidade Federal de Rondônia. No entanto, nos períodos observados, o fluxo de pedestres foi nulo, provavelmente pelo fato da Universidade ser distante da cidade, possuir ruas internas, com linha de ônibus metropolitano percorrendo o interior do Campus, não havendo necessidade de trânsito de pedestres nas margens da BR-364;
- Ocupação do entorno do trecho estudado: não existem grandes adensamentos urbanos (a área não pode ser classificada como urbanizada), onde a travessia de pedestres é muito baixa, proporcionando que o tráfego da BR-364 flua com grande liberdade, (ver Figuras 7 e 8).

Figura 7 - BR-364 km 718 - Pista sentido Decrescente



Fonte: Autor (2017)

Figura 8 - BR-364 km 716 - Pista sentido Decrescente



Fonte: Autor (2017)

De acordo com os dados do Projeto Básico, Lote 23 do Programa BR-Legal - Programa de Segurança e Sinalização Rodoviária, que realizou estudos técnicos e inventário dos trechos contratados, elaboração de projetos e implantação de sinalização - ao longo da rodovia BR-364/RO, existem locais para retorno e conversão dos veículos, geralmente posicionados nas interseções.

Por se tratar de pista dupla, os movimentos de transposição de faixas pelos motoristas limitam-se à mudança de faixas e utilização de *tapers* de aceleração e desaceleração nos locais

de acessos e retornos na rodovia. Sendo assim, uma vez definida a velocidade máxima permitida maior do que a atualmente regulamentada, deverá ocorrer a adequação dos acessos à nova condição da rodovia, e a sinalização horizontal e vertical deverá ser compatível com a nova velocidade. A adequação da sinalização será possível através da execução do projeto desenvolvido dentro do Programa BR Legal.

Conforme o Anexo 1 do CTB, dos Conceitos e Definições, o acostamento é definido como parte da via, diferenciada da pista de rolamento, destinada à parada ou estacionamento de veículos em caso de emergência, e à circulação de pedestres e bicicletas, quando não houver local apropriado para esse fim. O Art. 193 do Código de Trânsito Brasileiro estabelece que, transitar com o veículo em calçadas, passeios, passarelas, ciclovias, ciclo faixas, ilhas, refúgios, ajardinamentos, canteiros centrais e divisores de pista de rolamento, acostamentos, marcas de canalização, gramados e jardins públicos incorrerá em infração gravíssima, sujeito à penalidade de multa.

Também não é permitida a construção de estacionamentos dentro da faixa de domínio sem a aprovação do órgão competente (DNIT), que avaliará as características técnicas e fará as devidas adequações, visando garantir as condições de segurança aos que trafegam na via.

Referente aos acessos à rodovia, foram cadastrados, através do Programa BR-Legal, Lote 23, os locais de acesso, classificados de acordo com a sua importância. Os mais relevantes para a definição da velocidade limite são os pontos de acesso e retornos na entrada da Usina Santo Antônio e da Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Os dois estabelecimentos se situam entre os km 722 e 723. Conforme item 3.3.2, a presença dos acessos leva a aplicação de um fator de redução da V85 igual a 10 km/h. Já a consideração da presença de retornos é feita por meio do fator de redução referente a outras condições.

Figura 9 - BR-364 km 722,5 em frente a Universidade Federal de Rondônia UNIR



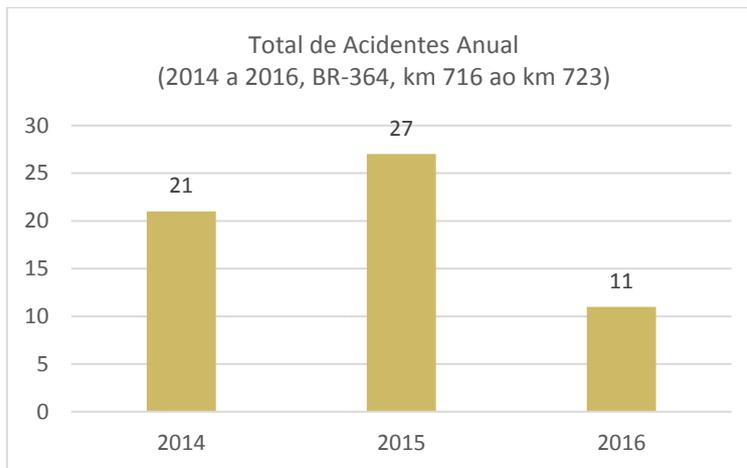
Fonte: Autor (2017)

A partir da análise conjunta de todos os elementos acima apresentados, verificou-se que no trecho compreendido entre os quilômetros 716 a 722, somente nos segmentos nas imediações dos retornos, justifica-se a aplicação do fator de redução de 0 km/h para a V85 medida em campo, conforme previsto no item 3.3.3. As demais características do trecho não afetam de modo negativo a segurança viária. No último quilômetro do trecho, entre os quilômetros 722 e 723, convém levar em conta que é um segmento de aproximação de mudança de pista dupla para pista simples, com a presença de retornos. Nesse caso, o fator de redução deve ser majorado, passando para 10 km/h.

#### **4.1.3 Acidentes ocorridos no trecho estudado**

A Figura 10 mostra a redução no número de acidentes nos últimos anos no trecho selecionado para o estudo de caso, acompanhando a tendência de toda malha rodoviária do estado de Rondônia. As causas mais prováveis são as melhorias na pista, sinalização, além do endurecimento da legislação, como a Lei nº 12.760, de 2012, ou Lei Seca, na qual os condutores passaram a ser penalizados com maior rigor, com a elevação das multas, a perda de habilitação, além da intensificação da fiscalização.

Figura 10 - Total de Acidentes entre 2014 a 2016



Fonte: SIOR – Sistema Integrado de Operações Rodoviárias

A Tabela 8 apresenta a distribuição dos acidentes ocorridos nos três últimos anos com relação à severidade.

Tabela 8 - Severidade dos acidentes ocorridos no período 2014 - 2016

Ano	Número de Acidentes			
	C/ Vítimas Fatais	C/ Vítimas Feridas	Sem Vítimas	Total
2014	0	9	12	21
2015	1	20	6	27
2016	0	7	4	11

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Como o total de acidentes com vítimas (feridas e fatais) nos três últimos anos foi igual a 37, ou seja 5,28 acidentes por km, de acordo com o previsto no item 3.3.1, justifica-se a aplicação de um fator de redução da V85 medida em campo igual a 10 km/h.

#### 4.1.4 Determinação da V85

##### 4.1.4.1 Parâmetros utilizados para a determinação do tamanho da amostra

- Nível de confiança de 95%, portanto  $k=1,96$ ;
- Desvio Padrão utilizado para rodovias rurais de 4 pistas,  $S=6,8$

- Erro máximo aceitável de 2% da média de 76km/h encontrada no dia teste:

$E=1,52\text{km/h}$

$$n = \frac{(KS)^2}{(E)^2} = \frac{(1,96 \times 6,8)^2}{(1,52)^2} = 76,88$$

Ou seja, obtendo-se 77 velocidades, tem-se 95% de probabilidade de que a estimativa da velocidade média não se desviará da média real  $\mu$  mais do que 1,52 km/h. Na coleta em campo foi possível observar um número maior de veículos, ou seja, o erro previsto provavelmente não será alcançado.

#### 4.1.4.2 Tratamento e tabulação dos dados

Para determinar a velocidade média no tempo na seção de uma via rural de pista dupla, mediu-se com o emprego de radar a velocidade pontual dos veículos em um greide plano. Limitou-se o erro aceitável da média aritmética das velocidades a 1,52 km/h, com nível de confiança de 95%. Admitindo que o desvio padrão das observações individuais seja 6,8 km/h, calculou-se que seriam necessárias pelo menos 77 observações para não ultrapassar o erro aceitável (1,52km/h). Foram feitas 136 observações no dia 14/01 e 287 no dia 17/01/2017, escolhendo-se os veículos aleatoriamente. As Tabelas 8 e 9 mostram as velocidades colhidas no campo.

Foram efetuadas medições de velocidades juntamente com a Polícia Rodoviária Federal em segmentos da BR-364/RO com velocidade regulamentada de 60 km/h, nos dias 14/01/2017, km 722,5, entre às 16:20h e 18:00h (ver Tabelas 9 e 10) e 17/01/2017, km 717, entre às 15:50h e 17:20 (ver Tabelas 11 e 12). As medições de velocidade foram efetuadas por radar eletrônico sem que houvesse a indicação do procedimento aos usuários da rodovia, em condições climáticas e de conservação de pista favoráveis.

Nos dias de coleta foi observado que o fluxo máximo de veículos foi de 127 veículos passeio/hora/faixa, no dia 17/01. Conforme recomendado pelo HCM 2010, as condições de fluxo livre em rodovias com mais de uma faixa por sentido são obtidas para taxas de fluxo de, no máximo, 1400 carros de passeio/hora/faixa. Obtida por meio dos 15 minutos mais carregados da hora considerada.

Tabela 9 – Coleta de dados com radar 14/01/2017

<b>Velocidades Medidas com Radar</b>											
<b>Dia 14/01/2017 das 16:20 às 18:00</b>											
OBS	VEL.	OBS	VEL.	OBS	VEL.	OBS	VEL.	OBS	VEL.	OBS	VEL.
1	85	24	94	47	62	70	69	93	68	116	70
2	78	25	95	48	71	71	66	94	83	117	70
3	65	26	101	49	82	72	99	95	69	118	84
4	93	27	93	50	75	73	85	96	108	119	58
5	74	28	108	51	79	74	70	97	76	120	77
6	56	29	90	52	72	75	73	98	66	121	93
7	88	30	57	53	65	76	62	99	74	122	55
8	80	31	51	54	73	77	59	100	78	123	73
9	102	32	68	55	76	78	62	101	52	124	77
10	95	33	85	56	73	79	88	102	82	125	76
11	91	34	56	57	67	80	80	103	71	126	71
12	86	35	83	58	87	81	71	104	78	127	88
13	94	36	47	59	52	82	68	105	71	128	82
14	91	37	57	60	65	83	71	106	66	129	94
15	93	38	64	61	114	84	68	107	74	130	60
16	87	39	93	62	84	85	89	108	107	131	71
17	105	40	62	63	103	86	77	109	70	132	63
18	111	41	90	64	76	87	77	110	81	133	90
19	98	42	48	65	63	88	69	111	63	134	86
20	92	43	65	66	66	89	76	112	71	135	85
21	89	44	71	67	94	90	66	113	88	136	60
22	97	45	98	68	89	91	79	114	68		
23	96	46	66	69	94	92	60	115	69		

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Tabela 10 – Coleta de dados 14/01/2017 - frequências de velocidades

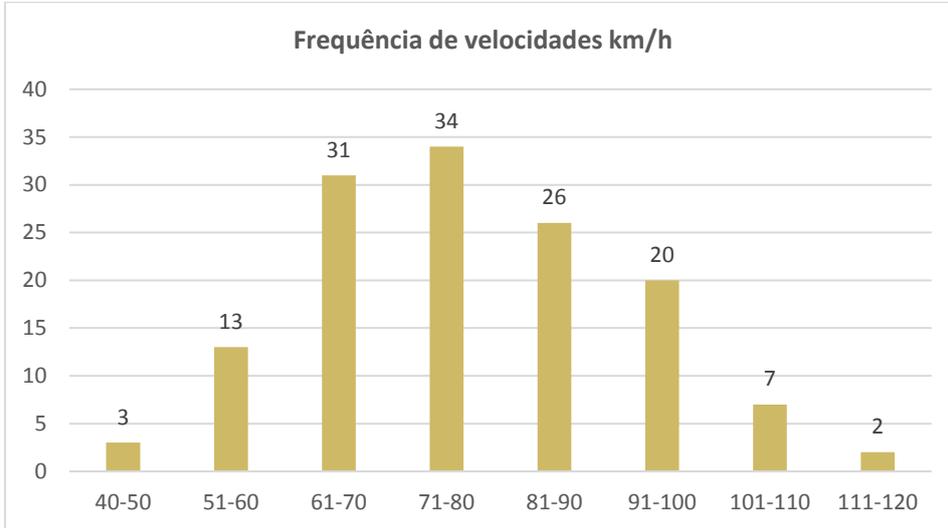
Intervalos Km/h	40-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120
Frequência	3	13	31	34	26	20	7	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Foi realizado um total de 136 medições num intervalo de 1:40h, num sábado, onde o movimento de veículos estava muito baixo e os veículos encontravam-se em condições de fluxo livre durante todo o tempo, com nível de serviço A. A distribuição de frequências das velocidades observadas é apresentada na Figura 11. Analisando os dados foi encontrada uma média de velocidade de 76 km/h e uma V85 de 93,75 km/h (ver Figura 12). Na coleta do dia

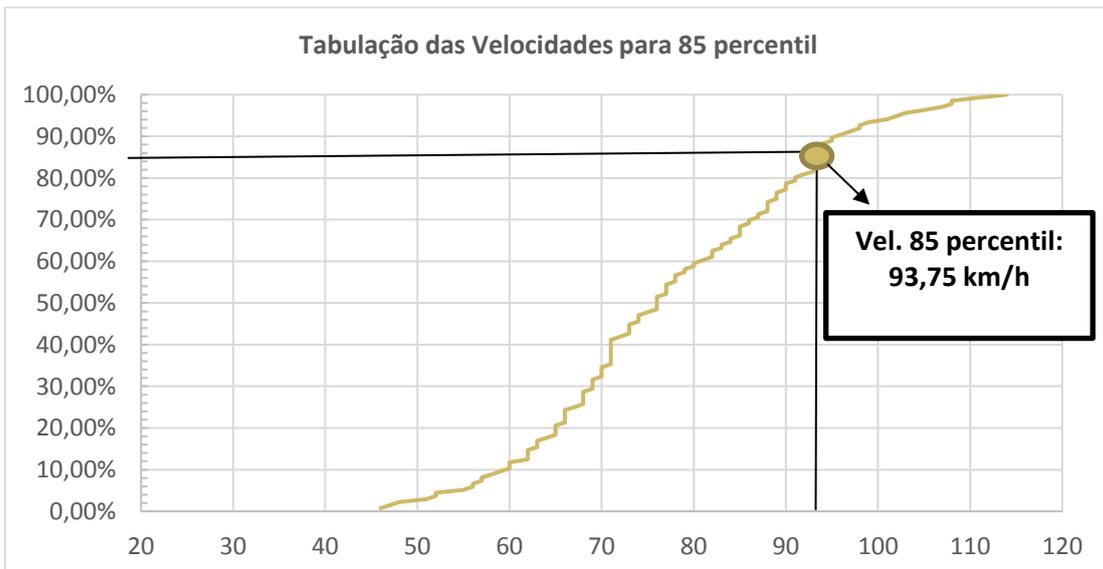
14/01 (ver Figura 13) foi observado que os motoristas reduziam a velocidade no ponto de coleta devido ao fato da PRF estar com viatura visível e os policiais uniformizados, além de ser a aproximação de uma entrada e saída de veículos na UNIR – Universidade Federal de Rondônia.

Figura 11 - Coleta de Dados dia 14/01/2017



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Figura 12 – Gráfico tabulação de Velocidades coleta 14/01/17



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Figura 13 - Coleta de Dados dia 14/01/17 coma PRF - km 722,5



Fonte: Autor (2017)

No dia 17/01/2017 (ver Figura 16) foram realizadas 287 medições num intervalo de 1:30h, onde o movimento de veículos estava baixo e os veículos encontravam-se em condições de fluxo livre durante todo o tempo, com nível de serviço A (ver Tabelas 11 e 12). A distribuição de frequências das velocidades observadas é ilustrada na Figura 14.

Analisando os dados, foi encontrada uma média de velocidade de 84 km/h e uma V85 de 103 km/h (ver Figura 15).

Foram observadas maiores velocidades no segundo dia de coleta, pois nesse dia o local da coleta foi no final de uma tangente, e o policial que estava operando o equipamento estava à paisana (ver Figura 16), conseguindo captar a velocidade sem interferir no comportamento dos condutores.

Tabela 11 – Coleta de dados com radar 17/01/2017

Velocidades Medidas com Radar											
Dia 17/01/2017 das 15:50 às 17:20											
OBS	VEL.	OBS	VEL.	OBS	VEL.	OBS	VEL.	OBS	VEL.	OBS	VEL.
1	85	49	87	97	85	145	79	193	83	241	71
2	76	50	98	98	114	146	98	194	133	242	77
3	81	51	74	99	81	147	74	195	84	243	105
4	103	52	67	100	88	148	64	196	110	244	98
5	102	53	82	101	80	149	71	197	78	245	103
6	75	54	93	102	72	150	101	198	96	246	83
7	75	55	66	103	74	151	123	199	106	247	50
8	87	56	88	104	52	152	91	200	62	248	75
9	90	57	77	105	83	153	80	201	71	249	65
10	115	58	120	106	81	154	97	202	99	250	64
11	75	59	70	107	52	155	90	203	94	251	75
12	115	60	72	108	68	156	60	204	99	252	58
13	68	61	70	109	68	157	67	205	67	253	57
14	67	62	93	110	90	158	129	206	118	254	105
15	52	63	70	111	78	159	76	207	85	255	102
16	103	64	98	112	71	160	78	208	109	256	83
17	85	65	105	113	131	161	110	209	92	257	70
18	104	66	103	114	95	162	100	210	62	258	95
19	88	67	70	115	100	163	111	211	68	259	87
20	70	68	93	116	109	164	105	212	81	260	71
21	62	69	75	117	80	165	78	213	92	261	71
22	55	70	61	118	69	166	75	214	92	262	90
23	65	71	59	119	68	167	87	215	82	263	84
24	69	72	98	120	110	168	76	216	67	264	88
25	81	73	100	121	110	169	82	217	92	265	61
26	95	74	65	122	97	170	88	218	73	266	81
27	71	75	93	123	97	171	92	219	62	267	79
28	71	76	74	124	66	172	76	220	61	268	92
29	103	77	72	125	84	173	75	221	90	269	59
30	74	78	83	126	83	174	115	222	52	270	80
31	67	79	98	127	104	175	88	223	90	271	92
32	60	80	105	128	65	176	125	224	117	272	84
33	74	81	120	129	95	177	100	225	116	273	102
34	64	82	108	130	65	178	52	226	92	274	92
35	71	83	115	131	83	179	69	227	114	275	75
36	112	84	105	132	98	180	74	228	107	276	66
37	101	85	86	133	92	181	58	229	90	277	128
38	90	86	88	134	66	182	82	230	70	278	72
39	74	87	92	135	70	183	72	231	97	279	100
40	81	88	87	136	73	184	96	232	75	280	68
41	86	89	87	137	80	185	91	233	78	281	101
42	79	90	100	138	107	186	89	234	75	282	105
43	87	91	88	139	104	187	79	235	77	283	88
44	93	92	65	140	68	188	71	236	98	284	98
45	100	93	84	141	92	189	80	237	71	285	78
46	104	94	117	142	93	190	78	238	88	286	41
47	64	95	95	143	84	191	82	239	100	287	72
48	86	96	99	144	91	192	68	240	63		

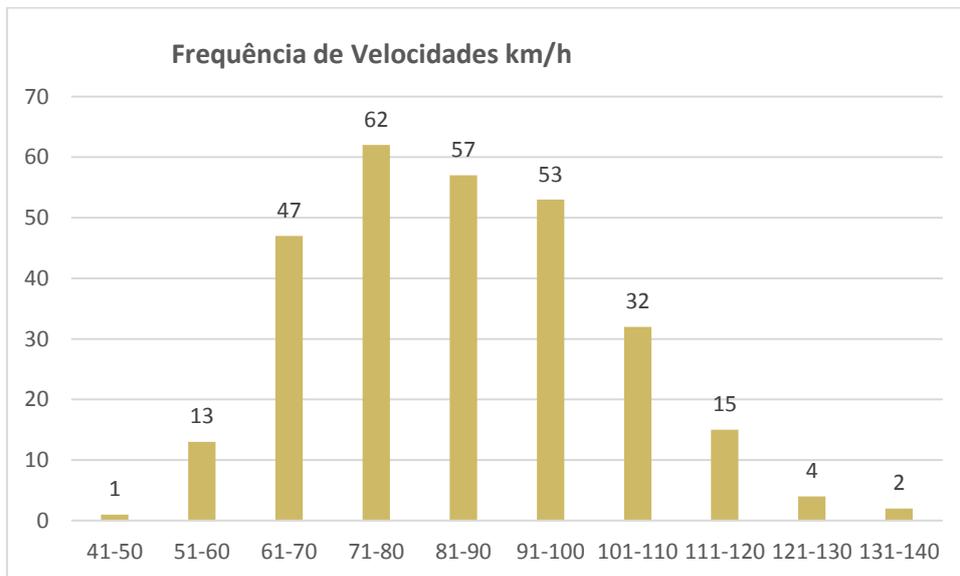
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Tabela 12 – Coleta de dados 17/01/2017 - frequências de velocidades

Intervalos Km/h	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120	121-130	131-140
Frequência	1	13	47	62	57	53	32	15	4	2

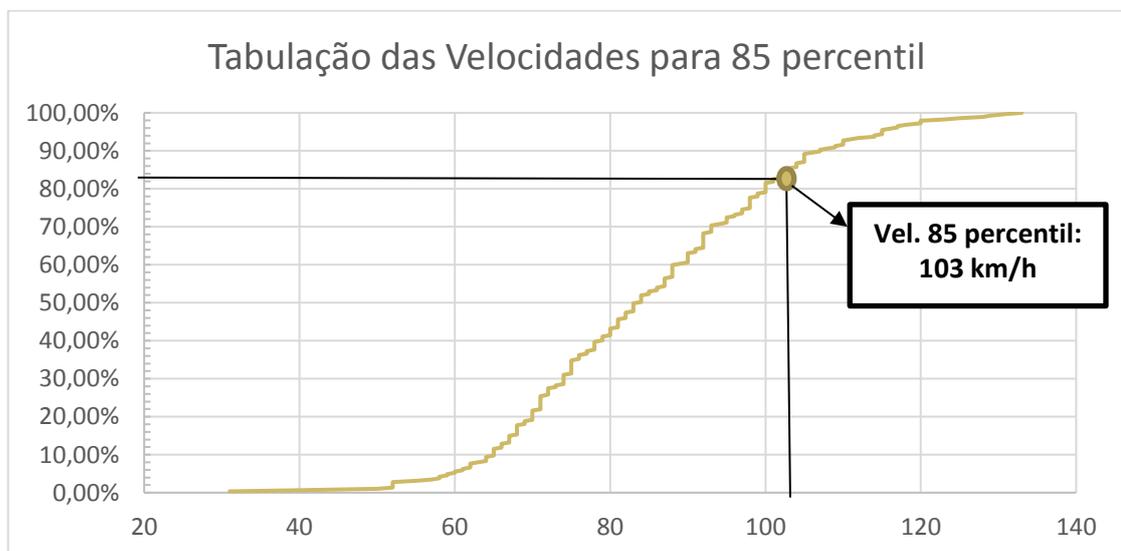
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Figura 14 – Frequência de velocidades Coleta de Dados dia 17/01/2017



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Figura 15 – Gráfico tabulação de Velocidades coleta 14/01/17



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Figura 16 - Coleta de Velocidade 17/01/17 com a PRF - km 717



Fonte: Autor (2017)

#### 4.2 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE LIMITE SEGUINDO O PROCEDIMENTO PROPOSTO

Os estudos realizados produziram os seguintes resultados:

Velocidade limite máxima definida pelo CONTRAN:

Autos, motos e camionetes = 90 a 120 km/h;

Caminhões, ônibus e demais veículos = 80 ou 90 km/h

V85 medida em campo = 103 km/h

Fator de redução devido a acidentes com vítimas = 10 km/h

Fator de redução devido a acesso a Polo Gerador de Tráfego entre os quilômetros 722 e 723 = 10 km/h

Fator de redução devido a outros elementos:

Do km 716 a km 722 = não há

Do km 722 a km 723 = 10 km pois existe uma transição de pista dupla para pista simples

Velocidade V85 ajustada:

Do km 716 a km 722 =  $103 - 10 = 93$  km/h

Do km 722 a km 723 = 103-10-10-10 = 73 km/h

**Velocidade limite revisada (menor valor entre a V85 ajustada e a máxima regulamentada pelo Manual do CONTRAN, devidamente arredondada):**

**Do km 716 a km 722 = 90km/h**

**Do km 722 a km 723 = 70km/h**

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise de vários estudos realizados por órgãos de trânsito em diversos países, foi verificado que o 85 percentil desponta como um dos elementos mais utilizados, caracterizando-se pela relativa simplicidade e aplicação, sendo especialmente eficiente em captar e retratar a velocidade que os condutores adotam naturalmente de acordo com a sua percepção de entorno e segurança, mantendo a atitude de autopreservação. Assim, sugere-se a utilização de tal elemento, como o seu ajuste a situações geométricas específicas, e o tratamento com soluções de engenharia os locais onde ocorra a necessidade de tratamento diferenciado, como cruzamentos entre fluxos de veículos e presença de pedestres.

O procedimento proposto parte da definição do V85 como ponto inicial, em seguida identificando alguns fatores redutores da velocidade adotada, chegando a um V85 ajustado.

Nos trechos estudados foi identificado que a velocidade de 85 percentil foi de 93 km/h na entrada da Unir, na coleta do dia 14/01, num local onde existe um acesso movimentado com grande fluxo de veículos. Os motoristas reduzem espontaneamente a velocidade neste ponto. No trecho em tangente, em que a coleta foi feita no dia 17/01, a V85 encontrada foi de 103 km/h, certamente por apresentar boas condições de geometria e os motoristas se sentirem mais confortáveis para adotar maiores velocidades. Com a aplicação do procedimento, que implica na adoção de ajustes a V85 relacionados à ocorrência de acidentes e outros aspectos, o trecho do km 716 ao 722 deve ter velocidade de 90km/h, enquanto no trecho do km 722 ao 723 a velocidade deve ser ajustada para 70 km/h.

Foi constatado no presente estudo, que limites de velocidade definidos de maneira artificial, arbitrária e sem nenhuma razão óbvia, acabam gerando desprezo por limites de velocidade em geral, mesmo quando estes estão adequadamente definidos em algumas situações. Os condutores geralmente imprimem aos seus veículos a velocidade que consideram segura para as condições da via, mesmo quando acima do limite de velocidade regulamentada.

Visando acompanhar as mudanças ocorridas no ambiente rodoviário, e observando parâmetros que não comprometam a segurança aos usuários, o estudo realizado permite concluir que é razoável o aumento da velocidade máxima permitida no trecho para 90km/h do km 716 ao km 722, e 70km/h do km 722 ao km 723 nas proximidades dos acessos mais movimentados e dos retornos existentes. Essa mudança deve permitir que a Polícia Rodoviária Federal intensifique a fiscalização no segmento, o que não estava ocorrendo anteriormente, visto que nos dados coletados, mais de 80% dos condutores adotaram velocidades acima da regulamentada.

Com a regulamentação da velocidade aos valores próximos a velocidade operacional, que é naturalmente utilizada pelos motoristas, é possível fiscalizar os abusos, punindo as exceções com maior rigor, procurando assim resgatar credibilidade do sistema de sinalização da rodovia, proporcionando uma melhor relação do órgão rodoviário com seus usuários.

Finalizando, como recomendação para futuros trabalhos, é necessário um estudo aprofundado que defina fatores de redução da V85 medida em campo, que contemple de forma explícita os diferentes elementos, e em diferentes níveis, de modo a poder definir a velocidade limite que atenda, dentro do possível, as expectativas dos condutores dos veículos sem comprometer a segurança dos demais usuários da via. No caso do fator redutor em relação ao número total de acidentes com vítimas nos últimos 03 (três) anos, apresentado na Tabela 6 do item 3.3.1, por exemplo, os valores foram adotados com base na experiência profissional. Em debate com outros analistas de infraestrutura da superintendência regional, chegou-se ao entendimento que, como ponto de partida, esses parâmetros são razoáveis. No entanto, após aplicados, eles devem ser monitorados e reavaliados, podendo resultar em fatores redutores menores que 10 km/h e/ou na criação de mais intervalos de acidentes por km. Portanto, como recomendação para futuros trabalhos recomenda-se uma consulta ao corpo técnico das diferentes superintendências do DNIT, para identificar qual seria o conjunto de fatores redutores mais representativos da experiência do conjunto de técnicos do órgão.

## REFERÊNCIAS

BRASIL (1997). CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO - CTB – Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito (2007). Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume I – Sinalização Vertical de Regulamentação. 2ª Edição. Brasília: CONTRAN, 2007.

DER-SP – Departamento de Estradas de Rodagem São Paulo (2006). Notas Técnicas de Projetos Geométricos. São Paulo: DER-SP, 2006.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1999). Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais - Publ. IPR 706. Rio de Janeiro: IPR, 1999.

DNER. Glossário de termos técnicos rodoviários. Rio de Janeiro, 1997. 296p. (IPR Publ. 700).

DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2006) - Manual de estudos de tráfego – Publ. IPR 723. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DONNELL, E. T.; HINES, S. C.; MAHONEY, K. M.; PORTER, R. J.; MCGEE, H. (2009). Speed Concepts: Informational Guide. Federal Highway Administration (FHWA-SA-10-001)

KLOEDEN, C. N.; McLEAN, J. J.; MOORE, V. M.; PONTE, G. (1997) Travelling Speed and the Risk of Crash Involvement, Report No. CR 172, Federal Office of Road Safety, Canberra, Australia, 1997.

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.

STUSTER, J.; COFFMAN, Z.; WARREN, D. (1998). Synthesis of safety research related to speed and speed limits. Publication Number: FHWA-RD-98-154. Washington, D.C: FHWA, 1998.

PARKER, M. R. (1985). Síntese de práticas de zoneamento de velocidade, Relatório No. FHWA / RD-85/096. Washington, DC: FHWA, 1985.

SOLOMON, D. H. (1964). Accidents on main rural highways related to speed, driver, and vehicle, United States. Bureau of Public Roads.