

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

Rafael Pinto Pereira

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE AÇÕES  
DE FISCALIZAÇÃO DE VELOCIDADE**

Porto Alegre  
2021

RAFAEL PINTO PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE AÇÕES DE FISCALIZAÇÃO DE VELOCIDADE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Transportes.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Christine Tessele Nodari, Dra.

Porto Alegre

2021

RAFAEL PINTO PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE AÇÕES DE FISCALIZAÇÃO DE VELOCIDADE**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Prof.<sup>a</sup>. Christine Tessele Nodari, Dra.**

Orientadora PPGMPEP/UFRGS

---

**Prof. Ricardo Augusto Cassel, Dr.**

Coordenador PPGMPEP/UFRGS

**Banca Examinadora:**

Professor Agmar Bento Teodoro, Dr. (CEFET/MG)

Professora Ana Margarita Larrañaga Uriarte, Dra. (PPGEP/UFRGS)

Professora Raquel da Fonseca Holz, Dra. (UFPEL)

Dedicatória

À minha esposa Lu e ao meu filho Lucas.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Professora Christine Tessele Nodari (Piti) por toda a dedicação e todo o conhecimento transmitido, não apenas neste trabalho, mas também durante as aulas e me acolhendo desde o princípio em seu grupo de trabalho.

Agradeço aos professores Agmar Agmar Bento Teodoro, Ana Margarita Larrañaga Uriarte e Raquel da Fonseca Holz, componentes da banca examinadora, pelas importantes contribuições.

Agradeço aos colegas da Polícia Rodoviária Federal que colaboraram no desenvolvimento do trabalho, em especial aos colegas PRF Cravo e PRF Garcez que fizeram as medições de velocidade e ao colega PRF Geovani que efetuou imagens aéreas dos locais analisados.

Agradeço ao colega do Núcleo de Prevenção, Registro e Perícia de Acidentes, PRF Kontarski, que soube entender a importância do trabalho bem como possíveis meus afastamentos e manteve o núcleo funcionando quando estive ausente.

Agradeço à minha secretária Roberta que foi de fundamental importância na análise das placas dos veículos nas medições de velocidade.

Agradeço aos colegas da gestão da Polícia Rodoviária Federal, em especial aos colegas PRF João Francisco, PRF Cruz, PRF Reischak e PRF Temóteo, que deram o apoio fundamental para que este projeto se concretizasse.

Agradeço aos colegas de mestrado Andrey, Bruno, Cesar, Diego e Eduardo pela parceria ao longo das aulas e dos trabalhos durante o curso.

Agradeço aos amigos Eduardo e Márcio da turma do Rosário e aos amigos Callero, Renato e Tiago da turma do Personal, pela parceria durante o período, confraternizando com boa conversa, carne mal passada e cerveja gelada.

Agradeço aos meus pais por terem me proporcionado educação e sempre me mostrando a importância de continuar estudando pela vida inteira.

Agradeço à minha esposa Lu e ao meu filho Lucas que souberam entender os dias e as noites em que precisei me afastar, sempre com total apoio e carinho.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda  
pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”  
(Arthur Schopenhauer)

## RESUMO

O excesso de velocidade aumenta a possibilidade da ocorrência de um acidente de trânsito bem como sua severidade, sendo função da Polícia Rodoviária Federal a fiscalização de velocidade nas rodovias federais com o intuito de evitar a ocorrência de acidentes ou de reduzir os danos decorrentes dos acidentes que não foram possíveis de serem evitados. Nesse sentido, este estudo busca avaliar o impacto de ações de fiscalização de velocidade sobre a segurança viária, bem como identificar o impacto da presença ostensiva da viatura caracterizada em locais de fiscalização de velocidade e comparar as variações de velocidade entre duas estratégias de fiscalização de velocidade. A rodovia federal selecionada foi a BR 290, no trecho metropolitano, onde foram medidas as velocidades dos veículos em dois pontos, com distância de 2 km entre eles, sendo testadas duas estratégias de fiscalização de velocidade (Estratégia de Fiscalização A: viatura operacional caracterizada e viatura discreta administrativa, respectivamente no primeiro e no segundo ponto e Estratégia de Fiscalização B: viatura discreta administrativa em ambos os pontos). Através do teste t pareado verificou-se que na Estratégia de Fiscalização A houve uma diminuição de velocidade comparando o primeiro ponto com o segundo ponto e que esta diminuição foi significativamente relevante enquanto na Estratégia de Fiscalização B, apesar de ter sido indicada a redução de velocidade do ponto 1 para o ponto 2, esta não foi significativamente relevante. Através do teste t para amostras independentes, comparando as duas estratégias de fiscalização pela média da diferença de velocidade dos pontos 1 e 2, ficou constatado que a diferença média da Estratégia de Fiscalização A foi maior que na Estratégia de Fiscalização B, isto é, na estratégia onde a viatura operacional caracterizada estava presente.

Palavras-chave: segurança viária; excesso de velocidade; fiscalização de velocidade; fiscalização de trânsito; acidentes de trânsito.

## ABSTRACT

Speeding increases the possibility of the occurrence of a traffic accident as well as its severity, and it is the role of the Federal Highway Police to monitoring speed on federal highways in order to avoid the occurrence of accidents or to reduce the damage resulting from accidents that were not possible to be avoided. In this sense, this study looks to evaluate the impact of speed enforcement actions on road safety, as well to identify the impact of the ostentatious presence of the vehicle featured in speed enforcement locations and to compare speed variations between two speed enforcement strategies. The federal highway selected was BR 290, in the metropolitan region, where vehicle speeds were measured at two points, with a distance of 2 km between them, testing two speed enforcement strategies (Surveillance Strategy A: characterized operational vehicle and discrete administrative vehicle, respectively in the first and second points and Surveillance Strategy B: discrete administrative vehicle in both points). Through the paired t-test, it was found that in the Surveillance Strategy A there was a decrease in speed comparing the first point with the second point and that this decrease was significantly relevant while in the Surveillance Strategy B, although the reduction in speed was indicated. from point 1 to point 2, this was not significantly relevant. Through the t-test for independent samples, comparing the two surveillances strategies by the average speed difference of points 1 and 2, it was found that the average difference of Surveillance Strategy A was greater than that of Surveillance Strategy B, i.e., in strategy where the characterized operational vehicle was present.

Keywords: road safety; speeding; speed enforcement; traffic surveillance; traffic-accidents.



# LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - SITUAÇÕES QUE TORNAM O ACIDENTE "RELEVANTE".....	21
FIGURA 2 - CIRCUNSTÂNCIAS PRESUMÍVEIS DE UM ACIDENTE DE TRÂNSITO. ....	24
FIGURA 3 - TIPOS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO. ....	25
FIGURA 4 - CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO FÍSICO DOS ENVOLVIDOS EM UM ACIDENTE DE TRÂNSITO. ....	27
FIGURA 5 - COMPONENTES DE CUSTOS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NAS RODOVIAS FEDERAIS EM 2014 (EM %). ....	29
FIGURA 6 - TENDÊNCIA DO NÚMERO MENSAL DE MORTOS, FERIDOS GRAVES E FERIDOS LEVES POR ACIDENTES DE TRÂNSITO NAS RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS ANTES E APÓS O INÍCIO DA DÉCADA DE AÇÕES PELA SEGURANÇA NO TRÂNSITO (DAST). BRASIL E MICRO REGIÕES. 2007 – 2017. ....	37
FIGURA 7 - VELOCIDADES MÁXIMAS PERMITIDAS NO MUNDO EM KM/H. ....	39
FIGURA 8 - DISTÂNCIA DE PARADA X VELOCIDADE (METROS X KM/H). ....	44
FIGURA 9 - TENDÊNCIA DE MORTES APÓS IMPLEMENTAÇÃO DE RADARES DE VELOCIDADE. ....	48
FIGURA 10 - ESTRUTURA ADMINISTRATIVA E OPERACIONAL DA POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.....	50
FIGURA 11 - CARTÃO PROGRAMA DA 6ª DELEGACIA PRF EM BENTO GONÇALVES NO RIO GRANDE DO SUL. ....	51
FIGURA 12 – RODOVIAS FEDERAIS DO RIO GRANDE DO SUL COM DESTAQUE DA BR 290. ....	51
FIGURA 13 - TRECHO DA FREEWAY NA BR 290.....	52
FIGURA 14 - INAUGURAÇÃO DA FREEWAY NA BR 290. ....	52
FIGURA 15 - ETAPAS METODOLÓGICAS. ....	54
FIGURA 16 - ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO A: VIATURA CARACTERIZADA E VIATURA DISCRETA. ....	56
FIGURA 17 - ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO B: SOMENTE VIATURAS DISCRETAS.....	56
FIGURA 18 - RADAR MODELO TRUCAM. ....	64
FIGURA 19 - PONTOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE PONTUAL. ....	65
FIGURA 20 - ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO A. ....	65
FIGURA 21 - ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO B. ....	66
FIGURA 22 - FOTOGRAFIA DE RADAR COM PLACA LEGÍVEL. ....	67
FIGURA 23 - FOTOGRAFIA DE RADAR COM PLACA ILEGÍVEL.....	67
FIGURA 24 - HISTOGRAMA DAS VELOCIDADES NO 1º PONTO (KM 83,1) NA ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO A. ....	71
FIGURA 25 - HISTOGRAMA DAS VELOCIDADES NO 2º PONTO (KM 81,1) NA ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO A. ....	71
FIGURA 26 - HISTOGRAMA DAS VELOCIDADES NO 1º PONTO (KM 83,1) NA ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO B.....	72
FIGURA 27 - HISTOGRAMA DAS VELOCIDADES NO 2º PONTO (KM 81,1) NA ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO B.....	72
FIGURA 28 - HIPÓTESE NULA E HIPÓTESE ALTERNATIVA: DISTRIBUIÇÃO AMOSTRAL. ....	73
FIGURA 29 - HIPÓTESE NULA E HIPÓTESE ALTERNATIVA PARA O TESTE T PAREADO. ....	74
FIGURA 30 - HIPÓTESE NULA E HIPÓTESE ALTERNATIVA DO TESTE DE LEVENE. ....	78
FIGURA 31 - HIPÓTESE NULA E HIPÓTESE ALTERNATIVA DO TESTE T PARA IGUALDADE DE MÉDIAS .....	78
FIGURA 32 - LIMITES DE DETECÇÃO DOS OUTLIERS. ....	79
FIGURA 33 - BOXPLOT SIMPLES POR DIFERENÇA DE VARIÁVEL (ESTRATÉGIAS DE FISCALIZAÇÃO). ....	80

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CAUSAS DE ACIDENTES NAS RODOVIAS FEDERAIS DO RIO GRANDE DO SUL (JANEIRO/2017 A NOVEMBRO/2020). .....	14
TABELA 2 - CAUSAS DE ACIDENTES NAS RODOVIAS FEDERAIS DO BRASIL (JANEIRO/2017 A NOVEMBRO/2020). ....	14
TABELA 3 - MODELAGEM POR TAXAS DE MORTALIDADE DE ACIDENTES DE TRÂNSITO (POR POPULAÇÃO DE 100 MIL) POR REGIÃO DA OMS E GRUPO DE RENDA.....	20
TABELA 4 - CUSTO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NAS RODOVIAS FEDERAIS EM 2014. ....	29
TABELA 5 - CUSTO TOTAL E MÉDIO POR GRAVIDADE DO ACIDENTE DE TRÂNSITO EM RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS EM 2014. ....	30
TABELA 6 - CUSTOS MÉDIOS (EM R\$) POR COMPONENTE DE CUSTO ASSOCIADO ÀS PESSOAS SEGUNDO A GRAVIDADE DO ACIDENTE DE TRÂNSITO EM RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS EM 2014. ....	31
TABELA 7 - CUSTOS MÉDIOS (EM R\$) POR COMPONENTE DE CUSTO ASSOCIADO A VEÍCULOS SEGUNDO A GRAVIDADE DO ACIDENTE DE TRÂNSITO EM RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS EM 2014. ....	32
TABELA 8 - CUSTOS MÉDIOS (EM R\$) POR COMPONENTE DE CUSTOS INSTITUCIONAIS E DANOS PATRIMONIAIS SEGUNDO A GRAVIDADE DO ACIDENTE DE TRÂNSITO EM RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS. ....	33
TABELA 9 - LIMITES DE VELOCIDADE (EM KM/H) POR PAÍS E POR TIPO DE RODOVIA. ....	40
TABELA 10 - DADOS ESTATÍSTICOS DE ACIDENTALIDADE POR RODOVIA NAS RODOVIAS FEDERAIS DO RIO GRANDE DE SUL (JANEIRO/2017 A DEZEMBRO/2020).....	59
TABELA 11 - DADOS ESTATÍSTICOS DE ACIDENTALIDADE POR TRECHO DE 10 KM NA BR 290 (FREEWAY) ORDENADOS PELO NÚMERO DE ACIDENTES (JANEIRO/2017 A DEZEMBRO/2020).....	60
TABELA 12 - DADOS ESTATÍSTICOS DE ACIDENTALIDADE POR CAUSA DE ACIDENTE NA BR 290 (FREEWAY) ORDENADOS PELO NÚMERO DE ACIDENTES (JANEIRO/2017 A DEZEMBRO/2020).....	60
TABELA 13 - DADOS ESTATÍSTICOS DE ACIDENTALIDADE POR ESTRUTURA VIÁRIA NO TRECHO DO KM 80 AO KM 90 NA BR 290 (FREEWAY) ORDENADOS PELO NÚMERO DE ACIDENTES (JANEIRO/2017 A DEZEMBRO/2020).....	61
TABELA 14 - DADOS ESTATÍSTICOS DE ACIDENTALIDADE POR TIPO DE ACIDENTE NO TRECHO DO KM 80 AO KM 90 NA BR 290 (FREEWAY) ORDENADOS PELO NÚMERO DE ACIDENTES. (JANEIRO/2017 A DEZEMBRO/2020).....	61
TABELA 15 - DADOS ESTATÍSTICOS DE ACIDENTALIDADE POR HORA DO DIA NO TRECHO DO KM 80 AO KM 90 NA BR 290 (FREEWAY) ORDENADOS PELO NÚMERO DE ACIDENTES (JANEIRO/2017 A DEZEMBRO/2020).....	62
TABELA 16 - DADOS ESTATÍSTICOS DE ACIDENTALIDADE POR DIA DA SEMANA NO TRECHO DO KM 80 AO KM 90 NA BR 290 (FREEWAY) ORDENADOS PELO NÚMERO DE ACIDENTES (JANEIRO/2017 A DEZEMBRO/2020).....	62
TABELA 17 - DADOS ESTATÍSTICOS DE ACIDENTALIDADE POR ANO NO TRECHO DO KM 80 AO KM 90 NA BR 290 (FREEWAY) (JANEIRO A DEZEMBRO DE 2017 A 2020).....	63
TABELA 18 - DADOS ESTATÍSTICOS DE ACIDENTALIDADE POR CAUSA DE ACIDENTES NO TRECHO DO KM 80 AO KM 90 NA BR 290 (FREEWAY) ORDENADOS PELO NÚMERO DE ACIDENTES (JANEIRO/2017 A DEZEMBRO/2020). ....	63
TABELA 19 - DADOS DE VELOCIDADES COLETADOS EM CAMPO (POR PONTO DE COLETA E ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO).....	69
TABELA 20 - DADOS DE VELOCIDADES COLETADOS EM CAMPO (ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO/PERCENTUAL).....	69
TABELA 21 - DADOS DE VELOCIDADES COLETADOS EM CAMPO (ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO POR REDUÇÃO/AUMENTO). ...	70
TABELA 22 – DADOS DE VELOCIDADES COLETADOS EM CAMPO (ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO – REDUÇÃO/AUMENTO POR FAIXA PERCENTUAL).....	70
TABELA 23 - TESTES DE NORMALIDADE PARA A ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO A. ....	73
TABELA 24 - TESTES DE NORMALIDADE PARA A ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO B. ....	73
TABELA 25 - ESTATÍSTICAS DE AMOSTRAS EMPARELHADAS NA ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO A. ....	74
TABELA 26 - TESTE DE AMOSTRAS EMPARELHADAS NA ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO A. ....	75
TABELA 27 - ESTATÍSTICAS DE AMOSTRAS EMPARELHADAS NA ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO B. ....	75
TABELA 28 - TESTE DE AMOSTRAS EMPARELHADAS NA ESTRATÉGIA DE FISCALIZAÇÃO B. ....	76
TABELA 29 - ESTATÍSTICAS DE GRUPO DAS ESTRATÉGIAS DE FISCALIZAÇÃO. ....	76
TABELA 30 – TESTE DE AMOSTRAS INDEPENDENTES. ....	77

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA DOS OBJETIVOS .....	16
1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	17
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 SEGURANÇA VIÁRIA .....	19
2.1.1 <i>Conceitos de acidente de trânsito</i> .....	20
2.1.2 <i>Causas e tipos de acidente de trânsito</i> .....	22
2.1.3 <i>Como medir a gravidade do acidente de trânsito</i> .....	26
2.1.4 <i>Custos e consequências dos acidentes de trânsito</i> .....	28
2.1.5 <i>Políticas Públicas visando a redução de acidentes</i> .....	34
2.2 VELOCIDADE .....	38
2.2.1 <i>Controle e excesso de velocidade</i> .....	38
2.2.3 <i>Energia cinética em um acidente de trânsito</i> .....	43
2.3 AÇÕES DE FISCALIZAÇÃO DE VELOCIDADE .....	45
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>49</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	49
3.2 CENÁRIO .....	49
3.3 ETAPAS METODOLÓGICAS .....	53
<b>4 APLICAÇÃO DO MÉTODO.....</b>	<b>58</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>81</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997) descreve o trânsito, no §1º do artigo 1º, da seguinte maneira: “Considera-se como trânsito a utilização das vias por pessoas, veículos, animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga”. Por meio dessa definição pode-se dizer que o trânsito surgiu com a própria civilização, já que o ser humano desde sempre precisou se deslocar de um lugar ao outro.

A partir do desenvolvimento das civilizações e, mais adiante com a invenção da roda, foi preciso regulamentar o uso das vias. Na Roma antiga já houve uma tentativa de controle de tráfego quando o Imperador Júlio César tomou algumas medidas como restringir o tráfego de veículos de rodas durante o dia e limitar o peso para veículos de carga, uma vez que as vias não suportariam uma quantidade elevada de veículos e de pessoas (HONORATO, 2004).

Desde então, o sistema de transporte rodoviário tem contribuído para o desenvolvimento da sociedade, uma vez que, por meio dele há uma facilitação no acesso à educação, aos empregos e à assistência médica e isso resulta em benefícios econômicos e sociais. É possível dizer que há uma relação entre a evolução dos sistemas de transporte e o das sociedades, uma vez que ao ocorrer o crescimento econômico, há uma demanda pela evolução dos meios de transporte. Assim, os sistemas de transporte rodoviário podem ser considerados um elemento estratégico das nações, uma vez que se os meios de transporte não estiverem com a estrutura adequada para comportar essa demanda, o desenvolvimento econômico poderá não ocorrer.

Apesar dos pontos positivos associados à evolução dos sistemas de transportes, toda essa evolução acaba sendo acompanhada de algumas externalidades negativas. As principais externalidades negativas estão associadas à questão da mobilidade urbana e à questão da saúde pública. Em relação à mobilidade, os grandes centros estão cada vez mais congestionados e as pessoas têm relatado maiores problemas relacionados à saúde mental devido ao tempo gasto em deslocamentos (NADRIAN et al., 2019). No que se refere à questão da saúde pública, alguns pontos podem ser destacados, como o aumento da poluição (AMBARWATI et al., 2016), a redução dos níveis de atividade física da população (REIS et al., 2016) e, principalmente, o aumento das mortes e lesões decorrentes de acidentes de trânsito (SOEHODHO, 2017).

Considerando a externalidade negativa do aumento do número de mortes e das lesões decorrentes dos acidentes de trânsito, tem-se como um dos principais fatores contribuintes a velocidade praticada pelos condutores. Os primeiros carros, comparados aos veículos atuais, eram muito lentos. O primeiro veículo a ser fabricado em escala industrial, o Ford T, atingia a velocidade máxima de 70 km/h (GONZÁLEZ-CRESPO; VAZQUEZ, 2017). Existiram outros veículos fabricados antes do Ford T, porém, este foi o primeiro produzido em escala comercial, com a criação da filosofia do fordismo, onde o automóvel passava por uma esteira e os funcionários da fábrica iam colocando as peças. Cada funcionário fazia parte de uma seção independente da outra, o que revolucionou o mercado, pois muito mais veículos poderiam ser produzidos em comparação ao processo artesanal.

Com a evolução da tecnologia, houve o conseqüente aumento da velocidade máxima desenvolvida pelos veículos. Assim como os sistemas de transporte, podem ser verificados pontos positivos e negativos de tal evolução. Se por um lado o aumento da velocidade reduz o tempo de transporte entre um ponto e outro, por outro lado, afeta negativamente a segurança viária, tendo em vista que aumenta a chance de ocorrência de um acidente de trânsito assim como de sua severidade.

Em 2018 foram 1,35 milhão de vidas perdidas em virtude de acidentes de trânsito. Estes foram a oitava causa das mortes ocorridas no mundo no referido ano, sendo que em 2000 estavam na décima colocação (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018). Entre todas as mortes decorrentes de lesões, mais de um quarto (29%), foram causadas por acidentes de trânsito ocorridos em rodovias. Estima-se que no ano de 2030, as mortes por acidentes de trânsito estarão entre as principais causas de mortalidade no mundo. A gestão da velocidade em excesso pode reduzir esse número de forma significativa, uma vez que está presente na maioria dos acidentes graves.

Ao realizar uma análise nos dados históricos de acidentalidade em rodovias federais, tanto no Rio Grande do Sul (Tabela 1), como no Brasil (Tabela 2) como um todo, podem ser verificadas as causas indicadas pelo policial que fez o atendimento da ocorrência com base nos vestígios encontrados no local. Com base nesses dados, é possível verificar que a velocidade incompatível se destaca como um dos principais fatores elencados como causa de acidentes.

Tabela 1 - Causas de Acidentes nas rodovias federais do Rio Grande do Sul (Janeiro/2017 a Novembro/2020).

Rio Grande do Sul				
Causa Principal	Acidentes	Acidentes Graves	Feridos Graves	Pessoas Mortas
Falta de Atenção à Condução	6.703	1.239	1.341	314
Desobediência às normas de trânsito pelo condutor	2.642	682	782	192
Velocidade Incompatível	1.836	476	465	186
Ingestão de Álcool	1.628	262	319	64
Não guardar distância de segurança	1.153	111	112	23
Condutor Dormindo	991	218	242	95
Defeito Mecânico no Veículo	962	95	101	22
Animais na Pista	587	74	83	14
Pista Escorregadia	533	79	95	27
Falta de Atenção do Pedestre	471	301	177	134

Fonte: SIGER/PRF, 2020.

Tabela 2 - Causas de Acidentes nas rodovias federais do Brasil (Janeiro/2017 a Novembro/2020).

Brasil				
Causa Principal	Acidentes	Acidentes Graves	Feridos Graves	Pessoas Mortas
Falta de Atenção à Condução	106.204	24.419	25.056	5.609
Velocidade Incompatível	28.738	7.347	7.441	3.093
Desobediência às normas de trânsito pelo condutor	28.736	9.580	9.986	2.743
Ingestão de Álcool	21.815	5.092	5.366	1.396
Não guardar distância de segurança	17.703	2.666	2.766	375
Defeito Mecânico no Veículo	15.602	1.989	2.215	456
Condutor Dormindo	10.883	2.678	2.834	1.215
Pista Escorregadia	10.867	1.574	1.875	455
Falta de Atenção do Pedestre	7.978	5.237	3.270	2.403
Animais na Pista	7.089	1.503	1.511	362

Fonte: SIGER/PRF, 2020.

A velocidade incompatível, além de influenciar na ocorrência de acidentes, também potencializa a gravidade dos seus impactos. Tendo em vista o papel

preponderante do excesso de velocidade na ocorrência e gravidade dos acidentes viários, uma importante iniciativa para promover a redução das velocidades praticadas pelos motoristas é a fiscalização eletrônica das velocidades. Nesse contexto, a utilização de equipamentos controladores de velocidade assume papel fundamental na busca pela segurança no trânsito (BACCHIERI; BARROS, 2011).

Na última década, pode-se dizer que houve um aumento da atenção global sobre a redução da velocidade como parte dos esforços para reduzir as mortes e lesões no trânsito. Nessa mesma linha de pensamento, ocorreu um movimento crescente de busca por estratégias para gerenciar a velocidade e o potencial benefício desse gerenciamento em termos vias mais seguras e habitáveis (GLOBAL ROAD SAFETY PARTNERSHIP et al., 2008). Dentro dessa linha, é preciso entender quais ações de fiscalização tem efeitos positivos no que se refere à redução da velocidade em locais de maior acidentalidade.

Nesse contexto, as iniciativas de fiscalização do excesso de velocidade assumem importância em vista de dois fatores; (i) desestimulando o excesso de velocidade e a consequente ocorrência e/ou gravidade dos acidentes de trânsito; e (ii) reforçando o entendimento dos motoristas sobre o risco de conduzir veículos em excesso de velocidade. A Polícia Rodoviária Federal, enquanto órgão fiscalizador do excesso de velocidade nas rodovias federais, busca essa fiscalização de modo que esta resulte na redução de acidentes.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação é avaliar o impacto de ações de fiscalização de velocidade sobre a segurança viária.

Como objetivos específicos tem-se:

- Identificar o impacto da presença ostensiva da viatura caracterizada em locais de fiscalização de velocidade;
- Comparar as variações de velocidade entre as estratégias de fiscalização de velocidade (com viatura operacional caracterizada e com viatura discreta administrativa).

## 1.2 JUSTIFICATIVA DOS OBJETIVOS

A velocidade em excesso está presente em grande parte dos acidentes graves registrados em rodovias federais brasileiras (Tabela 2). Desconsiderando o item “falta de atenção” que está relatado na maioria dos acidentes, uma vez que inerente ao acidente de trânsito em si, trata-se do item mais assinalado pelo policial rodoviário federal quando do atendimento de uma ocorrência.

As evidências encontradas na literatura mostram que a velocidade em excesso é a principal causa de acidentes nas estradas, entre as causas humanas (TOUAHMIA, 2018). O excesso de velocidade também aumenta a probabilidade de causar mais vítimas em relação a outros comportamentos considerados ilegais (ZHANG; LU; QU, 2020). O comportamento do condutor foi considerado a variável de maior risco para acidentes de trânsito em estudo realizado nos Estados Unidos (ASHLEY et al., 2019). Estudos realizados na União Europeia mostram que o excesso de velocidade, a ingestão de álcool pelo condutor e a falta do uso do cinto de segurança são os três principais fatores de risco nas rodovias (ETSC, 2011).

Para coibir o excesso de velocidade é preciso saber a velocidade dos veículos em determinados pontos, também chamada de velocidade pontual. Os estudos das velocidades pontuais são utilizados para (DNIT, 2006):

- Estudos de locais críticos ou de altos índices de acidentes, para comparar as velocidades “reais” com as “ideais” (em termos de segurança) e tentar relacioná-las com os acidentes.
- Determinação de locais de ocorrência de velocidade excessiva, para fins de implantação de fiscalização seletiva.
- Verificação de tendências nas velocidades de vários tipos de veículos através de levantamentos periódicos em locais selecionados.

No Brasil, uma estratégia de fiscalização chamada de operação Hermes foi adotada em 2015 pela Polícia Rodoviária Federal. A operação Hermes consistiu em uma fiscalização massiva de velocidade em vários pontos de várias rodovias, com a seguinte sistemática: uma viatura deveria ficar posicionada em um ponto da rodovia com um radar de velocidade e outra viatura ficaria posicionada a cerca de 2 km adiante, também com



um radar de velocidade. Ambas as viaturas ficavam visíveis aos usuários e eram viaturas operacionais caracterizadas. Como o sistema eletrônico de informações ainda não estava implementado, tais informações e dados estatísticos não estão disponíveis para consulta e análise dos resultados.

Nesse contexto, justifica-se a realização de estudo sobre o controle de velocidade como forma de coibir o excesso de velocidade e assim promover a melhoria da segurança viária. Sendo a Polícia Rodoviária Federal a responsável pela fiscalização de trânsito nas rodovias federais, a avaliação do impacto de diferentes estratégias de fiscalização de velocidade se torna relevante para o planejamento de suas atividades na busca pela redução da acidentalidade e também da gravidade dos acidentes.

#### 1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

As análises e conclusões do presente trabalho referem-se aos dados obtidos com as estratégias de fiscalização adotadas em pontos da região metropolitana de Porto Alegre, nos quais são utilizados radares de forma ostensiva em fiscalizações rotineira de velocidade, conforme a legislação vigente. A extrapolação para outras regiões, tanto do estado do Rio Grande do Sul como do Brasil, poderá ser feita, com as devidas precauções.

#### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos, incluindo esta introdução, a qual apresenta uma visão inicial, os objetivos, as hipóteses, a justificativa do tema, as delimitações e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo buscou-se apresentar as discussões feitas por outros estudiosos acerca dos assuntos em tela, de modo a dar embasamento para o desenvolvimento do tema apresentado. Os assuntos são: segurança viária, acidente de trânsito, velocidade, ações de fiscalização e redução de acidentes.

No terceiro capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados no presente trabalho. É apresentado o cenário do estudo, com a caracterização do local e justificativa de escolha do mesmo. Também é apresentada a base de dados histórica de acidentes em rodovias federais gaúchas, bem como a construção da base de dados de velocidades dos veículos monitorados no estudo.

No quarto capítulo é feita a discussão dos resultados e a apresentação da análise dos dados obtidos e a relação dos mesmos com os dados históricos de acidentalidade nos trechos estudados.

Finalizando, o quinto e último capítulo apresenta as conclusões sobre as ações de fiscalização de velocidade com vistas ao aumento da segurança viária. São também apresentadas as recomendações para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é feita uma análise dos principais conceitos que permeiam esta dissertação, tais como segurança viária, velocidade e ações de fiscalização, com os devidos desmembramentos dos subitens.

### 2.1 SEGURANÇA VIÁRIA

O Brasil está inserido na Primeira Década de Ações pela Segurança no Trânsito (2011-2020), criada pela Organização das Nações Unidas e pela Organização Mundial de Saúde, a qual busca reduzir o número de acidentes e a segurança viária é o pilar fundamental desta ação. Dentro desse panorama, é preciso que estudos mostrem cientificamente como buscar a redução dos acidentes de trânsito (ASSEMBLEIA GERAL DAS NAÇÕES UNIDAS, 2010). A Segunda Década de Ações pela Segurança no Trânsito para os anos de 2021 a 2030 busca a redução de, pelo menos, 50% de lesões e mortes no trânsito no mundo inteiro.

Pode-se dizer que segurança viária não é um conceito fechado, pois envolve mais de uma variável. A segurança viária se refere a uma série de métodos e medidas destinadas a reduzir o risco de acidentes (ADRIANATISCA et al., 2016). São três fatores envolvidos: indivíduo, veículo e ambiente. Uma intervenção nestes três fatores tem se mostrado eficiente para a redução dos acidentes de trânsito (DELLINGER; SLEET, 2010). Então, é possível afirmar que é necessário haver um conjunto de medidas, disposições e normas que visem proteger todos os sujeitos. A proteção dos sujeitos ocorre quando se busca evitar os acidentes de trânsito e as lesões destes decorrentes, ou, não sendo possível evitar, reduzir os danos decorrentes do evento chamado acidente de trânsito.

Os países de baixa e média renda, sendo o Brasil um deles, têm apresentado as maiores taxas de mortalidade no trânsito, sendo que possuem 48% da frota mundial e respondem por 91% das fatalidades em rodovias (Tabela 3). Uma revisão sistemática em países de baixa e média renda mostrou que os melhores resultados são alcançados quando ocorre a combinação em uma abordagem multifacetada entre a intervenção de leis e a fiscalização de controle de velocidade do que quando apenas uma delas é implementada (STATON et al., 2016).

Tabela 3 - Modelagem por taxas de mortalidade de acidentes de trânsito (por população de 100 mil) por região da OMS e grupo de renda.

Região da OMS	Alta Renda	Média Renda	Baixa Renda	Total
Região Africana	-	32,2	32,3	32,2
Região das Américas	13,4	17,3	-	15,8
Região do Sudeste Asiático	-	16,7	16,5	16,6
Região do Mediterrâneo Oriental	28,5	35,8	27,5	32,2
Região Europeia	7,9	19,3	12,2	13,4
Região do Pacífico Ocidental	7,2	16,9	15,6	15,6
<b>Global</b>	10,3	19,5	21,5	18,8

Fonte: World Health Organization, 2018.

### 2.1.1 Conceitos de acidente de trânsito

Os acidentes de trânsito, mesmo em países desenvolvidos como os da União Europeia, são causa de preocupação aos órgãos governamentais (MÁSILKOVÁ, 2017). Na Suécia, que é um dos países mais seguros do mundo no que se refere ao trânsito, há uma grande quantidade de pessoas feridas em acidentes de trânsito e os governantes consideram que são necessários grandes e contínuos esforços para melhorar a segurança viária (BERG; IFVER; HASSELBERG, 2016).

O acidente de trânsito não está conceituado formalmente no Código de Trânsito Brasileiro, porém a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) o definia em 2018 como sendo:

Todo evento não premeditado que resulte em dano em veículo ou a sua carga e/ou lesões em pessoas e/ou animais em que pelo menos uma das partes esteja em movimento nas vias terrestres ou áreas abertas ao público. Pode originar-se, terminar ou envolver veículo parcialmente na via pública. (ABNT, 2018)

Em 2020, a ABNT inseriu os conceitos de sinistro de trânsito e incidente de trânsito. Sinistro de trânsito passou a ser considerado todo evento que resulte em dano ao veículo ou à sua carga e/ou lesões a pessoas e/ou animais, e que possa trazer danos materiais ou prejuízos ao trânsito, à via ou ao meio ambiente, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou em áreas abertas ao público. O

incidente de trânsito seria a ocorrência em que não houvesse vítima ou dano material (ABNT, 2020)

O Manual de Atendimento de Acidentes de Trânsito da Polícia Rodoviária Federal (M015), apoiado no conceito da ABNT de 2018, define que o acidente de trânsito é o fato que ocorre em uma faixa de domínio de rodovia ou estrada federal, envolvendo veículo, que não seja premeditado e que resultem em danos materiais em bens públicos ou particulares ou lesões em pessoas. Esse conceito é importante, pois, com o advento do M015 em 01 de janeiro de 2017, ocorreu a diferenciação entre acidente relevante e acidente de relevância secundária, o que modificou o modo de atendimento e do registro do acidente de trânsito por parte da PRF (PRF, 2018).

O acidente de trânsito relevante é aquele cujos efeitos ou circunstâncias justifiquem o interesse da PRF em mobilizar servidores para sua apuração e registro. Para que a ocorrência se caracterize como relevante, é necessária a identificação de pelo menos uma das situações elencadas na (Figura 1):

*Figura 1 - Situações que tornam o acidente "relevante".*

- a) vítima (lesionada ou morta);
- b) danos a bens públicos não concedidos à iniciativa privada. (como veículos oficiais, sinalizações, mobiliário, entre outros);
- c) danos ao meio ambiente;
- d) condutor inabilitado, com CNH suspensa ou cassada;
- e) ocorrência de algum crime correlacionado diretamente ao acidente (exemplos: crimes de trânsito, saque de carga em veículo acidentado, entre outros);
- f) vazamento ou derramamento de produto perigoso; avaria nas embalagens dos produtos perigosos fracionados; dano no equipamento de transporte de produto perigoso a granel (por exemplo, uma carroceria do tipo tanque);
- g) envolvimento de algum condutor que esteja sob influência de substância psicoativa de uso indevido (álcool ou qualquer outra), independentemente do teor ou da forma de constatação, bem como que tenha se recusado a se submeter a testes para a comprovação de uso de alguma dessas substâncias;
- h) interrupções totais ou parciais do leito carroçável com grave prejuízo à fluidez, comprometendo significativamente o direito de locomoção das pessoas;
- i) ocorrência de incêndio (abrangendo pelo menos um terço das dimensões do veículo) ou submersão em algum dos veículos envolvidos;
- j) “veículo localizado” e “condutor não localizado” (após esgotadas todas as possibilidades).

Já o acidente de trânsito de relevância secundária é aquele cujos efeitos ou circunstâncias envolvidas sejam de interesse secundário da PRF em mobilizar servidores para sua apuração e registro, isto é, são todos aqueles que não forem classificados como acidente relevante. Essa diferenciação tem dois pontos a serem considerados: em relação ao atendimento e ao modo de registro do acidente de trânsito.

O acidente relevante pressupõe obrigatoriamente a presença da viatura policial no local e o registro no sistema BAT (Boletim de Acidente de Trânsito) por parte do policial de todo o levantamento do local, com coleta de dados e outras informações, tais como narrativa, croqui, apontamento de fator principal de causa do acidente, levantamento fotográfico, entre outros. Já o acidente de relevância secundária não terá, obrigatoriamente, a presença da viatura policial no local, sendo essa discricionária por parte da equipe de serviço sobre a circunscrição da rodovia. Além disso, por não ser obrigatória a presença policial, o registro deverá ser feito pelos próprios usuários, em sistema *web*, chamado DAT (Declaração de Acidente de Trânsito), onde o envolvido no acidente relata o acontecido e o chefe da Delegacia PRF do local faz a validação dos dados inseridos.

Em relação ao registro, o ponto a ser considerado é que todos os acidentes registrados através do DAT, ou seja, aqueles de relevância secundária, não entram na estatística. O levantamento estatístico considera apenas os acidentes registrados através de BAT, isto é, aqueles que são considerados relevantes. Isto se justifica pois os dados inseridos são de responsabilidade do próprio usuário, não sendo possível verificar se tais informações estão corretas ou não. Por outro lado, isso pode gerar um viés na estatística já que, por exemplo, os pequenos acidentes como as colisões traseiras nos congestionamentos, uma vez que não se enquadrem em nenhum dos itens citados acima, não serão considerados nos números.

### **2.1.2 Causas e tipos de acidente de trânsito**

As causas presumíveis dos acidentes de trânsito são um conjunto de possibilidades, presumidas mediante a análise dos vestígios, que podem potencializar a probabilidade de acidentes. Esse conjunto de circunstâncias são complexos, pois podem envolver mais de um fator que não estão ligados somente ao condutor, mas também ao veículo, ao ambiente, à estrutura de fiscalização e à distribuição de pessoas e mercadorias (ALMEIDA; PIGNATTI; ESPINOSA, 2009) (ALMEIDA et al., 2013) (OGDEN, 1996).

No senso comum, o comportamento do condutor, seja por ação ou omissão, tem sido destacado entre os fatores contribuintes para o acidente, e as principais medidas de controle propostas para redução de acidentes são focalizadas em ações no indivíduo, por serem consideradas ações eficazes, normalmente de baixo custo, com potencial de evitar o acidente ou reduzir significativamente sua gravidade (ALMEIDA; PIGNATTI; ESPINOSA, 2009). Dentro dos fatores humanos que são resultantes de ações ou omissões dos seres humanos (pedestres, condutores, etc.) pode-se destacar a falta de atenção, tanto do condutor como do pedestre, o excesso de velocidade, o consumo de substâncias que afetam o desempenho na condução do veículo, o cometimento de infrações de trânsito, o excesso de confiança do condutor, entre outros (PRF, 2018).

Diferentemente de outros estudos (ARIAS COHL, 2005; ASHLEY et al., 2019; BIFFE et al., 2017; BUCSUHÁZY et al., 2020; CHIOU; FU, 2013; HADJI HOSSEINLOU; MAHDAVI; JABBARI NOOGHABI, 2018; TOUAHMIA, 2018) a Polícia Rodoviária Federal faz a distinção entre fator principal do acidente e circunstâncias presumíveis ou fatores contribuintes. Por fator principal do acidente, o qual vai descrito na narrativa da ocorrência, compreende-se toda manobra, ação, omissão, falha ou condição (imediatamente anterior ao sítio de colisão), que efetivamente provocou a ocorrência. São exemplos de fator principal do acidente: manobras de invasão de faixa contrária ou tráfego pela contramão; presença de pedestres ou animais na pista; existência de buracos, desníveis ou defeitos no leito carroçável; ausência de reação materializada ou perda de controle de direção do condutor; manobras de retorno, conversão e acesso; defeito mecânico no veículo; insuficiência na sinalização, entre outras (PRF, 2018).

As circunstâncias presumíveis ou os fatores contribuintes são aqueles que podem contribuir para a ocorrência de um acidente e são apuradas pelo policial por meio de presunção, através da análise dos vestígios materiais identificados. O M015 também divide estas circunstâncias em três grupos, tais quais o conceito de causa dos acidentes visto anteriormente. Durante o atendimento do acidente, o policial deve registrar todas as circunstâncias presumíveis identificadas, as quais servem para fins estatísticos, estudos e planejamento de ações e políticas preventivas, não sendo impressas no boletim de acidente de trânsito. Apesar de ser possíveis colocar quantas causas presumíveis forem identificadas, deverá ser apontada no sistema a de maior importância.

De acordo com o M015, as circunstâncias presumíveis serão selecionadas, conforme a (Figura 2):

*Figura 2 - Circunstâncias presumíveis de um acidente de trânsito.*

- **AGRESSÃO EXTERNA:** ação deliberada de terceiros (dolosa).
- **ANIMAIS NA PISTA:** presença ou comportamento de animal na via, atropelado ou não.
- **AVARIAS E/OU DESGASTE EXCESSIVO NO PNEU:** pelo menos uma das seguintes situações: estouro, esvaziamento, descolamento e/ou desgaste na banda de rodagem, entre outras.
- **CARGA EXCESSIVA E/OU MAL ACONDICIONADA:** excesso de peso, de dimensões e/ou o mau acondicionamento da carga.
- **DEFEITO MECÂNICO EM VEÍCULO:** falha no veículo. Excetuam-se desta classificação os danos aos pneumáticos e a deficiência do sistema de iluminação/sinalização, por haver opção mais específica.
- **DEFEITO NA VIA:** pelo menos um aspecto relacionado ao estado de conservação da via, a sua estrutura, às obras de arte, entre outros. Excetuam-se desta classificação os aspectos relativos à sinalização da via, à perda de aderência entre o veículo e o pavimento e à visibilidade, por haver opção mais específica.
- **DEFICIÊNCIA OU NÃO ACIONAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO/SINALIZAÇÃO DO VEÍCULO:** fatores relacionados ao sistema de iluminação/sinalização do veículo.
- **DESOBEDIÊNCIA ÀS NORMAS DE TRÂNSITO PELO CONDUTOR:** desobediência pelo condutor às normas de trânsito. Excetuam-se desta classificação as ultrapassagens indevidas ou questões relativas à velocidade, por haver opção mais específica.
- **DESOBEDIÊNCIA ÀS NORMAS DE TRÂNSITO PELO PEDESTRE:** desobediência pelo pedestre às normas de trânsito.
- **DORMINDO:** presunção baseada na análise da dinâmica do acidente, que esse comportamento do condutor contribuiu para a ocorrência do acidente.
- **FALTA DE ATENÇÃO À CONDUÇÃO:** comportamento desatento do condutor.
- **FALTA DE ATENÇÃO DO PEDESTRE:** comportamento desatento do pedestre.
- **FENÔMENOS DA NATUREZA:** pelo menos um fenômeno natural. Excetuam-se aqueles que interferem especificamente na visibilidade, por haver opção mais específica.
- **INGESTÃO DE ÁLCOOL PELO CONDUTOR:** ingestão de álcool pelo condutor.
- **INGESTÃO DE SUBSTÂNCIAS PSICOATIVAS PELO CONDUTOR:** ingestão de substâncias psicoativas pelo condutor.
- **INGESTÃO DE ÁLCOOL E/OU SUBSTÂNCIAS PSICOATIVAS PELO PEDESTRE:** ingestão de álcool ou de substâncias psicoativas pelo pedestre.
- **MAL SÚBITO:** problemas de saúde do condutor.
- **NÃO GUARDAR DISTÂNCIA DE SEGURANÇA:** condutores não guardaram distância de segurança lateral e/ou frontal entre o seu e os demais veículos, ou em relação ao bordo do leito carroçável.
- **OBJETO ESTÁTICO SOBRE O LEITO CARROÇÁVEL:** existência de objeto estático sobre o leito carroçável. Consideram-se também, para os efeitos desta definição, veículos que não estejam em imobilização temporária.
- **PISTA ESCORREGADIA:** perda de aderência entre o veículo e o pavimento.
- **RESTRIÇÃO DE VISIBILIDADE:** presunção que tal condição contribuiu para a ocorrência do acidente.
- **SINALIZAÇÃO INSUFICIENTE OU INADEQUADA NA VIA:** presunção que a sinalização da via, ou a sua falta, contribuiu para a ocorrência do acidente, estando ela em desacordo com a regulamentação e/ou insuficiente/inadequadamente implantada.
- **ULTRAPASSAGEM INDEVIDA:** presunção que o condutor realizava manobra de ultrapassagem em desacordo com as normas de circulação e conduta previstas na legislação vigente.
- **VELOCIDADE INCOMPATÍVEL:** presunção que o veículo desenvolvia velocidade inadequada, mesmo que dentro dos limites permitidos por lei, mas incompatível com as condições meteorológicas, do local, do tráfego, do próprio veículo e da sua carga.

*Fonte: M015 - Manual de Atendimento de Acidentes - PRF, 2018.*



Os tipos de acidentes de trânsito são definidos pela Polícia Rodoviária Federal nos seguintes itens, conforme a (Figura 3):

*Figura 3 - Tipos de acidentes de trânsito.*

- **ATROPELAMENTO DE ANIMAL:** impacto entre veículo em movimento e um ou mais animais, sejam eles conduzidos, montados, arrebanhados ou soltos.
- **ATROPELAMENTO DE PEDESTRE:** impacto entre veículo em movimento e uma ou mais pessoas.
- **CAPOTAMENTO:** evento em que o veículo dá um giro sobre si, no sentido longitudinal ou transversal, em um ângulo igual ou superior a 180°, imobilizando-se em qualquer posição.
- **COLISÃO COM OBJETO EM MOVIMENTO:** impacto envolvendo objeto em movimento e veículo.
- **COLISÃO COM OBJETO ESTÁTICO:** impacto de um veículo em movimento contra qualquer obstáculo fixo, estático, ou contra outro veículo. O impacto em um veículo com imobilização temporária não configura colisão com objeto estático.
- **COLISÃO FRONTAL:** Impacto entre veículos que transitavam em sentidos opostos e na mesma direção (ou praticamente idênticas), resultando em alteração substancial e imediata da velocidade de pelo menos um dos veículos. A interação entre os veículos pode ocorrer em quaisquer de suas partes em razão de particularidades relativas à dinâmica do acidente.
- **COLISÃO LATERAL:** Impacto entre veículos que transitavam no mesmo sentido ou em sentidos opostos, e na mesma direção (ou praticamente idênticas), não resultando em alteração substancial e imediata da velocidade. A interação entre os veículos pode ocorrer em quaisquer de suas partes em razão de particularidades relativas à dinâmica do acidente.
- **COLISÃO TRANSVERSAL:** impacto transversal, entre veículos que transitavam em direções que se cruzam, ortogonal ou obliquamente.
- **COLISÃO TRASEIRA:** impacto entre dois veículos que transitavam na mesma direção, ou praticamente idênticas, e no mesmo sentido. Considerando que o veículo que vinha à retaguarda atinge o veículo da frente.
- **DERRAMAMENTO DE CARGA:** queda ou derramamento da carga do veículo.
- **ENGAVETAMENTO:** colisão traseira entre três ou mais veículos. Trata-se a combinação de veículos como sendo um só veículo.
- **INCÊNDIO:** evento em que o veículo se incendia involuntariamente.
- **QUEDA DE OCUPANTE DE VEÍCULO:** queda de ocupante que estava em determinado veículo. Em casos, por exemplo, de tombamento ou capotamento de veículos (principalmente os de duas ou três rodas) a queda dos ocupantes é evento secundário. Aqui ambos os eventos devem ser registrados como eventos sucessivos.
- **SAÍDA DE LEITO CARROÇÁVEL:** evento no qual o veículo sai totalmente do leito carroçável.
- **TOMBAMENTO:** evento em que o veículo gira sobre si, no sentido longitudinal ou transversal, em um ângulo menor que 180°, imobilizando-se em qualquer posição.
- **DANOS EVENTUAIS:** eventos que envolvam situações atípicas, isto é, não enquadrados em nenhuma das tipificações específicas.

*Fonte: M015 - Manual de Atendimento de Acidentes - PRF, 2018.*

### 2.1.3 Como medir a gravidade do acidente de trânsito

A estatística de acidentes de trânsito é feita de maneira diferente dependendo do órgão que faz o levantamento. No Brasil cada instituição tem autonomia para montar sua base de dados, o que pode gerar conflito entre os números apresentados. Um exemplo clássico ocorre com a diferença entre os dados do Rio Grande do Sul onde a Polícia Rodoviária Federal, seguindo o padrão nacional da instituição, considera o acidente com óbito aquela ocorrência onde o evento morte ocorre ainda na rodovia e o Detran considera acidente com óbito aquele em que a morte ocorre em até 30 dias da data do evento.

Exemplificando, um acidente onde o veículo sai do leito carroçável e o condutor que tem lesões graves vem a falecer no hospital depois de 10 dias do fato em decorrência dos danos corporais resultantes do acidente tem enquadramentos diferentes para a PRF e para o Detran. A PRF considera que houve um acidente com lesões graves e o Detran considera que houve um acidente com óbito. Outros estudos mostram é preciso utilizar os diferentes bancos de dados existentes para um melhor entendimento do acidente, uma vez que há diferente produção de informações pelos policiais no local do acidente, pelos profissionais de saúde no estabelecimento de internação e por médicos legistas na declaração do óbito (PAIXÃO et al., 2015).

Existem vários métodos para medir a gravidade da lesão em um acidente. Uma que é de uso comum é a *Abbreviated Injury Severity Scale* (AIS) que seria uma escala de severidade da lesão. O AIS é uma medida construída em 1971 para indicar o nível de lesões de ocupantes em caso de colisões (SOBHANI et al., 2011)

O estado físico dos indivíduos é que determina se o acidente é considerado sem lesões, com lesões leves, com lesões graves ou com óbito. Dentro da estatística realizada pela Polícia Rodoviária Federal, os acidentes são classificados em relação às lesões dos envolvidos de acordo com o estabelecido no Manual de Atendimento de Acidentes conforme (Figura 4):

Figura 4 - Classificação do estado físico dos envolvidos em um acidente de trânsito.

### 2.2.1 Estado físico dos envolvidos

42. A PRF adota os seguintes critérios para a classificação do estado físico das pessoas envolvidas no acidente:

43. ILESO: pessoa que não apresenta nenhuma queixa de dor, sinal ou sintoma de lesões provenientes do acidente, mesmo que apresente alterações psicológicas ou que seja encaminhada para atendimento hospitalar.

44. LESÕES LEVES: lesão em pessoa que, por consequência do acidente, apresenta ao menos um sinal ou sintoma da lista a seguir: a) queixa de dores em geral, relacionadas à dinâmica do acidente; b) pequenos cortes, contusões e escoriações (inclusive as provocadas por cinto de segurança); c) queimaduras de 1º grau. (até 10% da superfície corporal); d) fratura dos dentes; e) pequenas hemorragias externas; f) pequenas entorses; g) luxações e/ou fraturas fechadas e/ou abertas dos dedos.

45. LESÕES GRAVES: lesão em pessoa que, por consequência do acidente, não foi classificada como leve ou não tenha como resultado o óbito.

46. MORTO: pessoa em óbito no local (com sinais evidentes de morte ou com a condição de morto constatada por profissional legalmente habilitado) em consequência de acidente de trânsito.

47. A vítima que venha a morrer, após remoção do sítio do acidente, será classificada de acordo com as lesões apresentadas antes do transporte.

48. Nesses casos, o policial marcará “morreu após remoção” no campo próprio do sistema de registro de acidentes.

49. Para fins de caracterização do estado físico morto, este Manual adota como sinais evidentes de morte: a) estado de decomposição; b) decapitação ou segmentação do tronco; c) esmagamento do corpo; d) esmagamento de crânio com perda de massa encefálica e ausência de sinais vitais; e) carbonização do corpo; f) rigidez cadavérica; g) lesões e deformidades que descartem qualquer possibilidade de vida.

50. IGNORADO: quando não há informações a respeito do estado físico do envolvido não localizado.

Fonte: M015 - Manual de Atendimento de Acidentes - PRF, 2018.

Na Suécia um estudo apontou que há dúvidas quanto à precisão das estatísticas de acidentes rodoviários em relação a acidentes leves e graves (BULL; ROBERTS, 1973). Outra pesquisa apontou que a China tem diferentes categorizações de dados para avaliar a gravidade dos diferentes tipos de acidentes e, ainda, para demonstrar os principais fatores que contribuem para o aumento da gravidade dos acidentes (WANG et al., 2019). Por fim, um levantamento na Índia apontou que os dados de lesões são subestimativas grosseiras e um estudo em Bangalore comparou mortes relatadas pelos policiais e mortes constatadas nos hospitais e encontrou subnotificação de 5% para mortes e mais de 50% para ferimentos graves (RUIKAR, 2013).

### **2.1.4 Custos e consequências dos acidentes de trânsito**

Os acidentes de trânsito são um problema de grande gravidade no mundo inteiro. É preciso entender que tal evento gera custos e consequências variadas. Os custos associados aos acidentes de trânsito podem estar associados às pessoas, aos veículos e também os chamados custos institucionais e à propriedade pública e privada (CARVALHO, 2020). As consequências dos acidentes podem ser lesões, danos à propriedade e sociais. Pode-se afirmar que os acidentes de trânsito são uma epidemia que produz uma quantidade grande de mortes, feridos e pessoas incapacitadas, resultando em elevados custos financeiros e sociais (MARÍN; QUEIROZ, 2000).

Inicialmente, é importante ressaltar que cada componente do custo total dos acidentes pode ser desmembrado em vários itens. Conforme o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) os custos associados às pessoas incluem o atendimento pré-hospitalar, hospitalar e pós-hospitalar, a perda de produção, a remoção ou traslado da vítima fatal e o fator previdenciário. Os custos associados aos veículos, tais como os danos materiais, a remoção, a estadia no pátio e a reposição do veículo pelo tempo que fica sem ser utilizado também são valores a serem considerados dentro da análise dos custos. Finalizando, existem os chamados custos institucionais que são aqueles decorrentes da movimentação da máquina, uma vez que com a ocorrência do acidente irá ocorrer o funcionamento da estrutura do sistema judiciário, seja no âmbito penal e/ou civil, bem como o atendimento policial, com uso do tempo de policiais e viaturas (IPEA, 2015).

A tabela 4 sintetiza os custos dos acidentes ocorridos nas rodovias federais do Brasil no ano de 2014. O custo total foi de mais de 12 bilhões de reais e 62% deste valor está relacionado às pessoas envolvidas nos acidentes. São exemplos desses custos os valores gastos com cuidados com a saúde e a perda de produção decorrente da inatividade ou mesmo a morte. Ainda, mais de 37% dos custos estão associados aos veículos, incluídos os danos materiais, a perda de cargas, remoção, etc. (IPEA, 2015).

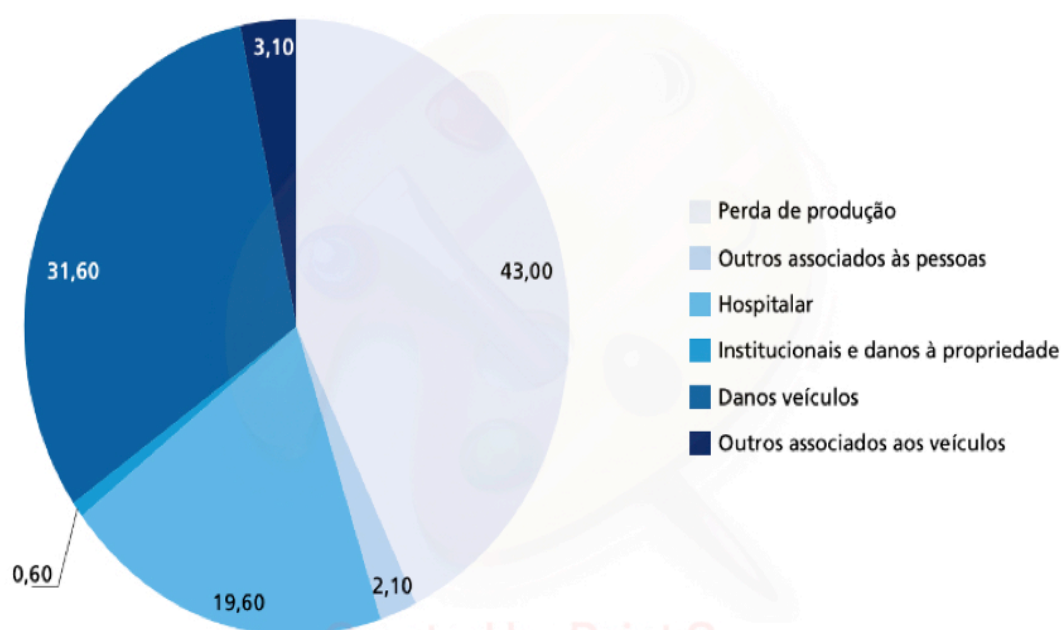
Tabela 4 - Custo de acidentes de trânsito nas rodovias federais em 2014.

Custos	Descrição	Valor (R\$)	(%)
Associado às pessoas	Despesas hospitalares, atendimento, tratamento de lesões, remoção de vítimas e perda de produção	7.950.940.442	62,01
Associado aos veículos	Remoção de veículos; danos aos veículos e perda de carga	4.800.442.760	37,44
Institucionais e danos à propriedade	Atendimento, processos e danos à propriedade pública e privada	69.995.293	0,5
<b>Total</b>		<b>12.821.378.495</b>	<b>100,00</b>

Fonte: IPEA, Denatran, ANTP e PRF, 2014.

Individualizando os custos dos últimos dados obtidos (figura 5), verifica-se que o maior custo de todos é o da perda de produção dos indivíduos, que se afasta do emprego ou que deixa de ser um ente colaborativo na renda família. Nesse ponto, pode-se perceber que os custos e as consequências do acidente de trânsito não refletem apenas no indivíduo que participa ativamente do acidente, mas na família como um todo (MÁSILKOVÁ, 2017). No período observado, o segundo maior custo é o gasto com danos aos veículos, seguido do custo com as despesas hospitalares.

Figura 5 - Componentes de custos de acidentes de trânsito nas rodovias federais em 2014 (em %).



Fonte: IPEA, Denatran, ANTP e PRF, 2014.

O cálculo dos custos dos acidentes em rodovias federais é diferente das rodovias estaduais e municipais, em função da disponibilidade dos dados. Os dados aqui apresentados fazem parte de uma atualização anual feita pelo IPEA, sendo esta última realizada em junho de 2020. Conforme o IPEA, os custos dos acidentes nas rodovias federais (tabela 5) foram estimados com base em uma pesquisa realizada em 2006 em conjunto pelo IPEA, DENATRAN e ANTP, considerando a base de dados de acidentes da PRF do ano de 2014 (IPEA/DENATRAN/ANTP, 2006).

*Tabela 5 - Custo total e médio por gravidade do acidente de trânsito em rodovias federais brasileiras em 2014.*

Gravidade do Acidente	Quantidade de Acidentes	Custo Total (R\$ dez. 2014)	Custo Médio (R\$ dez. 2014)
Com fatalidade	6.743	4.482.891.117	664.821,46
Com vítimas	62.346	6.031.838.004	96.747,79
Sem vítimas	98.158	2.306.592.728	23.498,77
<b>Total</b>	<b>167.247</b>	<b>12.821.321.849</b>	<b>261.689,34</b>

*Fonte: IPEA, Denatran, ANTP e PRF, 2014*

Os números (tabela 5) mostram que o acidente com óbito tem um custo seis vezes maior que o acidente com vítimas e mais de vinte vezes o valor do acidente sem vítimas. Importante ressaltar que o Departamento de Polícia Rodoviária Federal, dentro das suas diretrizes de Segurança Viária, tem o foco principal em coibir os acidentes graves, ou seja, aqueles com óbitos e lesões graves.

As tabelas 6, 7 e 8 mostram os valores dos custos por componente elementar, conforme a definição do IPEA e da Polícia Rodoviária Federal. A tabela 6 mostra os custos médios associados às pessoas, isto é, em relação à gravidade dos danos sofridos pelas pessoas em acidentes ocorridos em rodovias federais. É possível perceber que os custos são crescentes conforme aumenta a gravidade das lesões, com o maior custo sendo aquele onde ocorre o óbito, uma vez que a perda de produção é irreversível. Também é relevante o custo dos gastos hospitalares onde o indivíduo sofreu lesões graves representando quase um terço do valor total quando se avalia o custo dos acidentes com feridos graves.

Tabela 6 - Custos médios (em R\$) por componente de custo associado às pessoas segundo a gravidade do acidente de trânsito em rodovias federais brasileiras em 2014.

		Acidentes		
		Sem vítimas	Com vítimas	Com fatalidade
Ilesos	Pré-hospitalares	4,42	414,44	0,00
	Hospitalares	625,60	675,59	68,57
	Pós-hospitalares	40,59		352,78
	Perda de produção	415,53	3.020,57	1.418,60
	Remoção	-	-	-
	<b>Total</b>	<b>1.086,14</b>	<b>4.110,60</b>	<b>1.839,95</b>
Feridos Leves	Pré-hospitalares	0,00	759,18	3.488,81
	Hospitalares	620,62	5.661,76	1.969,46
	Pós-hospitalares	0,00	208,50	1.528,73
	Perda de produção	5.835,71	1.840,00	1.648,76
	Remoção	-	-	-
	<b>Total</b>	<b>6.456,33</b>	<b>8.469,44</b>	<b>8.635,76</b>
Feridos Graves	Pré-hospitalares	1.707,32	1.111,73	1.032,95
	Hospitalares	18.069,70	72.855,40	56.862,42
	Pós-hospitalares	160,13	3.150,21	5.498,02
	Perda de produção	2.483,92	47.797,94	77.113,46
	Remoção	-	218,64	649,12
	<b>Total</b>	<b>22.421,07</b>	<b>125.133,92</b>	<b>141.155,97</b>
Mortos	Pré-hospitalares	-	0,00	86,28
	Hospitalares	-	0,00	143,19
	Pós-hospitalares	-	0,00	-
	Perda de produção	-	335.172,20	432.557,99
	Remoção	199,28	-	499,24
	<b>Total</b>	<b>199,28</b>	<b>335.172,20</b>	<b>433.286,70</b>

Fonte: IPEA, Denatran, ANTP e PRF, 2014.

A tabela 7 mostra os custos médios associados aos veículos, isto é, em relação ao tipo de veículo envolvido nos acidentes ocorridos em rodovias federais. A grande maioria tem um custo maior quando há o óbito de algum envolvido, com exceção das bicicletas e caminhões, onde o maior custo ocorreu em acidentes com vítimas sem óbitos.

Tabela 7 - Custos médios (em R\$) por componente de custo associado a veículos segundo a gravidade do acidente de trânsito em rodovias federais brasileiras em 2014.

		Acidentes		
		Sem vítimas	Com vítimas	Com fatalidade
Automóveis	Remoção/Pátio	193,22	168,10	743,60
	Danos materiais	6.965,90	11.958,72	18.580,31
	Perda de carga	0,00	0,00	0,00
	<b>Total</b>	<b>7.159,12</b>	<b>12.126,82</b>	<b>19.323,91</b>
Motocicletas	Remoção/Pátio	51,59	145,28	181,09
	Danos materiais	2.421,61	2.595,74	4.088,74
	<b>Total</b>	<b>2.473,20</b>	<b>2.741,02</b>	<b>4.269,83</b>
Bicicletas	Remoção/Pátio	-	0,00	0,00
	Danos materiais	-	168,74	124,10
	<b>Total</b>	<b>0,00</b>	<b>168,74</b>	<b>124,10</b>
Utilitários	Remoção/Pátio	110,76	162,96	127,14
	Danos materiais	10.396,71	19.846,39	34.861,81
	Perda de carga	62,29	231,03	102,51
	<b>Total</b>	<b>10.569,76</b>	<b>20.240,38</b>	<b>35.091,46</b>
Caminhões	Remoção/Pátio	178,33	351,53	461,89
	Danos materiais	18.805,75	57.009,43	41.718,38
	Perda de carga	3.329,84	8.295,05	5.645,19
	<b>Total</b>	<b>22.313,92</b>	<b>65.656,01</b>	<b>47.825,46</b>
Ônibus	Remoção/Pátio	64,39	218,46	522,97
	Danos materiais	16.004,91	10.318,39	20.163,12
	<b>Total</b>	<b>16.069,30</b>	<b>10.536,85</b>	<b>20.686,09</b>
Outros	Remoção/Pátio	88,52	177,05	1.403,74
	Danos materiais	10.218,84	79.931,58	52.522,13
	Perda de carga	0,00	0,00	27.283,43
	<b>Total</b>	<b>10.307,36</b>	<b>80.108,63</b>	<b>81.209,30</b>

Fonte: IPEA, Denatran, ANTP e PRF, 2014.



A tabela 8 mostra os custos médios institucionais e os danos patrimoniais. Analisando a tabela, percebe-se que os acidentes com óbitos possuem maior custo em relação aos acidentes sem vítimas ou com vítimas com lesões.

*Tabela 8 - Custos médios (em R\$) por componente de custos institucionais e danos patrimoniais segundo à gravidade do acidente de trânsito em rodovias federais brasileiras.*

		Acidentes		
		Sem vítimas	Com vítimas	Com fatalidade
Custos institucionais e danos patrimoniais	Atendimento	151,94	238,22	342,96
	Danos patrimoniais	301,41	100,11	310,10
	<b>Total</b>	<b>453,35</b>	<b>338,33</b>	<b>653,06</b>

*Fonte: IPEA e ANTP, 2003.*

Em relação às consequências, no que se refere aos indivíduos envolvidos em um acidente de trânsito, estes podem sofrer traumas psicológicos, duradouros ou não, e desenvolverem medos e fobias através da chamada síndrome pós-acidente, a qual é dependente das características fisiológicas e psicológicas da pessoa que sofre o trauma (PEGIN; PEGINA, 2018). Após um ano da ocorrência do acidente, as consequências para as vítimas continuam a ser significativas. Em termos de impacto físico, a dor frequentemente persiste, prejudicando o dia a dia dos envolvidos. Na parte psicológica, há uma elevada taxa de transtorno de estresse pós-traumático crônico e um impacto não desprezível na vida afetiva e ocupacional (HOURS et al., 2013).

Além dos traumas psicológicos, as transformações no corpo humano também são importante consequência no que diz respeito ao trauma social que podem ocasionar. O rosto, por exemplo, é importante na formação e manutenção das relações humanas, e acidentes de trânsito podem causar danos irreversíveis na face dos indivíduos envolvidos (HUGHES, 2019).

Após o acidente de trânsito não há, no Brasil, nenhuma avaliação psicológica obrigatória estatal do indivíduo envolvido em relação às consequências psicológicas que ele possa ter sofrido. Estudos avaliam que a gravidade pode ser condicionada pela intensidade e duração do trauma dependendo ainda das capacidades fisiológicas e psicológicas individuais do envolvido. Em relação aos motoristas, há a sugestão de que quatro critérios devem ser considerados: o limiar de percepção, a impulsividade, o comportamento de fuga e sinais de depressão (PEGIN; PEGINA, 2018).

O limiar de percepção é uma característica básica da percepção, especificando como e com quais parâmetros psíquicos um estímulo físico pode atingir a consciência do indivíduo. A impulsividade é a capacidade de se conter, ou seja, é predisposição para uma reação espontânea a qualquer estímulo externo ou interno, sem levar em conta as possíveis consequências. O comportamento de fuga pode fazer o indivíduo buscar evitar situações referentes ao evento de trauma. Por fim, os sinais de depressão devem ser observados e comparados com a situação imediatamente anterior a que se encontrava aquele que sofre o trauma. Importante perceber que a avaliação de tais critérios em cada indivíduo pode ser diferente por se tratar de pessoas diferentes (PEGIN; PEGINA, 2018).

### **2.1.5 Políticas Públicas visando a redução de acidentes**

O termo políticas públicas é oriundo dos Estados Unidos, onde com o advento da Guerra Fria, foi preciso entender as consequências das tomadas de decisão do governo (SOUZA, 2006). Conceituando o termo pode-se dizer:

O conceito “políticas” está ligado a estratégias governamentais direcionadas a um assunto ou problema com o objetivo de solucioná-lo. São consideradas “públicas” quando essas ações são comandadas por integrantes estatais, com o objetivo de alterar as relações sociais existentes (GONÇALVES, 2012).

De uma forma geral, pode-se dizer que as políticas públicas são as decisões dos governos que buscam o bem-estar da sociedade. Relacionando ao trânsito e à redução de acidentes, é preciso compreender que o evento acidente de trânsito causa um efeito não apenas nos indivíduos, mas na sociedade como um todo, logo, há uma perda da sociedade quando há a ocorrência do acidente de trânsito e cabe aos governos montar estratégias para redução dos acidentes.

Existem diversos tipos de políticas públicas que podem ser implementadas pelos governantes, entre elas as questões regulatórias e estruturas de gestão, a fiscalização em trechos de maior acidentalidade, projetos de educação no trânsito, busca pela melhoria nas condições de circulação dos veículos automotores e das rodovias, investimento na qualificação contínua dos agentes que trabalham no tema e aquisição e modernização dos equipamentos dos órgãos. As políticas públicas são, de forma macro, do governo federal, porém os estados e municípios brasileiros também devem buscar, em consonância com o

governo federal, buscar manter uma estrutura adequada de gestão e fiscalização de trânsito.

O governo federal dos Estados Unidos estabeleceu em 1966 que a segurança nas rodovias deveria ser prioridade nacional e, através de um programa de políticas públicas, obteve um decréscimo de 21% nas mortes por acidentes de trânsito em 18 anos, mesmo que tenha ocorrido o incremento do número de quilômetros percorridos por veículo. As principais políticas públicas implementadas foram: programas de informação pública, promoção de mudanças de comportamento e de leis e avanços de engenharia e tecnologia sobre trânsito. Como resultado, os veículos ficaram mais seguros, houve mudança nas práticas de direção com menor número de condutores alcoolizados e maior uso do cinto de segurança, além de estradas mais seguras e com avanço nos serviços médicos de emergência (MARÍN; QUEIROZ, 2000).

O Brasil começou a pensar na segurança do trânsito de forma mais efetiva com o advento do Código de Trânsito Brasileiro, instituído pela Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997 (BRASIL, 1997) e da Lei nº 11.705 (Lei Seca), de 2008, que reduziu os níveis de alcoolemia permitidos e a venda de bebidas alcoólicas em rodovias federais (BRASIL, 2008). Com o passar dos anos, várias medidas foram sendo tomadas, como por exemplo a criação em 2010 do Projeto Vida no Trânsito que é a denominação no Brasil do projeto *Road Safety in Ten Countries*, que é destinado a buscar a redução das lesões e mortes causadas pelo trânsito em 10 países através de financiamento da Fundação *Bloomberg* e coordenado pela Organização Mundial de Saúde e suas agências regionais. No Brasil tem suporte da Organização Pan-americana de Saúde, com o aporte técnico e financeiro do Governo Federal. No Rio Grande do Sul este projeto foi colocado em prática em 2017.

Em 2011, o Brasil se inseriu na Década de Ações pela Segurança no Trânsito (2011-2020), criada pela Organização das Nações Unidas e pela Organização Mundial de Saúde, a qual busca reduzir o número de acidentes e suas consequências (ASSEMBLEIA GERAL DAS NAÇÕES UNIDAS, 2010). À Polícia Rodoviária Federal, inserida no contexto do Sistema Nacional de Trânsito, bem como órgão de Segurança Pública, compete envidar esforços para que os resultados previstos e o compromisso assumido relativo à redução de 50% das mortes no trânsito, bem como a gravidade dos acidentes e o número absoluto, sejam alcançados.

Em alinhamento com as metas da Década de Ações pela Segurança no Trânsito, o Manual de Gestão Operacional da Polícia Rodoviária Federal coloca a necessidade contínua de acompanhar, monitorar e realizar estudos de acidentalidade. Este processo é

feito com a coleta de dados para registro e estudo das causas e dos fatores que ocasionaram ou contribuíram para a ocorrência, tudo isso dentro do serviço de prevenção a atendimento de acidentes (PRF, 2018). O mesmo manual ainda impõe que, a partir da análise aprimorada dos dados estatísticos disponíveis, deve ocorrer o foco na prevenção e intervenção imediata nos acidentes graves, com direcionamento dos recursos necessários.

É importante explorar os recursos de informações de dados nacionais e realizar uma análise consistente desses dados (LIMA et al., 2019). De posse dos dados de trechos críticos, ou seja, àqueles em que ocorrem um número maior de acidente graves e acidentes com mortes, é possível indicar ações que podem ser realizadas com o intuito de reduzir a accidentalidade. Entre essas ações pode-se citar: educação para o trânsito, obras de engenharia e encaminhamento de proposições de modificações viárias, de infraestrutura e sinalização através da Superintendência Regional, e a fiscalização, tanto em um âmbito geral, como aquela focada no controle de velocidade.

Um estudo nas rodovias federais brasileiras com dados até o final do ano de 2017, que são os mais recentes, mostram que antes da Década de Ações pela Segurança no Trânsito havia uma tendência de incremento mensal do número de mortos, feridos graves e feridos leves por acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras (figura 6). Apesar ao alto número de acidentes nas rodovias federais, os números mostram uma tendência de redução dos acidentes, lesões e mortalidade nas rodovias federais mostrando de forma favorável o impacto da iniciativa (ANDRADE; ANTUNES, 2019). A ONU já declarou os anos de 2021 a 2030 como a Segunda Década de Ação pela Segurança no Trânsito (ASSEMBLEIA GERAL DAS NAÇÕES UNIDAS, 2020).

Figura 6 - Tendência do número mensal de mortos, feridos graves e feridos leves por acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras antes e após o início da Década de Ações pela Segurança no Trânsito (DAST). Brasil e micro regiões. 2007 – 2017.

Local	n	%	Antes da DAST VPM (IC95%)	Interpretação	Depois da DAST VPM (IC95%)	Interpretação
<b>Mortos</b>						
Norte	5.377	6,47	0,62 (0,21; 1,04)		-0,89 (-1,35; -0,43)	
Nordeste	26.201	31,52	0,61 (0,36; 0,86)		-1,10 (-1,37; -0,82)	
Sudeste	24.126	29,02	0,59 (0,30; 0,88)		-1,30 (-1,61; -0,98)	
Sul	17.318	20,83	1,01 (0,72; 1,29)	Aumento	-1,46 (-1,77; -1,15)	Diminuição
Centro-oeste	10.105	12,16	0,84 (0,58; 1,10)		-1,39 (-1,67; -1,10)	
Brasil	83.127		0,71 (0,51; 0,90)		-1,24 (-1,46; -1,02)	
<b>Feridos graves</b>						
Norte	17.836	6,48	0,84 (0,60; 1,09)		-1,81 (-2,07; -1,54)	
Nordeste	73.226	26,60	0,59 (0,38; 0,79)		-1,27 (-1,50; -1,05)	
Sudeste	83.371	30,29	0,19 (0,01; 0,38)		-0,81 (-1,02; -0,60)	
Sul	67.092	24,38	0,84 (0,63; 1,04)	Aumento	-1,19 (-1,42; -0,97)	Diminuição
Centro-oeste	33.718	12,25	0,61 (0,29; 0,92)		-1,40 (-1,75; -1,05)	
Brasil	275.243		0,53 (0,38; 0,69)		-1,15 (-1,32; -0,98)	
<b>Feridos leves</b>						
Norte	46.490	6,08	0,81 (0,58; 1,04)		-1,26 (-1,51; -1,01)	
Nordeste	156.931	20,53	0,76 (0,56; 0,95)		-1,19 (-1,40; -0,97)	
Sudeste	254.274	33,26	0,54 (0,38; 0,70)		-0,77 (-0,94; -0,59)	
Sul	223.585	29,24	1,10 (0,92; 1,27)	Aumento	-1,39 (-1,58; -1,20)	Diminuição
Centro-oeste	83.254	10,89	0,89 (0,69; 1,08)		-0,84 (-1,06; -0,63)	
Brasil	764.534		0,80 (0,66; 0,93)		-1,07 (-1,22; -0,92)	

IC95%: intervalo de 95% de confiança; VPM: variação percentual mensal.

Fonte: Andrade e Antunes (2019).

Um estudo de revisão buscou estudos descrevendo intervenções cuja proposição principal fosse a redução de lesões causadas pelo trânsito. As políticas públicas variavam desde estratégias de engenharia, educação, fiscalização e outras políticas de segurança viária. Concluiu-se que a fiscalização é uma estratégia que pode produzir resultados mais imediatos de forma efetiva, que a engenharia se mostrou importante no sentido de promover um ambiente seguro ao reduzir a velocidade dos veículos na via e a educação teve um caráter mais informativo e de apoio às outras estratégias (AGUILERA; MOYSÉS; MOYSÉS, 2014).

## 2.2 VELOCIDADE

### 2.2.1 Controle e excesso de velocidade

No início do surgimento dos automóveis, a velocidade dos veículos automotores chegou a ser regulada por lei, como ocorreu na Inglaterra em 1878, através da chamada *Red Flag Law*, a Lei da Bandeira Vermelha, que previa que os veículos não poderiam ultrapassar 6,4 km/h. Isto ocorria pois a lei previa que todo automóvel circulante deveria ser precedido por uma pessoa à frente deste, carregando uma bandeira vermelha (ou uma lanterna, no caso da noite) para avisar os pedestres da chegada do veículo (BUCHANAN, 1965).

Cada país tem suas leis regulamentando o trânsito e, por consequência, o controle de velocidade em suas vias e rodovias. Alguns países, como os Estados Unidos, têm leis estaduais, o que altera a legislação e o controle de velocidade ao sair de um estado e entrar em outro. O controle de velocidade é feito através de radares, seja, eles fixos ou móveis e o excesso é penalizado, no Brasil, com multas e até a suspensão do direito de dirigir, no caso quando o excesso verificado for acima de 50% do limite legal permitido (BRASIL, 1997).

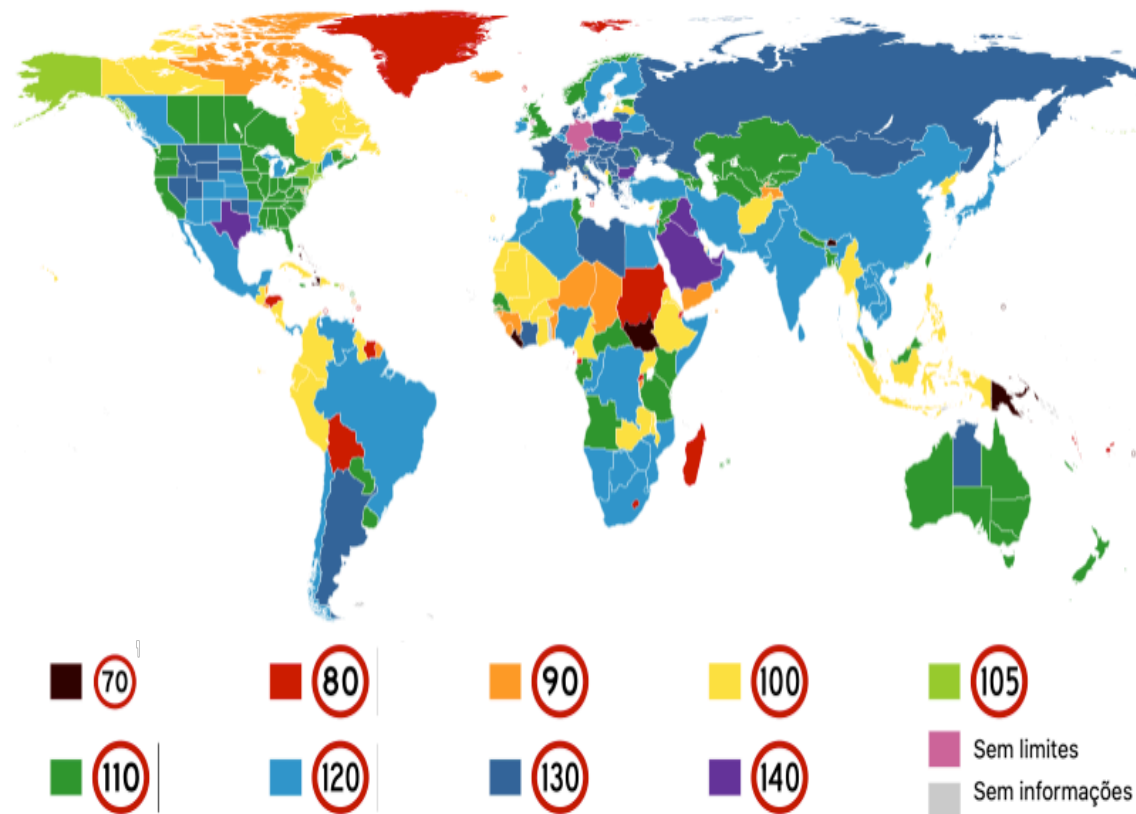
Nos países altamente motorizados os limites de velocidade existem em todas as rodovias, com exceção da Alemanha que possui a *autobahn*, que é uma rodovia em que não há um limite de velocidade, mas uma recomendação, ou seja, não há uma penalidade de ocorrer o excesso de velocidade. Apesar dessa liberação, há restrição em determinados trechos, como locais de obras, proximidade de curvas e margens de trechos urbanos (ELVIK, 2012).

Os limites de velocidade são impostos pelos legisladores e governos com base em estudos técnicos sobre os locais, tendo a intenção de diminuir a acidentalidade. Os motoristas, porém, não aderem aos limites de velocidades, mas escolhem andar em velocidades que entendem como aceitavelmente seguras. Essa percepção de segurança sofre influência do tipo de rodovia (urbana ou rural, geometria), da idade e do gênero do motorista, do quantidade de quilômetros que esse motorista dirige anualmente, dos dispositivos de segurança do veículo, das condições climáticas, se já recebeu ou não multas por excesso de velocidade e outros parâmetros (WILMOT; KHANAL, 1999) (YANNIS et al., 2013).

O excesso de velocidade, sendo um dos que mais contribui mais para a ocorrência de acidentes de trânsito, é considerado em questões de saúde pública (ELVIK, 2012). Países de alta renda e de média e baixa renda têm resultados diferentes no que se refere às taxas de mortalidade, sendo estas mais altas nos países mais pobres (ALGORA-BUENAFÉ et al., 2017) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018) e isso afeta também naquilo que se refere à saúde pública, já que estes tem uma rede com menos acesso à população. A média do custo social em relação ao PIB em países de alta renda é de 2,8% e nos países de baixa renda é de 3,3% (WIJNEN; STIPDONK, 2016).

A (figura 7) mostra, de forma geral, as velocidades máximas permitidas no mundo (MALOUFF, 2014):

Figura 7 - Velocidades máximas permitidas no mundo em km/h.



Fonte: Adaptado de Malouff, 2014.

A (tabela 9) mostra os limites de velocidade por país e por tipo de rodovia (OECD, 1999):

Tabela 9 - Limites de velocidade (em km/h) por país e por tipo de rodovia.

País	Rodovias, estradas principais ou nacionais	Estradas secundárias ou regionais
Alemanha	100	100
Áustria	100	100
Bélgica	90	90
Canadá	90	80
Dinamarca	90	80
Espanha	100	90
Estados Unidos	90 (normalmente)	80 (normalmente)
Finlândia	100	80
França	110	90
Grã-Bretanha	96	96
Holanda	100	80
Itália	110	90
Japão	60	60
Portugal	100	90
República da Irlanda	96,5	60
República Tcheca	90	90
Suécia	110	70
Suíça	80	80

Fonte: OECD, 1999.

Em 1973 ocorreu a Guerra entre Israel e os estados árabes, o que causou embargos dos países árabes exportadores de petróleo em relação ao comércio deste com os países que apoiavam Israel na Guerra de Yom Kippur, com o conseqüente aumento do preço nestes países, inclusive nos Estados Unidos (AKER, 2014). Em 1974, o Congresso americano em um esforço para reduzir o consumo de combustível, impôs um limite de velocidade nacional de 55 milhas por hora (mph), ou seja, cerca de 88 km/h e alguns países europeus seguiram a mesma linha. Os números americanos mostram que houve uma redução nas mortes em rodovias em mais de 9 mil no primeiro ano e entre 3 mil e 5 mil anualmente após a redução (RICHTER et al., 2006).

Em 1984, continuava a ocorrer entre 2 mil e 4 mil mortes a menos e entre 2 mil e quinhentos e 4 mil e quinhentos menos ferimentos graves em comparação com os dados antes da redução. Porém, neste ano, ocorreu o retorno aos limites mais elevados de



velocidade, tanto nos Estados Unidos como na Europa e, com isso, um aumento no número de mortes nas rodovias. Estudos na *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA), que é a agência governamental americana responsável por salvar vidas, prevenir lesões e reduzir acidentes relacionados a veículos mostraram que um aumento de 2 a 3 mph, ou seja, menos de 5 km/h, nas velocidades médias após esse retorno, resultou em um aumento de 21% de mortes nas rodovias americanas. Ainda, em 2003, após a maioria dos estados americanos aumentarem seus limites de velocidade para 70 mph ou mais, ou seja, cerca de 112 km/h, ocorreu um aumento entre 35% e 38% de mortes nesses estados (FARMER, 2017; NHTSA, 2020; OSSIANDER; CUMMINGS, 2002; RICHTER et al., 2006; WARNER et al., 2019).

Alguns princípios são considerados ao se definir os limites de velocidade, tais como (ELVIK, 2012):

- a) Utilização da regra do percentil 85, que seria um limite de velocidade com o qual 85% dos motoristas cumpririam e seria considerado razoável pela maioria dos motoristas e a taxa de violações seria suficientemente baixa para não exigir uma fiscalização extensiva;
- b) Análise do desenho geométrico da rodovia, onde por exemplo, rodovias estreitas com curvas frequentes têm um limite de velocidade menor do que rodovias mais largas e retas;
- c) Análise do nível de desenvolvimento da rodovia, ou seja, quanto maior o desenvolvimento urbano e quanto mais calçadas houver, menor será o limite de velocidade;
- d) Buscar minimizar os custos de viagens, que incluem tempo de viagem, acidentes, ruído, poluição do ar e manutenção;
- e) Analisar a quantidade de energia biomecânica que os humanos podem tolerar sem sofrer lesões permanentes.

Em relação ao último item, tais limites são baseados no Projeto Visão Zero do Parlamento da Suécia que é um sistema de transporte ideal onde ninguém morre ou sofre lesão permanente. Esses limites de velocidade são 30 km/h em áreas onde haja possível conflito entre pedestres e veículos, 50 km/h em cruzamentos onde podem ocorrer colisões entre veículos, 70 km/h em rodovias onde podem ocorrer colisões frontais, e acima de 70 km/h em rodovias onde não haja possibilidade de colisão frontal, no caso àquelas que possuem um canteiro central ou um *guardrail* (BELIN; TILLGREN; VEDUNG, 2012; JOHANSSON, 2009; KRISTIANSEN et al., 2018; TINGVALL; HAWORTH, 1999).

Ainda em relação aos limites, existe o questionamento da necessidade da existência destes. Algumas evidências apontam que a inexistência de limites seria negativa pelos seguintes motivos (ELVIK, 2012):

- a) Condutores tendem a ignorar ou atribuir menor importância aos impactos da velocidade que eles não percebem imediatamente ou que não afetam diretamente seu interesse pessoal;
- b) Condutores não percebem corretamente a relação entre velocidade e tempo de viagem;
- c) Condutores subestimam o aumento do risco de acidente associado ao aumento da velocidade;
- d) Condutores subestimam a velocidade do impacto em situações em que é claro que um acidente é inevitável, mas sua gravidade pode ser reduzida com a redução da velocidade;
- e) O entendimento do condutor em relação à velocidade segura é muito heterogêneo, dificultando a coordenação das escolhas de velocidade.

O projeto Visão Zero parte do princípio de que nunca será eticamente aceitável que pessoas morram ou fiquem gravemente feridas em decorrência de um acidente de trânsito. Em relação às lesões graves, o escopo do projeto são aquelas lesões em que a vítima não se recupera fisicamente dentro de um determinado período de tempo. A busca do projeto é por estratégias, com metas e objetivos para a redução da acidentalidade (BELIN; TILGREN; VEDUNG, 2012; JOHANSSON, 2009; KRISTIANSSEN et al., 2018; TINGVALL; HAWORTH, 1999).

Também é importante frisar que é necessário o compartilhamento de responsabilidade entre os usuários e os projetistas do sistema rodoviário, ou seja, o projeto Visão Zero é o produto final de um sistema de transporte rodoviário seguro. Como é improvável que o número zero seja atingido, o sistema deve buscar um equilíbrio entre as velocidades de viagem e a segurança inerente da infraestrutura e dos veículos.

Uma revisão nos marcos na história de aumentos nos limites de velocidade e riscos de mortes e ferimentos nas estradas mostrou que limites de velocidade reduzidos, redes de câmeras de velocidade e redução de velocidade reduzem substancialmente esses índices de ferimentos em números absolutos. As redes de radares e moderação de tráfego levam a quedas grandes, sustentáveis e altamente econômicas nas mortes e ferimentos nas estradas (RICHTER et al., 2006). É preciso compreender que a periculosidade de um

determinado trecho em relação a acidentes de trânsito está associada a vários fatores, entre eles a velocidade máxima permitida (MIRANDA-MORENO; MORENCY; EL-GENEIDY, 2011).

### 2.2.3 Energia cinética em um acidente de trânsito

Os primeiros estudos sobre as leis da física atuando em lesões humanas surgiram com as pesquisas de Dehaven e Stapp entre os anos 1940 e 1960, onde o primeiro documentou os efeitos da queda livre em tecidos duros, moles e ossos de cadáveres humanos e o segundo provou que a energia cinética dos impactos, e não da aceleração ou desaceleração, era a questão crítica na mecânica de lesões quando saiu ileso de um tremó de foguete no qual foi contido e que desacelerou de uma velocidade de mais de 1000 km/h em 1,4 segundos (RICHTER et al., 2006).

Nesse sentido, conceitualmente, e no que se refere à questão da física da velocidade envolvida em um acidente de trânsito, é preciso compreender que a velocidade produz energia cinética, que se transforma em deformação de veículos, energia biomecânica e calor durante uma colisão (ELVIK, 2012; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2001). A equação da energia cinética nos diz que a quantidade desta é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade.

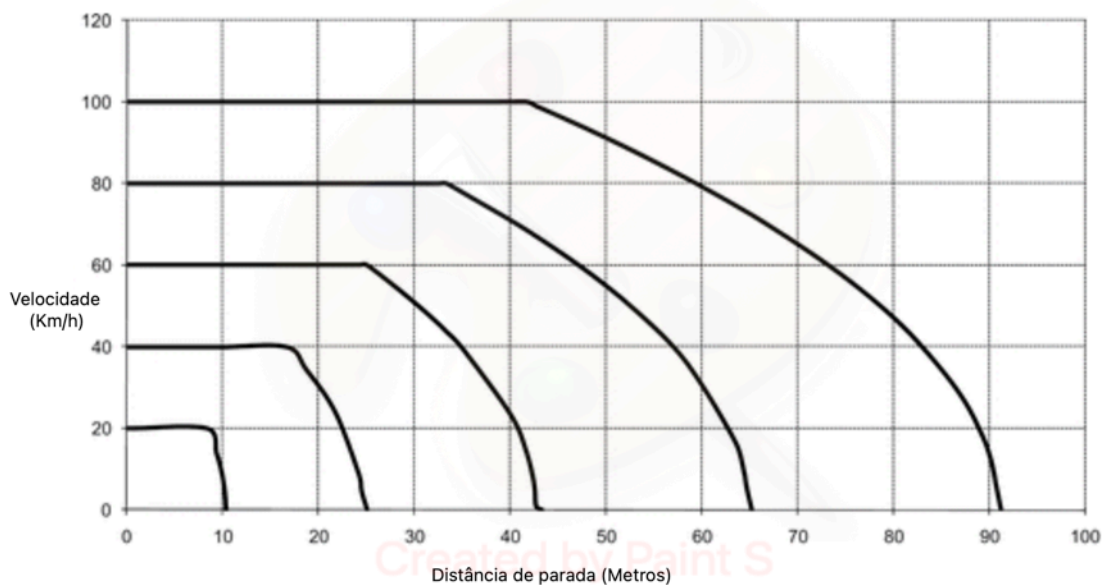
$$\text{Energia cinética} = \frac{1}{2} \times \text{massa} \times (\text{velocidade})^2 \quad (\text{eq. 1})$$

Quanto maior for a quantidade de energia cinética, mais destrutiva será a colisão e, portanto, quanto maior a velocidade, maior a gravidade do acidente e das lesões decorrentes deste. Por isso, é possível afirmar que a questão do excesso de velocidade é em grande parte uma questão de física e biomecânica, já que para analisar a influência desse excesso no risco de colisão é preciso analisar outros itens de forma conjunta. Apesar da necessidade dessa avaliação conjunta sobre outras causas, é possível afirmar que o excesso de velocidade diminui o tempo de reação dos usuários para reagir em uma situação crítica (ELVIK, 2012) (ALMEIDA et al., 2013).

Estudos mostram que o excesso de velocidade tem maior relação com a gravidade do acidente do que com a quantidade de ocorrências (ELVIK, 2012; WILMOT; KHANAL, 1999). A (figura 8) mostra a distância percorrida até a parada com vários níveis

iniciais de velocidade com um tempo de reação padrão de 1,5 segundos. Um motorista transitando a 60 km/h consegue parar antes de um objeto que esteja a cerca de 42 metros; um motorista que esteja em uma velocidade de 80 km/h consegue parar antes de um objeto que esteja a cerca de 65 metros. Já um motorista que esteja transitando a 100 km/h apenas conseguirá parar o seu veículo antes de um objeto que esteja a mais de 90 metros do início da frenagem (ELVIK, 2012).

Figura 8 - Distância de parada x velocidade (metros x km/h).



Fonte: Elvik, 2012.

Apesar de o evento acidente de trânsito ser considerado um fenômeno multicausal, onde os principais componentes são a estrada, o meio ambiente, o veículo e o ser humano (OGDEN, 1996), a velocidade em excesso é a característica mais comum daquelas que poderiam ser evitadas pelo condutor nos acidentes de maior gravidade. Por isso, a energia cinética resultante da colisão entre veículos e outros veículos, pessoas ou objetos tem fundamental importância na análise do acidente e da gravidade nas pessoas e/ou objetos envolvidos sendo possível estudar o tema através de uma modelagem.

O modelo de análise de impacto ISS (*Injury Severe Score*) define a relação entre o veículo e as características do acidente com a energia cinética desprendida deste acidente. Ele fornece a medida da gravidade dos ferimentos nos envolvidos em um acidente de trânsito e então é preciso desenvolver uma relação entre as características do acidente, isto é, a gravidade deste, e a gravidade das lesões decorrentes. Uma vez que parte da energia cinética é transferida entre veículos e aquilo que é atingido no acidente,

quanto mais alta é esta energia maior é o índice de severidade de lesões (ISS)(SOBHANI et al., 2011).

Os experimentos de DeHaven e Stapp, citados anteriormente foram os precursores dos padrões federais de segurança de veículos motorizados dos EUA. Estes introduziram três gerações de contramedidas veiculares e ambientais para diminuir, dissipar ou desviar os impactos da energia cinética entregue ao corpo humano. Porém, o que ocorreu é que essas medidas tornaram mais seguros os impactos de colisões e as velocidades máximas de projeto dos carros começaram a aumentar. A NHTSA especulou que se os cintos de segurança e outras medidas nunca tivessem sido introduzidos, poderia ter havido maior ênfase na importância do controle de velocidade (NHTSA, 2020; RICHTER et al., 2006).

### 2.3 AÇÕES DE FISCALIZAÇÃO DE VELOCIDADE

As ações de fiscalização de velocidade podem ser realizadas de várias maneiras, sendo a mais comum a que utiliza radares de velocidade, onde estes medem a velocidade do veículo que transita na rodovia e, havendo excesso por parte do condutor, este é notificado e autuado, com base na legislação prevista. Porém, é preciso ressaltar que nem todas as ações de fiscalização envolvem o uso do radar. Um exemplo seria a colocação de uma viatura policial em um ponto considerado crítico para acidentes de trânsito, onde apenas a presença da viatura já seria um agente redutor de velocidade.

A fiscalização do excesso de velocidade tem vital importância uma vez que desestimula o excesso de velocidade e a consequente ocorrência e/ou gravidade dos acidentes de trânsito e também porque reforça a compreensão dos motoristas sobre o risco de conduzir veículos em excesso de velocidade.

O primeiro ponto se valida no momento em que se sabe que: os acidentes são mais graves devido ao excesso de velocidade (PAIXÃO et al., 2015), que o excesso de velocidade foi a segunda causa de mortes e terceira causa de lesões em um estudo realizado na Colômbia e que nesta mesma análise, concluiu-se que dirigir em alta velocidade gera maior probabilidade de acidentes de trânsito (CÉSPEDES et al., 2014). Além disso, em Portugal, um estudo apontou o excesso de velocidade dos veículos como a causa principal de mais de 30% das mortes ocorridas em acidentes de trânsito (FARIA, 2010) e no Paraguai, um estudo mostrou que quase 50% dos acidentes de trânsito tinham como causa principal o excesso de velocidade (ARIAS COHL, 2005).

O outro fator de grande importância é que, conforme um estudo realizado na Inglaterra, 85% dos motoristas excediam os limites de velocidade, mesmo sabendo que se tratava de uma infração de trânsito. Para estes condutores, exceder moderadamente a velocidade não representaria um perigo tão grande (SILCOCK et al., 1999). Ainda o excesso de velocidade foi a infração mais frequente em um estudo realizado com motoristas de ônibus na Colômbia em 2017 e o percentual foi de mais de 50% das condutas consideradas inseguras (TORRES-SANDOVAL, 2017). Na continuação deste estudo, em 2019, o índice de infrações por excesso de velocidade se manteve acima de 50% (TORRES-SANDOVAL, 2019) e por fim, que motoristas portugueses quando perguntados sobre as práticas mais perigosas na direção relataram que o excesso de velocidade é o mais presente, porém também apontam que consideram essa prática como “menos perigosa”, uma vez que entendem ter controle do veículo mesmo quando em velocidade excessiva (DUARTE; MOURO, 2019).

O policiamento ostensivo e as atividades de aplicação da lei podem ter um impacto significativo no cumprimento das regras e regulamentos de trânsito. Até que ponto os usuários do trânsito são afetados pelas leis de trânsito depende das estratégias utilizadas no policiamento e da eficiência do sistema punitivo (ROTHENGATTER, 1982).

A segurança no trânsito está intimamente relacionada à fiscalização policial, já que esta incentiva diretamente os usuários das vias a melhorar seu comportamento, observando as regras e leis básicas de trânsito. É preciso compreender a relação entre a fiscalização policial, o comportamento ao dirigir e a segurança no trânsito como um pré-requisito para otimizar as estratégias de fiscalização. O tempo diário de ronda policial pode ser usado como uma medida para ajustar a intensidade da fiscalização policial. Um estudo mostrou que para cada 1% de aumento no tempo de ronda, a frequência de acidentes diminuía 0,15% (FENG; WANG; QUDDUS, 2020).

Um estudo na Grécia buscou analisar o impacto do fortalecimento da fiscalização policial nos acidentes de trânsito e mortes, com foco em duas infrações: excesso de velocidade e álcool e direção. Os resultados mostraram que a aplicação da lei tem um impacto geral significativo na redução dos acidentes e mortes concluindo ainda que há um impacto direto na melhoria do comportamento dos motoristas (YANNIS; PAPADIMITRIOU; ANTONIOU, 2008).

É importante que sejam feitos estudos sobre causas específicas, tais como a velocidade em excesso, para que a fiscalização seja direcionada a coibir esse tipo de circunstância contribuinte do acidente de trânsito, o que resulta em diminuição do número

de acidentes e de mortes (VORKO-JOVIĆ; KERN; BILOGLAV, 2006). Os resultados de um estudo no Japão mostram que a vigilância policial que afeta comportamentos vulneráveis pode reduzir os acidentes e que cada tipo de acidente tem a forma mais eficaz de vigilância (HASHIMOTO, 1979).

Uma pesquisa realizada na Grécia mostrou que mais de 50% dos condutores admite exceder o limite de velocidade. Esse mesmo estudo mostrou que a expectativa de fiscalização em rodovias tem um impacto direto na atitude do motorista e no comportamento de exceder os limites de velocidade (YANNIS et al., 2013).

Uma abordagem para resolver problemas de fiscalização de velocidade requer o entendimento de como esta fiscalização afeta as escolhas de velocidade por parte dos condutores (HAUER; AHLIN; BOWSER, 1982). Este estudo consistia em medir as velocidades dos veículos antes, durante e depois da fiscalização através de radar, acompanhada por uma seção de controle à qual nenhuma fiscalização de velocidade foi aplicada.

As conclusões foram que quando a fiscalização está em vigor, a velocidade média do fluxo de tráfego é reduzida no local da fiscalização, a montante e a jusante dele. Ainda, no local de fiscalização, a velocidade média do fluxo de tráfego está em torno do limite de velocidade publicado. Porém, a pesquisa foi realizada em vários dias e foi possível perceber que há um efeito de halo de tempo distinto. Ou seja, a velocidade média retorna ao seu nível anterior à fiscalização após a remoção desta. Para um único dia de fiscalização, o efeito parece desaparecer após 3 dias. Quando há fiscalização por 5 dias consecutivos, a velocidade média permanece reduzida por pelo menos 6 dias após o último dia de fiscalização (HAUER; AHLIN; BOWSER, 1982).

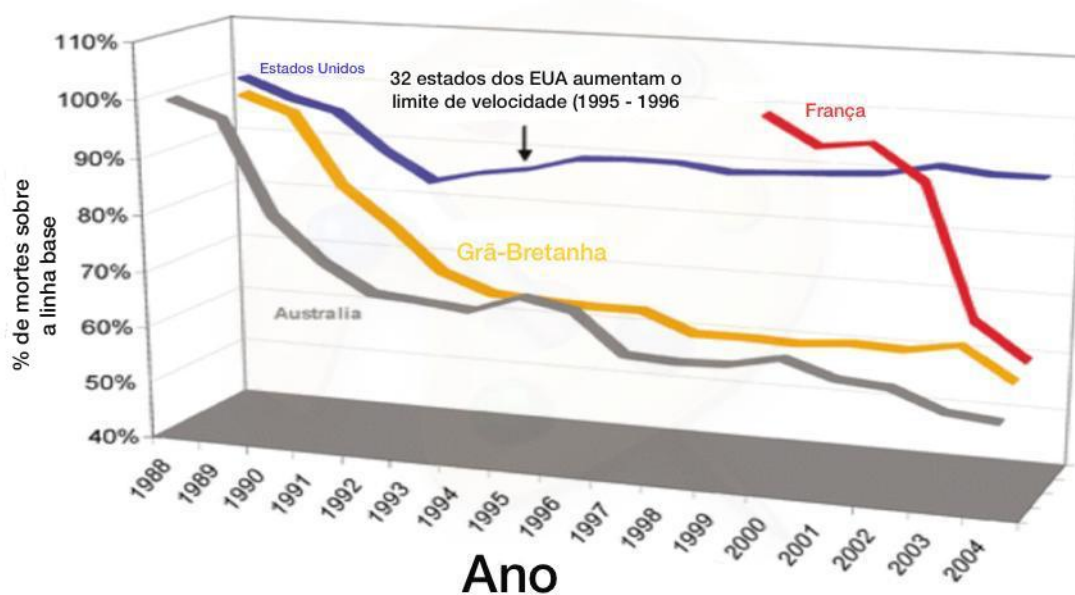
Uma pesquisa buscou estabelecer o método mais eficaz de fiscalização na redução da velocidade e também a estratégia mais eficiente em termos do efetivo policial necessário. No primeiro experimento, durante quatro semanas, foi estudado o efeito de três variáveis na velocidade em rodovias: intensidade de fiscalização, método de fiscalização e tempo de demora no envio das multas. No segundo experimento, durante doze semanas, o esforço de fiscalização policial foi otimizado relacionando o nível de intensidade da fiscalização à proporção de veículos em alta velocidade (DE WAARD; ROOIJERS, 1994).

Em ambos os casos, a principal variável dependente foi a velocidade. Além disso, a opinião do motorista sobre o excesso de velocidade e a fiscalização de velocidade foi estudada através de um questionário postal. Os resultados mostram maior e mais

duradora redução na velocidade quando a fiscalização é mais intensa. Além disso, a abordagem dos infratores mostrou-se um método mais eficaz para reduzir a velocidade do que o envio de multas. As pesquisas por questionário indicaram que a maioria dos motoristas não percebeu a recorrência nas atividades de fiscalização devido à passagem pouco frequente dos trechos das rodovias estudadas. Concluem dizendo que o efeito preventivo da fiscalização policial pareceu ser muito mais substancial do que seu efeito repressivo e que a fiscalização basicamente impede o atual não infrator de acelerar (DE WAARD; ROOIJERS, 1994).

Estudos mostraram que a implementação de câmeras de velocidade na Austrália, no Reino Unido e na Noruega, acompanhados por um slogan conciso sobre velocidade, gerou grandes reduções no número de mortes nas estradas. Com base em observações simples de antes e depois, estes países, acompanhados de outros, como Canadá, França, Finlândia e Nova Zelândia, introduziram radares de trânsito durante a década de 1990. Um estudo inglês sobre os efeitos das câmeras de velocidade em 101 locais mostrou reduções significativas em todos os tipos de acidentes com ferimentos. A (figura 9) mostra uma tendência de mortes no trânsito em países com e sem radares de velocidade, no caso, o percentual de mudança em relação ao ano anterior da implementação destes, exceto nos Estados Unidos, onde não ocorreu (RICHTER et al., 2006).

Figura 9 - Tendência de mortes após implementação de radares de velocidade.



Fonte: adaptada de Richter et al., 2006.



### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Este capítulo está organizado em 3 partes. Inicialmente é feita a caracterização a pesquisa e são apresentadas as características do cenário no qual o presente estudo foi conduzido. Por fim são descritas as etapas metodológicas adotadas no estudo.

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

É possível classificar as pesquisas segundo diversos critérios, entre eles a sua natureza, a abordagem e os métodos adotados (GIL, 2010). Esta dissertação trata de uma pesquisa de natureza aplicada, pois é voltada à aquisição de conhecimento com vistas à aplicação prática numa situação específica. Sua abordagem é híbrida onde são feitas análises tanto quantitativas, quanto qualitativas. Quanto aos seus objetivos, pode ser classificada como uma pesquisa exploratória visto que tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema de pesquisa, visando construir hipóteses sobre impacto das ações de fiscalização estudadas. Quanto aos procedimentos caracteriza-se como um estudo de caso em que é explorada uma situação real de uso de equipamentos de medição e velocidade de veículos em uma rodovia.

#### **3.2 CENÁRIO**

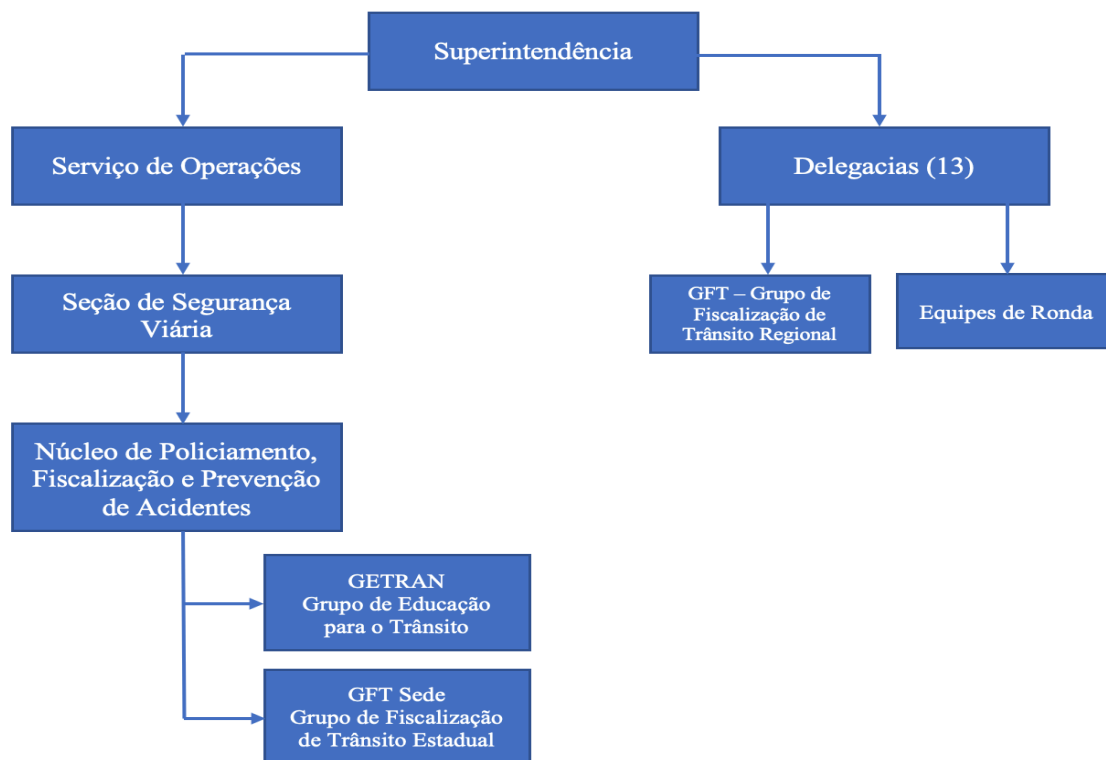
A seguir serão abordados o cenário institucional e o cenário da pesquisa de campo. O primeiro visa dar uma amostra do funcionamento e da estrutura da Polícia Rodoviária Federal e o segundo busca apresentar onde será realizada a pesquisa de campo propriamente dita.

##### **3.2.1 Cenário Institucional**

A Polícia Rodoviária Federal tem na sua estrutura, em cada estado da federação, seções e núcleos voltados a ações relativas à melhoria da segurança viária, sendo parte da política pública do governo federal a busca da redução da acidentalidade nas vias do país. Cada estado tem uma estrutura peculiar, dependendo do tamanho da superintendência e da malha viária atendida. No estado do Rio Grande do Sul a estrutura administrativa e

operacional da Polícia Rodoviária Federal segue o organograma apresentado a seguir na Figura 10.

Figura 10 - Estrutura administrativa e operacional da Polícia Rodoviária Federal no estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: elaborada pelo autor.

Os gestores governamentais ao formularem políticas públicas de redução de acidentes devem se basear em dados estatísticos, uma vez que tais ações devem ser implementadas em local de maior probabilidade estatística de ocorrência de acidentes. Na Polícia Rodoviária Federal, as ações de fiscalização são orientadas com base nos trechos críticos de acidentalidade, extraídos pelo Núcleo de Policiamento, Fiscalização e Prevenção de Acidentes. As informações sobre os trechos críticos são enviadas mensalmente aos gestores locais da Delegacias, que são os responsáveis pela confecção do cartão-programa.

O cartão programa é um instrumento do gestor para direcionar a fiscalização nos locais e horários de maior acidentalidade do trecho sob sua circunscrição. Na Figura 11 é apresentado um exemplo de cartão programa da 6ª Delegacia em Bento Gonçalves no Rio Grande do Sul. Nesse exemplo foram suprimidos os trechos de fiscalização de criminalidade, por medidas de segurança orgânica.

Figura 11 - Cartão programa da 6ª Delegacia PRF em Bento Gonçalves no Rio Grande do Sul.

 <div style="text-align: center;">                     Ministério da Justiça e Segurança Pública  <b>POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL</b>                      SUPERINTENDÊNCIA REG. NO RS                      Cartão Programa - Unidade Operacional em Bento Gonçalves/RS (15/09/2020)                 </div> 	
<b>Cartão Programa nº 493420</b>	
<b>Unidade Organizacional</b>	Unidade Operacional em Bento Gonçalves/RS
<b>Data</b>	15/09/2020
<b>Nome da Equipe</b>	Terça-feira
<b>Descrição</b>	Segunda a Quinta: horários com alto índice de acidentalidade: 10h às 11h; 13:30 às 15:30; 17:30 às 19h. Principais trechos com acidentalidade: Km 217 a 222; 222 a 227; 212 a 217; 172 a 177; 152 a 157; 227 a 232 e 162 a 167. Principais trevos: km 213 (tremo do Posto do Hélio), km 215 (tremo bairro Maria Goreti), km 218 (tremo bairro Verona), km 222 (tremo Telasul), km 224 (tremo Chandon), km 225 (tremo do Posto do Avião). 1 trechos com alto índice de criminalidade:
<b>Viatura</b>	GM - CHEVROLET/TRAILBLAZER LT 2.8 D4A
<b>Meta - Veículos Fiscalizados</b>	0 [Soma das metas das atividades] <span style="float: right;">Meta alcançada:</span>
<b>Meta - Pessoas Fiscalizadas</b>	0 [Soma das metas das atividades] <span style="float: right;">Meta alcançada:</span>
<b>Meta - Testes de Alcoolemia</b>	0 [Soma das metas das atividades] <span style="float: right;">Meta alcançada:</span>
<b>Meta - Pessoas Atingidas p/ Ações Educativas</b>	0 [Soma das metas das atividades] <span style="float: right;">Meta alcançada:</span>
<b>Parte Diária</b>	1813236
<small>Responsável Benedetti, criado em 14/09/2020 16:54.                      Alterado por Benedetti, em 14/09/2020 17:23.</small>	

Fonte: Parte Diária Informatizada - PRF, 2020.

### 3.2.2 Cenário da Pesquisa de Campo

A seleção do cenário da pesquisa de campo é parte integrante do método, o qual está apresentado adiante. A partir deste, a rodovia escolhida entre as rodovias federais do Rio Grande do Sul para a realização do presente estudo foi a BR 290 que corta o estado de leste a oeste (Figura 12).

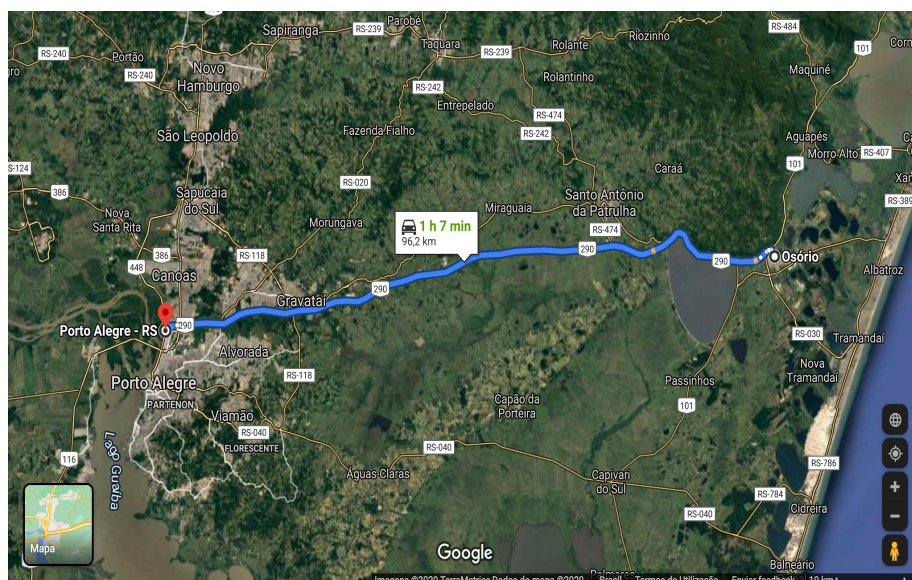
Figura 12 – Rodovias federais do Rio Grande do Sul com destaque da BR 290.



Fonte: Ministério dos Transportes, 2021.

A BR 290 é a maior rodovia federal em extensão no estado do Rio Grande do Sul (Figura 13). Seu marco inicial está no km 0 na cidade de Osório percorrendo 726 quilômetros à oeste do estado, passando pela capital Porto Alegre e chegando até a cidade de Uruguaiana, na fronteira oeste onde a Ponte Internacional Getúlio Vargas – Agustín Pedro Justo separa as cidades de Uruguaiana no lado brasileiro e *Paso de los Libres* no lado argentino. A maioria da rodovia é de pista simples, porém o trecho entre Osório e Porto Alegre, conhecido como *Freeway*, chega a ter 4 faixas em cada sentido, dependendo da região. A *Freeway* foi inaugurada em 26 de setembro de 1973 (Figura 14), sendo considerada a primeira autoestrada brasileira (FAVERO, 2015).

Figura 13 - Trecho da Freeway na BR 290



Fonte: Google Maps, 2020.

Figura 14 - Inauguração da Freeway na BR 290.



Fonte: Jornal Folha da Tarde, 1973.

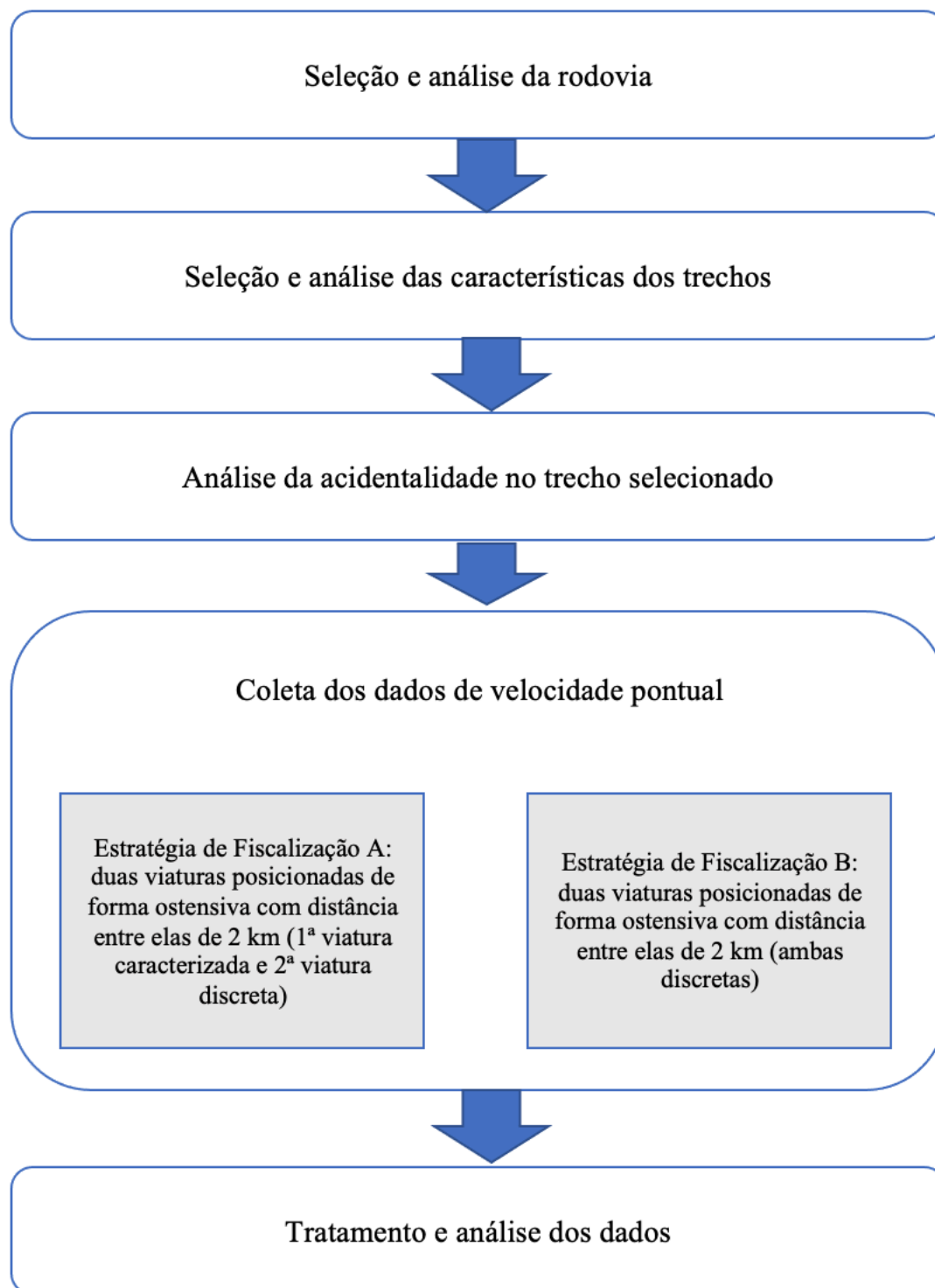
O trecho escolhido foi o trecho entre o km 0 e 0 km 100 da BR 290. Este trecho possui pista múltipla em toda a sua extensão variando entre três e quatro faixas. Entre o km 0 e o km 86 a velocidade máxima regulamentar é de 110 km/h para veículos leves e 90 km/h para veículos pesados. Entre o km 86 e o km 100 a velocidade máxima regulamentar é de 100 km/h para veículos leves e 80 km/h para veículos pesados.

No trecho selecionado, entre o km 81,1 e o km 83,1 existem 4 faixas em ambas as pistas divididas no meio por um separador rígido. Cada faixa possui 3,75 m de largura, o acostamento externo possui 3 m e a faixa de segurança externa possui 2 m. Não há pontos de entrada e saída em até um quilômetro antes ou depois dos pontos de medição de velocidade, o que é importante para que não ocorram acelerações e desacelerações advindas da entrada e saída de veículos na rodovia.

### 3.3 ETAPAS METODOLÓGICAS

O estudo foi organizado em 5 macro etapas. Inicialmente, foi selecionada a rodovia a ser estudada com base em critérios pré-definidos visando priorizar a avaliação de uma rodovia com potencial de prática de excesso de velocidade. A seguir, foram identificados os trechos críticos desta rodovia, que são os trechos com o maior número absoluto de acidentes. O número absoluto de acidentes foi escolhido pois trata-se do único dado disponível, uma vez que dados de volume de tráfego são raros e dispersos na malha viária do estado, impossibilitando que este dado seja levado em consideração. Nos pontos selecionados foi feita a coleta de velocidade seguindo duas estratégias diferentes de fiscalização de velocidades. Por fim, foi feita a análise e o tratamento dos dados coletados com o uso de estatística descritiva e inferencial através de testes de hipóteses e análises de variância. As 5 macro etapas metodológicas definidas para a avaliação do impacto dessas duas estratégias de fiscalização de velocidade sobre a segurança viária estão sintetizadas na figura 15 e são explicadas a seguir.

Figura 15 - Etapas metodológicas.



Fonte: elaborada pelo autor.

A etapa de **seleção e análise da rodovia** foi realizada considerando os seguintes critérios: i) ser uma rodovia com pista múltipla; ii) possuir a maior velocidade máxima permitida no estado; iii) conter trechos considerados críticos de acidentalidade onde a

velocidade incompatível esteja presente entre as causas principais; iv) estar em boas condições de trafegabilidade, principalmente no que diz respeito à pavimentação e à sinalização regulamentar. O item (i) é importante pois as rodovias de pista múltipla estão mais suscetíveis a receber veículos com alta velocidade já que uma das pistas estará livre para o tráfego, sem interrupção por possíveis ultrapassagens. O item (ii) foi especificado pois a velocidade excessiva está entre as maiores causas dos acidentes graves. O item (iii) se impõe uma vez que se deseja analisar estratégias de fiscalização em locais onde o excesso de velocidade seja um potencial fator de acidentalidade. Por fim, o item (iv) está inserido como critério pois a velocidade é mais facilmente verificada em trechos com boa trafegabilidade, já que a pavimentação regular permite que maiores velocidades sejam alcançadas pelos veículos.

Na etapa de **seleção e análise das características dos trechos**, que é a seleção e a análise do local da rodovia escolhida com maior índice de acidentalidade, deve-se garantir que não haja acessos de entrada ou de saída da rodovia um quilômetro antes ou depois do ponto de coleta dos dados de velocidade, de modo que a velocidade não seja alterada por esse fator. Também deve ser **analisada a acidentalidade do trecho** em relação à estrutura viária, as causas e os tipos de acidentes, bem como o horário e os dias da semana em que acontecem. Essa análise busca entender os principais fatores contribuintes da acidentalidade do local. Assim, busca-se que, no trecho escolhido, a velocidade incompatível esteja entre as principais causas de acidentalidade.

Na etapa de **coleta dos dados de velocidade pontual** deve-se usar o radar medidor de velocidade para determinar a velocidade dos veículos ao passarem no ponto de coleta selecionado na etapa anterior. A coleta de velocidade pontual deve ser feita seguindo duas estratégias de fiscalização diferentes:

- (i) estratégia de fiscalização A: realização de medição de velocidade em dois pontos sucessivos do trecho de estudo, no primeiro ponto com viatura operacional caracterizada e no segundo ponto com viatura discreta administrativa (Figura 16); e
- estratégia de fiscalização B: realização de medições de velocidade em dois pontos sucessivos do trecho de estudo com viatura discreta administrativa. Em ambos os pontos de coleta, as viaturas, sejam elas caracterizadas ou discretas, estarão estacionadas de forma ostensiva, ou seja, não velada. As viaturas sempre devem ficar visíveis ao usuário, conforme determinação do Departamento. Os dois pontos de medição de velocidade devem estar

distantes entre si de 1 a 3 quilômetros e não deve haver entradas ou saídas de veículos entre eles ou em um quilômetro antes do primeiro ponto e depois do segundo ponto (Figura 17).

Figura 16 - Estratégia de Fiscalização A: viatura Caracterizada e viatura Discreta.



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 17 - Estratégia de Fiscalização B: somente viaturas Discretas.



Fonte: elaborada pelo autor.



A coleta dos dados de velocidade pontual é realizada para determinar a velocidade dos veículos ao passarem em um determinado ponto. Esta é fundamental para a análise das condições de segurança na circulação, pois reflete o desejo e julgamento dos motoristas quanto a velocidade adequadas para as condições geométricas, ambientais e de tráfego existentes no local da coleta (DNIT, 2006).

Na estratégia A, o usuário da rodovia vê a primeira viatura caracterizada e ao passar na segunda viatura vê apenas um veículo de passeio parado no acostamento, já que este é uma viatura discreta administrativa, isto é, sem a identificação visual da polícia. Na estratégia B, em ambos os pontos, o usuário vê dois veículos de passeio parados no acostamento. Com isso é possível verificar o impacto da viatura caracterizada na estratégia de fiscalização A, bem como comparar o seu efeito com o efeito da estratégia B, onde não há a percepção da medição de velocidade em nenhum dos pontos, já que não há a viatura caracterizada e o usuário enxerga apenas um veículo parado no acostamento.

Por fim, na etapa de **tratamento e análise dos dados**, de posse dos dados de velocidades pontuais obtidos na etapa anterior é feita a análise descritiva dos dados. Também é testada a robustez e a normalidade da amostra e houve a utilização do teste  $t$  para testar as duas fiscalizações de forma separada, teste  $t$  independente e *bloxplot* para testar as médias das diferenças de velocidade dos veículos nas duas estratégias. A taxa tolerável de erro adotada, chamado de nível de significância, foi de 5%. Importante ressaltar que na análise devem ser considerados os dados de velocidade apenas dos veículos que tiveram velocidades medidas nos dois pontos do estudo.

## 4 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Neste capítulo será descrita a aplicação do método. Serão explicadas todas as etapas metodológicas que foram executadas.

- Seleção e análise da rodovia

A primeira etapa prática foi a seleção da rodovia de estudo e foram observados todos os itens citados como necessários para a escolha da rodovia. A rodovia escolhida foi a BR 290, a qual possui pista múltipla, a maior velocidade máxima permitida no estado que é de 110 km/h para veículos leves e 90 km/h para veículos pesados. A rodovia é considerada crítica quanto a acidentalidade e tem boas condições de trafegabilidade, principalmente no que diz respeito à pavimentação e à sinalização regulamentar. Importante ressaltar que não há medição regular de velocidade nas rodovias federais, o que impede a caracterização das rodovias segundo sua velocidade operacional. Porém, a BR 290 é a única que possui trechos com velocidade máxima permitida de 110km/h.

Ao mesmo tempo, fez-se a análise pormenorizada da rodovia, em que se verificou que se trata de uma rodovia com alto índice de acidentalidade (Tabela 10), tendo o segundo maior número de total de acidentes e de acidentes com feridos. Também foi a terceira rodovia com maior número de acidentes graves (que são aqueles com feridos graves ou com mortes) e de acidentes com mortes nas rodovias federais de acordo com os dados coletados de janeiro de 2017 a dezembro de 2020. A rodovia é cedida à concessionária CCR Viasul e possui boa pavimentação e sinalização. Cabe ressaltar que não há medição regular dos volumes de tráfego nas rodovias federais, motivo pelo qual se utilizou os dados disponíveis, que são os números absolutos de acidentes em cada rodovia e trecho.

Tabela 10 - Dados estatísticos de acidentalidade por rodovia nas rodovias federais do Rio Grande de Sul (Janeiro/2017 a Dezembro/2020).

Rodovia	Acidentes	Acidentes com Feridos	Acidentes com Feridos Graves e/ou Mortes	Acidentes com Mortes
101	643	421	137	29
116	4749	3370	840	180
153	535	329	101	26
158	1131	778	251	51
285	1637	1086	366	97
287	704	491	160	30
290	3057	2129	546	165
293	489	314	107	34
377	25	12	6	1
386	2480	1717	597	198
392	1592	1064	366	101
448	204	139	28	7
468	198	157	64	21
470	1264	867	239	45
471	354	265	95	27
472	401	276	106	31
473	1	1	0	0
480	85	68	16	1

Fonte: SIGER/PRF, 2021.

- Seleção e análise das características dos trechos

Selecionada a rodovia, foi feita a identificação de um trecho que não possuísse acessos de entrada ou de saída em todo seu comprimento até um quilômetro antes ou depois da coleta dos dados e que tivesse a maior acidentalidade, tanto no que se refere ao total de acidentes como aos acidentes com feridos, acidentes com feridos graves e/ou mortes ou acidentes com mortes (Tabela 11). O trecho do km 90 ao 100 foi excluído por tratar-se de local da região metropolitana de Porto Alegre com múltiplos acessos, o que poderia causar entrada e saída de veículos influenciando na velocidade dos veículos que transitam no local.

Tabela 11 - Dados estatísticos de acidentalidade por trecho de 10 km na BR 290 (Freeway) ordenados pelo número de acidentes (Janeiro/2017 a Dezembro/2020).

Trecho de 10 km	Acidentes	Acidentes com Feridos	Acidentes com Feridos Graves e/ou Mortes	Acidentes com Mortes
90,1 - 100	473	360	44	5
80,1 - 90	236	180	31	9
70,1 - 80	144	102	28	8
30,1 - 40	119	86	19	4
0 - 10	104	74	20	5
60,1 - 70	104	71	19	5
40,1 - 50	102	86	10	2
20,1 - 30	97	75	17	4
10,1 - 20	90	60	17	5
50,1 - 60	88	69	12	4

. Fonte: SIGER/PRF, 2021.

Em relação às causas dos acidentes de trânsito, a velocidade incompatível é a quinta causa contribuinte elencada em número de acidentes do trecho de pista múltipla da BR 290 sendo a quarta causa nos acidentes com feridos graves e/ou mortes (tabela 12).

Tabela 12 - Dados estatísticos de acidentalidade por causa de acidente na BR 290 (Freeway) ordenados pelo número de acidentes (Janeiro/2017 a Dezembro/2020).

Causas	Acidentes	Acidentes com Feridos	Acidentes com Feridos Graves e/ou Mortes	Acidentes com Mortes
Falta de Atenção à Condução	596	493	62	9
Condutor Dormindo	194	140	41	16
Defeito Mecânico no Veículo	120	70	9	1
Não guardar distância de segurança	117	89	15	2
Velocidade Incompatível	100	78	15	1
Ingestão de Álcool	100	50	8	2
Desobediência às normas de trânsito pelo condutor	72	56	10	2
Pista Escorregadia	68	52	7	2
Avarias e/ou desgaste excessivo no pneu	54	46	8	0
Falta de Atenção do Pedestre	24	15	19	9

Fonte: SIGER/PRF, 2021.

- Análise da acidentalidade no trecho selecionado

Analisando a acidentalidade do trecho selecionado, verifica-se que, em números absolutos, quase a totalidade dos acidentes ocorre em retas e todos os acidentes com mortes ocorreram em retas (tabela 13), sendo que a colisão traseira é o tipo mais comum entre eles (tabela 14). A maioria dos acidentes ocorre entre às 17h e às 19h (tabela 15) e há uma distribuição regular entre os dias da semana (tabela 16). Analisando apenas os dados de janeiro a dezembro dos anos de 2017 a 2020, verifica-se que houve uma queda no número de acidentes no ano de 2020 (tabela 17). A velocidade incompatível foi a causa elencada em seis acidentes com feridos no trecho do km 80 ao 90 da BR 290, sendo um deles um acidente com morte (tabela 18).

*Tabela 13 - Dados estatísticos de acidentalidade por estrutura viária no trecho do km 80 ao km 90 na BR 290 (Freeway) ordenados pelo número de acidentes (Janeiro/2017 a Dezembro/2020).*

<b>Estrutura Viária</b>	<b>Acidentes</b>	<b>Acidentes com Feridos</b>	<b>Acidentes com Feridos Graves e/ou Mortes</b>	<b>Acidentes com Mortes</b>
Reta	207	159	28	9
Curva	21	14	1	0
Interseção de Vias	5	4	1	0
Declive	1	1	0	0
Viaduto	1	1	1	0

*Fonte: SIGER/PRF, 2021.*

*Tabela 14 - Dados estatísticos de acidentalidade por tipo de acidente no trecho do km 80 ao km 90 na BR 290 (Freeway) ordenados pelo número de acidentes. (Janeiro/2017 a Dezembro/2020).*

<b>Tipo de Acidente</b>	<b>Acidentes</b>	<b>Acidentes com Feridos</b>	<b>Acidentes com Feridos Graves e/ou Mortes</b>	<b>Acidentes com Mortes</b>
Colisão traseira	54	46	6	3
Saída de leito carroçável	52	28	8	3
Colisão lateral	33	22	2	0
Tombamento	32	32	4	0
Queda de ocupante de veículo	18	17	1	1
Colisão com objeto estático	16	14	2	0
Capotamento	9	7	0	0

*Fonte: SIGER/PRF, 2021.*

Tabela 15 - Dados estatísticos de acidentalidade por hora do dia no trecho do km 80 ao km 90 na BR 290 (Freeway) ordenados pelo número de acidentes (Janeiro/2017 a Dezembro/2020).

<b>Hora</b>	<b>Acidentes</b>	<b>Acidentes com Feridos</b>	<b>Acidentes com Feridos Graves e/ou Mortes</b>	<b>Acidentes com Mortes</b>
18	25	20	3	0
7	24	20	1	0
17	20	19	4	1
15	17	12	2	0
8	14	10	0	0
16	12	6	0	0
5	11	7	0	0
0	10	8	2	0
14	10	9	1	0
19	10	5	4	3
9	9	9	1	0
10	8	5	1	1
21	8	6	1	0
4	7	5	4	1
20	7	6	0	0
1	6	2	3	3

Fonte: SIGER/PRF, 2021.

Tabela 16 - Dados estatísticos de acidentalidade por dia da semana no trecho do km 80 ao km 90 na BR 290 (Freeway) ordenados pelo número de acidentes (Janeiro/2017 a Dezembro/2020).

<b>Dia da Semana</b>	<b>Acidentes</b>	<b>Acidentes com Feridos</b>	<b>Acidentes com Feridos Graves e/ou Mortes</b>	<b>Acidentes com Mortes</b>
Segunda-feira	42	37	7	1
Terça-feira	37	31	5	1
Quarta-feira	29	25	4	3
Quinta-feira	32	22	4	2
Sexta-feira	32	26	3	0
Sábado	30	17	3	1
Domingo	34	22	5	1

Fonte: SIGER/PRF, 2021.

Tabela 17 - Dados estatísticos de acidentalidade por ano no trecho do km 80 ao km 90 na BR 290 (Freeway) (Janeiro a Dezembro de 2017 a 2020).

Ano	Acidentes	Acidentes com Feridos	Acidentes com Feridos Graves e/ou Mortes	Acidentes com Mortes
2017	76	52	8	4
2018	67	55	9	2
2019	47	35	9	2
2020	46	38	5	1

Fonte: SIGER/PRF, 2021.

Tabela 18 - Dados estatísticos de acidentalidade por causa de acidentes no trecho do km 80 ao km 90 na BR 290 (Freeway) ordenados pelo número de acidentes (Janeiro/2017 a Dezembro/2020).

Causas	Acidentes	Acidentes com Feridos	Acidentes com Feridos Graves e/ou Mortes	Acidentes com Mortes
Falta de Atenção à Condução	97	80	10	2
Ingestão de Álcool	25	12	2	1
Defeito Mecânico no Veículo	24	17	3	0
Não guardar distância de segurança	24	23	1	0
Velocidade Incompatível	11	6	2	1
Avarias e/ou desgaste excessivo no pneu	10	10	2	0
Condutor Dormindo	10	5	3	2
Pista Escorregadia	9	6	0	0
Desobediência às normas de trânsito pelo condutor	7	5	1	0
Mal Súbito	4	3	1	1
Carga excessiva e/ou mal acondicionada	3	3	0	0
Falta de Atenção do Pedestre	3	2	3	1
Desobediência às normas de trânsito pelo pedestre	2	1	2	1

Fonte: SIGER/PRF, 2021.

- Coleta dos dados de velocidade pontual

A velocidade pontual dos veículos foi medida pelo radar modelo TRUCAM (Figura 18) da Laser Technology Inc. Esse equipamento tem a possibilidade de indicar a velocidade e distância do veículo, com medições a uma distância máxima de captura de 650 metros. O equipamento usado também pode indicar a distância entre um veículo e outro, bem como o tempo entre eles. O equipamento pesa 1,5 kg e permite produzir, além da evidência fotográfica do veículo analisado, a confecção de vídeo digital colorido. A bateria é recarregável e tem autonomia mínima de 8 horas de operação.

*Figura 18 - Radar modelo TRUCAM.*

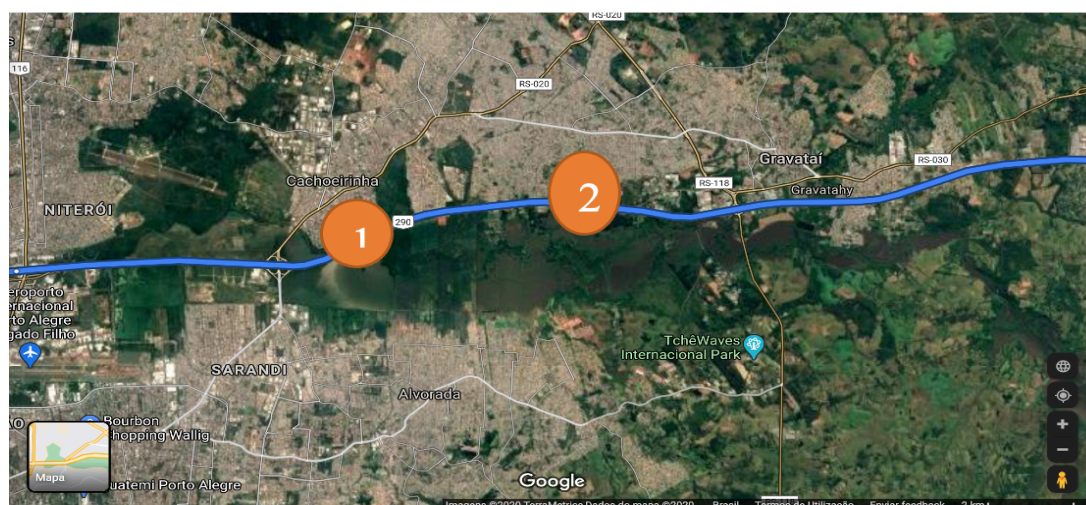


*Fonte: Laser Technology Inc., 2020.*

As medições de velocidade foram realizadas em dois pontos durante dois dias consecutivos. O primeiro ponto localizado no km 83,1 e o segundo ponto localizado no km 81,1 da BR 290 (Figura 19). Foi utilizado o sentido decrescente da rodovia, com busca dos veículos nas quatro faixas disponíveis e o operador do radar ficou fora do veículo.



Figura 19 - Pontos de medição de velocidade pontual.



Fonte: Google Maps, 2020.

No primeiro dia de fiscalização (dia 04 de agosto de 2020) as medições foram feitas das 16 horas às 17 horas. Nesse dia foi utilizada a estratégia de fiscalização “A”, que consiste na medição de velocidade no primeiro ponto com viatura operacional caracterizada e no segundo ponto com viatura discreta administrativa (Figura 20).

Figura 20 - Estratégia de Fiscalização A.



Fonte: elaborada pelo autor.

No segundo dia de fiscalização (05 de agosto de 2020) as medições foram feitas no mesmo período do dia anterior, das 16 horas às 17 horas. Nesse dia foi utilizada a

estratégia de fiscalização “B” que consiste na medição de velocidade em ambos os pontos do trecho com viatura discreta administrativa (Figura 21).

*Figura 21 - Estratégia de Fiscalização B.*



*Fonte: elaborada pelo autor.*

- Tratamento e análise dos dados

Os dados de velocidade pontual coletados foram tabulados, tratados e analisados com o uso de estatística descritiva e inferencial através de testes de hipóteses e análises de variância. Foram selecionados os dados dos veículos em que a velocidade foi medida em ambos os pontos de análise, nos km 83,1 e km 81,1. Essa etapa de tratamento foi necessária pois nem sempre a velocidade do veículo é registrada em ambos os pontos já que se trata de uma pista múltipla e vários veículos podem passar nas faixas existentes. Além desse fato, nem sempre a placa fica visível quando do registro da imagem, devendo, nesses casos, o registro da velocidade ser descartado. A seguir, é apresentado um exemplo de uma placa legível (Figura 22) e outra onde não se pode identificar o veículo (Figura 23). Não houve distinção entre veículos leves ou veículos de carga, apesar da diferença de

velocidade máxima permitida para eles, uma vez que o foco estava no controle do excesso de velocidade em si, independente do tipo de veículo.

*Figura 22 - Fotografia de radar com placa legível.*



*Fonte: elaborada pelo autor.*

*Figura 23 - Fotografia de radar com placa ilegível.*



*Fonte: elaborada pelo autor.*

Inicialmente, foram analisados os resultados das medições de velocidades dos dias de formas separadas, pois foram duas estratégias de fiscalização diferentes. Na estratégia

de fiscalização “A”, a menor e a maior velocidade registradas no primeiro ponto foram de 65 km/h e 133 km/h, respectivamente. No segundo ponto a menor e a maior velocidade registradas foram de 68 km/h e 138 km/h, respectivamente (Tabela 19). A maior redução absoluta de velocidade entre o primeiro e o segundo ponto foi de 21 km/h. Essa redução foi verificada para dois veículos pesquisados. Um deles reduziu de 100 km/h (no primeiro ponto de medição) para 79 km/h (no segundo ponto de medição), tendo também o maior decréscimo percentual com 27%. Outro veículo reduziu de 116 km/h para 95 km/h. Já o maior incremento absoluto de velocidade foi de 23 km/h, onde um veículo passou no primeiro ponto a 101 km/h e no segundo ponto a 124 km/h. O maior aumento percentual foi de 19% onde um veículo aumentou sua velocidade de 101 km/h para 124 km/h (Tabela 19).

No segundo dia, com a estratégia de fiscalização B, a menor velocidade verificada foi de 66 km/h no primeiro ponto e 58 km/h no segundo ponto (o mesmo veículo). A maior velocidade verificada no primeiro ponto foi de 149 km/h e no segundo ponto de 150 km/h, também com o mesmo veículo em ambos (Tabela 19). A maior redução absoluta de velocidade do primeiro ponto ao segundo ponto foi de 24 km/h em que um veículo reduziu de 103 km/h para 79 km/h. Esta também foi a maior redução percentual resultando em uma velocidade 30% menor na segunda medição. Já o maior incremento absoluto de velocidade foi de 21 km/h onde um veículo passou no primeiro ponto a 119 km/h e no segundo a 140 km/h. O maior aumento percentual foi de 26% quando um veículo aumentou sua velocidade de 71 km/h para 96 km/h (Tabela 19). O coeficiente de variação foi considerado adequado, pois em todas as medições realizadas (estratégia de fiscalização A e primeiro ponto, estratégia de fiscalização A e segundo ponto, estratégia de fiscalização B e primeiro ponto e estratégia de fiscalização B e segundo ponto), este coeficiente de variação foi menor que 20% (tabela 19).

Tabela 19 - Dados de velocidades coletados em campo (por ponto de coleta e estratégia de fiscalização).

	Estratégia de Fiscalização A (viatura caracterizada + viatura discreta)		Estratégia de Fiscalização B (viatura discreta + viatura discreta)	
	1º ponto km 83,1	2º ponto km 81,1	1º ponto km 83,1	2º ponto km 81,1
Maior velocidade (km/h)	133	138	149	150
Menor velocidade (km/h)	65	68	66	58
Média de velocidade (km/h)	95,45	94,19	95,03	94,37
Desvio padrão (km/h)	11,61	11,31	14,81	16,32
Coefficiente de Variação	0,12	0,12	0,16	0,17
Número de observações (n)	256		264	

Fonte: próprio autor, 2020.

Tabela 20 - Dados de velocidades coletados em campo (estratégia de fiscalização/percentual).

	Estratégia de Fiscalização A	Estratégia de Fiscalização B
Média de velocidade (km/h)	94,82	94,7
Maior aumento absoluto de velocidade (km/h)	23	21
Maior redução absoluta de velocidade (km/h)	21	24
Maior aumento percentual de velocidade (%)	19	26
Maior redução percentual de velocidade (%)	27	30

Fonte: próprio autor, 2020.

Na estratégia de fiscalização A, observou-se que 53,13% dos veículos passaram no segundo ponto de medição com velocidade menor do que a medida no 1º ponto. Ainda se verificou que 43,75% dos veículos passaram no segundo ponto de medição com velocidade maior do que a medida no 1º ponto e 3,12% mantiveram a mesma velocidade em ambos os pontos na estratégia de fiscalização A.

Com a estratégia de fiscalização B, 50,76% dos veículos reduziram a velocidade no segundo ponto enquanto 45,83% dos veículos aumentaram a velocidade no segundo ponto e 3,41% mantiveram a mesma velocidade em ambos os pontos na estratégia de fiscalização B (Tabela 21).

Tabela 21 - Dados de velocidades coletados em campo (estratégia de fiscalização por redução/aumento).

	Estratégia de Fiscalização A	Estratégia de Fiscalização B
Veículos que reduziram a velocidade no segundo ponto (%)	53,13	50,76
Veículos que mantiveram a velocidade no segundo ponto (%)	3,12	3,41
Veículos que aumentaram a velocidade no segundo ponto (%)	43,75	45,83

Fonte: próprio autor, 2020.

Ao separar por faixas percentuais de aumento ou redução de velocidade do primeiro para o segundo ponto, é possível verificar que na estratégia de fiscalização A, quando houve redução da velocidade no segundo ponto, a faixa que teve mais ocorrências foi a com percentuais entre 5% e 10% com 21,48% do total. Já quando houve aumento de velocidade no segundo ponto, a faixa com maior ocorrência foi a de percentuais entre 0% e 5% com 23,05% do total. Na estratégia de fiscalização B, quando houve redução da velocidade no segundo ponto, a faixa que teve mais ocorrências foi a com percentuais entre 0% e 5% com 24,62% do total. Já quando houve aumento de velocidade no segundo ponto, a faixa com maior ocorrência foi a com percentuais entre 0% e 5% com 29,55% do total (Tabela 22).

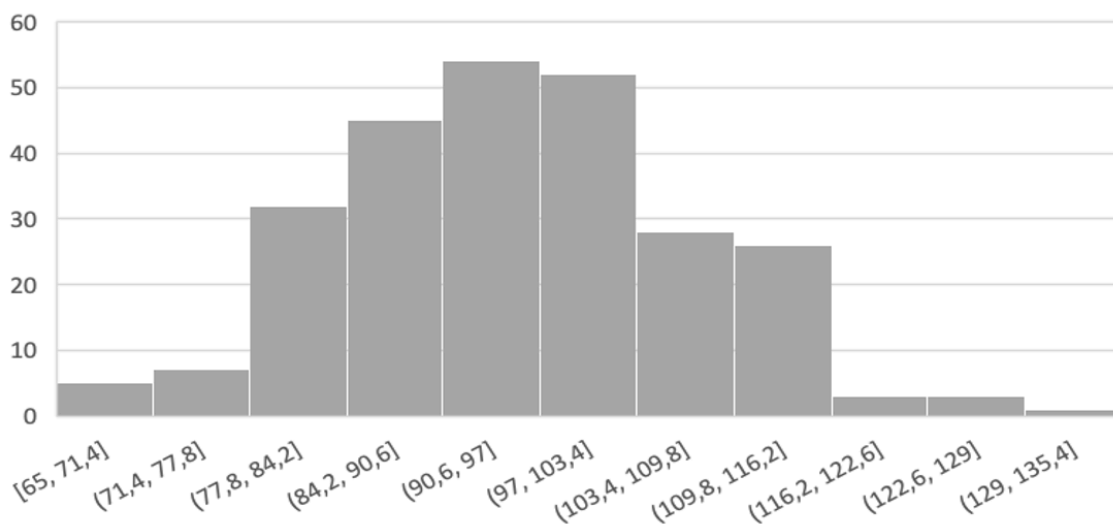
Tabela 22 – Dados de velocidades coletados em campo (estratégia de fiscalização – redução/aumento por faixa percentual).

	Percentual	Estratégia de Fiscalização A	Estratégia de Fiscalização B
Veículos que reduziram a velocidade no segundo ponto (%)	Acima de 10%	14,84	13,26
	5,001% até 10%	21,48	12,88
	0,001% até 5%	16,80	24,62
Veículos que mantiveram a velocidade no segundo ponto (%)	0%	3,12	3,41
Veículos que aumentaram a velocidade no segundo ponto (%)	0,001% até 5%	23,05	29,55
	5,001% até 10%	13,28	12,12
	Acima de 10%	7,42	4,17

Fonte: próprio autor, 2020.

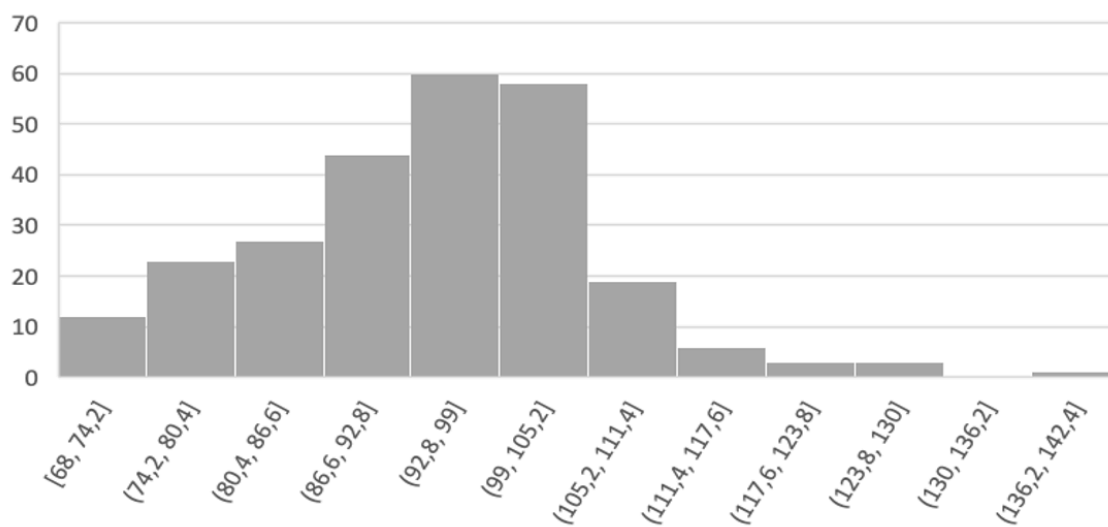
O histograma das velocidades medidas em cada ponto (Figura 24, Figura 25, Figura 26 e Figura 27) sugere a curva gaussiana, também chamada curva normal em três pontos, com exceção da figura 27 que está assimétrica à direita.

Figura 24 - Histograma das velocidades no 1º ponto (km 83,1) na Estratégia de Fiscalização A.



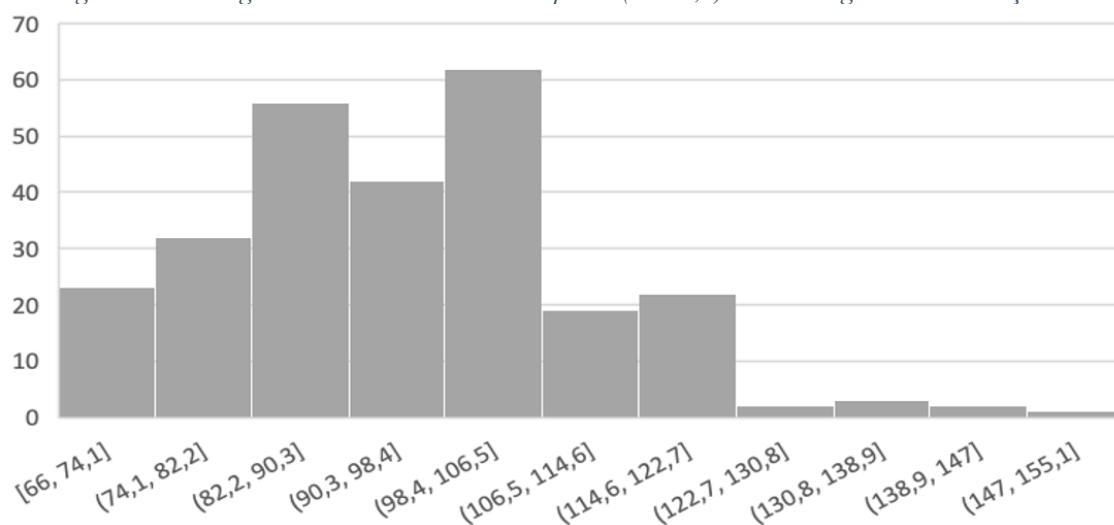
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 25 - Histograma das velocidades no 2º ponto (km 81,1) na Estratégia de Fiscalização A.



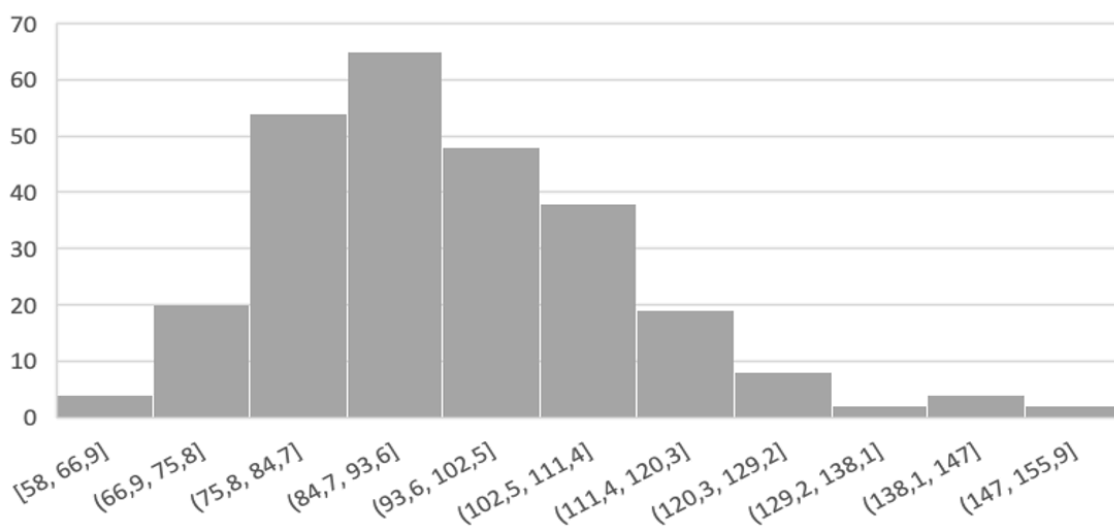
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 26 - Histograma das velocidades no 1º ponto (km 83,1) na Estratégia de Fiscalização B.



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 27 - Histograma das velocidades no 2º ponto (km 81,1) na Estratégia de Fiscalização B.



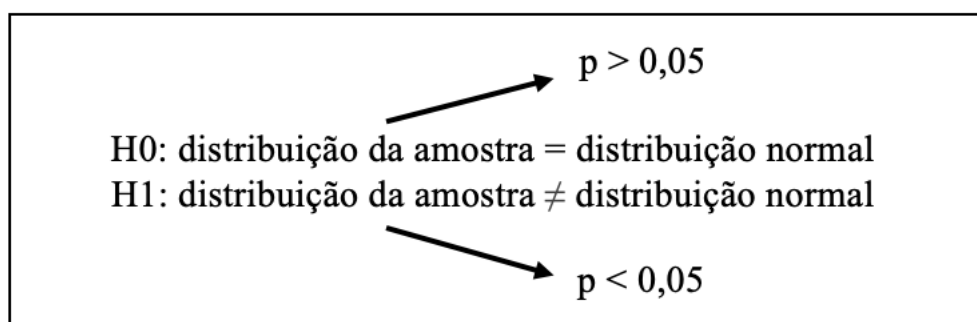
. Fonte: elaborada pelo autor.

Após a análise gráfica, foi realizado o teste de normalidade em que deve ser analisado o valor de  $p$  (representado por *Sig.* nas tabelas geradas pelo SPSS). Para amostras menores que 50 é usado o teste de Shapiro-Wilk e para amostras maiores que 50, que é o caso deste estudo, é usado o teste de Kolmogorov-Smirnov. A hipótese nula, com  $p > 0,05$ , indica que a distribuição da amostra é normal e a hipótese alternativa, com  $p < 0,05$ , indica que a distribuição da amostra é diferente da normal (Figura 28). Na estratégia de fiscalização A, em ambos os pontos de medição a distribuição amostral indicou uma distribuição normal, conforme tabela 23. No segundo dia, na estratégia de



fiscalização B, o valor de  $p$  ficou acima de 0,05 no primeiro ponto de coleta de velocidade, mas ficou abaixo de 0,05 no segundo ponto, conforme tabela 24, o que indica que esta distribuição amostral do segundo ponto é diferente de uma distribuição normal. Porém, a maioria dos autores concorda que a maior parte dos testes estatísticos são robustos mesmo com a violação dos testes de normalidade; neste caso em um dos quatro pontos de coleta (STERGIOU, 2004). Ainda, é dito que quando a normalidade não é verificada, é sabido que pequenos desvios da normalidade não perturbam significativamente o teste  $t$ , principalmente quando as amostras têm grandes dimensões e são aproximadamente iguais (BRANCO; PIRES, 2007; HAVLICEK; PETERSON, 1974; STONEHOUSE; FORRESTER, 1998). Assim, assumiu-se que as quatro distribuições amostrais se comportaram de acordo com a distribuição normal.

Figura 28 - Hipótese nula e hipótese alternativa: distribuição amostral.



. Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 23 - Testes de normalidade para a estratégia de fiscalização A.

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Km 83,1	0,066	256	0,009	0,992	256	0,216
Km 81,1	0,058	256	0,034	0,987	256	0,018

Fonte: elaborada pelo autor.

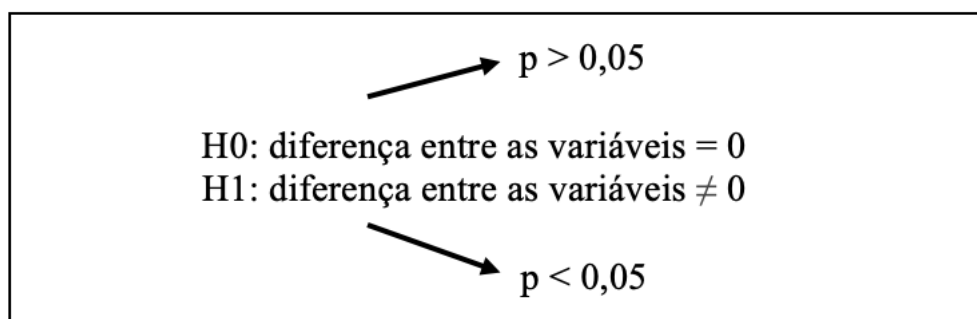
Tabela 24 - Testes de normalidade para a estratégia de fiscalização B.

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Km 83,1	0,058	264	0,030	0,975	264	0,000
Km 81,1	0,075	264	0,001	0,969	264	0,000

Fonte: elaborada pelo autor.

A análise dos dados foi feita através do teste T pareado com amostras dependentes, para comparar as velocidades nos pontos 1 e 2 para os mesmos veículos, com nível de significância de 5%. A hipótese nula do teste t pareado diz que a diferença entre as medidas é zero ou que não existe diferença estatística entre estas medidas quando o valor de p for maior que 0,05 e a hipótese alternativa diz que ela é diferente de zero quando o valor de p for menor que 0,05 (figura 29). Para a análise dos dados foi utilizado o pacote estatístico SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) da IBM que é uma ferramenta de análise de dados que utiliza técnicas estatísticas básicas e avançadas.

Figura 29 - Hipótese nula e hipótese alternativa para o teste t pareado.



Fonte: elaborada pelo autor.

Na estratégia de fiscalização A, o teste t teve os resultados demonstrados nas tabelas 25 e 26. A tabela 25 é descritiva e mostra a média de velocidade dos veículos em ambos os pontos de coleta, o número de veículos que teve a velocidade coletada nos dois pontos, o desvio padrão e o erro padrão. Nesta tabela já é possível inferir que a média de velocidade dos veículos no primeiro ponto é maior que no segundo ponto de coleta. A velocidade no primeiro ponto de coleta foi (M = 95,45, EP = 0,725) foi menor que a velocidade no segundo ponto de coleta (M = 94,19, EP = 0,707)

Tabela 25 - Estatísticas de amostras emparelhadas na Estratégia de Fiscalização A.

	Média	N	Desvio padrão	Erro Padrão da Média
Km 83,1	95,49	256	11,605	0,725
Km 81,1	94,19	256	11,318	0,707

Fonte: elaborada pelo autor.

Ainda para a estratégia A, a tabela 26 mostra os valores do teste t onde obteve-se que t para 255 graus de liberdade é 2,613,  $p < 0,005$ . A diferença média entre os valores medidos nos dois pontos de controle de velocidade (Km 83,1 e km 81,1) foi de 1,258, o desvio padrão dessa diferença foi de 7,702 e o erro padrão foi de 0,481. O intervalo de confiança para a diferença de médias, considerando 95%, é entre 0,310 e 2,206. Como o teste t teve o  $p = 0,010$ , ou seja, abaixo de 0,05, rejeita-se a hipótese nula, concluindo-se que há diferença entre as medidas e a diminuição da velocidade do ponto 2 é significativamente relevante na estratégia de fiscalização A.

Tabela 26 - Teste de amostras emparelhadas na Estratégia de Fiscalização A.

	Média	Desvio padrão	Erro Padrão da Média	95% do intervalo de confiança da diferença		t	df	Sig 9 (2 extrem.)
				Inferior	Superior			
Km 83,1 – km 81,1	1,258	7,702	0,481	0,310	2,206	2,613	255	0,010

Fonte: elaborada pelo autor.

Na estratégia de fiscalização B, o teste t teve os resultados demonstrados nas tabelas 27 e 28. A tabela 27 mostra a média de velocidade dos veículos em ambos os pontos de coleta, o número de veículos que teve a velocidade coletada nos dois pontos, o desvio padrão e o erro padrão. Nesta também é possível inferir que a média de velocidade dos veículos no primeiro ponto é maior que no segundo ponto de coleta. A velocidade no primeiro ponto de coleta foi ( $M = 95,45$ ,  $EP = 0,725$ ) foi menor que a velocidade no segundo ponto de coleta ( $M = 94,19$ ,  $EP = 0,707$ ).

Tabela 27 - Estatísticas de amostras emparelhadas na Estratégia de Fiscalização B.

	Média	N	Desvio padrão	Erro Padrão da Média
Km 83,1	95,03	264	14,806	0,911
Km 81,1	94,37	264	16,323	1,005

Fonte: elaborada pelo autor.

Ainda para a estratégia B, a tabela 28 mostra os valores do teste t onde obteve-se que t para 263 graus de liberdade é 1,447,  $p > 0,005$ . A diferença média entre os valores medidos nos dois pontos de controle de velocidade (Km 83,1 e km 81,1) foi de 0,659, o

desvio padrão foi de 7,398 e o erro padrão foi de 0,455. O intervalo de confiança para a diferença de médias, considerando 95%, é entre -0,237 e 1,556. O teste t teve o  $p = 0,149$ , ou seja, acima de 0,05, logo aceita-se a hipótese nula que diz que não há diferença entre as medidas e a diminuição da velocidade do ponto 2 não é significativamente relevante para a estratégia de fiscalização B.

Tabela 28 - Teste de amostras emparelhadas na Estratégia de Fiscalização B.

	Média	Desvio padrão	Erro Padrão da Média	95% do intervalo de confiança da diferença		t	df	Sig 9 (2 extrem.)
				Inferior	Superior			
Km 83,1 – km 81,1	0,659	7,398	0,455	-0,237	1,556	1,447	263	0,149

Fonte: elaborada pelo autor.

Em um segundo momento, foi realizado o teste t para amostras independentes comparando a média da diferença entre as velocidades nas diferentes estratégias. A variável de agrupamento foi a estratégia de fiscalização (variável independente), podendo ser a estratégia A ou a estratégia B. A variável de teste (variável dependente), que é aquela variável sobre a qual analisa-se se o fator teve efeito ou não, é a diferença de velocidade entre um ponto e outro. A tabela 29 mostra o número total de veículos que foram analisados nas duas estratégias, a média da variável dependente (diferença de velocidade do veículo no ponto 1 e ponto 2), o desvio padrão e o erro padrão.

Tabela 29 - Estatísticas de grupo das Estratégias de Fiscalização.

	Variável Dia	N	Média	Desvio padrão	Erro Padrão da Média
Diferença	Estratégia A	256	1,26	7,702	0,481
	Estratégia B	264	0,66	7,398	0,455

Fonte: elaborada pelo autor.

A tabela 30 está dividida em duas partes. As duas primeiras colunas fazem referência ao teste de Levene e as colunas restantes são referentes ao teste t para igualdade de médias.

O teste de Levene para igualdade de variâncias é utilizado para avaliar se os dados são homogêneos ou não. A hipótese nula do teste de Levene ( $p > 0,05$ ) assume que existe a igualdade de variâncias e a hipótese alternativa ( $p < 0,05$ ) assume que esta igualdade não existe (figura 30). Analisando a primeira coluna da tabela 30 verifica-se que existe igualdade das variâncias já que  $p$  é igual a 0,189 e que os dados podem ser utilizados.

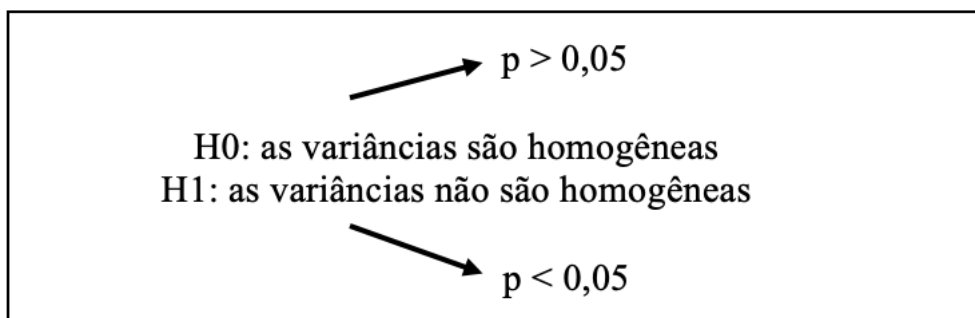
Seguindo a análise, no teste t para igualdade de médias, verifica-se que o valor - $p$  para a variável dependente (diferença de velocidade) é 0,366. O teste t compara médias: a hipótese nula assume que a média dos dois grupos, isto é, das duas estratégias de fiscalização são iguais e a hipótese alternativa assume que as médias são diferentes (figura 31). Neste caso, como  $p$  é igual a 0,366, que é maior que 0,05, assume-se que as médias são iguais. Analisando a coluna da diferença média, como o número é positivo (0,599) verifica-se que a média do primeiro grupo (estratégia de fiscalização A) é maior que a média do segundo grupo (estratégia de fiscalização B). Conclui-se então que, em média, a diferença média de velocidade dos veículos nos pontos 1 e 2 é maior na estratégia de fiscalização A sendo assim a adoção da viatura ostensiva resulta em maior redução a velocidade.

Tabela 30 – Teste de amostras independentes.

		Teste de Levene para igualdade de variâncias		Teste T para igualdade de médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig 9 (2 extrem.)	Diferença Média	Erro padrão de diferença	95% do intervalo de confiança da diferença	
									Inferior	Superior
Diferença	Variâncias iguais assumidas	1,733	0,189	0,904	518	0,366	0,599	0,662	-0,702	1,900
	Variâncias iguais não assumidas			0,904	515,4	0,367	0,599	0,663	-0,703	1,900

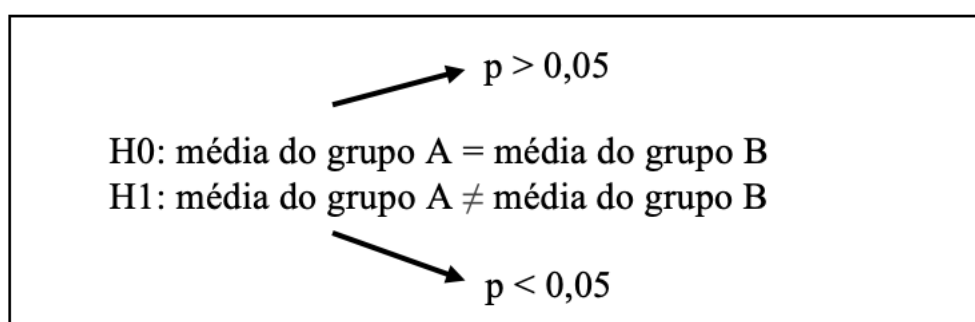
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 30 - Hipótese nula e hipótese alternativa do Teste de Levene.



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 31 - Hipótese nula e hipótese alternativa do Teste t para igualdade de médias



Fonte: elaborada pelo autor.

Em relação à diferença de velocidade que um veículo passou no primeiro ponto e no segundo ponto, também é possível visualizar através do *boxplot* para as duas estratégias de fiscalização (A e B), os quais fornecem uma análise visual da posição, dispersão, simetria e valores discrepantes (*outliers*) do conjunto de dados. O *boxplot* não é baseado na média e sim, na mediana, nos quartis e na amplitude interquartil. A mediana é sempre igual ao segundo quartil. O limite da caixa é o primeiro e o terceiro quartil.

Em relação à posição dos dados, pode-se observar a linha central do retângulo (a mediana ou segundo quartil). A dispersão dos dados pode ser representada pelo intervalo interquartil, que é a diferença entre o terceiro quartil e o primeiro quartil (tamanho da caixa), ou ainda pela amplitude que é calculada pela subtração do valor máximo pelo valor mínimo. Embora a amplitude seja de fácil entendimento, o intervalo interquartil é uma estatística mais robusta para medir variabilidade uma vez que não sofre influência de *outliers* que são os valores discrepantes.

Em relação à simetria, um conjunto de dados que tem uma distribuição simétrica, terá a linha da mediana no centro do retângulo. Os dados são assimétricos positivos quando a linha da mediana está próxima ao primeiro quartil e são dados assimétricos

negativos quando a posição da linha da mediana é próxima ao terceiro quartil. A mediana é a medida de tendência central mais indicada quando os dados possuem distribuição assimétrica, já que a média aritmética é influenciada por valores extremos.

Em relação aos *outliers*, estes indicam possíveis valores discrepantes sendo considerados aqueles que estão abaixo ou acima do limite de detecção de outliers. O limite de detecção de *outliers* é construído utilizando o intervalo interquartil, dado pela distância entre o primeiro e o terceiro quartil. Tais limites são obtidos através das fórmulas expressas na figura 32.

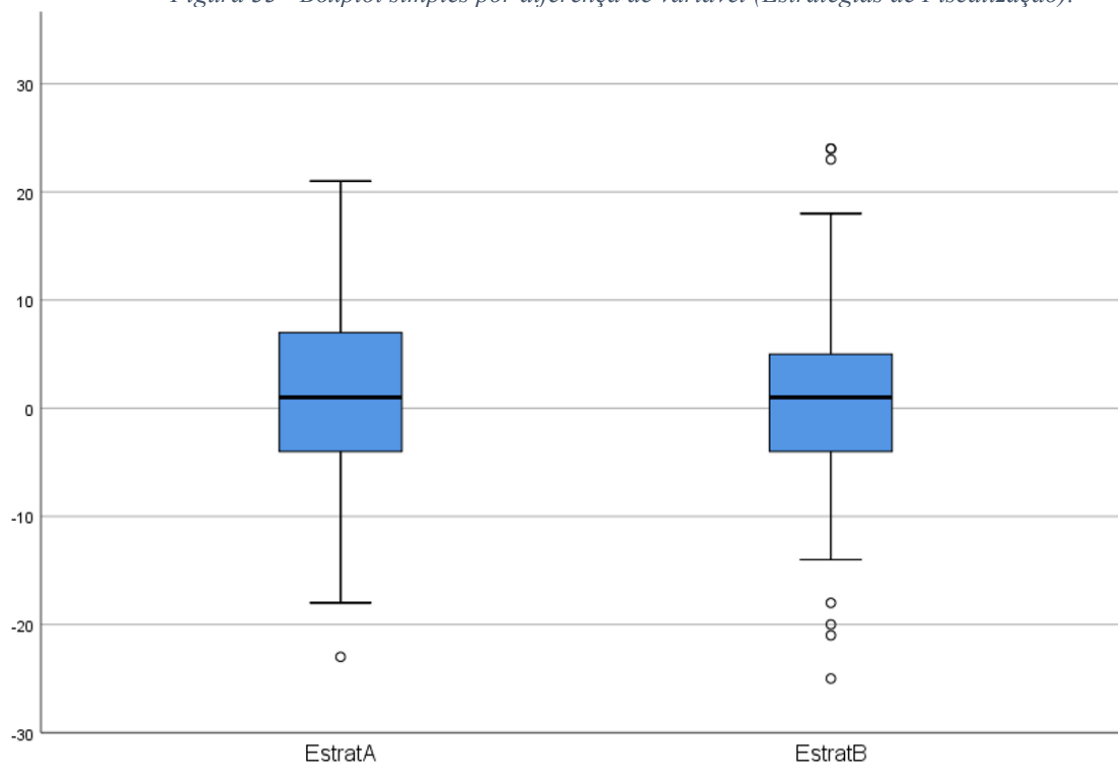
*Figura 32 - Limites de detecção dos outliers.*

$$\begin{aligned}\text{Limite Inferior} &= Q1 - 1,5 \cdot \text{AIQ} \\ \text{Limite Superior} &= Q3 + 1,5 \cdot \text{AIQ} \\ \text{AIQ (amplitude interquartil)} &= Q3 - Q1\end{aligned}$$

*Fonte: elaborada pelo autor.*

O gráfico apresentado na figura 33 mostra o *bloxplot* para as duas estratégias de fiscalização. Na primeira, estratégia de fiscalização A, apenas um dado do conjunto foi considerado *outlier*. Analisando o conjunto de dados, verifica-se que se trata de um veículo que passou no primeiro ponto a 101 km/h e no segundo ponto a 124 km/h. Já na segunda estratégia de fiscalização, estratégia B, foram 7 veículos considerados *outliers*, seja de forma positiva ou negativa. Neste caso específico, os *outliers* não devem ser eliminados do grupo, uma vez que são importantes dentro do contexto geral de análise do cenário.

Figura 33 - Boxplot simples por diferença de variável (Estratégias de Fiscalização).



Fonte: elaborada pelo autor.

Os gráficos mostram que a diferença de velocidade dos veículos entre o ponto 1 e o ponto 2 é maior na estratégia de fiscalização A. Demonstram ainda que, embora seja estatisticamente significativa, esta diferença é pequena (figura 33).



## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo geral de avaliar o impacto de ações de fiscalização de velocidade sobre a segurança viária e, de forma específica, identificar o impacto da presença ostensiva da viatura caracterizada em locais de fiscalização de velocidade e comparar as variações de velocidade entre duas estratégias diferentes de fiscalização de velocidade (com viatura operacional caracterizada e com viatura discreta administrativa).

O excesso de velocidade aumenta a possibilidade do acontecimento de um acidente de trânsito bem como de sua severidade. Em todos os estudos e dados disponíveis pesquisados, o excesso de velocidade está presente como um fator preponderante para a ocorrência do acidente de trânsito ou ainda para o aumento da gravidade dos danos em pessoas envolvidas. A fiscalização do excesso de velocidade é função precípua da Polícia Rodoviária Federal com o intuito de evitar a ocorrência de acidentes ou de reduzir os danos decorrentes dos acidentes que não foram possíveis de serem evitados. Desse modo, os equipamentos controladores de velocidade se destacam com papel fundamental na busca pela segurança viária nas rodovias federais uma vez que o motorista tende a reduzir a velocidade quando sabedor da presença do equipamento controlador de velocidade.

O cenário escolhido foi a BR 290 no trecho da região metropolitana de Porto Alegre, onde a rodovia possui 4 faixas em cada sentido de tráfego, com boas condições de trafegabilidade. Foram testadas duas estratégias de fiscalização de velocidade, onde a estratégia de fiscalização A consistia em realizar a medição de velocidade em dois pontos sucessivos, com dois quilômetros de distância entre eles, sendo que no primeiro ponto haveria uma viatura operacional caracterizada e no segundo ponto uma viatura discreta administrativa enquanto a estratégia de fiscalização B consistia realizar medições de velocidade nos mesmos pontos, porém com viatura discreta administrativa. Foram considerados apenas os veículos que tiveram a velocidade medida nos dois pontos de coleta.

Quanto ao objetivo específico de identificar o impacto da presença ostensiva da viatura caracterizada em locais de fiscalização de velocidade foi possível verificar através do teste t pareado, analisando individualmente cada estratégia de fiscalização, que na Estratégia de Fiscalização A houve uma diminuição de velocidade comparando o primeiro ponto com o segundo ponto. Verificou-se que esta diminuição era

significativamente relevante enquanto na Estratégia de Fiscalização B, apesar de ter sido indicada a redução de velocidade do ponto 1 para o ponto 2, esta não era significativamente relevante.

Quanto ao objetivo específico de comparar as variações de velocidade entre as estratégias de fiscalização de velocidade (com viatura operacional caracterizada e com viatura discreta administrativa), o teste t para amostras independentes comparou as duas estratégias de fiscalização pela média da diferença de velocidade dos pontos 1 e 2 e ficou constatado que a diferença média da Estratégia de Fiscalização A foi maior que na Estratégia de Fiscalização B. Finalizando a análise, através do Boxplot, também foi visualizado que, apesar de pequena, a diferença de passagem de velocidade entre o ponto 1 e o ponto 2 foi maior na Estratégia de Fiscalização A, isto é, na estratégia onde a viatura operacional caracterizada estava presente.

Quanto ao objetivo geral desta dissertação de avaliar o impacto de ações de fiscalização de velocidade sobre a segurança viária foi possível verificar que a presença ostensiva da viatura caracterizada causou uma redução na velocidade dos veículos em comparação à presença da viatura discreta administrativa. Embora esta redução tenha sido pequena, foi considerada estatisticamente relevante.

A partir dessa análise e dos resultados encontrados, sugere-se a fiscalização contínua de velocidade em pontos de alta acidentalidade, através do uso de viaturas caracterizadas e de radares. O uso dos dados estatísticos sobre acidentalidade mostram-se relevantes, pois a viatura estará fiscalizando locais com índice elevado de acidentes, em horários específicos e onde a velocidade é elencada como fato causador da ocorrência de acidentes.

Entre as principais dificuldades encontradas no estudo, a medição de velocidade dos veículos em ambos os pontos de coleta de velocidade se destacou já que, em alguns casos, o veículo teve sua passagem registrada em um ponto, mas não no outro ponto, devido às quatro faixas de tráfego e por isso foi desconsiderado para o presente estudo. Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se o aumento do número de radares nos pontos de coleta de velocidade, de modo a buscar coletar em ambos os pontos a velocidade de um maior número de veículos que passam. Sugere-se ainda que seja feita a divisão por categoria dos veículos quanto ao peso bruto total (PBT), isto é, veículos leves com PBT até 3500 kg e veículos pesados com PBT acima de 3500 kg, já que há diferença de velocidade máxima permitida para as diferentes categorias.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 10697:2018 - Pesquisa de acidentes de trânsito - Terminologia**. Disponível em: <<https://www.abramet.com.br/repo/public/commons/ABNT%20NBR10697%202020%20Acidentes%20de%20Transito%20Terminologia.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2021.
- ADRIANATISCA, I. et al. Issues Concerning the Road Safety Concept. **Procedia Economics and Finance**, v. 39, p. 441–445, 2016.
- AGUILERA, S. L. V. U.; MOYSÉS, S. T.; MOYSÉS, S. J. Intervenções de segurança viária e seus efeitos nas lesões causadas pelo trânsito: uma revisão sistemática. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 36, p. 257–265, 2014.
- AKER, F. **October 1973 The Arab Israeli War**. S.l.: First Edition Design Publishing, 2014.
- ALGORA-BUENAFÉ, A. F. et al. Tendencias de los accidentes de tránsito en Ecuador: 2000-2015. **Gerencia y Políticas de Salud**, v. 16, n. 33, p. 52–58, 10 nov. 2017.
- ALMEIDA, R. L. F. DE et al. Via, homem e veículo: fatores de risco associados a gravidade dos acidentes de trânsito. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 4, p. 718–731, ago. 2013.
- ALMEIDA, L. V. DE C.; PIGNATTI, M. G.; ESPINOSA, M. M. Principais fatores associados à ocorrência de acidentes de trânsito na BR 163, Mato Grosso, Brasil, 2004. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n. 2, p. 303–312, fev. 2009.
- AMBARWATI, L. et al. The influence of integrated space–transport development strategies on air pollution in urban areas. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 44, p. 134–146, maio 2016.
- ANDRADE, F. R. DE; ANTUNES, J. L. F. Tendência do número de vítimas em acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras antes e depois da Década de Ação pela Segurança no Trânsito. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 8, p. e00250218, 2019.
- ARIAS COHL, S. Factors associated with traffic accidents involving minors less than 19 years of age(1). **Pediatría (Asunción)**, v. 32, n. 1, p. 16–22, 2005.
- ASHLEY, G. et al. Investigating Effect of Driver-, Vehicle-, and Road-Related Factors on Location-Specific Crashes with Naturalistic Driving Data. **Transportation Research Record**, v. 2673, n. 6, p. 46–56, 1 jun. 2019.
- ASSEMBLEIA GERAL DAS NAÇÕES UNIDAS. **Resolução A/RES/64/255**. Disponível em: <[https://www.un.org/en/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/64/255](https://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/255)>. Acesso em: 1 set. 2020.
- ASSEMBLEIA GERAL DAS NAÇÕES UNIDAS. **Resolução A/RES/74/299**. Disponível em: <<https://undocs.org/en/A/RES/74/299>>. Acesso em: 1 dez. 2020.
- BACCHIERI, G.; BARROS, A. J. D. Acidentes de trânsito no Brasil de 1998 a 2010: muitas mudanças e poucos resultados. **Revista de Saúde Pública**, v. 45, n. 5, p. 949–963, out. 2011.
- BELIN, M.-Å.; TILGREN, P.; VEDUNG, E. Vision Zero – a road safety policy innovation. **International Journal of Injury Control and Safety Promotion**, v. 19, n. 2, p. 171–179, jun. 2012.
- BERG, H.-Y.; IFVER, J.; HASSELBERG, M. Public health consequences of road traffic injuries – Estimation of seriously injured persons based on risk for permanent medical impairment. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and**

- Behaviour**, v. 38, p. 1–6, 1 abr. 2016.
- BIFFE, C. R. F. et al. Perfil epidemiológico dos acidentes de trânsito em Marília, São Paulo, 2012\*. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 26, n. 2, p. 389–398, mar. 2017.
- BRANCO, J. A.; PIRES, A. M. **Introdução aos métodos estatísticos robustos**. In: XV CONGRESSO ANUAL DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE ESTATÍSTICA. Lisboa, 19 ago. 2007. Disponível em: <<http://bibliografia.bnportugal.gov.pt/bnp/bnp.exe/registo?1745313>>. Acesso em: 1 fev. 2021
- BRASIL. 9503/97. Código de Trânsito Brasileiro. . 1997.
- BRASIL. 11.705/08. Lei Seca. . 2008.
- BUCHANAN, C. Britain's Road Problem. **Lighting Research and Technology**, v. 30, n. 2 IEStrans, p. 33–40, jun. 1965.
- BUCSUHÁZY, K. et al. Human factors contributing to the road traffic accident occurrence. **Transportation Research Procedia**, Transport Infrastructure and systems in a changing world. Towards a more sustainable, reliable and smarter mobility. TIS Roma 2019 Conference Proceedings. v. 45, p. 555–561, 1 jan. 2020.
- BULL, J. P.; ROBERTS, B. J. Road accident statistics—A comparison of police and hospital information. **Accident Analysis & Prevention**, v. 5, n. 1, p. 45–53, abr. 1973.
- CARVALHO, C. H. R. DE. **Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil: estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do IPEA sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias**. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2020.
- CÉSPEDES, E. N. et al. Componentes descriptivos y explicativos de la accidentalidad vial en Colombia: incidencia del factor humano. **Criminalidad**, v. 56, n. 1, p. 157–187, 2014.
- CHIOU, Y.-C.; FU, C. Modeling crash frequency and severity using multinomial-generalized Poisson model with error components. **Accident Analysis & Prevention**, v. 50, p. 73–82, jan. 2013.
- DE WAARD, D.; ROOIJERS, T. An experimental study to evaluate the effectiveness of different methods and intensities of law enforcement on driving speed on motorways. **Accident Analysis & Prevention**, v. 26, n. 6, p. 751–765, dez. 1994.
- DELLINGER, A. M.; SLEET, D. A. Preventing Traffic Injuries: Strategies That Work. **American Journal of Lifestyle Medicine**, v. 4, n. 1, p. 82–89, 1 jan. 2010.
- DNIT. **Manual de Estudos de Tráfego** Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, , 2006.
- DUARTE, A. P.; MOURO, C. Sinto-me seguro a fazê-lo! Prevalência, percepção de risco e motivos para a condução de risco em Portugal. **Portuguese Journal of Public Health**, v. 37, n. 2–3, p. 82–90, 2019.
- ELVIK, R. Speed Limits, Enforcement, and Health Consequences. **Annual Review of Public Health**, v. 33, n. 1, p. 225–238, 21 abr. 2012.
- ETSC. **ETSC - Traffic Law Enforcement Across the EU** |. Disponível em: <<https://etsc.eu/traffic-law-enforcement-across-the-eu/>>. Acesso em: 27 jul. 2020.
- FARIA, J. N. A. D. S. Mortalidade rodoviária em Portugal: Uma abordagem sócio-demográfica. 9 set. 2010.
- FARMER, C. M. Relationship of traffic fatality rates to maximum state speed limits. **Traffic Injury Prevention**, v. 18, n. 4, p. 375–380, 19 maio 2017.
- FAVERO, D. E. G. **Rodovia BR/290/RS (Free Way): análise de desempenho do tráfego sob influência de fenômenos meteorológicos.**, 2015. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/138333>>. Acesso em: 1 dez. 2020
- FENG, M.; WANG, X.; QUDDUS, M. Developing multivariate time series models to examine the interrelations between police enforcement, traffic violations, and traffic

- crashes. **Analytic Methods in Accident Research**, v. 28, p. 100139, dez. 2020.
- GLOBAL ROAD SAFETY PARTNERSHIP et al. **Speed management: a road safety manual for decision-makers and practitioners**. [s.l.: s.n.].
- GONÇALVES, H. A. C. **Políticas Públicas e Aspectos Legais**, 2012. Disponível em: <<https://www.cursosonlinecursos.com.br/curso/apostila/6f600d54e2f686928aba6b202df9571758e61cff7eaab.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2020
- GONZÁLEZ-CRESPO, S.; VAZQUEZ, J. M. Ford Motor Company in Cadiz 1929-1923. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1397–1404, 2017.
- HADJI HOSSEINLOU, M.; MAHDAVI, A.; JABBARI NOOGHABI, M. Validation of the influencing factors associated with traffic violations and crashes on freeways of developing countries: A case study of Iran. **Accident Analysis & Prevention**, v. 121, p. 358–366, dez. 2018.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentals of physics**. 6th ed ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- HASHIMOTO, A. Measuring the effect of police surveillance on the prevention of traffic accidents. **Accident Analysis & Prevention**, v. 11, n. 4, p. 261–270, dez. 1979.
- HAUER, E.; AHLIN, F. J.; BOWSER, J. S. Speed enforcement and speed choice. **Accident Analysis & Prevention**, v. 14, n. 4, p. 267–278, ago. 1982.
- HAVLICEK, L. L.; PETERSON, N. L. Robustness of the T Test: A Guide for Researchers on Effect of Violations of Assumptions. **Psychological Reports**, v. 34, n. 3\_suppl, p. 1095–1114, jun. 1974.
- HONORATO, C. M. **Sanções do Código de Trânsito Brasileiro**. Campinas/SP: Millenium, 2004.
- HOURS, M. et al. Outcomes one year after a road accident: Results from the ESPARR cohort. **Accident Analysis & Prevention**, v. 50, p. 92–102, jan. 2013.
- HUGHES, M. J. **The social consequences of facial disfigurement**. [s.l.] Routledge, 2019.
- IPEA. **Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores do Ipea**. [s.l.] IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2015. Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP\\_Estimativa\\_2015.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP_Estimativa_2015.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2020.
- IPEA/DENATRAN/ANTP. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <[http://pfdc.pgr.mpf.mp.br/pfdc/informacao-e-comunicacao/informativos-pfdc/edicoes-2007/docs\\_jan\\_2007/anexo\\_inf\\_02\\_relatorio\\_ipea.pdf](http://pfdc.pgr.mpf.mp.br/pfdc/informacao-e-comunicacao/informativos-pfdc/edicoes-2007/docs_jan_2007/anexo_inf_02_relatorio_ipea.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2020.
- JOHANSSON, R. Vision Zero – Implementing a policy for traffic safety. **Safety Science**, v. 47, n. 6, p. 826–831, jul. 2009.
- KRISTIANSSEN, A.-C. et al. Swedish Vision Zero policies for safety – A comparative policy content analysis. **Safety Science**, v. 103, p. 260–269, mar. 2018.
- LIMA, T. F. DE et al. ANÁLISE EPIDEMIOLÓGICA DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL. **Encontro de Extensão, Docência e Iniciação Científica (EEDIC)**, v. 5, n. 1, 22 mar. 2019.
- MALOUFF, D. **How fast can you go?** Disponível em: <<https://ggwash.org/view/36744/how-fast-can-you-go-map-of-maximum-speed-limits-around-the-world>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- MARÍN, L.; QUEIROZ, M. S. A atualidade dos acidentes de trânsito na era da velocidade: uma visão geral. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 16, n. 1, p. 7–21, jan. 2000.
- MÁSILKOVÁ, M. Health and social consequences of road traffic accidents. **Kontakt**,

- v. 19, n. 1, p. e43–e47, 1 mar. 2017.
- MIRANDA-MORENO, L. F.; MORENCY, P.; EL-GENEIDY, A. M. The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian–vehicle collision occurrence at signalized intersections. **Accident Analysis & Prevention**, v. 43, n. 5, p. 1624–1634, set. 2011.
- NADRIAN, H. et al. “I am sick and tired of this congestion”: Perceptions of Sanandaj inhabitants on the family mental health impacts of urban traffic jam. **Journal of Transport & Health**, v. 14, p. 100587, set. 2019.
- NHTSA. **National Highway Traffic Safety Administration**. Disponível em: <<https://www.nhtsa.gov/>>. Acesso em: 20 set. 2020.
- OECD. **Safety Strategies for Rural Roads**. [s.l.] OECD, 1999.
- OGDEN, K. W. **Safer roads: a guide to road safety engineering**. Aldershot, Hants, England ; Brookfield, Vt: Avebury Technical, 1996.
- OSSIANDER, E. M.; CUMMINGS, P. Freeway speed limits and traffic fatalities in Washington State. **Accident Analysis & Prevention**, v. 34, n. 1, p. 13–18, jan. 2002.
- PAIXÃO, L. M. M. M. et al. Acidentes de trânsito em Belo Horizonte: o que revelam três diferentes fontes de informações, 2008 a 2010. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 18, n. 1, p. 108–122, mar. 2015.
- PEGIN, P.; PEGINA, O. A method to assess accident psychological severity in drivers. **Transportation Research Procedia**, v. 36, p. 562–566, 2018.
- PRF. **M015 - Manual de Atendimento de Acidentes - PRF**, 2018.
- REIS, R. S. et al. Scaling up physical activity interventions worldwide: stepping up to larger and smarter approaches to get people moving. **The Lancet**, v. 388, n. 10051, p. 1337–1348, set. 2016.
- RICHTER, E. D. et al. SPEED, ROAD INJURY, AND PUBLIC HEALTH. **Annual Review of Public Health**, v. 27, n. 1, p. 125–152, abr. 2006.
- ROTHENGATTER, T. The effects of police surveillance and law enforcement on driver behaviour. **Current Psychological Reviews**, v. 2, n. 3, p. 349–358, set. 1982.
- RUIKAR, M. National statistics of road traffic accidents in India. **Journal of Orthopedics, Traumatology and Rehabilitation**, v. 6, n. 1, p. 1, 2013.
- SILCOCK, D. et al. What limit speed? Factors that affect how fast we drive - Interim Report. 1999.
- SOBHANI, A. et al. A kinetic energy model of two-vehicle crash injury severity. **Accident Analysis & Prevention**, v. 43, n. 3, p. 741–754, maio 2011.
- SOEHODHO, S. Public transportation development and traffic accident prevention in Indonesia. **IATSS Research**, v. 40, n. 2, p. 76–80, jan. 2017.
- SOUZA, C. **Políticas Públicas: uma revisão da literatura**. Porto Alegre: Sociologias, 2006.
- STATON, C. et al. Road Traffic Injury Prevention Initiatives: A Systematic Review and Metasummary of Effectiveness in Low and Middle Income Countries. **PLOS ONE**, v. 11, n. 1, p. e0144971, 6 jan. 2016.
- STERGIOU, N. (ED.). **Innovative analyses of human movement**. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004.
- STONEHOUSE, J. M.; FORRESTER, G. J. Robustness of the t and U tests under combined assumption violations. **Journal of Applied Statistics**, v. 25, n. 1, p. 63–74, fev. 1998.
- TINGVALL, C.; HAWORTH, N. **Vision Zero - An ethical approach to safety and mobility**. . In: 6TH ITE INTERNATIONAL CONFERENCE ROAD SAFETY & TRAFFIC ENFORCEMENT: BEYOND 2000. Melbourne: 1999.
- TORRES-SANDOVAL, F. A. Determination of unsafe behavior in bus drivers and its

- relationship to traffic accidents. Case study of a company of public transport in Colombia. **DYNA**, v. 84, n. 203, p. 263–272, dez. 2017.
- TORRES-SANDOVAL, F. A. Propuesta de seguridad basada en el comportamiento para una empresa de transporte público en Colombia. Continuación de un caso de estudio. **DYNA**, v. 86, n. 209, p. 378–387, jun. 2019.
- TOUAHMIA, M. Identification of Risk Factors Influencing Road Traffic Accidents. v. 8, n. 1, p. 5, 2018.
- VORKO-JOVIĆ, A.; KERN, J.; BILOGLAV, Z. Risk factors in urban road traffic accidents. **Journal of Safety Research**, v. 37, n. 1, p. 93–98, jan. 2006.
- WANG, D. et al. Road traffic accident severity analysis: A census-based study in China. **Journal of Safety Research**, v. 70, p. 135–147, set. 2019.
- WARNER, J. et al. Analysis of Rural Interstate Fatality Rates in Consideration of Recent Increases in Maximum Statutory Speed Limits. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2673, n. 11, p. 48–58, nov. 2019.
- WIJNEN, W.; STIPDONK, H. Social costs of road crashes: An international analysis. **Accident Analysis & Prevention**, v. 94, p. 97–106, set. 2016.
- WILMOT, C. G.; KHANAL, M. Effect of Speed limits on speed and safety: A review. **Transport Reviews**, v. 19, n. 4, p. 315–329, jan. 1999.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Health Estimates 2016: Disease burden by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000-2016**. Geneva: [s.n.]. Disponível em:  
<[https://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/estimates/en/index1.html](https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/estimates/en/index1.html)>.  
Acesso em: 12 mar. 2020.
- YANNIS, G. et al. Why do drivers exceed speed limits. **European Transport Research Review**, v. 5, n. 3, p. 165–177, set. 2013.
- YANNIS, G.; PAPADIMITRIOU, E.; ANTONIOU, C. Impact of enforcement on traffic accidents and fatalities: A multivariate multilevel analysis. **Safety Science**, v. 46, n. 5, p. 738–750, jun. 2008.
- ZHANG, Y.; LU, H.; QU, W. Geographical Detection of Traffic Accidents Spatial Stratified Heterogeneity and Influence Factors. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 2, jan. 2020.