

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

**IMPACTO SOBRE A VELOCIDADE MÉDIA DOS VEÍCULOS  
COM A INTRODUÇÃO DE AÇÕES EDUCATIVAS E DE  
EQUIPAMENTOS QUE EFETUAM A LEITURA DE PLACAS**

**MURILO DE MELO SANTOS**

**ORIENTADOR: ALAN RICARDO DA SILVA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES**

**PUBLICAÇÃO:**

**BRASÍLIA/DF: SETEMBRO/2019**

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

**IMPACTO SOBRE A VELOCIDADE MÉDIA DOS VEÍCULOS COM A  
INTRODUÇÃO DE AÇÕES EDUCATIVAS E DE EQUIPAMENTOS  
QUE EFETUAM A LEITURA DE PLACAS**

**MURILO DE MELO SANTOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TRANSPORTES DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE TRANSPORTES.**

**APROVADA POR:**

---

**ALAN RICARDO DA SILVA, Dr. (UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**AUGUSTO CESAR DE MENDONÇA BRASIL, Dr. (UNB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**FLÁVIO JOSÉ CRAVEIRO CUNTO, PhD (UFC)  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**BRASÍLIA/DF, 27 de setembro de 2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, MURILO DE MELO

Impacto sobre a velocidade média dos veículos com a introdução de ações educativas e de equipamentos que efetuam a leitura de placas [Distrito Federal] 2019.

xvii, 94p, 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2019).

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

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| 1. Velocidade média | 2. Ação educativa  |
| 3. OCR              | 4. Radares fixos   |
| I. ENC/FT/UnB       | II. Título (série) |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, M. M. (2019). Impacto sobre a velocidade média dos veículos com a introdução de ações educativas e de equipamentos que efetuam a leitura de placas, Publicação T.DM-011/2019, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 94p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Murilo de Melo Santos

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Impacto sobre a velocidade média dos veículos com a introdução de ações educativas e de equipamentos que efetuam a leitura de placas.

GRAU: Mestre

ANO: 2019

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

Murilo de Melo Santos

Quadra 103, lote 3, apto 104, Águas Claras, CEP: 71.909.000, Distrito Federal, Brasil.

## *Dedicatória*

*Aos meus pais, Iracina e Adair (in memorium),  
à minha esposa, Pilar, pela compreensão e paciência,  
e à minha filha, Ana Luísa, pelo incentivo e ensinamentos sobre novas tecnologias.*

## *Agradecimentos*

Esta pesquisa é fruto de muita dedicação, comprometimento e superação. Voltar para a vida acadêmica depois de muitos anos no ambiente profissional não é tarefa simples. Na trajetória acadêmica contei com o incentivo e apoio de pessoas e instituições que muito me fortaleceu.

Agradeço a Deus por estar sempre ao meu lado me guiando e ajudando, principalmente quando os obstáculos parecem ser intransponíveis.

À Universidade de Brasília por conceder o espaço, as oportunidades e as instalações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa. Também agradeço ao Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal e, em especial, ao Diretor-Geral, Fauzi Nacfur Junior, que acolheu a ideia de efetuar ações educativas com a finalidade de mudar o comportamento inadequado de condutores e por fornecer dados dos equipamentos eletrônicos de controle de velocidade e de leitura de placas veiculares.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Transportes. Em especial, à Professora PhD Maria Alice Prudêncio Jacques, pelo aprendizado, pelo incentivo e por me ajudar a encontrar o caminho em um momento de incertezas sobre o rumo a seguir.

Ao professor Dr. Alan Ricardo da Silva, pela sua dedicação, competência como orientador e pela técnica aplicada na orientação. Um colega que contribuiu de todas as formas para o progresso dessa pesquisa e para aprendizados da vida acadêmica. Além de um grande motivador, destaco o exemplar profissionalismo e paciência para compartilhar o seu grande conhecimento.

Aos meus colegas do curso de mestrado, turma de 2018, por estarem sempre presentes nos momentos de insucesso ou de conquistas, pelas ideias, discussões e pela motivação nos momentos de mais angústias.

Aos meus colegas de trabalho do DER/DF, Rodrigo e Daniela, por colaborarem com os conhecimentos em informática. Ao Elcy e Waldemar Júnior pela disponibilização dos dados de fluxo viário.

À Cláudia Félix e Jacson, da empresa Consórcio Vias DF, pela disponibilização dos equipamentos de mensagens variáveis.

E à Camila Lucena por ser sempre prestativa nas informações sobre o curso e suas extensões.

## **RESUMO**

### **IMPACTO SOBRE A VELOCIDADE MÉDIA DOS VEÍCULOS COM A INTRODUÇÃO DE AÇÕES EDUCATIVAS E DE EQUIPAMENTOS QUE EFETUAM A LEITURA DE PLACAS**

Os acidentes de trânsito deixam milhões de pessoas mortas e feridas, anualmente, em todo o planeta. O excesso de velocidade é um dos fatores que mais contribui para a gravidade dos acidentes. A implantação de equipamentos de controle eletrônico de velocidade em vias promove uma diminuição dos acidentes de trânsito e seus efeitos. Apesar da eficácia comprovada desses dispositivos, alguns condutores têm o hábito de frear antes e acelerar depois dos pontos de controle. Para a resolução do problema do efeito da retomada da velocidade excessiva e suas consequências, uma solução pode ser o controle por meio da velocidade média. A educação no trânsito é um dos pilares para a redução de acidentes e pode contribuir para um convívio mais humanizado. Ações educativas alusivas ao controle de velocidade média em segmentos de rodovias podem contribuir para a diminuição da velocidade e seus efeitos negativos. O objetivo do presente trabalho é verificar o comportamento dos condutores de veículos quanto à velocidade média entre pontos de controle, quando submetidos à ação educativa. Para isso, foram aplicadas duas ações educativas em três rodovias do Distrito Federal. A primeira ação alertava aos condutores de veículos que nas rodovias existiam equipamentos que permitiam o controle de velocidade média entre segmentos. A segunda ação foi o encaminhamento de correspondência aos proprietários de veículos que ainda trafegaram com a velocidade média acima do tolerado, após a primeira ação educativa. Utilizaram-se testes estatísticos para verificar a redução ou não das velocidades médias após as ações educativas. Em uma análise anterior aos eventos educativos constatou-se que de 18% a 40% dos veículos registrados transitaram com velocidade média superior ao limite de velocidade. Em amostras de veículos que transitaram com velocidade média acima da velocidade de tolerância de cada segmento, após a primeira ação educativa, registrou-se uma queda da velocidade média para abaixo da velocidade de tolerância que variou entre 41% a 94%. Já os resultados da segunda ação educativa indicaram pequena variação na velocidade média quando comparado com os dados da primeira ação educativa.

**ABSTRACT**

**IMPACT ON AVERAGE VEHICLE SPEED WITH THE INTRODUCTION OF  
EDUCATIONAL ACTIONS AND OPTICAL CHARACTER RECOGNITION  
EQUIPMENTS**

Traffic accidents leave millions of people dead and injured, annually, in the entire planet. Speeding is one of the factors that most contributes to the severity of accidents. The implementation of electronic road speed control equipment promotes a reduction in traffic accidents and their effects. Despite the effectiveness of these devices, some drivers have a habit of braking before and accelerating after checkpoints. In order to solve the problem of the speeding-up effect and its consequences, one solution may be the control through the average speed. Traffic education is one of the pillars for reducing accidents and can contribute to a more humanized life. Educational actions related to the average speed control in highway segments can contribute to the slowdown and its negative effects. The objective of this work is to verify the behavior of vehicle drivers regarding the average speed between control points when subjected to educational action. For this, two educational actions were applied in three highways of the Federal District, Brazil. The first action warned vehicle drivers that on the highways there was equipment that allowed the control of average speed between segments. The second action was the sending of correspondence to vehicle owners who still traveled with the average speed above tolerated, after the first educational action. Statistical tests were used to verify the reduction or not of the average speed after the educational actions. Analysis prior to the educational events, it was found that from 18% to 40% of registered vehicles were traveling with an average speed above the speed limit. In vehicle samples that moved with average speed above the tolerance speed of each segment, after the first educational action, the average speed reduced below the tolerance speed that ranged from 41% to 94%. The results of the second educational action indicated small variation in the average speed when compared with the data of the first educational action.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	3
1.2	OBJETIVOS.....	5
1.3	JUSTIFICATIVA.....	5
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	7
2	SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES.....	8
2.1	RADARES FIXOS E SUAS APLICAÇÕES NO TRÁFEGO.....	8
2.2	A TECNOLOGIA OCR E SUAS APLICAÇÕES NO TRÁFEGO.....	13
3	MATERIAI E MÉTODOS.....	22
3.1	ETAPA 1: SELEÇÃO DOS SEGMENTOS.....	23
3.2	ETAPA 2: EXTRAÇÃO DOS DADOS.....	23
3.3	ETAPA 3: ESCOLHA DA FREQUÊNCIA.....	23
3.4	ETAPA 4: CÁLCULO DA VELOCIDADE MÉDIA.....	24
3.5	ETAPA 5: COMPARAÇÃO DAS VELOCIDADES.....	24
3.6	ETAPA 6: AÇÕES EDUCATIVAS.....	24
3.7	ETAPA 7: SELEÇÃO DAS AMOSTRAS.....	25
3.8	ETAPA 8: APLICAÇÃO DO TESTE ESTATÍSTICO.....	25
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	28
4.1	O SISTEMA RODOVIÁRIO DO DISTRITO FEDERAL - SRDF.....	28
4.2	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	30
4.2.1	Etapa 1: Seleção dos Segmentos.....	30
4.2.2	Etapa 2: Extração dos Dados.....	34
4.2.3	Etapa 3: Escolha da Frequência.....	41
4.2.4	Etapa 4: Cálculo da velocidade média.....	43

4.2.5 Etapa 5: Comparação das velocidades.....	44
4.2.6 Etapa 6: Ações educativas .....	45
4.2.7 Etapa 7: Seleção das amostras .....	48
4.2.8 Etapa 8: Aplicação do teste estatístico .....	48
5 CONCLUSÃO.....	63
5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	64
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
APÊNDICE A – PERFIS DE VELOCIDADE PARA ESCOLHA DA FREQUÊNCIA MÍNIMA A SER UTILIZADA NO ESTUDO .....	70
APÊNDICE B – MODELO DE CORRESPONDÊNCIA .....	82
APÊNDICE C – TESTES ESTATÍSTICOS SEMANA 1 COM SEMANA 2.....	83
APÊNDICE D – TESTE DE NORMALIDADE: SEMANA 3 COM A BASE DE DADOS DA SEMANA 1 - SOFTWARE SAS.....	84
APÊNDICE E – GRÁFICOS DAS SEMANAS PRÉ EDUCATIVAS .....	90
ANEXO A – PARECER DA AGU SOBRE VELOCIDADE MÉDIA.....	91
ANEXO B – INFORMATIVO SOBRE INÍCIO DA AÇÃO EDUCATIVA POR MEIO DA VELOCIDADE MÉDIA .....	93

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Rodovias com maior TMD com os respectivos números de veículos por dia.....	29
Tabela 4.2 - Rodovias com maior ATV com os números de acidentes em 2017 .....	29
Tabela 4.3 - Número de veículos registrados que passam nos pontos de controle .....	36
Tabela 4.4 - Número de veículos registrados que passam nos pontos de controle .....	38
Tabela 4.5 - Número de veículos que passaram em dois pontos sucessivos da rodovia.....	39
Tabela 4.6 - Número de veículos que passaram em dois pontos sucessivos da rodovia.....	41
Tabela 4.7 - Número de veículos que passaram 4 vezes ou mais .....	42
Tabela 4.8 - Número de veículos que passaram 4 vezes ou mais .....	43
Tabela 4.9 - Número de passagens acima da velocidade considerada .....	44
Tabela 4.10 - Número de passagens acima da velocidade considerada .....	45
Tabela 4.11 - Resumo das análises estatísticas do período pré-educativa .....	50
Tabela 4.12 – Resumo das análises estatísticas do período da primeira com a segunda ação educativa com encaminhamento das correspondências tendo como base a Semana 1 (22/04/2019 a 27/04/2019).....	55
Tabela 4.13 - Resumo das análises estatísticas modificadas (teste de Wilcoxon) para os dados que não seguiram a distribuição normal no período da primeira com a segunda ação educativa (22/04/2019 a 28/04/2019).....	57
Tabela 4.14 – Resumo das análises estatísticas do período da primeira com a segunda ação educativa com encaminhamento das correspondências tendo como base a Semana 2 (29/04/2019 a 05/05/2019).....	58
Tabela 4.15 - Resumo das análises estatísticas modificadas (teste de Wilcoxon) para os dados que não seguiram a distribuição normal no período da primeira com a segunda ação educativa (29/04/2019 a 05/05/2019).....	59
Tabela 4.16 - Tabela comparativa dos condutores que receberam com os que não receberam correspondências com a base da Semana de 22/04/2019 a 28/04/2019.....	60
Tabela 4.17 - Tabela comparativa dos condutores que receberam com os que não receberam correspondências com a base da Semana de 29/04/2019 a 05/05/2019.....	61

Tabela C.0.1 – Testes estatísticos Semana 1 com Semana 2 .....	83
Tabela D.0.1 Testes de normalidade: Semana 3 com a base de dados da Semana 1 .....	84
Tabela D.0.2 - Testes de normalidade: Semana 3 com a base de dados da Semana 2.....	84
Tabela D.0.3 - Testes de normalidade: Semana 4 com a base de dados da Semana 2.....	85
Tabela D.0.4 - Testes de normalidade: Semana 4 com a base de dados da Semana 1.....	85
Tabela D.0.5 - Testes de normalidade: Semana 5 com a base de dados da Semana 3 com a base de dados da Semana 1 .....	86
Tabela D.0.6 - Testes de normalidade: Semana 6 com a base de dados da Semana 3 com a base de dados da Semana 1 .....	86
Tabela D.0.7 - Testes de normalidade: Semana 5 com a base de dados da Semana 3 com a base de dados da Semana 2.....	87
Tabela D.0.8 - Testes de normalidade: Semana 6 com a base de dados da Semana 3 com a base de dados da Semana 2.....	87
Tabela D.0.9 - Testes de normalidade: Semana 5 com a base de dados da Semana 4 com a base de dados da Semana 2.....	88
Tabela D.0.10 - Testes de normalidades: Semana 5 com a base de dados da Semana 4 com a base de dados da Semana 1 .....	88
Tabela D.0.11 - Testes de normalidade: Semana 6 com a base de dados da Semana 4 com a base de dados da Semana 2 .....	89
Tabela D.0.12 - Testes de normalidade: Semana 6 com a base de dados da Semana 4 com a base de dados da Semana 1 .....	89

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Exemplo ilustrativo do uso do OCR na velocidade média.....	6
Figura 2.1 - Esquema de sensores colocados sob o asfalto.....	10
Figura 2.2 - Captura e reconhecimento da placa de um veículo. ....	13
Figura 2.3 - Etapas de um Sistema Automático de Leitura de Placas.....	14
Figura 2.4 - Esquema ilustrativo do Safety Tutor. ....	15
Figura 2.5 - Mapa esquemático da Itália com locais controlados pelo Sistema <i>Safety Tutor</i> ...16	
Figura 2.6 - Redução de acidentes (%) x hs mensais de radares móveis entre 1997-2006.....	18
Figura 2.7 - Esquema ilustrativo do sistema OCR no túnel Kaisermuhlen.....	19
Figura 2.8 - <i>Lay out</i> das rodovias E40 e E17. ....	20
Figura 3.1 - Fluxograma metodológico.....	22
Figura 4.1 - Mapa rodoviário do Distrito Federal.....	28
Figura 4.2 - Desenho esquemático do segmento da rodovia DF-009.....	31
Figura 4.3 - Desenho esquemático dos segmentos da rodovia DF-002.....	32
Figura 4.4 - Desenho esquemático dos segmentos da rodovia DF-002.....	33
Figura 4.5 - Segmentos escolhidos no Distrito Federal, Brasil.....	33
Figura 4.6 - Desenho esquemático do período de coleta de dados.....	34
Figura 4.7 - Painel de mensagem variável no trecho da rodovia DF-002 – Mensagem 1.....	47
Figura 4.8 - Painel de mensagem variável no trecho da rodovia DF-002. Mensagem 2.....	47
Figura 4.9 - Gráficos das velocidades médias: base de dados da Semana 1.....	52
Figura 4.10 - Gráficos das velocidades médias: base de dados da Semana 2.....	54
Figura 4.11 - Quadro exemplo para cálculo dos testes $T_+$ e $T_-$ das diferenças de velocidade média da Semana 6 com a Semana 4 no segmento da rodovia DF-095.....	56
Figura A.1 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002N, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 1 veículo por período.....	70

Figura A.2 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002N, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 2 veículos por período. ....	70
Figura A.3 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002N, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 3 veículos por período. ....	71
Figura A.4 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002N, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 4 veículos por período. ....	71
Figura A.5 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002N, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 5 veículos por período. ....	72
Figura A.6 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 1 veículo por período. ....	73
Figura A.7 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 2 veículos por período. ....	73
Figura A.8 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 3 veículos por período. ....	74
Figura A.9 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 4 veículos por período. ....	74
Figura A.10 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 5 veículos por período. ....	75
Figura A.11 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 6 veículos por período. ....	75

Figura A.12 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-009, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 1 veículo por período.....	76
Figura A.13 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-009, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 2 veículos por período. ....	76
Figura A.14 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-009, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 3 veículos por período. ....	77
Figura A.15 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-009, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 4 veículos por período. ....	77
Figura A.16 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-009, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 5 veículos por período. ....	78
Figura A.17 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-095, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 1 veículo por período.....	79
Figura A.18 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-095, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 2 veículos por período. ....	79
Figura A.19 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-095, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 3 veículos por período. ....	80
Figura A.20 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-095, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 4 veículos por período. ....	80
Figura A.21 - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia df-095, nas semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 5 veículos por período. ....	81

Figura E.1 - Percentuais de veículos que trafegaram com a velocidade média acima da velocidade limite - Semana 1 ..... 89

Figura E.2 - Percentuais de veículos que trafegaram com a velocidade média acima da velocidade limite - Semana 2 ..... 89

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

ABS	<i>Anti-lock Braking System</i>
ASEP	<i>French Automated Speed Enforcement Program</i>
ATV	Acidentes de Trânsito com Vítimas
CET/SP	Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DER/DF	Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal
DER/RJ	Departamento de Estradas de Rodagem do Rio de Janeiro
EPCL	Estrada Parque Ceilândia
EPPN	Estrada Parque Península Norte
ITS	<i>Intelligent Transport Systems</i>
KNPA	<i>Korean National Police Agency</i>
OCDE	Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico
OCR	<i>Optical Character Recognition</i>
PNV	Plano Nacional de Viação
TMD	Tráfego Médio Diário
VMD	Volume Médio Diário

## 1 INTRODUÇÃO

A cada ano, cerca de 1,2 milhão de pessoas morrem e outros milhões são feridos ou incapacitados em consequência de colisões nas vias públicas, principalmente em países de baixa e média renda (WHO, 2008). Segundo Cannell & Gold (2001), os acidentes de trânsito na América Latina e Caribe respondem por, aproximadamente, trinta bilhões de dólares em perdas econômicas dos quais um terço são no território brasileiro. Para Ferraz *et al.* (2012), no Brasil, a acidentalidade no trânsito constitui uma verdadeira catástrofe. As causas dos acidentes são várias e estão relacionadas com o veículo, a via e o elemento humano.

O excesso de velocidade é uma das causas de acidentes. A velocidade na qual um veículo viaja é um importante determinante de lesão: quanto mais rápido o veículo estiver viajando, maior será a energia infligida aos ocupantes durante uma colisão e maior será a lesão (WILSON *et al.*, 2010). De acordo com WHO (2009), o excesso de velocidade contribui para cerca de 30% dos acidentes de trânsito nos países mais desenvolvidos e 50% nos países em desenvolvimento. Por exemplo, na Nova Zelândia, em 2002, 126 mortes e 2.339 feridos foram atribuídos ao excesso de velocidade, com base em julgamentos da polícia – representando 31% de todas as fatalidades e 17% de todas as lesões graves (FRITH *et al.*, 2005).

Para Wegman & Goldenbeld (2006), enquanto os motoristas puderem escolher suas próprias velocidades, sempre haverá um grupo que excederá regularmente os limites de velocidade, às vezes ou deliberadamente. Os principais fatores que determinam os limites de velocidade levam em consideração: comportamento dos condutores (uso do 85 percentil), critérios sócio-econômicos e critérios ligados a redução de lesões e colisões (BELIN, 2007). Mesmo com os limites devidamente definidos e sinalizados, muitos condutores ainda insistem em dirigir acima da velocidade permitida.

Os chamados sistemas de segurança viária seguros ou simplesmente sistemas seguros tem o objetivo de oferecer um sistema de estrada que possa acomodar o inevitável erro humano sem levar à morte ou à ferimentos graves dos seus usuários (OECD, 2018). Para o Segurança Sustentável (iniciado na Holanda), a responsabilidade do usuário é obedecer às regras

enquanto que a responsabilidade da autoridade é organizar o sistema de maneira que os erros humanos sejam cometidos o mais raramente possível, com menor número possível de consequências sérias (SWOV, 2007). Uma forma de organizar o sistema é por meio do gerenciamento da velocidade. Segundo Wegmam & Goldenbeld (2006), com o gerenciamento de velocidade podemos influenciar a homogeneidade do tráfego rodoviário e a previsibilidade do comportamento do usuário e, assim, reduzir a chance de erros cometidos pelos usuários.

Nos acidentes de trânsito, velocidades mais baixas provocam severidades mais brandas aos usuários das vias. Essa constatação foi capturada em vários modelos, com destaque notadamente no *Power Model* de Nilsson (OECD, 2018). Assim, segundo os autores reduzir a velocidade em alguns km/h pode reduzir bastante os riscos de gravidade e também beneficia a qualidade de vida, especialmente em áreas urbanas, reduzindo a poluição do ar, as emissões de gases de efeito estufa, o consumo de combustível e o ruído.

A fiscalização eletrônica de velocidade pode ser definida como sendo a utilização de meios eletrônicos como um dos elementos do ato de controlar o cumprimento das normas sobre velocidade de veículos no trânsito (GOLD, 2003). É um dos meios utilizados para o controle dos limites estabelecidos e um instrumento valioso na redução do número e, sobretudo, da severidade dos acidentes. Dispositivos de controle de velocidade são implantados nas vias com a finalidade de manter os limites de velocidade. Os radares fixos são instrumentos para aferir a velocidade dos veículos em determinados pontos.

A implantação de radares fixos em rodovias é um instrumento de controle da velocidade limite que, quando bem aplicado, promove uma diminuição dos acidentes de trânsito, ainda que pontualmente. Em um estudo de revisão, Wilson *et al.* (2010) concluíram que nas proximidades dos endereços das câmeras, as reduções variaram de 8% a 49% para todos os acidentes, com reduções para a maioria dos estudos no intervalo de 14% a 25%. Todos os 28 estudos analisados encontraram um número menor de colisões nas áreas onde foram implantadas as câmeras. Não se pode contestar a efetividade dos radares fixos como elementos que levam à redução da velocidade pontualmente e, em relação à acidentalidade nos locais onde são instalados (YAMADA, 2005).

Mesmo com a introdução de fiscalização por meio de radares fixos e móveis, com resultados expressivos na diminuição de acidentes, existe o fenômeno de alguns condutores desacelerarem antes e acelerarem após a passagem pelo ponto de controle. Segundo Oliveira *et al.* (2015), 200 metros após as câmeras, os veículos apresentaram velocidade média significativamente mais alta e 38,1% dos veículos trafegavam acima do limite de velocidade. Uma forma de mudar esse comportamento de risco dos condutores pode ser o controle eletrônico por meio da velocidade média medida entre trechos.

O controle por segmento é uma medida relativamente nova, que parece ser muito eficaz não apenas na redução da velocidade, mas também contribuindo para um fluxo de tráfego mais homogêneo (OECD, 2018). A implantação de leitores ópticos automáticos (conhecidos como OCR – *Optical Character Recognition* ou reconhecimento óptico de caracteres) permite a identificação da placa dos veículos por meio da leitura automática das placas. Com o registro dos horários em que um determinado veículo passa nos pontos de controle, obtém-se o tempo gasto para percorrer o segmento entre radares consecutivos. De posse das medidas de distância e de tempo é possível calcular a velocidade média do veículo entre dois pontos.

No caso do Brasil, atualmente, o gerenciamento da velocidade média não pode ser feito por meio de aplicação de penalidade aos infratores tendo em vista a ausência de regulamentação. O respeito à velocidade limite vai ao encontro dos sistemas seguros, sobretudo da “Segurança Sustentável”, que busca com que os condutores de veículos a entendam como a velocidade certa para conduzir seus veículos (SWOV, 2007). A educação é um instrumento essencial para o desenvolvimento dos indivíduos na sociedade, e, tratando-se do trânsito, esse instrumento se torna peça chave para a formação de cidadãos mais preparados e conscientes para enfrentar a vida e o trânsito (RODRIGUES *et al.*, 2018). Dessa forma, ações educativas são ferramentas necessárias para o respeito à velocidade legal e que podem trazer resultados significativos no gerenciamento da velocidade média em segmentos rodoviários.

## **1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA**

Apesar da efetividade dos equipamentos nos pontos onde são instalados, observa-se um desrespeito aos limites de velocidade entre os pontos de controle. Um problema com a

aplicação da câmera de velocidade é que alguns motoristas freiam antes de passar pela localização da câmera e depois excedem o limite de velocidade após a passagem (MONTELLA *et al.*, 2012). As análises dos perfis de velocidade antes e depois das câmeras mostram que os motoristas diminuem a velocidade abruptamente antes da câmera e aceleram novamente depois de passar pela câmera (DE PAUW *et al.*, 2014). Muitas vezes, a redução da acidentalidade decorrente do tratamento de um local crítico é acompanhada por um aumento da acidentalidade nas vizinhanças do local tratado (FERRAZ *et al.*, 2012). Para os autores, uma das prováveis explicações para o fenômeno é a utilização de velocidade acima do habitual após trafegar por um local “tratado” que exige a passagem com velocidade baixa (uma espécie de compensação do tempo perdido).

No Brasil, os radares são do tipo fixo e a Lei Federal nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, estabelece no Capítulo sobre Normas Gerais de Circulação e Conduta que “*o condutor de veículo deverá obedecer aos limites máximos de velocidade estabelecidos para a via*” (BRASIL, 1997). A transgressão dessa norma, quando detectada na forma da Lei e sua regulamentação, é passível de multa pecuniária e até suspensão do direito de dirigir e apreensão do documento de habilitação. A forma de fiscalizar a velocidade dos veículos é regulamentada pela Resolução nº 396, de 13 de dezembro de 2011, a qual estabelece os requisitos técnicos mínimos (BRASIL, 2011). A regulamentação da fiscalização de velocidade não está disciplinada no dispositivo legal, logo, no Brasil, ainda não é permitida aplicação de penalidade pelo excesso de velocidade média. Em 2017, a Advocacia Geral da União emitiu o Parecer n. 00679/2017/CONJUR-MCID/CGU/AGU (Anexo A) no qual concluiu que qualquer órgão que venha a compor o Sistema Nacional de Trânsito poderá promover a fiscalização da velocidade média dos condutores de um ponto a outro de determinada via, desde que tal fiscalização tenha como objetivo promover a educação no trânsito.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo é verificar o comportamento dos motoristas quanto à velocidade média entre pontos de controle, por meio de ações educativas e utilizando equipamentos que efetuam a leitura automática de placas veiculares. Assim, o problema de pesquisa deste trabalho é: qual o impacto provocado na velocidade média dos veículos com a introdução de ações educativas e de equipamentos que efetuam a leitura de placas?

## 1.2 OBJETIVOS

O presente estudo tem o objetivo de verificar o impacto de ações educativas na velocidade média em segmentos rodoviários.

Tem-se como objetivos específicos:

- Analisar a velocidade média dos veículos em três rodovias do Sistema Rodoviário do Distrito Federal;
- Analisar o comportamento dos motoristas quanto à velocidade média após uma campanha de educação no trânsito e uma notificação enviada para a residência dos mesmos;

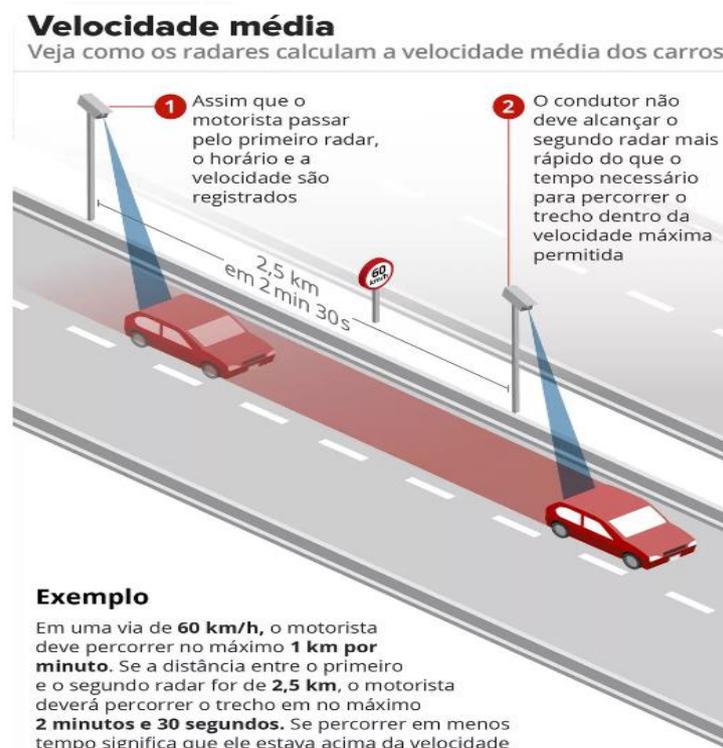
## 1.3 JUSTIFICATIVA

A inovação tecnológica promove veículos mais seguros como o sistema de freios ABS, suspensão inteligente, controle de tração, entre outros. Como contraponto, a sensação de estar em veículos mais seguros pode induzir alguns condutores a dirigirem acima da velocidade permitida. Para Ferraz *et al.* (2012), ao perceber que o “valor” de alguns fatores de risco foi eliminado ou reduzido, com mudança na via, no veículo, no trânsito ou no meio ambiente, o usuário eleva o “valor” de outros fatores de risco de modo a manter o “valor” do nível global de risco aproximadamente no mesmo patamar, trocando o ganho de segurança por benefícios em termos de mobilidade (aumento da velocidade, aceitação de intervalo menor para entrar em interseções, etc.) e/ou conforto.

Segundo Wegman & Goldenbeld (2006), na base do gerenciamento de velocidade estão os limites legais de velocidade. Com o objetivo de diminuir os acidentes de trânsito e a exemplo de outras cidades do planeta, houve a introdução de fiscalização eletrônica de velocidade, em algumas cidades brasileiras, por meio de radares ainda no século passado. Embora os radares fixos sejam efetivos no controle da velocidade pontual, conforme citado anteriormente, há necessidade de estratégias de controle para que boa parte dos condutores não ultrapasse a velocidade máxima permitida em um determinado trecho de uma rodovia.

O controle pela velocidade média pode ser uma ferramenta eficaz para que os condutores

tenham uma maior obediência aos limites de velocidade estabelecidos para a segurança viária. Embora a legislação brasileira vigente não permita a aplicação de penalidades decorrentes da fiscalização da velocidade média, a Advocacia Geral da União convalidou entendimento da utilização da fiscalização da velocidade média na promoção da educação no trânsito. No Brasil, o primeiro exemplo de aplicação da tecnologia OCR para cálculo da velocidade média, em grande escala, foi na cidade de São Paulo. A Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo iniciou o sistema de fiscalização da velocidade média, com fins educativos, em novembro de 2017 (G1, 2017). A Figura 1.1 ilustra como funciona a tecnologia OCR para a medição da velocidade média.



**Figura 1.1** - Exemplo ilustrativo do uso do OCR na velocidade média  
Fonte: G1 (2017)

No Distrito Federal, O Departamento de Estradas de Rodagem – DER/DF contratou uma prestadora de serviço que fornece equipamentos para monitoramento e gestão das informações de tráfego. O contrato foi assinado em 2018 e a identificação automática das placas dos veículos é um dos serviços objeto do contrato (DER/DF, 2018a). Com a

funcionalidade deste dispositivo agregado a ações educativas esperam-se benefícios à sociedade com a diminuição do número e da severidade dos acidentes.

#### **1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A presente dissertação foi dividida em 5 Capítulos com o intuito de se alcançar os objetivos propostos. Após este Capítulo introdutório, o Capítulo 2 trata dos aspectos referentes aos Sistemas Inteligentes de Trânsito, em especial, os radares fixos e os OCRs, como suas definições, características, utilizações e alguns locais em que são aplicados. O Capítulo 3 introduz os materiais e métodos que serão utilizados na pesquisa. O Capítulo 4 apresenta a análise dos resultados do estudo, e por fim as conclusões e recomendações para trabalhos futuros são apresentados no Capítulo 5.

## 2 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES

Os Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS – *Intelligent Transport Systems*) constituem importantes ferramentas de gestão do tráfego do mundo moderno. Para Ferraz *et al.* (2012), a Engenharia Eletrônica atua no desenvolvimento de dispositivos eletrônicos para o controle dos veículos e do tráfego, incluindo os sistemas denominados inteligentes que buscam aprimorar o desempenho dos veículos e dos dispositivos de controle do tráfego com base em informações detectadas automaticamente (sem intervenção humana). A aplicação desses sistemas contribui para a redução dos acidentes de trânsito e a mobilidade de veículos e pessoas.

Todos os serviços e atividades relativos à operação e gerenciamento do trânsito podem ser facilitados sobremaneira quando se utiliza a integração de tecnologias que tenham por objetivo realizar a coleta, o armazenamento, a transmissão e a análise de dados (BERNARDI, 2014). Os ITS utilizam diversas tecnologias e têm aplicações em diversas áreas. Os Sistemas Inteligentes de Transportes podem dar sua própria contribuição exclusiva para melhorar a segurança no trânsito e, portanto, merecem um lugar de destaque na visão de Segurança Sustentável (WEGMAN & GOLDENBELD, 2006). No presente estudo, serão tratadas duas tecnologias destes sistemas utilizadas no gerenciamento de tráfego: os radares fixos e o OCR.

### 2.1 RADARES FIXOS E SUAS APLICAÇÕES NO TRÁFEGO

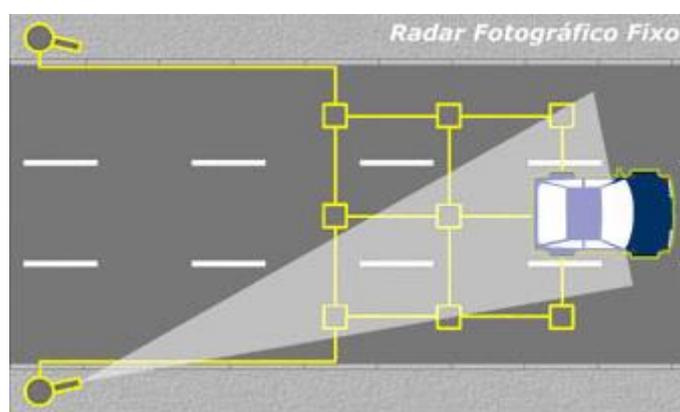
Todos os motoristas escolhem uma velocidade para viajar e essa escolha impõe riscos que podem afetar a probabilidade e a gravidade das falhas (FRITH *et al.*, 2005). Para minimizar os efeitos de uma escolha inadequada, a autoridade de trânsito sobre uma via determina o limite de velocidade. Entretanto, alguns condutores insistem em dirigir acima da velocidade permitida. Segundo Frith *et al.* (2005), o excesso de velocidade ilegal ou excessivo precisa e pode ser resolvido por meio da fiscalização. Tão importante quanto uma legislação apropriada, é a efetiva fiscalização, pois essa atua no sentido de inibir a desobediência às leis e regras de trânsito, contribuindo, assim, para uma maior segurança viária (FERRAZ *et al.*, 2012).

De uma forma geral, as pessoas costumam chamar todos os equipamentos de radar. Derivada da sigla em inglês “*Radio Detection And Ranging*”, o primeiro equipamento foi construído em 1904, por Christian Hülsmeyer, na Alemanha (CET/SP, 2012). Somente nos anos de 1930 é que houve um elevado desenvolvimento tecnológico para implantar um sistema de detecção por ondas de rádio em alta frequência (CET/SP, 2012). Atualmente, o uso do radar é bastante diversificado, como no tráfego aéreo, na vigilância do mar, nos sistemas antimísseis, nos sistemas espaciais, na meteorologia, nos sistemas de monitoramento, no controle de tráfego rodoviário, dentre outros. Embora o termo “radar” fosse originalmente utilizado para designar equipamentos que utilizem sensor que emite ondas eletromagnéticas, o termo acabou sendo generalizado para designar, também, equipamentos de fiscalização de velocidade que não utilizem ondas eletromagnéticas como tecnologia para detecção de velocidade (CET/SP, 2012).

Os instrumentos ou equipamentos de medição de velocidade (radares) são classificados em fixos, estáticos, móveis e portáteis, conforme estabelecido na Resolução 396, de 13 de dezembro de 2011, do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN (BRASIL, 2011). Radares fixos são equipamentos que, por meio de laços ou sensores no pavimento, calculam a velocidade dos veículos em cada faixa e fotografam os veículos infratores (CANNELL & GOLD, 2001). Estes equipamentos possuem instalação fixa (em postes próprios, pórticos, bandeiras, obras de arte), com operação automática, dispensando a presença de Agentes de Fiscalização de Trânsito (YAMADA, 2005). Ainda segundo Yamada (2005), este tipo de equipamento é denominado Pardal, Lombada Eletrônica ou ainda Barreira Eletrônica, e opera por sensores embutidos no pavimento que permitem a detecção dos veículos, a medição da velocidade e o registro fotográfico, feita por um flash infravermelho, cuja iluminação não é percebida pelo usuário.

Para Gold (2003), os pardais e radares discretos são mais apropriados para trechos de média e grande extensão, onde o objetivo é limitar a velocidade média do tráfego. Segundo o mesmo autor, esses equipamentos monitoram todas as faixas de trânsito da via onde se encontram sendo totalmente automáticos e independem de operação local. Funcionam vinte e quatro horas por dia e o objetivo primordial do equipamento é eliminar o tráfego de veículos acima de uma determinada velocidade (GOLD, 2003).

Na Figura 2.1 é representado um sistema de detecção de massa metálica através de sensores compostos de laços indutivos postados sob o asfalto. O sistema computadorizado, acoplado aos laços indutivos, gera uma frequência constante que, quando da passagem de um veículo (massa metálica), é alterada, sendo instantaneamente lida e analisada (MONTEIRO, 2004). Conhecendo-se, portanto, a distância entre os laços, o sistema de processamento calcula automaticamente a velocidade do veículo que passa sobre os pontos. A existência de um terceiro laço permite dois cálculos distintos e consecutivos da velocidade reduzindo significativamente o erro de cálculo (MONTEIRO, 2004).



**Figura 2.1** - Esquema de sensores colocados sob o asfalto  
Fonte: DER-RJ (2019)

Acoplado às câmeras estão iluminadores para a operação em período noturno, que trabalham na banda superior do infravermelho, gerando iluminação não visível a olho nu e evitando ofuscamento (BERNARDI, 2014). Para maior segurança dos dados, uma segunda câmera, com visão panorâmica, é colocada para dirimir eventuais dúvidas sobre a faixa em que o veículo trafega (BERNARDI, 2014).

Para Cupolillo (2006), a experiência internacional com radares teve início nos anos 70 do século passado. No Brasil, a primeira cidade a utilizá-los em larga escala foi Brasília (CANNELL & GOLD, 2001). Um estudo de revisão feito por Pilkington & Kinra (2005) em 14 países de alta renda, no período de 1992 a 2003, constatou que com a implantação de radares de velocidade houve uma redução de 17% (*British Columbia, Canadá*) a 71% (*West London, Reino Unido*) no número de mortes. O objetivo da revisão foi avaliar se os radares de

velocidade reduziam colisões no trânsito e vítimas relacionadas. A seleção do estudo foi feita por estudos observacionais e ensaios controlados.

Para Wilson *et al.* (2010), os países que atualmente utilizam radares consideram a introdução dos equipamentos uma oportunidade única para planejar e fornecer a base para evidências sólidas de seu efeito sobre a velocidade e os resultados de acidentes. Há uma vasta bibliografia sobre avaliação de radares fixos em diversos países, sobretudo na Europa e Ásia, conforme será apresentado a seguir.

Um dos primeiros estudos de avaliação de radares fixos foi publicado por Oei & Polak (1992) com o objetivo de investigar se a velocidade de condução pode ser reduzida pelos fatores: (1) uma campanha de publicidade; (2) colocar sinais ao longo da estrada; (3) aplicar o controle automático de velocidade; e (4) aplicar multas. Foram selecionadas quatro rodovias cuja velocidade máxima permitida era de 80 km/h em quatro províncias da Holanda. O estudo foi organizado sob a forma de uma investigação antes e depois (30 de novembro de 1990 a 30 de junho de 1991). Os resultados mostraram que houve redução da velocidade média em 6 km/h, declínio do número de acidentes em 35% e diminuição da porcentagem de invasores da velocidade máxima de 38% para 11%.

Os resultados de um estudo antes e depois da aplicação de fiscalização automática de velocidade, por meio de radar, introduzida na Noruega em 1988, apontaram para uma redução de 20% no número de acidentes com lesões e de 12% com danos materiais (ELVIK, 1997). O estudo levantado pelo autor reportou resultado de redução da velocidade, em média, de 5,2 km/h em vias cuja velocidade limite variavam de 50 a 90 km/h.

Para tentar aumentar a conformidade do motorista com os limites de velocidade, a Agência Nacional de Polícia da Coreia do Sul (KNPA) instalou sistema de fiscalização automática em 41 locais fixos em cinco centros locais em abril de 1997 (HA *et al.*, 2003). Os autores realizaram um estudo em sete locais sendo que os resultados analisados mostraram que os motoristas tendem a reduzir sua velocidade quando se aproximam do sistema que é todo sinalizado com placas de trânsito noticiando a presença dos equipamentos de fiscalização. O estudo antes e depois revelou não apenas uma redução na frequência de acidentes (29%), mas

também uma redução do número de mortes (40%).

A França é um exemplo bem sucedido de programa automatizado de fiscalização de velocidade (ASEP). Segundo Carnis & Blais (2013), antes da implantação do ASEP, a taxa de fatalidade do tráfego era maior do que e, vários países da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico – OCDE. Carnis & Blais (2013) verificaram que enquanto a média da taxa de fatalidade entre os países membros da OCDE era de 11,6 por 100.000 habitantes, no ano de 2000, na França era de 13,6.

Os primeiros dispositivos de radar de foto foram instalados em novembro de 2003 após um período de teste (entre março e novembro de 2003) sendo que até 2010, mais de 2.756 radares (1.823 dispositivos fixos e 933 móveis) estavam operando em toda a rede rodoviária pública (CARNIS & BLAIS, 2013). Para os autores, entre novembro de 2003 e dezembro de 2010, as estimativas sugerem que 15.193 mortes e 62.259 lesões não fatais foram evitadas pelo ASEP, no entanto, concluem que as estimativas devem ser interpretadas com cuidado, pois outros fatores podem ter contribuído para esta redução.

Um dos problemas associados aos radares eletrônicos é a tendência de alguns motoristas frearem quando passam pela câmera e, em seguida, aceleram acima do limite quando estão fora do alcance da câmera (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Em um estudo feito em Belo Horizonte, os autores afirmam que embora vários estudos tenham mostrado que o controle de velocidade com câmeras é eficaz na redução de acidentes até 200 metros após a câmera, o estudo mostrou que, em 200 metros após a câmera de velocidade, apenas 60% dos motoristas ainda estavam obedecendo ao limite de velocidade. Nessa linha, Wilson *et al.* (2010) afirmam, em seu estudo, que a uma milha depois da exposição ao radar, 78% dos veículos viajavam pelo menos 5 milhas por hora mais rápido que o limite de velocidade.

Para a resolução do problema identificado devem ser admitidas novas estratégias para diminuir o efeito da retomada velocidade excessiva. Um método relativamente novo, com o potencial de impedir o efeito mencionado acima, é controlar todo o trecho da via ou monitorar a velocidade média (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

## 2.2 A TECNOLOGIA OCR E SUAS APLICAÇÕES NO TRÁFEGO

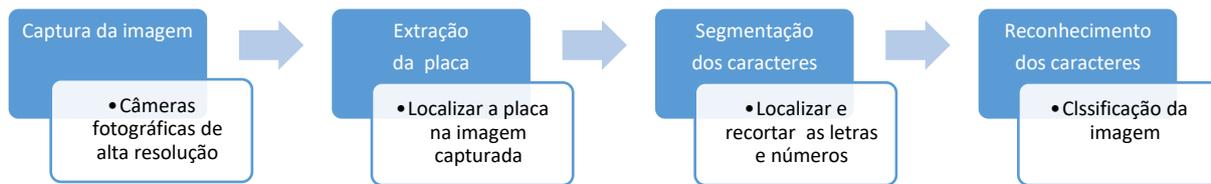
Dentre os sistemas inteligentes de transportes, a tecnologia de reconhecimento automático de placas veiculares tem ganhado cada vez mais importância na gestão de trânsito. Esse sistema nada mais é do que um conjunto de recursos de *software* e *hardware* capazes de identificar a passagem do veículo, de registrar uma imagem do veículo contendo a placa veicular e reconhecer o conteúdo da placa, transformando o em caracteres que possam ser processados e transmitidos remotamente, assim como é feito com a imagem captada do veículo (BERNARDI, 2014). Por meio de um *software* desenvolvido para este fim, o OCR faz a leitura alfanumérica da placa do veículo e o compara a uma base de dados identificando qual o veículo e suas características (marca, modelo, cor, ano de fabricação, proprietário, existência ou não de restrições), conforme a Figura 2.2.



**Figura 2.2** - Captura e reconhecimento da placa de um veículo.

Fonte: Consilux (2019)

Alvarenga (2014) divide o sistema automático de leitura de placas em 4 etapas: captura da imagem, extração da placa, segmentação dos caracteres e reconhecimento dos caracteres. A Figura 2.3 mostra o desenho esquemático das etapas do sistema automático proposto por Alvarenga (2014).



**Figura 2.3** - Etapas de um Sistema Automático de Leitura de Placas.  
Fonte: Alvarenga (2014) com adaptações.

Como em todo sistema tecnológico, existem erros na leitura de placas por diversos motivos. Em um estudo desenvolvido na Tailândia, onde há placas com várias cores com caracteres também com cores variadas, Chang *et al.* (2004) fizeram um experimento com 1.065 imagens sendo que, destas, 47 não foram identificados os números, o que totalizou uma taxa de sucesso de 95,6%.

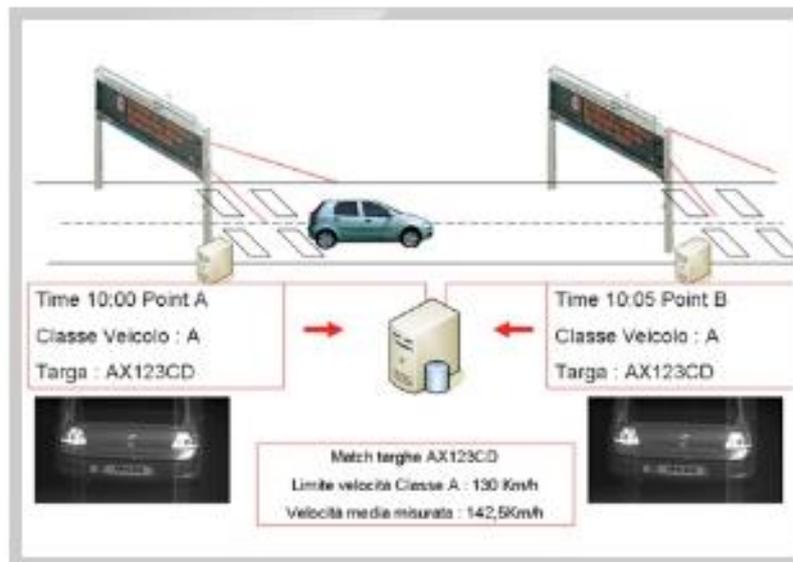
No campo da segurança pública, a detecção de veículos com restrições (furto, sequestro, roubo) é importante no combate e na elucidação de crimes. As atividades de gerenciamento de tráfego com a utilização de OCR são variadas, onde destacam-se:

- Detecção de sinal vermelho em semáforos;
- Circulação irregular de determinados veículos em áreas ou dias restritos;
- Circulação de veículos não autorizados em vias exclusivas;
- Gerenciamento de áreas de estacionamento;
- Fiscalização do Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e licenciamento de veículos;
- Levantamento de dados origem/destino;

Outra aplicação do OCR no gerenciamento de tráfego é a possibilidade de obter a velocidade média de veículos em segmentos rodoviários. A existência de leitores automáticos de placas nas vias com a integração dos dados de dois ou mais pontos de fiscalização permite a determinação da velocidade média desenvolvida pelos veículos (CET/SP, 2012). A aplicação da velocidade média é uma abordagem relativamente nova que ganha popularidade em toda a Europa e Austrália (SOOLE *et al.*, 2013). Segundo os autores, é também conhecida pelo sistema usado em uma jurisdição (“*Tutor*” - Itália; “*SPECS*” - Reino Unido), como aplicação

de velocidade ponto-a-ponto (Austrália e Nova Zelândia) e controle de segmento ou controle de trajetória (Holanda, Áustria).

O sistema de fiscalização aplicado na Itália, conhecido publicamente como *Safety Tutor*, adotou o controle da velocidade média em rodovias, sendo que os condutores que superam a velocidade estabelecida são penalizados. Segundo a Autostrade Tech (2019), para o controle da velocidade média e para cada rota, o Mestre fornece dois pontos de monitoramento periféricos, que detectam os dados do veículo (velocidade, classe, placa do veículo). A Figura 2.4 ilustra o procedimento do sistema: o veículo, quando passa no ponto A, é identificado, por meio do OCR, e registra-se a velocidade pontual, o horário e a placa; repete-se o procedimento no ponto B. Conhecida a distância e de posse do tempo de percurso entre os dois pontos, tem-se a velocidade média no segmento.



**Figura 2.4** - Esquema ilustrativo do Safety Tutor.  
Fonte: AutostradeTech (2019).

Segundo Autostrade Tech (2019), a utilização do sistema *Safety Tutor* tem permitido reduzir drasticamente e de um modo progressivo a velocidade de pico e a média dos veículos, o que também resultou numa redução líquida em acidentes e as consequências sobre as pessoas (a redução da mortalidade na rede coberta é maior que 50%). A Autostrade Tech (2019) afirma também que o sistema obteve resultados importantes em termos de impacto ambiental,

considerando as emissões de CO<sup>2</sup>, tanto pela diminuição da velocidade média como por um estilo de condução mais uniforme.

O controle de velocidade por segmento foi introduzido na rede de autoestradas italiana em dezembro de 2005. Em 2014, compreendia um total de 320 endereços de câmeras que cobriam mais de 2.900 km da rede. Na autoestrada urbana A56, a velocidade média dos veículos leves diminuiu 10% e o número de acidentes diminuiu 32%, além de uma impressionante redução na variabilidade da velocidade (OECD, 2018). A Figura 2.5 mostra os locais em que foi implantado o Sistema *Safety Tutor* na Itália.



**Figura 2.5** - Mapa esquemático da Itália com locais controlados pelo Sistema *Safety Tutor*  
Fonte: Autostrade Tech (2019).

No Reino Unido, a tecnologia de câmeras ponto-a-ponto foi instalada pela primeira vez na principal rodovia de Nottingham da Autoestrada M1 em julho de 2000 (CAMERON, 2008). Os leitores automáticos de placas efetuam o registro no início e no fim do trecho analisado. Quando a velocidade média de um veículo excede um limite definido, a infração é registrada pelo sistema e resulta no envio de uma notificação.

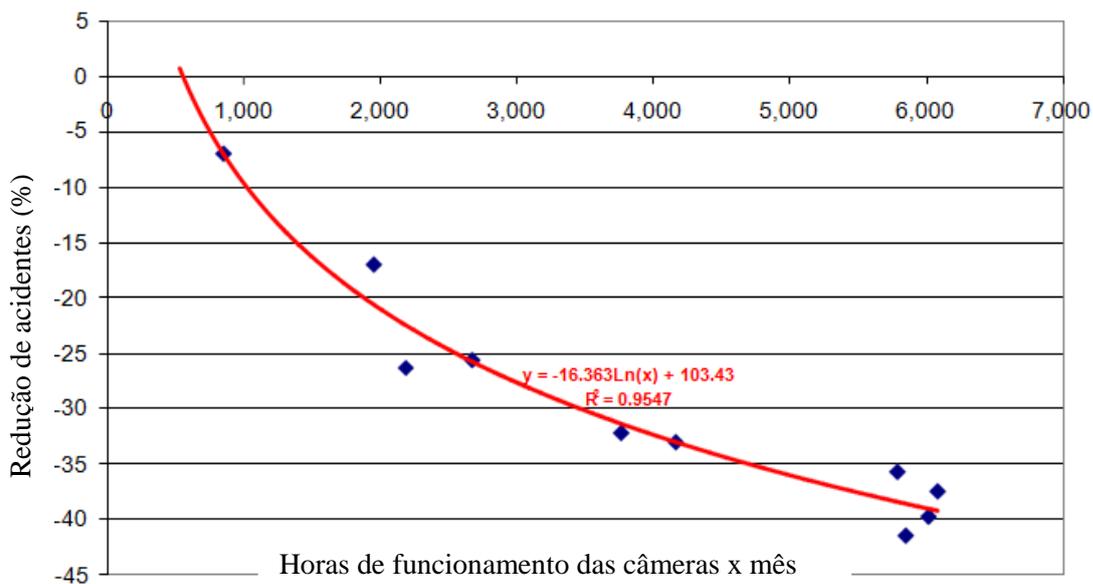
Um estudo realizado por Owen *et al.* (2016) apontou eficácia na redução do número de acidentes, sobretudo os de alta severidade. Um dos objetivos do estudo era estabelecer níveis de ocorrência de colisões antes e depois da instalação do sistema de controle de velocidade média. Para o órgão responsável pela administração dos transportes – *Transport for London* (TfL), nas estradas em que foram implantadas as câmeras, o número de pessoas mortas ou gravemente feridas caiu em 50%.

Em dezembro de 2003, o Parlamento do estado de Victoria, na Austrália, aprovou uma legislação que permite que a polícia do estado multar os motoristas por exceder a velocidade média em uma distância fixa (CAMERON, 2008). Segundo o autor, foi lançado um sistema de câmera de velocidade ponto-a-ponto no trecho inicial da *Hume Freeway*, ao norte de Melbourne, em 5 de abril de 2007. Quatro segmentos contíguos de comprimentos 8, 14, 7 e 25 km são cobertas por cinco bancos de câmeras duplas, um no início e no final de cada direção. Segundo Cameron (2008), cada veículo que passa uma câmera é fotografado digitalmente, a imagem armazenada, a placa de identificação é identificada, por meio de tecnologia OCR, e os caracteres são transmitidos para um computador central em Melbourne. No caso de violação da velocidade limite, o aviso de infração é emitido e encaminhado ao proprietário do veículo.

No estado de Queensland, no norte da Austrália, foi implantado um sistema de controle móvel de velocidade média (CAMERON, 2008). Consiste na escolha de segmentos com dois veículos com os equipamentos OCR, um no início outro no final do trecho. Cameron (2008) efetuou um estudo considerando as horas de utilização do sistema ponto-a-ponto em radares móveis em trechos selecionados. A Figura 2.6 mostra os resultados obtidos. Enquanto o programa de Queensland continuou a operar em cerca de 6.000 horas por mês durante 2003-2006, as estimativas adicionais de efeito tiveram o potencial de melhorar a confiabilidade da relação entre as horas de câmera e as reduções de acidentes (CAMERON, 2008). Para o autor, quanto maior o tempo de utilização do sistema maior a redução no número de acidentes nos trechos avaliados.

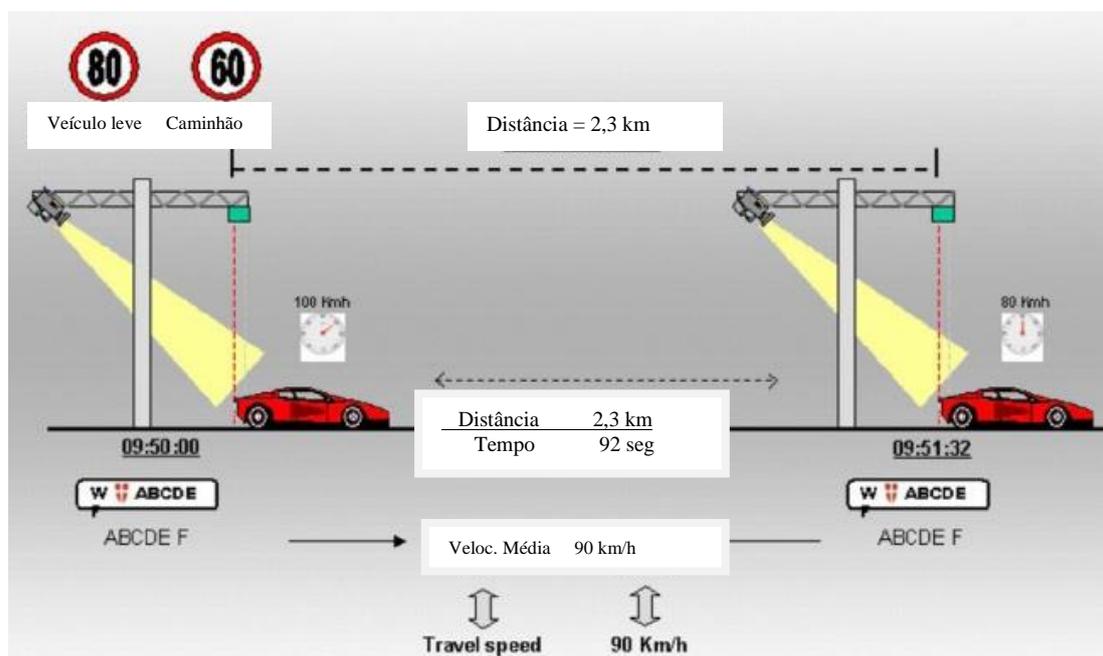
O gráfico aponta para um acréscimo na redução de acidentes na medida em que aumenta a quantidade de horas de fiscalização automática. A vigilância (fiscalização) percebida pelos

usuários das vias evita que os mesmos cometam violações e infrações manifestando o medo de ser pego e multado ou punido (Mäkinen *et al.*, 2003). Para os autores, é geralmente aceito que a aplicação da lei de trânsito influencia o comportamento de dirigir através de dois processos: dissuasão geral - pode ser descrita como o impacto da ameaça de punição legal sobre o público em geral e dissuasão específica - pode ser vista como o impacto de uma punição legal efetiva sobre aqueles que foram detidos (apenados). Segundo Wegmam & Goldenbeld (2006), a teoria da dissuasão afirma que o comportamento é regulado pela velocidade, a certeza e a severidade das sanções.



**Figura 2.6** - Redução de acidentes (%) x h mensais de radares móveis entre 1997-2006  
 Fonte: Cameron (2008) com adaptações

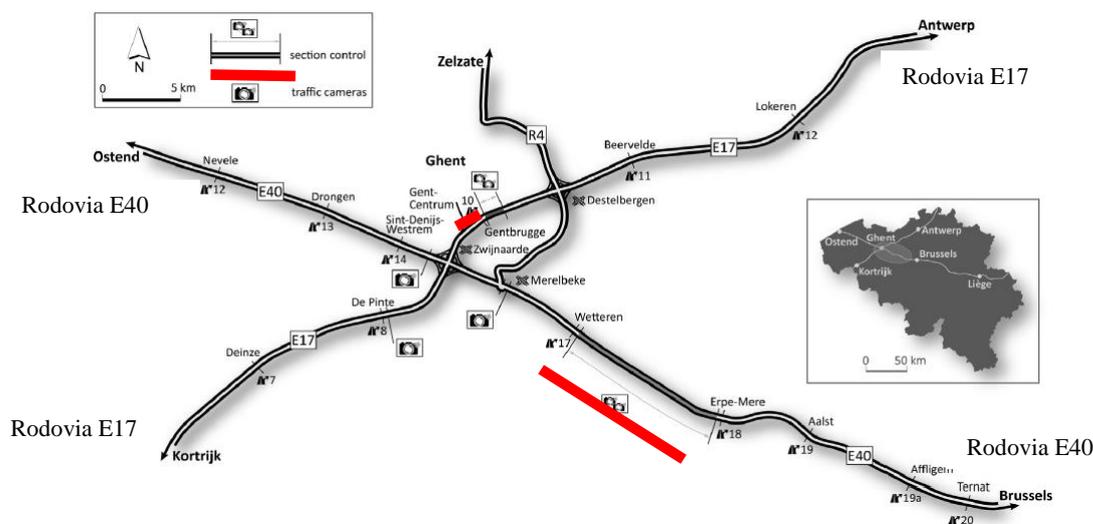
Na Áustria, a primeira implementação da aplicação de velocidade média ocorreu na autoestrada A22 no túnel Kaisermuhlen perto de Viena em agosto de 2003 (SOOLE *et al.*, 2013). O sistema de leitura automática de placa consistia de câmeras colocadas no início e no fim do túnel, conforme a Figura 2.7. O impacto na redução da velocidade, dentro do túnel, após implantação do sistema apontou para uma velocidade de média de 75 km/h (antes era de 85 km/h) para veículos leves e de 55 km/h (antes era de 70 km/h) para veículos pesados (STEFAN, 2006). Após dois anos de utilização do sistema, houve redução do número de lesões em 33,3% e lesões graves e fatais em 48,8%, conforme conclusão do autor.



**Figura 2.7** - Esquema ilustrativo do sistema OCR no túnel Kaisermuhlen.  
 Fonte: Stefan (2006), com adaptação.

Na Bélgica, dois segmentos de rodovias (E40 e E17) foram estudadas por Vanlommel *et al.* (2015). O estudo avaliou o sistema de controle de velocidade média de duas rodovias. Os limites de velocidade nas autoestradas Belgas variam de 70 km/h a 120 km/h para veículos leves enquanto que para caminhões a velocidade máxima permitida é de 90 km/h. A rodovia E40 vai de Bruxelas para Ostende, conforme mostra a Figura 2.8. A rodovia E17 vai de Antuérpia até Kortrijk. As saídas são indicadas no mapa por seus nomes conforme aparecem nos sinais ao longo da rodovia. A Figura 2.8 mostra também a localização das rodovias na Bélgica, juntamente com as principais cidades que elas conectam. O segmento controlado na rodovia E40 tem uma extensão de 7,4 km enquanto que na E17 é de 1,9 km.

Vanlommel *et al.* (2015) afirmam que o sistema de controle de segmento reduz a velocidade do tráfego tornando-o mais homogêneo, com diferença de velocidade entre o percentil 25 e 85 de 15 km/h sendo que em seções similares, sem o controle, a variação entre os dois percentis é de 30 km/h. Com relação à segurança, os autores concluem que o controle de segmento é mais eficaz criando um tráfego estável e harmonioso dentro dos limites de velocidade impostos.



**Figura 2.8** - Lay out das rodovias E40 e E17.  
 Fonte: Vanlommel *et al.* (2015) com adaptações.

No Brasil, o sistema de leitura automática de placas já é utilizado em algumas cidades. No entanto, a funcionalidade como fiscalização de velocidade média com aplicação de penalidade ainda não é utilizada, pois a legislação não está regulamentada para tal procedimento. A implantação da fiscalização pela velocidade média por trecho exigirá, certamente, uma regulamentação específica, visto que o motorista será autuado não pelo excesso pontual (local), mas pelo ocorrido em um ou mais segmentos da via (CET/SP, 2012).

Em 2011, a cidade de São Paulo apresentava mais de 400 pontos de fiscalização automática em operação, sendo que deles, aproximadamente, 200 já eram providos de leitores automáticos de placas (CET/SP, 2012). De acordo com a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET/SP), o sistema abrangia diversos enquadramentos, como:

- Rodízio municipal de veículos;
- Zona máxima de restrição de circulação de caminhões;
- Zona máxima de restrição de circulação de fretados;
- Trânsito em faixas regulamentadas como de circulação exclusiva (faixas de ônibus);
- Trânsito de veículos de grande porte em faixas que não lhes são destinadas.

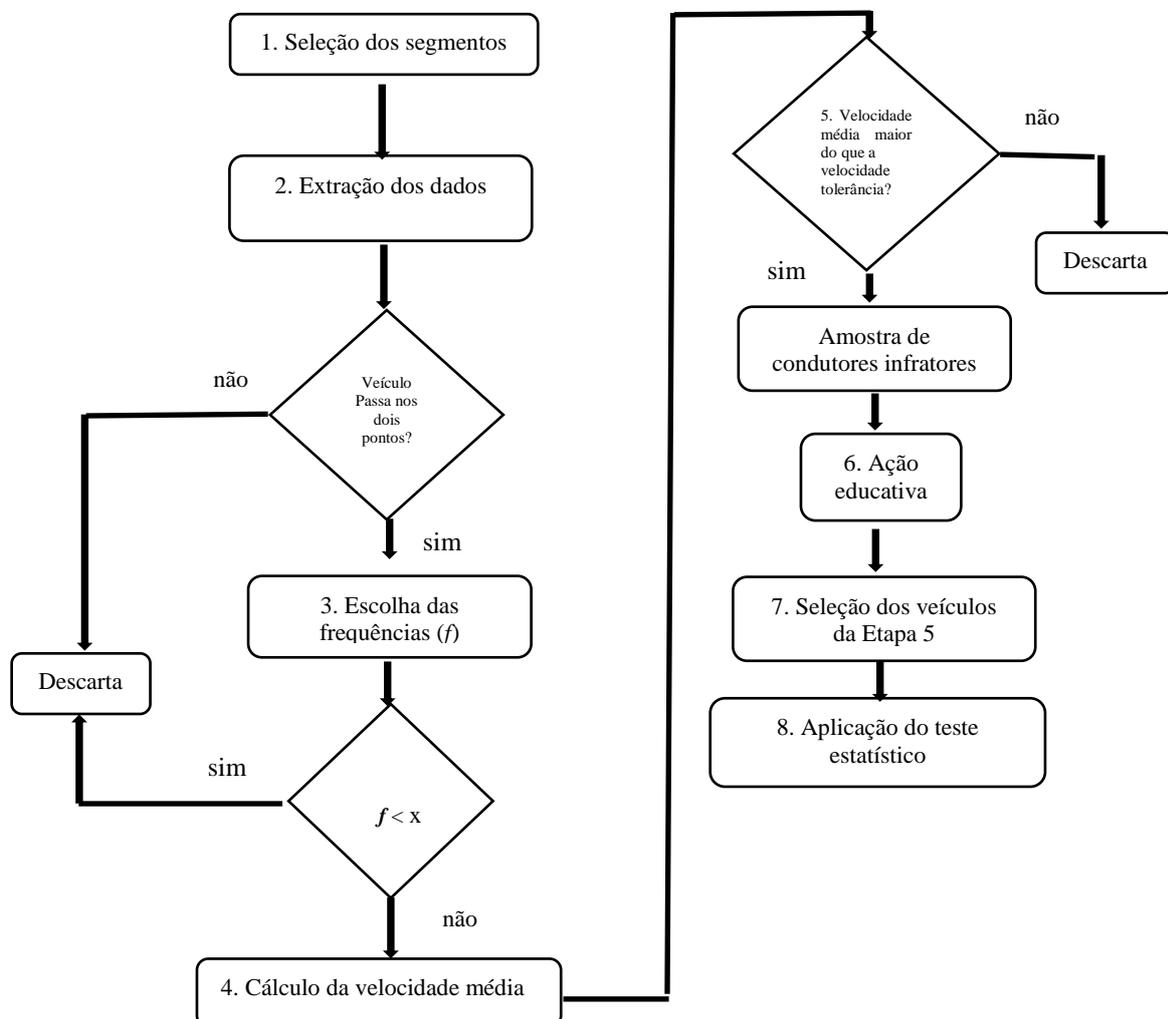
A Prefeitura Municipal da cidade de São Paulo iniciou uma fiscalização da velocidade média, com fins educativos, em novembro de 2017. Assim que o veículo passa pelo primeiro aparelho, o horário e a velocidade são registrados pelo equipamento. Se o veículo alcançar o segundo radar mais rápido do que o tempo necessário para percorrer o trecho na velocidade limite, o proprietário do veículo será advertido, por meio de uma correspondência (SÃO PAULO, 2017).

Segundo Cannell & Gold, (2001), Brasília foi a primeira cidade a utilizar os radares fixos em larga escala tendo iniciado as operações em 1995. No entanto, ainda não foi implantada a fiscalização educativa de velocidade média, embora já existam equipamentos, do tipo OCR, que permitem esta funcionalidade.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste Capítulo é apresentada a descrição dos materiais e métodos utilizados na pesquisa para verificar o comportamento dos condutores de veículos que insistem em dirigir acima da velocidade de tolerância em segmentos, quando avisados de que estão trafegando com a velocidade média superior à velocidade de tolerância.

As instituições públicas, que trabalham com a gestão do trânsito, dispõem de uma robusta base de dados acerca do fluxo veicular. De uma forma geral, os dados são coletados a partir dos dispositivos de fiscalização eletrônica existentes nas vias públicas, conforme descrito no Capítulo 2. O fluxograma metodológico é apresentado na Figura 3.1 e as etapas são descritas a seguir:



**Figura 3.1** - Fluxograma metodológico

### **3.1 ETAPA 1: SELEÇÃO DOS SEGMENTOS**

O primeiro passo do estudo é a escolha dos segmentos viários que se deseja analisar. Há necessidade de requisitar à entidade de trânsito com circunscrição sobre as vias a disponibilização dos dados coletados pelos equipamentos que fazem a leitura automática de placas (OCR). É necessário que se tenha pelo menos dois pontos de controle, no mesmo sentido da via, que tenham esses dados. A escolha dos locais para o estudo pode ficar limitada à malha disponibilizada pela entidade de trânsito.

Escolhe-se um período (semanal, quinzenal, mensal, anual etc) antes e depois do evento para se elaborar o comparativo. Na escolha do segmento avaliam-se algumas características da via: velocidade limite, relevo, volume médio diário (VMD), número de faixas de rolamento, uso e ocupação do solo em suas margens e número de acidentes.

### **3.2 ETAPA 2: EXTRAÇÃO DOS DADOS**

De posse dos registros dos veículos que passam no primeiro e no segundo ponto de controle, efetua-se a extração dos dados com a utilização de programa computacional compatível com o sistema utilizado no OCR. Por meio de um programa de análise de dados (pode ser utilizado planilha eletrônica), selecionam-se aqueles veículos que passam nos dois pontos e descartam-se os que passam somente em um ponto.

### **3.3 ETAPA 3: ESCOLHA DA FREQUÊNCIA**

A frequência com que o condutor trafega no segmento é relevante para o estudo já que é necessário que o mesmo transite “antes” e “depois” da ação educativa. É preciso que o condutor tenha certa assiduidade no tráfego no segmento analisado, caso contrário não há possibilidade de comparação. A escolha de uma frequência mínima em que o veículo passa no segmento analisado é também um parâmetro para definir os condutores contumazes em transgressão da velocidade limite.

É desejável elaborar perfis de velocidade média (pode ser com representação gráfica) a partir de toda a base retirada da etapa anterior (frequência  $f=1$ ). A seguir, elaboram-se os perfis de velocidade com que os registros dos veículos que passaram duas vezes no período selecionado ( $f=2$ ). E assim, sucessivamente, até que o tamanho da amostra seja grande o suficiente (ou

pelo menos o tamanho determinado pela Equação 3.2). A escolha da frequência deve recair sobre um tamanho de amostra que não seja tão grande a ponto de perder vários registros como também tão pequena a ponto de resultar amostras insignificantes ao final. Apenas nessa etapa é realizada a escolha da frequência. Nas etapas seguintes trabalha-se com todos os veículos registrados a partir dessa etapa, não realizando novos procedimentos de escolha de frequência.

### **3.4 ETAPA 4: CÁLCULO DA VELOCIDADE MÉDIA**

Com os dados selecionados, identificando o veículo, os horários em que eles passaram no primeiro e no segundo ponto e a distância entre os dois pontos, calcula-se a velocidade média de cada veículo no segmento por meio da divisão da distância percorrida pelo tempo gasto no percurso, conforme a Equação (3.1):

$$V_{\text{média}} = \text{Distância} / \text{Tempo} \quad (3.1)$$

Uma premissa basilar é que os relógios dos equipamentos estejam sincronizados, ou seja, todos devem estar ajustados no mesmo horário.

### **3.5 ETAPA 5: COMPARAÇÃO DAS VELOCIDADES**

Quando o período escolhido para a comparação antes e depois for considerado pequeno, por exemplo, período semanal, quinzenal ou mensal, é recomendável efetuar uma comparação de velocidade média com um segundo período para verificar se existe alguma variabilidade significativa entre os dois. Se houver, faz-se a opção pelo período mais crítico, ou seja, que teve as menores velocidades apuradas.

O fluxo veicular é variável, ao longo do dia (o período diurno tem volume de tráfego diferente do período noturno) para um mesmo segmento. Dessa forma, há necessidade de dividir o dia em períodos para que a comparação das velocidades tenha mais robustez. Com a divisão do dia em períodos, selecionam-se os veículos cujas velocidades médias são superiores à velocidade limite do segmento analisado e forma-se uma primeira base de dados.

### **3.6 ETAPA 6: AÇÕES EDUCATIVAS**

O próximo passo é desenvolver uma ou mais ações educativas com intuito de conscientizar os condutores sobre o perigo e as consequências de transitar acima da velocidade regulamentar.

Ações informativas com utilização de mídias eletrônicas, redes sociais, panfletagens, divulgação em engenhos publicitários e painéis de mensagens variáveis são exemplos que podem gerar mudança comportamental dos condutores em relação ao excesso de velocidade em trechos rodoviários. Se houver mais de uma ação educativa, repetem-se os procedimentos descritos a partir da Etapa 2, formando-se nova ou novas bases de dados, conforme descrito na Etapa 5.

### 3.7 ETAPA 7: SELEÇÃO DAS AMOSTRAS

Com os dados apurados “antes”, seleciona-se uma amostra  $n$  e forma-se uma segunda base de dados, com os registros “depois” utilizando somente os veículos da primeira amostra. Nesse processo, alguns registros “antes” podem não aparecer no “depois”. Nesse caso, comparam-se apenas os registros comuns, ou seja, veículos que trafegaram no segmento “antes” e “depois” do evento educativo.

A amostra pode ser calculada de acordo com a Equação 3.2 (ZAR, 2010):

$$n = \frac{z_{\gamma/2}^2 \sigma^2}{E^2} \quad (3.2)$$

onde  $z_{\gamma/2}^2$  é o quantil da distribuição normal para um nível de confiança  $\gamma$ ,  $\sigma^2$  é a variância populacional e  $E$  é o erro amostral desejado.

### 3.8 ETAPA 8: APLICAÇÃO DO TESTE ESTATÍSTICO

O chamado *teste t pareado* é apropriado para comparar dois conjuntos de dados quantitativos, que estejam em pares (como é o caso dessa pesquisa), e a hipótese nula é que a diferença média entre as observações emparelhadas é zero (ZAR, 2010). Com os dados das velocidades médias de cada veículo efetua-se a diferença com a velocidade limite (considerada) tanto “antes” quanto “depois” da ação educativa. A estatística do teste baseia-se nos valores observados na diferença entre as duas velocidades, ou seja, a variável  $D$  definida por:

$$D = (\text{medida depois}) - (\text{medida antes}) \quad (3.3)$$

Atribui-se como hipótese nula ( $H_0$ ) que a média dos valores observados  $D$  seja zero, ou seja, a ação educativa não provocou efeitos quantitativos. A hipótese alternativa ( $H_1$ ) estabelecida é de que a média dos valores é menor do que zero. Nesse último caso, a hipótese é de que a ação educativa reduziu a velocidade média no trecho considerado. Como estatística do teste utiliza-se a estatística *t para dados pareados*, definida por:

$$\begin{aligned} H_0) \bar{D} = 0 & \quad H_1) \bar{D} < 0 \\ t = \frac{\bar{D}\sqrt{n}}{S_D} & \end{aligned} \quad (3.4)$$

onde:

$n$ : tamanho da amostra;

$\bar{D}$ : média das diferenças observadas;

$S_D$ : desvio padrão das diferenças observadas.

O desvio padrão  $S_D$  é definido pela fórmula:

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum D^2 - n\bar{D}^2}{n-1}} \quad (3.5)$$

Se  $\bar{D}$  seguir uma distribuição normal, utiliza-se o teste paramétrico *t de Student*, com grau de liberdade ( $gl$ ) igual a  $n - 1$ . Quando  $\bar{D}$  não puder ser assumido como uma distribuição normal, o teste de amostras pareadas de Wilcoxon é mais aconselhável (BLAIR & HIGGINS, 1985).

Quando as diferenças vêm de uma população muito assimétrica, o teste de Wilcoxon é preferível. O valor do teste estatístico de Wilcoxon – T - consiste em atribuir o valor 1 para diferenças positivas e -1 para diferenças negativas, excluindo os valores nulos. Multiplicam-se os valores encontrados pelo valor ordenado (*rank*). Em seguida, somam-se os valores positivos chamando essa soma de  $T_+$  e os valores negativos de  $T_-$ . Segundo Zar (2010), tendo calculado  $T_+$  ou  $T_-$ , o outro pode ser calculado como:

$$T_+ = \frac{n(n+1)}{2} - T_- \quad (3.6)$$

ou,

$$T_- = \frac{n(n+1)}{2} - T_+ \quad (3.7)$$

O teste calculado ( $T_+$  ou  $T_-$ ) é comparado com o valor crítico, encontrado na Tabela de Valores Críticos da Distribuição  $T$  de Wilcoxon (ZAR, 2010). Rejeita-se a hipótese nula caso  $T_+$  ou  $T_-$  seja menor que o valor crítico.

Pode ocorrer a necessidade de efetuar também um teste não paramétrico para amostras independentes. Nesse caso, utiliza-se o teste de Wilcoxon-Mann Whitney –  $U$  – que consiste, basicamente em ordenar as diferenças, das duas amostras, do mais baixo para o mais alto e

numerar, sequencialmente, a partir do número 1. Segundo Zar (2010), o teste  $U$  é calculado como:

$$U = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1 \quad (3,8)$$

onde,  $n_1$  e  $n_2$  são os números de dados da amostra 1 e da amostra 2, respectivamente, e  $R_1$  é a soma dos postos (*ranks*).

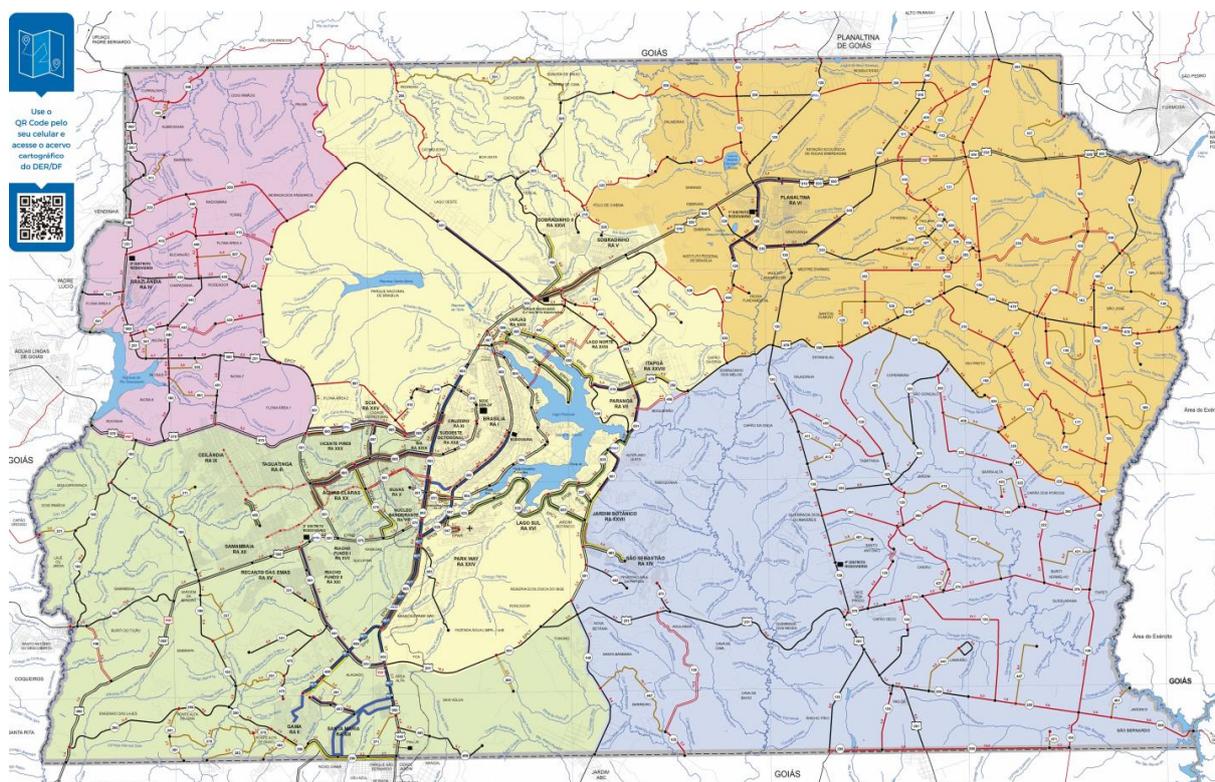
O teste calculado  $U$  é comparado, então, com o valor crítico, encontrado na Tabela de Valores Críticos da Distribuição de Mann-Whitney (ZAR, 2010). Rejeita-se a hipótese nula caso  $U$  seja maior que o valor crítico.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este Capítulo apresenta a análise dos resultados de uma aplicação prática do método proposto no Capítulo anterior. Primeiramente, será apresentada uma síntese contextual do Sistema Rodoviário do Distrito Federal. Posteriormente, os resultados do estudo serão expostos seguindo a metodologia explicitada anteriormente. Os dados de fluxo veicular foram extraídos do sistema de monitoramento do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal – DER/DF e as análises foram realizadas no *software* SAS 9.4.

### 4.1 O SISTEMA RODOVIÁRIO DO DISTRITO FEDERAL - SRDF

A malha rodoviária mantida pelo DER/DF contém aproximadamente 1.913,3 quilômetros de extensão (DER/DF, 2018b). As rodovias Distritais têm as suas designações iniciadas pelas letras “DF” seguidas de três números com base no Plano Nacional de Viação – PNV. Seguindo o mesmo critério do PNV, o primeiro algarismo indica a categoria da rodovia: 0 (zero) para as rodovias radiais; 1 (um) para as longitudinais; 2 (dois) para as transversais; 3 (três) para as diagonais e 4 (quatro) para as rodovias de ligação.



**Figura 4.1** - Mapa rodoviário do Distrito Federal  
Fonte: DER/DF (2018b).

A maior parte de serviços do Distrito Federal concentra-se na parte central onde está localizada a cidade de Brasília e, por isso, os maiores deslocamentos veiculares apresentam um movimento pendular: pela manhã há um grande fluxo em direção ao centro do Distrito Federal e à tarde/noite ocorre o movimento inverso. Nesse sentido, as rodovias com maior fluxo de veículos são as radiais. A Tabela 4.1 mostra as rodovias com maior Tráfego Médio Diário (TMD) e os respectivos números de veículos por dia para as velocidades limites de 80 e 60 km/h, segundo o DER/DF (2018c).

**Tabela 4.1** - Rodovias com maior TMD com os respectivos números de veículos por dia

Velocidade limite	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
80 km/h	DF-085 138.757	DF-003 126.438	DF-047 120.000	DF-051 110.225	<b>DF-095</b> <b>104.312</b>	<b>DF-002</b> <b>100.475</b>	DF-004 94.386	DF-001 80.000
60 km/h	DF-011 69.694	DF-079 61.356	<b>DF-009</b> <b>55.433</b>	DF-010 38.842	DF-475 25.577	DF-055 16.287	DF-465 2.360	- -

Uma característica comum às rodovias de maior fluxo veicular é quanto ao uso do solo: em quase toda a extensão de todas elas, há presença de núcleos urbanos em suas margens. Quanto à acidentalidade, a Tabela 4.2 apresenta as rodovias com os maiores números de Acidentes de Trânsito com Vítimas (ATV), em 2017, segundo o DETRAN/DF (2017).

**Tabela 4.2** - Rodovias com maior ATV com os números de acidentes em 2017

Velocidade limite	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
80 km/h	DF-001 566	DF-003 398	DF-085 189	DF-075 179	<b>DF-095</b> <b>120</b>	<b>DF-002</b> <b>95</b>	DF-004 95	DF-290 79
60 km/h	DF-011 53	<b>DF-009</b> <b>30</b>	DF-079 26	DF-010 12	DF-475 12	DF-055 5	DF-465 2	- -

Como consequência da existência de centros urbanos nas margens de grande parte das rodovias do SRDF, há interferências de diversos acessos, travessias de pedestres e moderadores de tráfego. Em face das interferências e de acidentes de trânsito registrados, existem vários controladores eletrônicos de velocidade espalhados pelas rodovias. O sistema de monitoramento com dispositivos do tipo OCR administrados pelo DER/DF contava com 161 equipamentos em operação em 31 rodovias, no mês de abril de 2019. Além dos equipamentos em operação, existem também equipamentos implantados que não registram infração de trânsito mas que possuem um efeito educativo.

## **4.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA**

O método proposto no Capítulo 3 foi aplicado em quatro segmentos de três rodovias do Distrito Federal sob a circunscrição do DER/DF. Os resultados permitiram avaliar o impacto provocado pelo controle de velocidade média nos segmentos analisados. As etapas do método são descritas a seguir.

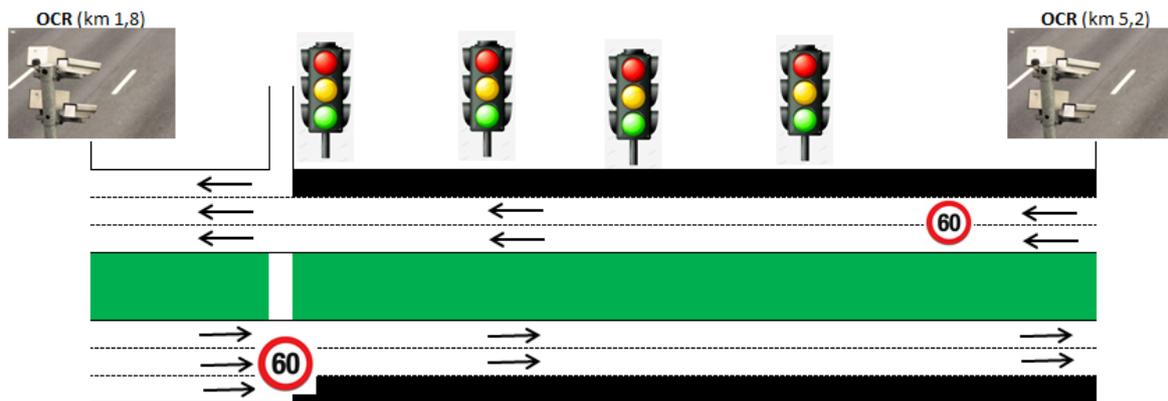
### **4.2.1 Etapa 1: Seleção dos Segmentos**

No Distrito Federal existiam 31 rodovias com sistemas OCR implantados em pontos de controle. A partir da relação de pontos de controle com OCR existentes partiu-se para selecionar os segmentos de estudo. A escolha das rodovias teve como base os seguintes parâmetros: velocidade limite da via, fluxo veicular e acidentalidade e uso e ocupação do solo.

As velocidades limites utilizadas nas rodovias do SRDF são de 60, 70 e 80 km/h. Escolheu-se uma rodovia com a menor velocidade limite utilizada (60 km/h) e as demais com a maior velocidade limite (80 km/h). Não foi testado segmento em rodovia com velocidade limite de 70 km/h, preferindo avaliar rodovias com a menor e com a maior velocidade limite. O número de veículos que transita diariamente nas rodovias é um parâmetro importante quando tem que escolher uma amostra de rodovias dentro de uma malha viária. Procurou-se rodovias que estivessem dentre as oito mais movimentadas (com maior TMD). Quanto à acidentalidade, a escolha também recaiu sobre rodovias que estivessem dentre as oito mais movimentadas. Outro parâmetro da escolha das rodovias foi se a característica predominante de suas margens era urbana ou rural.

Para a rodovia com velocidade limite de 60 km/h escolheu-se a DF-009. Com o terceiro maior TMD (Tabela 4.1) e o segundo maior número de acidentes com vítimas (Tabela 4.2) entre as rodovias com velocidade de 60 km/h, a rodovia DF-009 tem a característica de estar localizada em um bairro residencial com poucos pontos comerciais, com um tráfego predominante de veículos leves. Também denominada Estrada Parque Península Norte (EPPN), cruza todo o bairro denominado Lago Norte e tem uma extensão de 10,7 km. Registrou o terceiro maior TMD (Tabela 4.1) e o segundo maior número de acidentes com vítimas (Tabela 4.2) entre as rodovias com velocidade limite de 60 km/h. O motivo

determinante para escolha desta rodovia para o estudo foi a questão do uso e ocupação do solo, já que é tipicamente urbana, margeada por residências em toda a sua extensão com pouco comércio local, além de não ser uma rodovia de passagem (o bairro é o ponto final da via). Nesse trecho, também há pouco tráfego de veículos pesados do tipo caminhão. A Figura 4.2 mostra um desenho esquemático do segmento.

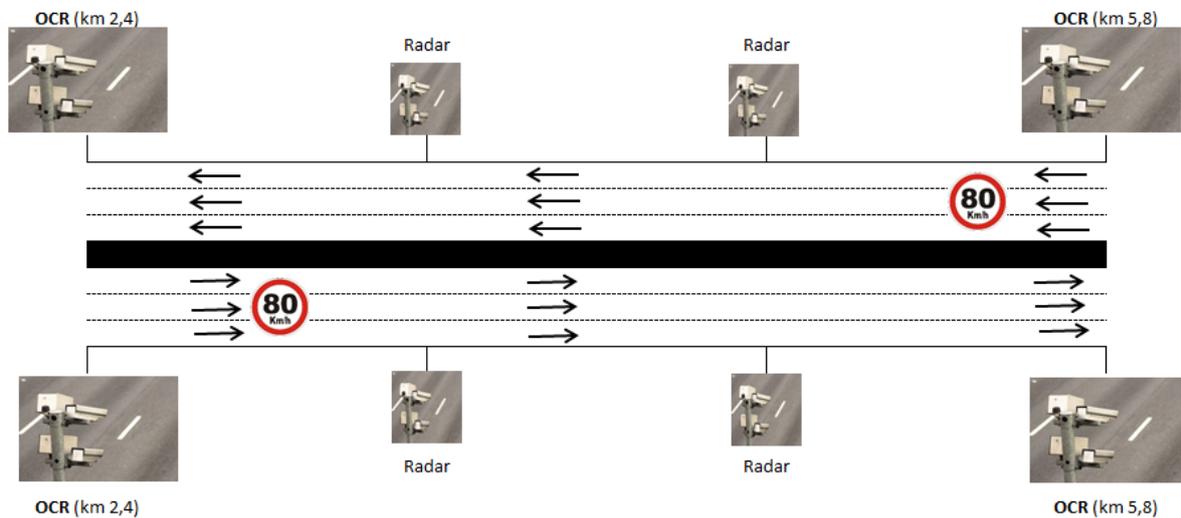


**Figura 4.2** - Desenho esquemático do segmento da rodovia DF-009

A rodovia contém duas faixas de rolamento, em cada sentido, separadas por um canteiro central gramado. Há diversos acessos laterais e os retornos são feitos pelo canteiro central. Nessa rodovia, só existiam dois equipamentos do tipo OCR no sentido bairro/centro e por isso a escolha recaiu para o único segmento possível de ser analisado: entre o km 5,2 e o km 1,8, sentido oeste. No trecho entre os pontos de controle com OCR, quatro semáforos estão em operação sendo dois de travessia de pedestres e dois para cruzamento de veículos. Não havia sincronização entre os semáforos de pedestres com os de cruzamento veicular.

Para rodovias com velocidade limite de 80 km/h, foram escolhidas as rodovias DF-002 e DF-095. A primeira rodovia (DF-002), também denominada de Eixo Rodoviário e popularmente conhecida como Eixão, tem uma extensão de 13,8 km e cruza a cidade na direção norte-sul. Com o quinto maior TMD (Tabela 4.1) e o sexto maior número de acidentes com vítimas (Tabela 4.2) entre as rodovias com velocidade limite de 80 km/h, é rodeada por quadras residenciais e comércios locais. É uma via que além de atender o fluxo local da Asa Norte de Brasília, tem uma função de ligação dos bairros e cidades do norte do Distrito Federal. O motivo determinante da escolha desta rodovia para o estudo é que, além de ser uma das de

maior fluxo e maior acidentalidade é, junto com o Eixo Monumental, um dos dois eixos que se entrecruzam e que formam o Plano Piloto de Brasília, sendo que o Eixo Rodoviário é o que tem a maior velocidade limite (80 km/h). O desenho esquemático dos segmentos analisados é apresentado na Figura 4.3.

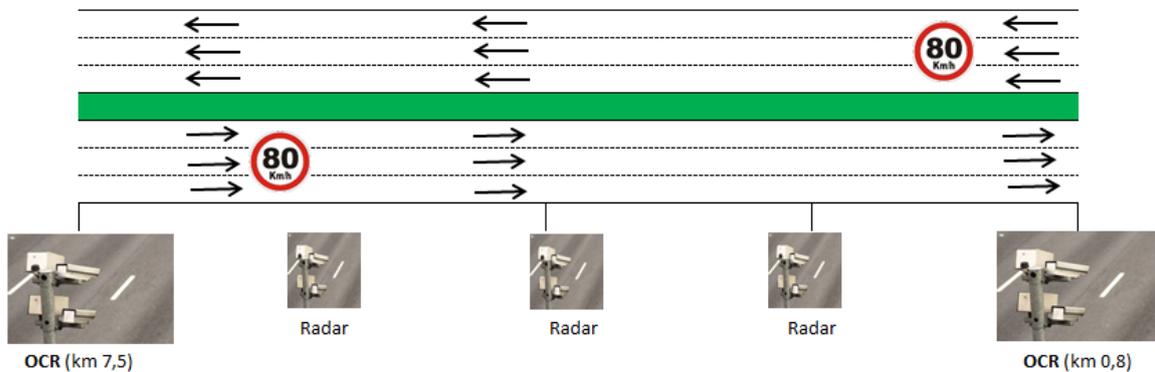


**Figura 3.3** - Desenho esquemático dos segmentos da rodovia DF-002

A rodovia contém três faixas de rolamento, em cada sentido, separada por uma faixa de 4 metros de largura, não utilizável pelos veículos. Há proibição de circulação de caminhões e ônibus urbanos nesta via. Existem diversos acessos laterais, entretanto é uma via de trânsito rápido. Escolheram-se dois trechos para serem analisados, sendo o primeiro entre os km 5,8 e km 2,4, sentido norte, e o segundo, no sentido contrário, entre os km 2,4 e 5,8, sentido sul. Entre os dois pontos de controle com OCR, existem dois radares fixos conforme desenho esquemático mostrado na Figura 4.3. O segmento com fluxo de trânsito no sentido norte será aqui denominado DF-002N e o do sentido sul será DF-002S.

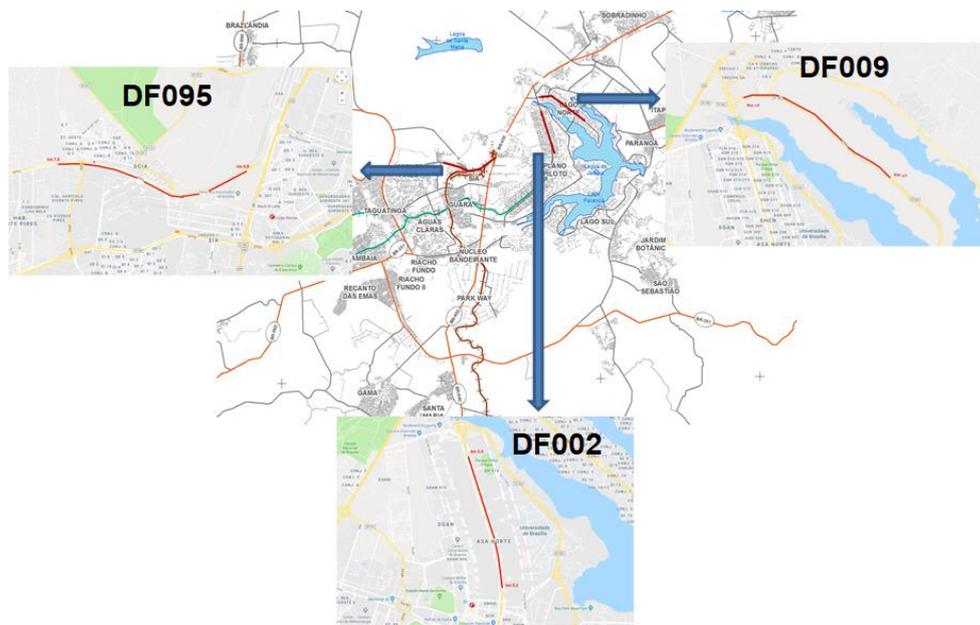
A terceira rodovia escolhida (DF-095), também denominada Estrada Parque Ceilândia (EPCL) e popularmente conhecida como Via Estrutural, é uma via de ligação das cidades de Taguatinga e Ceilândia à Brasília. Também é uma continuidade da rodovia BR-070 que liga aos estados de Goiás e Mato Grosso. Com o quinto maior TMD (Tabela 4.1) e o quinto maior ATV (Tabela 4.2), entre as rodovias com velocidade limite de 80 km/h, é margeada por áreas rurais e aglomerados urbanos. O motivo determinante para escolha desta rodovia para o

presente estudo é que a mesma faz ligação com a região mais populosa do Distrito Federal, com menos interferências que as outras duas (DF-075 e DF-085) que também tem o mesmo destino. A Figura 4.4 apresenta o desenho esquemático do segmento.



**Figura 4.4** - Desenho esquemático dos segmentos da rodovia DF-002

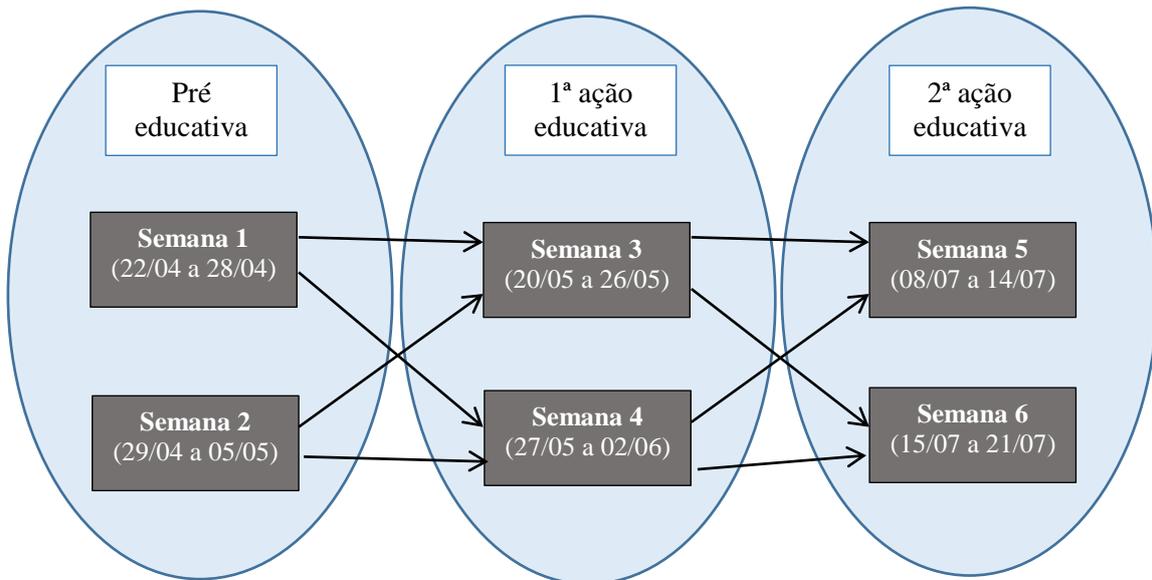
A rodovia contém três faixas de rolamento, em cada sentido, separada por um canteiro central protegido por defensas metálicas. Registrou o quinto maior TMD (Tabela 4.1) e o quinto maior ATV (Tabela 4.2) entre as rodovias com velocidade limite de 80 km/h. Escolheu-se o trecho entre os km 7,5 e km 0,8, sentido leste. Entre os pontos de controle com OCR, há três pontos com radares fixos. Dos quatro segmentos escolhidos, três foram com sentido de fluxo bairro/centro e um no sentido inverso. A Figura 4.5 mostra as três rodovias selecionadas.



**Figura 4.5** - Segmentos escolhidos no Distrito Federal, Brasil.

### 4.2.2 Etapa 2: Extração dos Dados

Para realização da pesquisa foram estabelecidas três fases temporais: a fase denominada pré-educativa, a fase da 1ª ação educativa e, por fim, a fase da 2ª ação educativa. Em cada fase, foram extraídos dados volumétricos diários dos OCR de duas semanas sucessivas. A Figura 4.6 mostra o esquema sequencial dos períodos em que os dados dos equipamentos OCR foram coletados.



**Figura 4.6** - Desenho esquemático do período de coleta de dados

O período pré-educativo foi definido a fim de verificar se existe diferença na velocidade média antes de qualquer ação educativa, para que se possa concluir, após a ação educativa, que a redução na velocidade média foi devida a essa ação educativa. Foram selecionadas as duas semanas anteriores ao início da 1ª ação educativa (Semana 1 e Semana 2). É esperado que não exista diferença na velocidade média entre as semanas no período de pré-educativo.

Na rodovia DF-002N (sentido norte), na Semana 1, em uma amostra com 4.494 veículos que passaram nos dois pontos do segmento, 28 % dos veículos (1.260) tiveram a velocidade média acima da velocidade limite (80 km/h). Já na Semana 2, para uma amostra com 690 veículos que passaram nos dois pontos do segmento, 26 % dos veículos (182) passaram acima da velocidade limite.

Na rodovia DF-002S (sentido sul), na Semana 1, em uma amostra com 12.711 veículos que passaram nos dois pontos do segmento, 18 % dos veículos (2.316) passaram acima da velocidade limite (80 km/h). Já na Semana 2, para uma amostra com 6.152 veículos que passaram nos dois pontos do segmento, 17 % dos veículos (1.041) passaram acima da velocidade limite.

Na rodovia DF-009, na Semana 1, em uma amostra com 4.239 veículos que passaram nos dois pontos do segmento, 21 % dos veículos (897) passaram acima da velocidade limite (60 km/h). Já na Semana 2, para uma amostra com 3.414 veículos que passaram nos dois pontos do segmento, 20 % dos veículos (684) passaram acima da velocidade limite.

Na rodovia DF-095, na Semana 1, em uma amostra com 2.961 veículos que passaram nos dois pontos do segmento, 44 % dos veículos (1.317) passaram acima da velocidade limite (80 km/h). Já na Semana 2, para uma amostra com 1.808 veículos que passaram nos dois pontos do segmento, 33 % dos veículos (589) passaram acima da velocidade limite. Essa rodovia foi a que mais registrou desobediência ao limite de velocidade no período inicial, ou seja, antes da realização das ações educativas.

No dia 10 de maio de 2019 foi divulgada pela imprensa que no Distrito Federal iniciaria a fiscalização educativa por meio da velocidade média. A agência de notícias do governo local (Agência Brasília) publicou um informativo noticiando a nova forma de aferição de velocidade por meio dos OCR (Anexo B). A partir da informação oficial, diversos sítios eletrônicos de jornais e revistas passaram a replicar a notícia. O assunto causou polêmica e gerou uma mídia espontânea em rádios, programas jornalísticos de televisão e redes sociais. Isso contribuiu para uma ampla divulgação do evento.

A extração dos dados na fase da primeira ação educativa foi iniciada no dia 20 de maio de 2019 (Semana 3). Aguardou-se um período de dez dias para que o processo educativo tivesse um alcance maior. É esperado que ocorra redução na velocidade média entre as semanas das ações educativas. Na Tabela 4.3 estão apresentados os números de veículos registrados nos equipamentos eletrônicos na primeira semana selecionada (22 a 28 de abril de 2019). Dividiu-

se o dia em quatro períodos: madrugada (00:00 às 5:59 horas), manhã (06:00 às 11:59 horas), tarde (12:00 às 17:59 horas) e noite (18:00 às 23:59 horas).

**Tabela 4 3** - Número de veículos registrados que passam nos pontos de controle na Semana 1 (22/04/2019 a 28/04/2019)

Rodovia	Ponto de controle	Período				total
		madrugada	manhã	tarde	noite	
DF-002N	Km 5,8	5.686 (3,30%)	48.699 <b>(28,28%)</b>	71.136 (41,31%)	46.697 <b>(27,12%)</b>	172.218 (100%)
	Km 2,4	2.724 (1,80%)	38.788 <b>(25,65%)</b>	66.476 (43,95%)	43.249 <b>(28,60%)</b>	151.237 (100%)
Total		8.410	87.487	137.612	89.946	323.455
DF-002S	Km 2,4	6.780 (2,97%)	101.730 (44,54%)	79.352 (34,75%)	40.518 (17,74%)	<b>228.380</b> (100%)
	Km 5,8	5.372 (2,41%)	99.606 (44,69%)	86.119 (38,64%)	31.765 (14,25%)	<b>222.862</b> (100%)
Total		12.152	201.336	165.471	72.283	451.242
DF-009	Km 5,2	591 (1,06%)	22.261 (39,75%)	26.476 (47,28%)	6.669 (11,91%)	<b>55.997</b> (100%)
	Km 1,8	5.581 (3,38%)	52.308 (31,70%)	74.423 (45,10%)	32.713 (19,82%)	<b>165.025</b> (100%)
Total		6.172	74.569	100.899	39.382	221.022
DF-095	Km 7,5	12.353 (6,55%)	80.351 (42,59%)	76.355 (40,47%)	19.617 (10,40%)	188.676 (100%)
	Km 0,8	9.597 (5,32%)	84.208 (46,67%)	69.536 (38,54%)	17.099 (9,48%)	180.440 (100%)
Total		21.950	164.559	145.891	36.716	369.116
Total Geral		48.684	527.951	549.873	238.327	1.364.835

A rodovia DF-002N é a que teve os maiores percentuais de veículos trafegando no período da noite (27,12% no km 5,8 e 28,60% no km 2,4). Observa-se que estes valores são cerca de duas vezes os valores verificados nos demais segmentos. O fato é explicado por ser este segmento o único com sentido de tráfego centro de Brasília para os bairros e, como explicado na Seção 4.1, no período do fim da tarde/noite o fluxo de veículos é mais intenso no sentido bairros. No mesmo raciocínio, os percentuais veiculares da manhã nessa rodovia foram os menores registrados (28,28% e 25,65%), pois o sentido de tráfego neste período é contrário ao de maior volume: bairros para o setor central. O movimento no sentido bairros é cerca de 70% quando somados os registros do período tarde e noite.

A rodovia DF-002S é a que teve o maior fluxo de veículos na Semana 1 sendo que o volume

registrado no ponto inicial (228.380 veículos) foi aproximadamente igual ao do ponto final (222.862 veículos). Os períodos de maior movimento veicular foram manhã e tarde com percentuais médios de 44,61% e 36,69%, respectivamente. Na madrugada, houve o menor movimento de veículos com um percentual médio de 2,69% passando pelos dois pontos e, na noite, em média, 15,99% do fluxo veicular passaram nos pontos inicial e final. O movimento veicular da madrugada somado ao da manhã é praticamente o mesmo do período da tarde somado ao da noite.

A maior variação do número de veículos que passaram nos pontos iniciais e finais ocorreu na rodovia DF-009: 55.997 veículos no ponto inicial (km 5,2) e 165.025 no ponto final (km 1,8). O número de veículos que passou no ponto final foi de quase três vezes o que passou no ponto inicial. A explicação para a ocorrência é que, no meio do segmento, a rodovia recebe veículos de outra rodovia (DF-005) que tem como origem os bairros do Varjão, Paranoá e Itapoã, além dos veículos das quadras internas do bairro Lago Norte, acarretando uma majoração no número de veículos registrado no ponto de controle final. Os períodos de maior movimento também foram pela manhã (35,72%) e a tarde (46,19%).

A rodovia DF-095 é a que teve o segundo maior fluxo de veículos na Semana 1 sendo que o volume registrado no ponto inicial (188.676 veículos) também foi aproximadamente igual ao do ponto final (180.440 veículos). Os períodos de maior movimento veicular foram manhã e tarde com percentuais médios de 44,63% e 39,51%, respectivamente. Na madrugada, houve um percentual médio de 5,93% passando pelos dois pontos sendo este valor o mais alto de todos os segmentos analisados para o respectivo período. Na noite, o percentual médio foi de 9,84% sendo o menor valor observado entre os demais segmentos para o período. O número de veículos que passa no período da madrugada somado com o da manhã é praticamente o mesmo do que passa no período da tarde somado com o da noite.

Na Tabela 4.4 estão apresentados os números de veículos registrados nos equipamentos eletrônicos na segunda semana selecionada (29 de abril a 5 de maio de 2019). Assim como observado na Tabela 4.3, a rodovia DF-002N é a que teve os maiores percentuais no período da noite (31,05% no km 5,8 e 26,93% no km 2,4). Observa-se que estes valores são bem superiores aos valores verificados nos demais segmentos, pelo mesmo motivo já citado. Os percentuais veiculares da manhã foram os menores registrados (valor médio de 24,81%)

também pelo mesmo motivo citado anteriormente.

**Tabela 4.4** - Número de veículos registrados que passam nos pontos de controle na Semana 2 (29/04/2019 a 05/05/2019)

Rodovia	Ponto de controle	Período				total
		madrugada	manhã	tarde	noite	
DF-002N *	Km 5,8	6.088 (4,89%)	29.222 (23,49%)	50.474 (40,57%)	38.629 <b>(31,05%)</b>	124.413 (100%)
	Km 2,4	3.421 (2,74%)	32.687 (26,14%)	55.266 (44,20%)	33.675 <b>(26,93%)</b>	125.049 (100%)
Total		9.509	61.909	105.740	72.304	249.462
DF-002S **	Km 2,4	6.577 (3,26%)	88.000 (43,63%)	67.082 (33,26%)	40.032 (19,85%)	201.691 (100%)
	Km 5,8	6.484 (3,35%)	82.519 (42,59%)	69.828 (36,04%)	34.904 (18,02%)	193.735 (100%)
Total		13.061	170.519	136.910	74.936	395.426
DF-009	Km 5,2	597 (0,98%)	23.215 (38,02%)	30.589 (50,09%)	6.664 (10,91%)	<b>61.065</b> (100%)
	Km 1,8	5.335 (3,07%)	62.611 (36,07%)	74.512 (42,93%)	31.101 (17,92%)	<b>173.559</b> (100%)
Total		5.932	85.826	105.101	37.765	234.624
DF-095	Km 7,5	13.611 (6,54%)	99.926 (48,03%)	73.590 (35,37%)	20.910 (10,05%)	208.037 (100%)
	Km 0,8	9.141 (5,06%)	88.292 (48,87%)	65.459 (36,23%)	17.778 (9,84%)	180.670 (100%)
Total		22.752	188.218	139.049	38.688	388.707
Total Geral		51.254	506.472	486.800	223.693	1.268.219

Também na Semana 2, a rodovia DF-002s é a que teve o maior fluxo de veículos. Os períodos de maior movimento veicular foram manhã e tarde com percentuais médios de 43,11% e 34,65%, respectivamente. Na madrugada, houve o menor movimento de veículos com um percentual médio de 3,30% passando pelos dois pontos e, na noite, em média, 18,93% passaram nos pontos inicial e final.

A maior variação do número de veículos que passaram nos pontos iniciais e finais ocorreu na rodovia DF-009: 61.065 veículos no ponto inicial (km 5,2) e 173.559 no ponto final (km 1,8). Como ocorrido na Semana 1, o número de veículos que passou no ponto final foi de quase três vezes o que passou no ponto inicial. Os períodos de maior movimento também foram a manhã (37,04%) e a tarde (46,49%). Estes últimos resultados foram praticamente iguais aos

da Semana 1.

A rodovia DF-095 é a que teve o segundo maior fluxo de veículos na Semana 2 sendo que o volume registrado no ponto inicial (km 7,5) também foi aproximadamente igual ao do ponto final (km 0,8). Os períodos de maior movimento veicular foram manhã e tarde com percentuais médios de 48,45% e 35,80%, respectivamente. Na madrugada, houve um percentual médio de 5,77% passando pelos dois pontos sendo este valor o mais alto de todos os segmentos analisados para o respectivo período, assim como ocorrido na Semana 1. Na noite, o percentual médio foi de 9,94%, sendo o menor de todos os segmentos analisados, de igual forma ao verificado na Semana 1.

De uma forma geral, houve uma queda registrada no número total de veículos, nos segmentos analisados, entre a Semana 1 (1.364.835 veículos) e a Semana 2 (1.268.219 veículos), equivalente à 7,07%. Quando analisados isoladamente, houve queda no número total de veículos nos segmentos da rodovia DF-002N (22,87%) e na DF-002S (12,37%) e houve acréscimo de veículos nos segmentos das rodovias DF-009 (6,15%) e DF-095 (5,31%).

A seguir selecionaram-se os veículos que passaram nos dois pontos de controle da mesma rodovia. Os que passaram em apenas um ponto foram descartados. A Tabela 4.5 mostra o número de veículos que passaram na Semana 1 nos dois pontos da rodovia.

**Tabela 4.5** - Número de veículos que passaram em dois pontos sucessivos da rodovia na Semana 1 (22/04/2019 a 28/04/2019)

Rodovia	Período				Total
	Madrugada	Manhã	Tarde	Noite	
DF-002N	852 (1,39%)	18.886 (30,74%)	32.118 (52,28%)	<b>9.579</b> <b>(15,59%)</b>	61.435 (100%)
DF-002S	2.261 (2,27%)	43.280 (43,52%)	43.302 (43,54%)	10.616 (10,67%)	99.459 (100%)
DF-009	<b>304</b> <b>(1,18%)</b>	8.705 (33,84%)	<b>14.323</b> <b>(55,68%)</b>	2.390 (9,29%)	25.722 (100%)
DF-095	<b>3.275</b> <b>(5,84%)</b>	24.357 (43,42%)	24.197 (43,13%)	<b>4.270</b> <b>(7,61%)</b>	56.099 (100%)
Total	6.692	95.228	113.940	26.855	242.715

Uma característica observada quando se analisa os números de veículos que passaram nos dois pontos, em todos os segmentos, é a queda acentuada destes números quando comparados com a quantidade de veículos que passa em cada ponto (Tabela 4.3). Observa-se que o número total de veículos da Tabela 4.5 é de 2,24 vezes (DF-002S) a 3,21 vezes (DF-095) menor do que os números da Tabela 4.3. Um dos motivos dessa diferença é a presença de diversos acessos laterais existentes em todos os segmentos analisados.

Assim, nem todos os veículos que passaram no ponto inicial passaram no ponto final e, por sua vez, nem todos que passaram no ponto final passaram no ponto inicial. Os equipamentos tipo OCR disponibilizados nas vias do Distrito Federal conseguem captar os veículos tipo motocicletas, veículos leves, ônibus e caminhões. Para ter o registro nos equipamentos, é necessário que os veículos trafeguem em uma faixa de rolamento: caso o veículo esteja entre duas faixas, o sistema não permite a captação da placa. O tráfego no acostamento também não é captado no atual sistema. Essas desvantagens do sistema podem ter contribuído para a diminuição acentuada do número de registro entre os dois pontos de controle.

O segmento da rodovia DF-009 é o que teve o menor fluxo de veículos no período da madrugada (1,18% do total ao longo do dia), enquanto que o segmento da DF-095 é o que teve o maior fluxo (5,84%). No período da tarde, a DF-009 teve o maior percentual de veículos (55,68%). Já no período da noite, o segmento da rodovia DF-002N teve o maior percentual (15,59%) e na DF-095 o menor percentual que foi de 7,61%. A Tabela 4.6 mostra o número de veículos que passaram na Semana 2 nos dois pontos da rodovia.

Os valores totais de veículos que passaram em dois pontos nos segmentos analisados foram bem inferiores aos números de veículos que passaram em cada ponto da Tabela 4.4, assim como verificado nas Tabelas 4.3 e 4.5. O valor total de veículos que passaram nos dois pontos do segmento da rodovia DF-002S foi 2,09 vezes menor que o valor total do km 5,8 (Tabela 4.4) e na rodovia DF-095 este valor foi de 3,41 vezes menor.

**Tabela 4.6** - Número de veículos que passaram em dois pontos sucessivos da rodovia na Semana 2 (29/04/2019 a 05/05/2019)

Rodovia	Período				Total
	Madrugada	Manhã	Tarde	Noite	
DF-002N	913 (2,18%)	11.983 (28,58%)	22.868 (54,53%)	6.170 (14,71%)	41.934 (100%)
DF-002S	2.647 (2,87%)	41.368 (44,83%)	36.289 (39,33%)	11.972 (12,97%)	92.276 (100%)
DF-009	270 (1,05%)	9.225 (35,96%)	14.270 (55,63%)	1.885 (7,35%)	25.650 (100%)
DF-095	2.990 (5,65%)	26.594 (50,21%)	19.468 (36,75%)	3.915 (7,39%)	52.967 (100%)
Total	6.820	89.170	92.895	23.942	212.827

### 4.2.3 Etapa 3: Escolha da Frequência

O passo seguinte foi definir uma frequência com que os veículos trafegaram no segmento analisado. O trabalho busca avaliar o comportamento dos condutores que utilizam a rodovia com mais assiduidade e os velocistas contumazes. À medida que aumenta a frequência, diminui-se o número de veículos a serem analisados. Portanto, é necessário avaliar com qual frequência encontra-se um número razoável de veículos para poder dar sequência ao trabalho. Como detalhado na Seção 3.3, elaborou-se gráficos de perfis de velocidade com a frequência variando de 1 até o valor máximo possível (no caso, 6 ou 7) e selecionou-se uma frequência com número de registros representativos (Apêndice A). Note que as distribuições dos dados não se alteram muito com a frequência, mas a quantidade de registros diminui consideravelmente.

A partir dos dados obtidos nas Tabelas 4.5 e 4.6 e com base nos perfis de velocidade média mostrado no Apêndice A, escolheu-se a frequência mínima de 4 vezes que um determinado veículo foi registrado passando nos pontos de controle durante as Semanas 1 e 2. Isto porque caso fosse utilizado uma frequência mínima de 5 vezes, existiriam poucos registros, e caso fosse utilizado uma frequência mínima de 3 vezes, poderia ser mais difícil de encontrar os mesmos veículos algum tempo a frente, impossibilitando dessa forma o estudo do tipo pareado. Portanto, Esta frequência mínima de 4 vezes resultou em dados significativos para o estudo. Os registros de veículos que trafegaram menos de 4 vezes em cada segmento foram

descartados. Na Tabela 4.7 estão apresentados os números de veículos, com seus respectivos percentuais, que passaram 4 ou mais vezes em cada segmento na Semana 1.

**Tabela 4.7** - Número de veículos que passaram 4 vezes ou mais na Semana 1 (22/04/2019 a 28/04/2019)

Rodovia	Período				Total
	Madrugada	Manhã	Tarde	Noite	
DF-002N	8 (0,87%)	362 (39,52%)	496 (54,15%)	50 (5,46%)	916 (100%)
DF-002S	30 (1,16%)	1707 (66,03%)	796 (30,79%)	52 (2,01%)	2.585 (100%)
DF-009	0 (0,00%)	241 (32,74%)	<b>484</b> <b>(65,76%)</b>	11 (1,49%)	736 (100%)
DF-095	<b>105</b> <b>(15,96%)</b>	382 (58,05%)	161 (24,47%)	10 (1,52%)	658 (100%)
Total	143	2.692	1.937	123	4.895

Quando efetuada a proporção de veículos que trafegaram 4 vezes ou mais (Tabela 4.7) com o número total de veículos que passaram nos dois pontos (Tabela 4.5) obtém-se os valores, em percentuais, de 1,5%, 2,6%, 2,8 % e 1,2% nas rodovias DF-002N, DF-002s, DF-009 e DF-095, respectivamente. Observa-se que o segmento da rodovia DF-095 foi o que teve a menor incidência de veículos (1,2%) que trafegaram 4 vezes ou mais. A que teve a maior incidência foi a rodovia DF-009 (2,8%). Isso pode ser explicado pela característica das vias: a primeira é uma via de ligação de várias cidades, inclusive de outros estados, a segunda é de moradores de um único bairro.

Destaca-se o elevado percentual de veículos registrados que trafegaram 4 vezes ou mais no período da madrugada, no segmento da rodovia DF-095 (15,96%), muito acima dos valores observados nos demais segmentos. Um fato não esperado diz respeito à quantidade de veículos que passaram 4 vezes ou mais no período da tarde (65,76% dos registros). Inesperado pois o sentido de tráfego é bairro/centro, onde se esperava um maior volume de tráfego no período matutino. No entanto, essa constatação é confirmada pelos dados apresentados tanto na Semana 1 (Tabelas 4.3 e 4.5) quanto na Semana 2 (Tabelas 4.4 e 4.6). Os números de veículos que passaram 4 ou mais vezes em cada segmento da Semanas 2 estão apresentados na Tabela 4.8.

**Tabela 4.8** - Número de veículos que passaram 4 vezes ou mais na  
Semana 2 (29/04/2019 a 05/05/2019)

Rodovia	Período				Total
	Madrugada	Manhã	Tarde	Noite	
DF-002N	4 (3,2%)	18 (14,40%)	92 (73,60%)	11 (8,80%)	125 (100%)
DF-002S	15 (1,16%)	905 (69,78%)	338 (26,06%)	39 (3,01%)	1.297 (100%)
DF-009	0 (0,00%)	200 (33,67%)	389 (65,49%)	5 (0,84%)	594 (100%)
DF-095	<b>48</b> <b>(11,54%)</b>	295 (70,91%)	63 (15,14%)	10 (2,4%)	416 (100%)
Total	67	1.418	882	65	2.432

Quando se compara o número de veículos que trafegou 4 vezes ou mais (Tabela 4.8) com o número total de veículos que passou nos dois pontos (Tabela 4.6) obtém-se, em proporção, os percentuais de 0,3%, 1,4%, 2,3% e 0,8% nas rodovias DF-002N, DF-002S, DF-009 e DF-095, respectivamente. Observa-se que o segmento da rodovia DF-002N foi o que teve a menor incidência de veículos (0,3%) que trafegou 4 vezes ou mais. A que teve a maior incidência foi a rodovia DF-009 (2,3%). Assim, como verificado com os dados da Semana 1, destaca-se o elevado percentual de veículos registrados que trafegou 4 vezes ou mais no período da madrugada, no segmento da rodovia DF-095 (11,54%), muito acima dos valores observados nos demais segmentos.

#### 4.2.4 Etapa 4: Cálculo da velocidade média

Com os registros dos veículos que passaram em dois pontos de controle e 4 vezes ou mais no período, conforme descrito anteriormente, calculou-se a velocidade média de cada passagem nos segmentos. Nesta fase, observaram-se situações em que os valores das velocidades calculadas foram muito baixos. Os motivos podem ser diversos, como por exemplo: congestionamentos, acidentes de trânsito, panes em veículos, entre outros. Como não é objeto deste estudo, os casos das velocidades baixas foram descartados (foi considerado como velocidade baixa, aproximadamente a metade da velocidade regulamentar). Os perfis por faixa de velocidade de cada rodovia nas Semanas 1 e 2, em termos percentuais, são muito próximos, demonstrando um padrão de conformidade.

#### 4.2.5 Etapa 5: Comparação das velocidades

No Brasil, para configurar uma infração por excesso de velocidade, o valor medido pelo instrumento ou equipamento medidor deve ser superior à velocidade regulamentar acrescida do erro máximo admitido pela legislação metrológica. As rodovias em análise no presente estudo têm as velocidades máximas permitidas de 60 e 80 km/h. Neste caso, o erro admitido pela legislação nacional é de 7 km/h. Seguindo esta métrica, o estudo admitirá como excesso de velocidade média os valores iguais ou acima de 68 km/h e 88 km/h para as rodovias cuja velocidade regulamentar sejam de 60 e 80 km/h, respectivamente.

A partir dos dados calculados conforme descrito na Etapa 4, selecionam-se aqueles cujas velocidades médias foram superiores aos valores: 68 km/h para a rodovia DF-009 e 88 km/h para as rodovias DF-002 e DF-095. Os números de veículos que ultrapassaram as velocidades consideradas, na Semana 1, são mostrados na Tabelas 4.9.

**Tabela 4.9** - Número de passagens acima da velocidade considerada na Semana 1 (22/04/2019 a 28/04/2019)

Rodovia	Período				Total
	Madrugada	Manhã	Tarde	Noite	
DF-002N	0 0,00%	179 57,19%	131 41,85%	3 0,96%	313 (100%)
DF-002s	3 1,73%	149 45,56%	87 44,51%	<b>3</b> <b>8,09%</b>	242 (100%)
DF-009	3 0,00%	79 32,74%	77 65,76%	14 1,49%	173 (100%)
DF-095	<b>67</b> <b>13,45%</b>	172 34,54%	247 49,60%	12 2,41%	498 (100%)
Total	73	579	542	32	1226

Destaca-se um percentual elevado de veículos que trafegou igual ou acima da velocidade considerada (88 km/h), no período da madrugada, no segmento da rodovia DF-095 (13,45%), quando comparada com as demais vias. Já no segmento da rodovia DF-002s, o percentual de veículos com velocidade excessiva, comparativamente com os demais segmentos, foi alto no período da noite (8,09%). Os números de veículos que ultrapassaram as velocidades consideradas, na Semana 2, são mostrados na Tabelas 4.10. Assim como o verificado na

Semana 1, houve um elevado percentual de veículos que trafegou acima da velocidade considerada, na Semana 2, na rodovia DF-095, no período da madrugada (13,02%).

**Tabela 4.10** - Número de passagens acima da velocidade considerada na Semana 2 (29/04/2019 a 05/05/2019)

Rodovia	Período				Total
	Madrugada	Manhã	Tarde	Noite	
DF-002N	1 2,33%	9 20,93%	33 76,74%	0 0,00%	43 (100%)
DF-002S	4 4,35%	42 45,65%	42 45,65%	4 <b>4,35%</b>	92 (100%)
DF-009	0 0,00%	60 40,27%	78 52,35%	11 7,38%	149 (100%)
DF-095	<b>26</b> <b>13,20%</b>	87 44,16%	69 35,03%	15 7,61%	197 (100%)
Total	31	198	222	30	481

Os percentuais de veículos que passaram nos pontos de controle acima da velocidade limite foram de 27%, 18%, 20% e 39% para as rodovias DF-002N, DF-002S, DF-009 e DF-095, respectivamente. Já acima da velocidade limite considerada, os percentuais foram de 6%, 2%, 4% e 14%, em relação ao total de veículos.

Quando somam-se os dados das duas semanas e comparando os veículos que trafegaram acima da velocidade limite considerada da via com os registros dos veículos que passaram 4 vezes ou mais em cada semana, obteve-se os percentuais de 34,20% para a rodovia DF-002N, 8,60% para a rodovia DF-002S, 24,21% para a rodovia DF-009 e 64,71% para a rodovia DF-095. Portanto, a rodovia DF-095 é a que teve o maior percentual de veículos que trafegaram acima da velocidade limite considerada.

#### 4.2.6 Etapa 6: Ações educativas

A conscientização de condutores para um comportamento adequado é um dos objetivos de atividades educativas de trânsito. No estudo foram desenvolvidas duas ações educativas com a finalidade de diminuir a velocidade média dos condutores que transitavam com velocidade excessiva, conforme descrito a seguir.

#### 4.2.6.1 Primeira ação educativa

A primeira ação educativa consistiu em informar aos usuários das rodovias do Distrito Federal que a entidade rodoviária dispunha de equipamentos que permitiam o controle por meio de velocidade média entre pontos de controle eletrônicos. Até então, era conhecida da população apenas a existência de equipamentos que faziam a medição de velocidade em determinados locais (radares fixos).

Como descrito na Seção 4.2.2, a agência de notícias do governo de Brasília divulgou um informativo sobre o início da ação educativa por meio da velocidade média nas rodovias do Distrito Federal, no dia 10 de maio de 2019. A partir da informação da agência de notícias oficial, diversos sítios eletrônicos da cidade replicaram a informação dando ampla publicidade ao evento. Com efeito, programas jornalísticos de rádios e de televisão também noticiaram o acontecimento. A notícia do novo sistema de monitoramento provocou polêmica, principalmente em redes sociais. Essa polêmica contribuiu para uma grande divulgação na mídia. Entretanto, o estudo não aferiu se todos os usuários das vias tiveram conhecimento sobre a nova forma de medir a velocidade.

Dentro da ação educativa proposta, painéis de mensagens variáveis foram colocados nos três segmentos que seriam estudados (rodovias DF-002 – sentido norte, DF-009 e DF-095). Nos painéis foram colocadas duas mensagens que alertavam aos que transitavam nos locais: “VELOCIDADE MÉDIA MONITORADA” e “MAIO AMARELO”. As mensagens foram veiculadas 24 horas por dia durante um período de 25 dias (iniciou no dia 10 de maio e foi retirada no dia 4 de junho de 2019). Em cada segmento foram colocados dois painéis de mensagens sendo um antes do ponto de controle inicial e um no meio no trecho. No segmento da rodovia DF-002 – sentido sul, os painéis de mensagens não foram disponibilizados, dessa forma, foi possível comparar trecho com e sem exposição do painel de mensagem variável.

Com isso, espera-se que no trecho sem a presença dos painéis a redução da velocidade seja menor, embora grande parte dos usuários da rodovia utilizam os segmentos para ir e voltar do trabalho, ou seja, no momento do uso da via no sentido norte, a mensagem estaria visível. O painel de mensagem na rodovia DF-002N é visualizado nas Figuras 4.7 e 4.8 com as duas mensagens que foram divulgadas a cada três segundos.



**Figura 4.7** - Painel de mensagem variável no trecho da rodovia DF-002 – Mensagem 1



**Figura 4.8** - Painel de mensagem variável no trecho da rodovia DF-002 – Mensagem 2

A data para início da coleta de dados da primeira ação educativa ocorreu dez dias após a publicidade dada ao monitoramento por meio da velocidade média. Nesse período de dez dias houve a ampla divulgação por meio de programas jornalísticos no rádio e televisão além das

mídias eletrônicas. O período de análise foi de 20/05/2019 a 26/05/2019 (Semana 3) e de 27/05/2019 a 02/06/2019 (Semana 4).

#### *4.2.6.2 Segunda ação educativa*

Esta ação consistiu em encaminhar correspondências para condutores que, mesmo com as informações da primeira ação educativa, ainda continuavam com velocidade excessiva (acima de 68 km/h na rodovia em que o limite era de 60 km/h e de 88 km/h nas rodovias em que o limite era de 80 km/h). O início do serviço de encaminhamento das correspondências foi no dia 27/06/2019 e o término foi no dia 05/07/2019. A coleta dos dados para análise foi de 08/07/2019 à 14/07/2019 e de 15/07/2019 à 21/07/2019.

O número de correspondências encaminhadas foi por amostragem aleatória dentro da relação de condutores que trafegaram acima da velocidade considerada no parágrafo anterior. As correspondências foram encaminhadas por meio dos Correios e, para cada uma, foi gerado um código que permitiu fazer o acompanhamento de cada correspondência. O modelo da correspondência pode ser visto no Apêndice B. Algumas correspondências retornaram por diversos motivos e os correspondentes veículos foram retirados da amostra para a comparação. Não foi possível certificar se o condutor do veículo recebeu a correspondência já que o endereço cadastrado é o do proprietário.

#### **4.2.7 Etapa 7: Seleção das amostras**

A partir dos dados apresentados na Seção 4.2.5 (Tabelas 4.9 e 4.10) decidiu-se analisar todos os veículos que passaram acima da velocidade, uma vez que essa quantidade não foi tão grande. Dessa forma, não houve necessidade de selecionar uma amostra.

#### **4.2.8 Etapa 8: Aplicação do teste estatístico**

Primeiro, é preciso verificar se existe diferença significativa nas velocidades médias das duas semanas selecionadas no período pré-educativo. Ao contrário do esperado, verificou-se uma relevante alteração de velocidade entre as Semanas 1 e 2, com queda significativa da velocidade média na Semana 2. Com isso, a Semana 2 será considerada crítica pois obteve os menores valores de velocidade. O teste estatístico aplicado para comparar as duas semanas está no Apêndice C.

Com os dados registrados nas Tabelas 4.9 e 4.10 (Semana 1 e 2), que são os dados denominados “antes” da primeira ação educativa, compararam-se com os registros dos veículos comuns que passaram nas semanas 3 e 4 (dados “depois”). De posse do número de amostra ( $n$ ) para cada série, dos valores médios das diferenças das velocidades “depois” e “antes” e com os desvios padrão, calcularam-se os testes estatísticos, conforme descrito na Equação 3.4. De igual forma, compararam-se os dados das semanas da primeira ação educativa (Semana 3 e 4), agora denominado “antes”, com as da segunda ação educativa (Semana 5 e 6), denominado “depois”.

Lembrando que as hipóteses da estatística do teste são:

H0)  $\bar{D} = 0$  (Não houve variação na velocidade média)

H1)  $\bar{D} < 0$  (Houve uma redução na velocidade média)

Assim, comparando a Semana 1 (“antes”) com a Semana 3 (“depois”), no segmento da rodovia DF002N, dado que o número  $n = 58$ , a média das diferenças foi de  $\bar{D} = -3,3156$  e o desvio padrão foi de  $S_D = 5,4024$ , tem-se que o teste  $t$  estatístico pareado é dado por:

$$t = \frac{-3,3156 \cdot \sqrt{58}}{5,4024} = -4,6740$$

Encontrado o valor do teste  $t = -4,6740$ , estima-se o p-valor na tabela de valores da distribuição  $t$  de *Student* com 57 graus de liberdade. Considerando um nível de significância ( $\alpha$ ) de 5%, a hipótese nula (H0) deve ser rejeitada se o p-valor for menor que 0,05. No caso analisado, o p-valor calculado foi menor que 0,0001. Assim, a hipótese nula (H0) deve ser rejeitada, e o teste de hipótese apontou que no segmento da rodovia DF-002N, para um nível de significância de 5%, há evidência de que a velocidade média dos veículos na Semana 3 diminuiu em relação à velocidade média da Semana 1.

Por conseguinte, as análises dos segmentos rodoviários foram realizadas da mesma forma apresentada anteriormente. A Tabela 4.11 mostra os dados comparativos entre as semanas pré-educativas (Semana 1 e 2) com as semanas após a primeira ação educativa (Semanas 3 e 4).

**Tabela 4.11** - Resumo das análises estatísticas do período pré-educação com a primeira ação educativa

Rodovia	Período		Amostra n	$\bar{D}$	SD	Teste pareado (p-valor)	Rejeita?
	Antes	Depois					
DF-002N	Semana 1	Semana 3	118	- 5,2750	0,5916	-8,91701 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
		Semana 4	142	-5,5740	5,7214	-11,6095 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
	Semana 2	Semana 3	22	-5,4032	5,6227	-4,50738 (0,0001)	Rejeita
		Semana 4	25	-4,0720	3,7322	-5,45526 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
DF-002s (*)	Semana 1	Semana 3	99	- 7,0647	5,8370	-12,0427 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
		Semana 4	19	-3,1192	7,0423	-1,93065 (0,0347)	Rejeita
	Semana 2	Semana 3	28	-6,1393	5,7220	-5,6774 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
		Semana 4	10	-6,6697	5,5824	-3,77822 (0,0022)	Rejeita
DF-009	Semana 1	Semana 3	40	-13,0121	9,3563	-8,91701 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
		Semana 4	48	-11,9138	6,9468	-11,8819 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
	Semana 2	Semana 3	51	- 10,5086	6,5602	-11,4396 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
		Semana 4	41	-12,2162	6,2081	-12,5999 ( $< 0001$ )	Rejeita
DF-095	Semana 1	Semana 3	189	-3,5365	6,5041	-7,47512 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
		Semana 4	167	-3,4348	6,5101	-6,81818 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
	Semana 2	Semana 3	88	-3,2339	5,8170	-5,21509 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
		Semana 4	71	-3,4656	6,3762	-4,57986 ( $< 0,0001$ )	Rejeita

Regra de decisão: não rejeita-se a hipótese nula se p-valor  $> 0.05$ , caso contrário, rejeita-se.

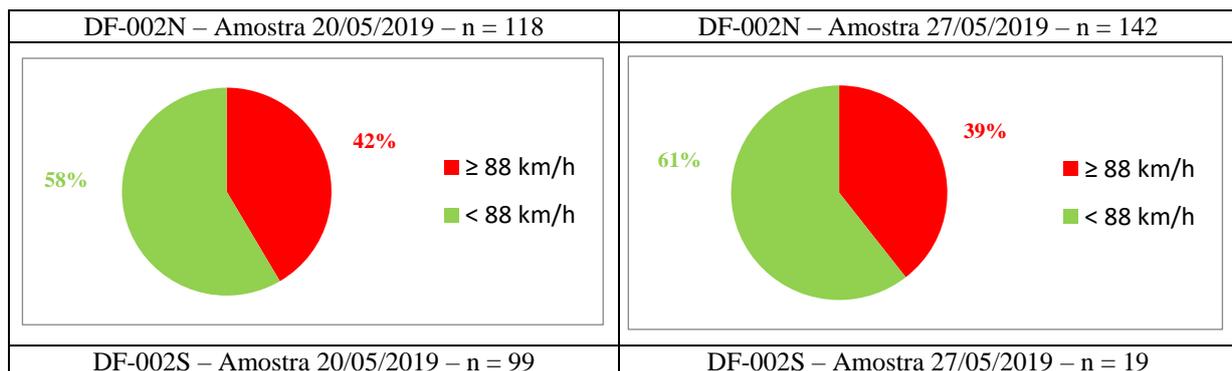
As médias das diferenças entre a velocidade média dos veículos ( $\bar{D}$ ) foram todas negativas (redução das velocidades). Estes valores foram mais acentuados no segmento da rodovia DF-009 e menos acentuados na rodovia DF-095. Quando se analisa o teste estatístico, a rodovia DF-009 teve os maiores valores (em módulo), em média. Com base nos dois parâmetros, infere-se que, embora com velocidade limite abaixo das demais (60 km/h), a ação educativa

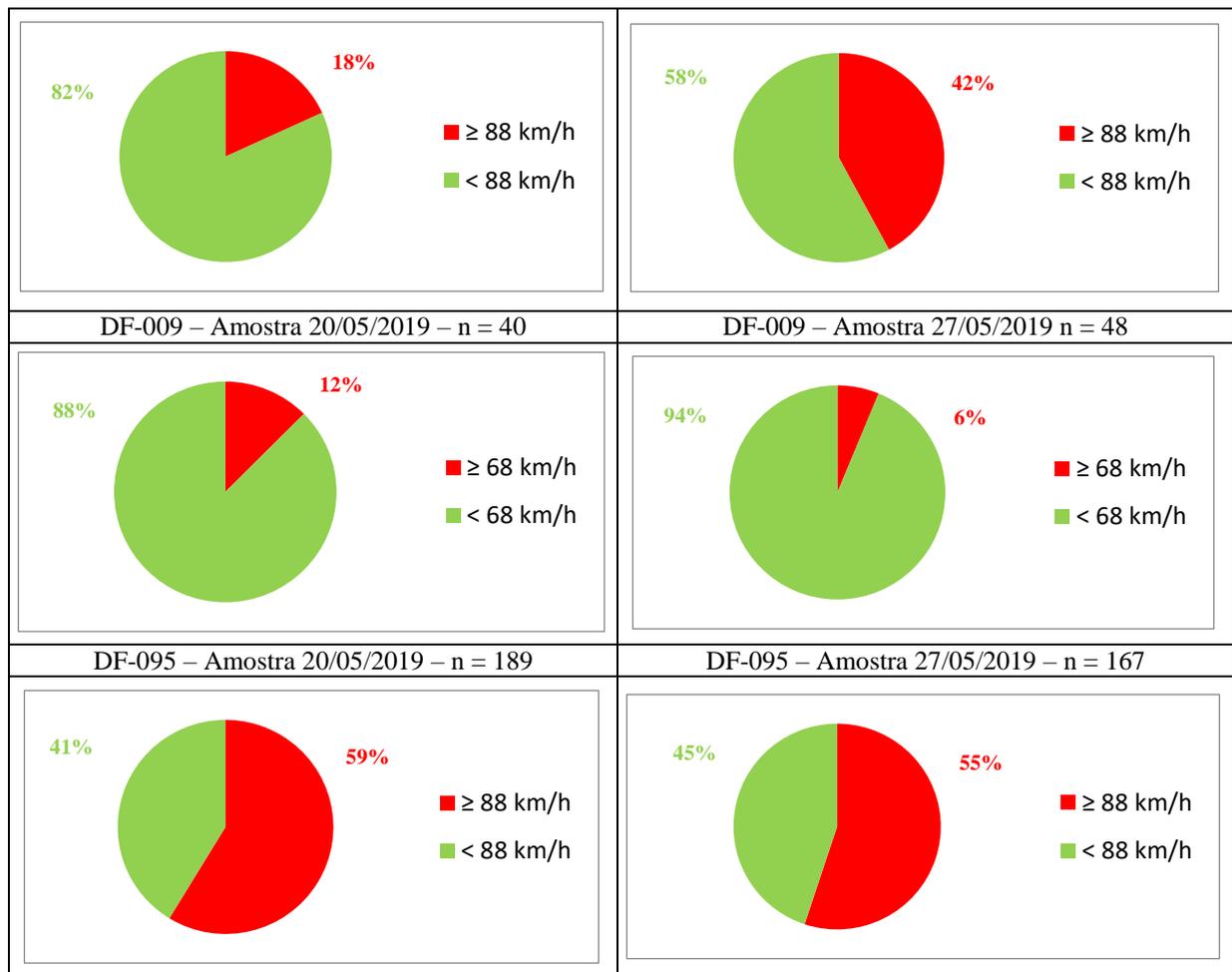
foi mais eficaz neste trecho do que nos demais. Não se pode afirmar que a ação na rodovia DF-095 tenha sido menos eficaz, pois o teste estatístico apresentou valores menores em outros segmentos, embora os valores das diferenças médias tenham sido os menores dentre os segmentos analisados.

No segmento da rodovia DF-002S, destaca-se o alto valor do teste entre as Semanas 1 e 3 na rodovia (-12,0427) quando comparado com os outros valores da mesma rodovia. De uma forma geral, para cada segmento verifica-se pouca variabilidade nos valores das diferenças médias.

Foram realizados os testes de normalidade *Shapiro-Wilk*, *Kolmogorov-Smirnov*, *Cramer-von Mises* e *Anderson-Darling* (Apêndice D), os quais resultaram com p-valores maiores que 5%, para todos os testes, não rejeitando a hipótese de normalidade. Desta forma, com nível de confiança de 95%, tem-se a evidência de que os dados seguem uma distribuição normal, validando o teste *t* pareado.

Com base na amostra de veículos que trafegaram acima da velocidade limite considerada na Semana 1, comparou-se com os resultados obtidos nas Semanas 3 e 4. A Figura 4.9 apresenta os gráficos das velocidades médias das Semanas 3 e 4 com a base de dados dos veículos que trafegaram acima da velocidade limite considerada na Semana 1.





**Figura 4.9** - Gráficos das velocidades médias: base de dados da Semana 1.

A rodovia DF-009 é a que teve o maior percentual de veículos com velocidade média abaixo da velocidade limite considerada (68 km/h) – 88% na Semana 3 e 94% na Semana 4 em relação à Semana 1. Na mesma tendência, 90% dos veículos trafegaram abaixo da velocidade considerada (68 km/h) na Semana 3 e 93% na Semana 4 quando comparado com a Semana 2, na rodovia DF-009, conforme mostra a Figura 4.10.

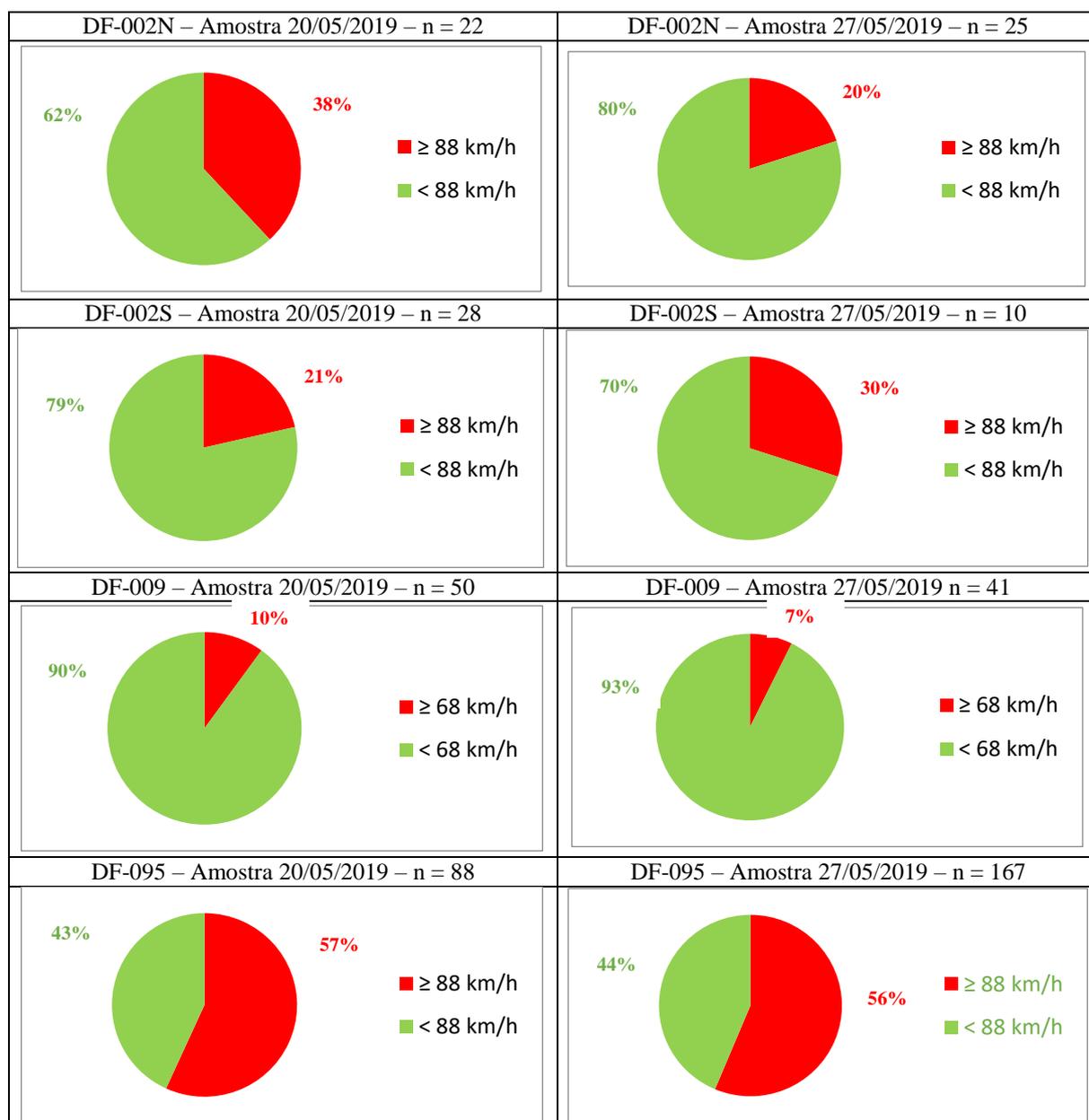
Por outro lado, a rodovia DF-095 é a que teve o menor percentual de veículos com velocidade média abaixo da velocidade limite considerada (88 km/h) após a primeira ação educativa: 57% na Semana 3 em relação à Semana 1 e 55% na Semana 4 em relação à Semana 1. Os valores de  $\bar{D}$ , nesse caso, foram os menores (de -3,2339 km/h a -3,5365 km/h), conforme mostrado na Tabela 4.11.

Comparando-se os dois segmentos da rodovia DF-002, em média, no sentido norte, o percentual de veículos que continuaram a trafegar com a velocidade média igual ou acima da velocidade limite considerada (88 km/h) foi de 40,5% enquanto que, em média, no sentido sul, o percentual foi de 30%. Esperava-se que no segmento da rodovia DF-002N houvesse uma maior queda de velocidade média quando comparada com o segmento da DF-002S, tendo em vista que nesta última não foram colocados painéis de mensagens variáveis. Na Semana 3, houve um maior percentual de veículos que reduziram a velocidade (82%), na rodovia DF-002S, quando comparado com a DF-002N (58%), mas na Semana 4 os valores foram aproximados. A ausência do painel de mensagem variável no trecho DF-002S não impactou de forma significativa quando comparado com o mesmo trecho com o fluxo no sentido inverso. Uma possível explicação para o fato é que grande parte dos condutores que passam no trecho em um período, retorna no período seguinte visualizando o equipamento.

Em síntese, os resultados dos quatro segmentos analisados mostram que a primeira ação educativa teve um forte impacto na redução da velocidade média quando comparada com o período anterior. Todos os resultados dos testes pareados rejeitaram a hipótese nula com alta significância (p-valor baixo). Os resultados obtidos confirmam o que era esperado, ou seja, a de que uma campanha informativa sobre a presença de equipamentos que efetuam o cálculo da velocidade média pode reduzir a velocidade excessiva em segmentos controlados.

Observa-se que, embora a ação educativa tenha sido global, ou seja, divulgada em todo o Distrito Federal, os resultados foram diferenciados para cada rodovia: enquanto a DF-009 teve um percentual de cerca de 90% redução da velocidade abaixo da velocidade limite considerada, a DF-095 teve cerca de 43%.

Com base na amostra de veículos que trafegaram acima da velocidade limite considerada na Semana 2, comparou-se com os resultados obtidos nas Semanas 3 e 4. A Figura 4.10 apresenta os gráficos das velocidades médias das Semanas 3 e 4 com a base de dados dos veículos que trafegaram acima da velocidade limite considerada na Semana 2.



**Figura 4.10** - Gráficos das velocidades médias: base de dados da Semana 2

Os resultados das Semanas 3 e 4 quando comparados com a base de dados da Semana 2 são próximos dos resultados com a base de dados da Semana 1. Destaque para o maior redução de velocidade na DF-009 (90% a 93%) e para menor redução na DF-095 (43% e 44%). O teste de comparação da redução da velocidade média entre as Semanas 1 e 2 foi significativo para um nível de significância de 5%, ou seja, sem nenhuma ação educativa, houve redução da velocidade média. Neste caso, é mais prudente considerar os resultados a seguir, tendo como base a Semana 2.

O passo seguinte da pesquisa foi aplicar a segunda ação educativa de acordo com disposto na Seção 4.2.6.2. De posse dos dados iniciais das Semanas 1 e 2, com a frequência de 4 vezes ou mais que os veículos passaram nos pontos de controle, acima da velocidade considerada e que permaneceram acima destas velocidades nas Semanas 3 e 4, selecionaram-se amostras e encaminharam-se correspondências para os proprietários dos respectivos veículos advertindo-os sobre a irregularidade e seus efeitos danosos. Esta ação educativa não foi realizada no segmento da rodovia DF-002S. O resumo dos resultados comparativos é apresentado nas Tabelas 4.12 a 4.15.

**Tabela 4.12** – Resumo das análises estatísticas do período da primeira com a segunda ação educativa com encaminhamento das correspondências tendo como base a Semana 1 (22/04/2019 a 27/04/2019)

Rodovia	Período		Amostra n	$\bar{D}$	Sd	Teste pareado (p-valor)	Rejeita?
	Antes	Depois					
DF-002N	Semana 3	Semana 5	49	-3,1820	5,0138	-4,44256 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
		Semana 6	34	-2,9383	5,8371	-2,93524 (0,0030)	Rejeita
	Semana 4	Semana 5	48	-2,6410	7,9645	-2,29735 (0,0130)	Rejeita
		Semana 6	46	-3,6368	6,4835	-3,80447 (0,0002)	Rejeita
DF-009	Semana 3	Semana 5	2	-19,4323	5,7969	-4,74074* (0,1323)	Não rejeita
		Semana 6	3	-10,5432	4,6868	-3,89635* (0,0300)	Rejeita
	Semana 4	Semana 5	2	-2,5714	14,5768	-0,24947* (0,4222)	Não rejeita
		Semana 6	4	-0,5517	5,8454	-0,18876* (0,4311)	Não rejeita
DF-095	Semana 3	Semana 5	10	-1,1733	5,4542	-0,68026 (0,2567)	Não rejeita
		Semana 6	16	-2,9767	7,4711	-1,5937 (0,0660)	Não rejeita
	Semana 4	Semana 5	11	-4,0438	7,5167	-1,78425 (0,0524)	Não rejeita
		Semana 6	8	-1,1512	3,2626	-0,99806* (0,1914)	Não rejeita

Regra de decisão: não rejeita-se a hipótese nula se p-valor  $> 0,05$ , caso contrário, rejeita-se.

(\*) o teste *t* de *Student* não deve ser considerado

Os testes de normalidade (*Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises e Anderson-Darling*), no segmento da rodovia DF-009 e no teste da Semana 6 com a Semana 4 do segmento da rodovia DF-095, resultaram com p-valores menores que 5%, rejeitando a hipótese de normalidade. Nesse caso, com nível de confiança de 95%, tem-se a evidência de que os dados não seguem uma distribuição normal, por isso utilizou-se o teste de Wilcoxon.

Como exemplo, utilizando os dados encontradas na comparação da Semana 6 com a Semana 4 no segmento da rodovia DF-095, a Figura 4.11 mostra o exemplo para o cálculo do teste T de Wilcoxon: na coluna I estão as velocidades em km/h dos veículos na Semana 6; na coluna II estão as velocidades na Semana 4; na coluna III estão as diferenças das velocidades de I e II; na coluna IV estão os valores positivos ou negativos unitários; na coluna V estão os valores das diferenças das velocidades, em módulo; na coluna VI está a ordenação (do menor para o maior) da coluna V e, por fim, na coluna VII está a ordenação com os sinais (coluna IV multiplicada pela coluna VI).

Veículo	Vdepois (I)	Vantes (II)	Dif (III)	sinais (IV)	Dif  (V)	postos (VI)	postos com sinal (VII)
1	91,71	93,49	-1,78	-1	1,78	4	-4
2	93,13	91,71	1,42	1	1,42	3	3
3	102,64	98,85	3,79	1	3,79	6	6
4	97,65	101,77	-4,12	-1	4,12	7	-7
5	85,84	92,06	-6,22	-1	6,22	8	-8
6	87,39	90,34	-2,95	-1	2,95	5	-5
7	91,71	90,68	1,03	1	1,03	2	2
8	95,34	95,71	-0,38	-1	0,38	1	-1
n = 8							
$T_+ = 3 + 6 + 2 = 11$ (soma dos valores positivos da coluna VII)							
$T_- = 4 + 7 + 8 + 5 + 1 = 25$ (soma dos valores negativos da coluna VII)							

**Figura 4.11** - Quadro exemplo para cálculo dos testes  $T_+$  e  $T_-$  das diferenças de velocidade média da Semana 6 com a Semana 4 no segmento da rodovia DF-095

No exemplo acima calcularam-se os valores  $T_+$  e  $T_-$  pela soma dos valores positivos e negativos. Pode-se também ser calculado conforme as Equações (3.6) e (3.7):

$$T_+ = \frac{n(n+1)}{2} - T_- = \frac{8(8+1)}{2} - 25 = 36 - 25 = 11;$$

$$T_- = \frac{n(n+1)}{2} - T_+ = \frac{8(8+1)}{2} - 11 = 36 - 11 = 25;$$

Com o valor do  $T$  calculado ( $T_+$  e  $T_-$ ) compara-se com o valor do teste crítico (pode ser obtido em Zar, 2010). Considerando o valor de  $\alpha = 0,05$  e  $n = 8$ , tem-se que o valor do teste crítico  $T_{0,05(2)8} = 3$ . Como o valor do teste  $T$  é maior do que o valor crítico  $T_{0,05(2)8}$ , então não rejeita-se a hipótese nula. Portanto, o teste de hipótese apontou que no segmento da rodovia DF-095, para um nível de significância de 5%, há evidência de que a velocidade média dos veículos na Semana 6 não se alterou em relação à velocidade média da Semana 4.

Assim como no exemplo acima, foram calculados os demais testes que tiveram a não-normalidade comprovada. A Tabela 4.13 apresenta os dados com os testes de Wilcoxon na comparação da primeira com a segunda ação educativa, tendo como base a Semana 1, para os casos em que a amostra não é normalmente distribuída.

**Tabela 4.13** - Resumo das análises estatísticas modificadas (teste de Wilcoxon) para os dados que não seguiram a distribuição normal no período da primeira com a segunda ação educativa (22/04/2019 a 28/04/2019)

Rodovia	Período		Amostra	$\bar{D}$	$SD$	Teste Wilcoxon (p-valor)	Rejeita?
	Antes	Depois	n				
DF-009	Semana 3	Semana 5	2	-19,4323	5,7969	-1,5 (0,5000)	Não rejeita
		Semana 6	3	-10,5432	4,6868	-3,0 (0,2500)	Não rejeita
	Semana 4	Semana 5	2	-2,5714	14,5768	-0,5 (1,0000)	Não rejeita
		Semana 6	4	-0,5517	5,8454	-1,0 (0,8750)	Não rejeita
DF-095	Semana 4	Semana 6	8	-1,1512	3,2626	-7,0 (0,3828)	Não rejeita

Os resultados das Tabelas 4.12 e 4.13 apontaram que os mesmos condutores de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002N, nas Semanas 3 e 4, diminuíram a velocidade média nas Semanas 5 e 6, indicando que a segunda ação educativa teve efeito nessa redução. Já nos segmentos da rodovia DF-009 e DF-095, os resultados apontaram para a não rejeição da hipótese nula, ou seja, com nível de significância de 5%, pode-se concluir que a hipótese de que não houve variação na velocidade média não pode ser rejeitada. Na Tabela 4.14 são

apresentados os resultados comparativos entre as Semanas 5 e 6 (“depois”) com os dados das Semanas 3 e 4 (“antes”), a partir dos dados iniciais da Semana 2.

**Tabela 4.14** – Resumo das análises estatísticas do período da primeira com a segunda ação educativa com encaminhamento das correspondências tendo como base a Semana 2 (29/04/2019 a 05/05/2019)

Rodovia	Período		Amostra n	$\bar{D}$	SD	Teste pareado (p-valor)	Rejeita?
	Antes	Depois					
DF-002N	Semana 3	Semana 5	15	-6,6850	3,7239	-6,95264 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
		Semana 6	6	-11,6529	6,5350	-4,36781* (0,0036)	Rejeita
	Semana 4	Semana 5	48	-2,6410	7,9645	-2,29735 (0,0130)	Rejeita
		Semana 6	5	-5,6857	2,9624	-4,29170* (0,0063)	Rejeita
DF-009	Semana 3	Semana 5	9	-13,1635	7,7752	-5,079* (0,0005)	Rejeita
		Semana 6	8	-11,1510	4,1355	-7,62656* ( $< 0,0001$ )	Rejeita
	Semana 4	Semana 5	3	-7,1789	13,0357	-0,95386* (0,2204)	Não rejeita
		Semana 6	4	-0,5517	5,8454	-0,18876* (0,4311)	Não rejeita
DF-095	Semana 3	Semana 5	8	-6,6948	8,2240	-2,3025* (0,0274)	Rejeita
		Semana 6	5	-9,2399	4,0619	-5,08658 (0,0035)	Rejeita
	Semana 4	Semana 5	4	-0,2294	4,1769	-0,10983* (0,4597)	Não rejeita
		Semana 6	1	-6,2248	-	-* -	-

Regra de decisão: rejeita-se a hipótese nula se p-valor  $> 0,05$ , caso contrário, rejeita-se.

(\*) o teste *t* de Student não deve ser considerado

Assim como apresentado anteriormente, constatado que os dados não seguiam uma distribuição normal elaborou-se uma nova tabela modificada com os valores dos testes de Wilcoxon. A Tabela 4.15 apresenta os dados com os testes de Wilcoxon na comparação da primeira com a segunda ação educativa, tendo como base a Semana 2.

**Tabela 4.15** - Resumo das análises estatísticas modificadas (teste de Wilcoxon) para os dados que não seguiram a distribuição normal no período da primeira com a segunda ação educativa (29/04/2019 a 05/05/2019)

Rodovia	Período		Amostra	$\bar{D}$	$S_D$	Teste Wilcoxon (p-valor)	Rejeita?
	Antes	Depois	n				
DF-002N	Semana 3	Semana 6	6	-11,6529	6,5350	-10,5 (0,0156)	Rejeita
	Semana 4	Semana 6	5	-5,6857	2,9624	-7,5 (0,0312)	Rejeita
DF-009		Semana 5	9	-13,1635	7,7752	-22,5 (0,0019)	Rejeita
	Semana 3	Semana 6	8	-11,1510	4,1355	-18 (0,0039)	Rejeita
		Semana 5	3	-7,1789	13,0357	-2 (0,0250)	Não rejeita
	Semana 4	Semana 6	4	-0,5517	5,8454	-1 0,4375	Não rejeita
		Semana 3	Semana 5	8	-6,6948	8,2240	-14 (0,0273)
DF-095		Semana 5	4	-0,2294	4,1769	0 (0,5000)	Não rejeita
	Semana 4	Semana 6	1	-6,2248	-	-0,5 (0,5000)	Não rejeita

Da mesma forma do que constatado com as amostras originárias da Semana 1, também com as amostras originárias da Semana 2, no segmento da rodovia DF-002N, os testes estatísticos evidenciaram para a rejeição da hipótese nula, ou seja, com nível de significância de 5%, rejeitou-se que a hipótese de que não houve variação na velocidade média. Já os testes estatísticos dos segmentos das rodovias DF-009 e DF-095 apresentaram resultados com menos contundência: para cada segmento, em duas amostras resultaram em rejeição da  $H_0$  e duas resultaram em não rejeição.

Em todos os segmentos ocorreram as menores reduções médias da velocidade média (2,6410 km/h, 7,1789 km/h e 0,2294 km/h para as rodovias DF-002N, DF-009 e DF-095, respectivamente). Esse foi um fator determinante para os baixos valores dos testes estatísticos nessas amostras.

Outra análise realizada foi a comparação das velocidades médias dos proprietários que receberam a correspondência com os que não receberam a correspondência. Nesse caso, consideram-se duas amostras independentes (os casos anteriores eram amostras pareadas). Foi utilizado o teste  $U$  não paramétrico de Wilcoxon e o cálculo foi de acordo com a Equação (3.8) e a comparação com o valor crítico conforme descrito na Seção 3.8. A Tabela 4.16 apresenta os valores dos testes para os condutores que receberam com os que não receberam correspondência com a base de dados da Semana 1.

**Tabela 4.16** - Tabela comparativa dos condutores que receberam com os que não receberam correspondências com a base da Semana de 22/04/2019 a 28/04/2019

Rodovia	Período		C/C	Amostra	Teste	(p-valor)	Rejeita?
	Antes	Depois	S/C	n	Wilcoxon		
DF-002N	Semana 3	Semana 5	C/C	49	-0,0752	(0,9403)	Não rejeita
		S/C	9				
	Semana 4	Semana 6	C/C	34	0,3566	(0,7231)	Não rejeita
		S/C	11				
	Semana 5	Semana 5	C/C	48	-1,4719	(0,1465)	Não rejeita
		S/C	10				
Semana 6	C/C	46	0,3553	(0,7237)	Não rejeita		
		S/C	12				
DF-009	Semana 3	Semana 5	C/C	2	-1,1750	(0,2701)	Não rejeita
		S/C	8				
	Semana 4	Semana 6	C/C	3	-0,9186	(0,3799)	Não rejeita
		S/C	8				
	Semana 5	Semana 5	C/C	2	0,0000	(1,0000)	Não rejeita
		S/C	1				
Semana 6	C/C	4	-1,0607	(0,3486)	Não rejeita		
		S/C	1				
DF-095	Semana 3	Semana 5	C/C	10	1,8709	(0,0702)	Não rejeita
		S/C	24				
	Semana 4	Semana 6	C/C	16	1,5057	(0,1393)	Não rejeita
		S/C	29				
	Semana 5	Semana 5	C/C	11	0,4818	(0,6328)	Não rejeita
		S/C	26				
Semana 6	C/C	8	1,9651	(0,0567)	Não Rejeita		
		S/C	31				

C/C – com correspondência S/C – sem correspondência

Todos os testes realizados com amostras de condutores que receberam com os que não receberam correspondências não rejeitaram a hipótese nula, ou seja, de que não haveria

variação de velocidade média. Os valores dos testes foram muito baixos, alguns, inclusive, positivos, indicando, nesses casos, pequeno aumento da velocidade média. A Tabela 4.17 apresenta os valores dos testes para os condutores que receberam com os que não receberam correspondência com a base de dados da Semana 2.

**Tabela 4.17** - Tabela comparativa dos condutores que receberam com os que não receberam correspondências com a base da Semana de 29/04/2019 a 05/05/2019

Rodovia	Período		C/C	Amostra	Teste	(p-valor)	Rejeita?
	Antes	Depois	S/C	n	Wilcoxon		
DF-002N	Semana 3	Semana 5	C/C	15	0,7493	0,4610	Não rejeita
		S/C	10				
	Semana 4	Semana 6	C/C	6	1,8022	0,1034	Não rejeita
		S/C	4				
	Semana 5	Semana 5	C/C	48	-1,4719	0,1465	Não rejeita
			S/C	10			
		Semana 6	C/C	5	-0,1225	0,9055	Não rejeita
			S/C	4			
DF-009	Semana 3	Semana 5	C/C	9	1,3333	0,2053	Não rejeita
		S/C	5				
	Semana 4	Semana 6	C/C	8	1,5370	0,1502	Não rejeita
		S/C	5				
	Semana 5	Semana 5	C/C	2	0,0000	1,0000	Não rejeita
			S/C	1			
		Semana 6	C/C	4	2,1651	0,0671	Não rejeita
			S/C	4			
DF-095	Semana 3	Semana 5	C/C	8	-0,5801	0,5680	Não rejeita
		S/C	14				
	Semana 4	Semana 6	C/C	5	-1,0042	0,3279	Não rejeita
		S/C	15				
	Semana 5	Semana 5	C/C	11	0,4818	0,6328	Não rejeita
			S/C	26			
		Semana 6	C/C	1	-0,5103	0,6168	Não rejeita
			S/C	16			

C/C – com correspondência S/C – sem correspondência

Assim como na Tabela 4.16, os testes apresentados na Tabela 4.17 também não rejeitaram a hipótese nula, ou seja, de que não haveria alteração da velocidade média. Os valores dos testes foram baixos e alguns positivos, assim como nos resultados da base de dados da Semana 1.

Dos vinte e quatro testes realizados, entre proprietários que receberam correspondência com os que não receberam, todos não rejeitaram a hipótese nula, ou seja, de que a velocidade média é a mesma do grupo que recebeu a correspondência e do grupo que não recebeu a correspondência. Verifica-se que os valores foram baixos, indicando pouca variabilidade da velocidade média entre os proprietários que receberam correspondências com os que não receberam.

O resultado do teste revelou que não houve alteração significativa na velocidade média com a introdução de advertência aos proprietários de veículos que transgrediram o limite de velocidade nos segmentos analisados. Isso pode ser devido ao efeito não punitivo do tratamento, uma vez que na correspondência consta explicitamente que o condutor não sofrerá qualquer penalidade e que o comunicado é educativo. Não foi possível certificar se a correspondência chegou ao condutor, uma vez que a placa veicular remete ao proprietário e seu endereço cadastrado no sistema do Departamento de Trânsito do Distrito Federal. Assim, não há como saber se o veículo estava sendo conduzido pelo proprietário ou por uma segunda pessoa. Isso também pode ser um motivo de um resultado não esperado.

## 5 CONCLUSÃO

O excesso de velocidade dos veículos em vias é um dos principais fatores de acidentes automobilísticos. Diversos países procuram evitar este comportamento inadequado por meio de ações punitivas e educativas. A fiscalização eletrônica é um mecanismo de comprovada eficiência na redução de velocidade, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. No Brasil, a fiscalização eletrônica foi implantada em diversas cidades e rodovias com resultados satisfatórios. Todavia, um dos problemas do controle por velocidade média no Brasil, é a ausência de regulamentação para aplicação de penalidade para a infração pelo seu excesso. A educação no trânsito é uma ferramenta que deve ser utilizada com a finalidade de mudar o comportamento inadequado dos condutores.

O presente trabalho buscou avaliar o impacto do controle por velocidade média, a partir de ações educativas, sobre os condutores em trechos rodoviários com uma metodologia do tipo antes/depois. Com a utilização de duas ações educativas sucessivas, foi possível efetuar as comparações e verificar o impacto da implantação de dispositivos que permitem o controle por meio da velocidade média.

Verificou-se que existe um elevado percentual de condutores que insistem em trafegar acima da velocidade limite entre pontos de controle nos trechos pesquisados. Em dois períodos analisados, antes da primeira ação educativa, foi verificado que 21% dos condutores trafegavam com a velocidade média acima da velocidade limite na rodovia de 60 km/h (DF-009). Na rodovia DF-095, 40% dos condutores trafegavam acima da velocidade limite de 80 km/h. Na rodovia DF-002N, 28% dos condutores trafegavam acima da velocidade limite de 80 km/h. E, na rodovia DF-002S, 18% dos condutores trafegavam acima da velocidade limite de 80 km/h. Esta preocupação é mais acentuada quando se verifica que entre os pontos de controle analisados haviam moderadores de velocidade, no caso, radares fixos ou semáforos. Com isso pressupõe-se a existência de picos elevados de velocidade instantânea entre os trechos intermediários.

A análise estatística permitiu constatar a eficácia da primeira ação educativa nos quatro segmentos analisados. Todos os resultados dos testes pareados rejeitaram a hipótese nula com

alta significância, ou seja, de que não haveria variação na velocidade média. A comparação resultou em uma redução da velocidade média para abaixo do limite de velocidade que variou de 41% (segmento da rodovia DF-095 – Semana 1 com a Semana 3) a 94% (segmento da rodovia DF-009 – Semana 1 com a Semana 3), quando analisada toda a amostra.

Por fim, com a finalidade de verificar a eficácia da correspondência que informa ao condutor sobre os excessos de velocidade, efetuaram-se testes estatísticos com proprietários de veículos que receberam correspondência notificando-os de que os mesmos cometeram irregularidades (trafegaram acima da velocidade em um segmento) e com condutores que não receberam correspondência. Os testes indicaram pouca variação na velocidade entre uma e outra amostra independente, não rejeitando a hipótese de que não houve variação de velocidade com alta significância. Isso evidencia que essa ação educativa não obteve o resultado esperado.

## **5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO**

A pesquisa trabalhou com dados de seis semanas sendo duas no período pré-educativo, duas na primeira ação educativa e duas na segunda. O fluxo de trânsito, sobretudo em áreas urbanas, sofre muitas interferências de eventos como: acidentes, panes veiculares, congestionamentos e intempéries. Dados com uma periodicidade mais abrangente é o mais indicado, pois com o tempo mais longo tende a ficar com dados mais homogêneos.

Entre os locais de ponto de controle com equipamentos OCR, nas vias controladas pelo DER/DF, havia moderadores de velocidade como semáforos ou radares fixos. Por esse motivo, não foi testado nenhum segmento sem interferência desses moderadores.

Também não foi possível constatar que os condutores estão transitando constantemente acima da velocidade regulamentar, reduzindo nos pontos de radares fixo e retomando a alta velocidade em seguida. Isso só seria verificado caso fossem utilizados mais de 2 pontos de radares com tecnologia OCR.

## **5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Vários são os efeitos de redução de velocidade em rodovias. O presente trabalho abordou o impacto na velocidade média em rodovias com a introdução de equipamentos que permitem o

cálculo da velocidade média em determinado segmento. No entanto, existem outras variáveis impactadas pela alteração da velocidade importantes tanto para o mundo acadêmico quanto para a sociedade em geral. Dessa forma, seguem recomendações para trabalhos futuros que podem ser feitos com o mesmo tema:

- Avaliar o impacto da velocidade média após realização de ação educativa em rodovias com características estritamente rurais, sem a presença de moderadores de velocidade entre os pontos de controle.
- Avaliar a variação da velocidade média entre 3 ou mais pontos sucessivos de radares com tecnologia OCR;
- Avaliar o impacto da velocidade média em rodovias urbanas com velocidades limites de 60 km/h e 80 km/h;
- Avaliar o impacto da alteração da velocidade média na acidentalidade provocada pela introdução de controladores eletrônicos com um período de análise mais amplo (recomenda-se três anos antes e três depois);
- Avaliar o impacto da alteração da velocidade na emissão de dióxido de Carbono e outros poluentes;
- Avaliar o efeito na alteração do estresse humano em razão da mudança do fluxo veicular provocado pela introdução de equipamentos que permitem o cálculo da velocidade média em segmentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

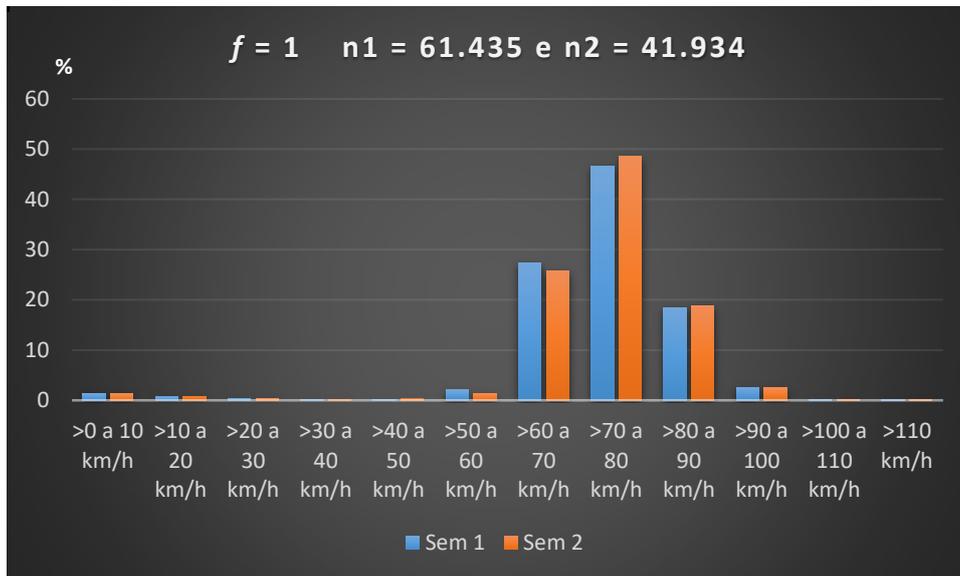
- AGUILERA, S., MOYSÉS, S. T. & MOYSÉS S. J. (2014) Intervenções de segurança viária e seus efeitos nas lesões causadas pelo trânsito: uma revisão sistemática. *Revista Panam Salud Publica* 36(4) p. 257-265.
- ALVARENGA, E. P. (2014) *Identificação de caracteres para reconhecimento automático de placas veiculares*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Informática. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 50 p.
- AUTOSTRATE TECH (2019) *Tutor System*. Disponível em: <<http://www.autostradetech.it/en/solutions/security-access-control/tutor-system.html>>. Acesso em fev. 2019.
- BELIN M. (2007) *Trends In Setting Speed Limits – Sweden As A Case Study*. Sweden, Swedish Road Administration, Borlänge.
- BERNARDI, E. (2014) *Os Sistemas de Identificação Veicular, em Especial o Reconhecimento Automático de Placas*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 167 p.
- BLAIR, R. C. & HIGGINS J. J. (1985) Comparison of the power of the paired samples t test to that of Wilcoxon's signed-ranks test under various population shapes. *Psycho. Bull.* 97: 119-128.
- BRASIL (1997) Lei 9.503. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19503.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503.htm)>. Acesso em mai. 2019.
- BRASIL (2011) Resolução n° 396, de 13 de dezembro de 2011. Dispõe sobre requisitos técnicos mínimos para a fiscalização de velocidade de veículos automotores, reboques e semirreboques, conforme o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <[https://www.infraestrutura.gov.br/images/Resolucoes/RESOLUCAO\\_CONTRAN\\_396\\_11.pdf](https://www.infraestrutura.gov.br/images/Resolucoes/RESOLUCAO_CONTRAN_396_11.pdf)> Acesso em ago. 2019.
- CAMERON, M. (2008) Development of Strategies for Best Practice in Speed Enforcement in Western Australia: Supplementary Report. *Monash University Accident Research Centre*, 50 p.
- CANNELL, A. E. R. & GOLD, P. A. (2001) Reduzindo acidentes: o papel da fiscalização de trânsito e do treinamento de motorista. Banco Interamericano de Desenvolvimento. Washington, D.C. 1ª Edição, 79 p.
- CARNIS, L. & BLAIS, E. (2013) An Assessment of the Safety Effects of the French Speed Camera Program. *Accident Analysis & Prevention*, v. 51, p 301-309.
- CET/SP (2012) Companhia de Engenharia de Tráfego. *Sistemas Automáticos de Fiscalização de Trânsito na Cidade de São Paulo*. Nota Técnica 225, São Paulo, SP, 8 p.

- CHANG, S., CHEN, L., CHUNG, Y. & CHEN, S. (2004) Automatic License Plate Recognition. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 5, n. 1.
- CONSILUX (2019) Leitor Automático de Placas. Consilux Tecnologia. Disponível em: <<https://www.consilux.com.br/wp-content/uploads/2017/04/Leitor-autom%C3%A1tico-de-placas.pdf>>. Acesso em mar. 2019.
- CUPOLILLO, M. T. A. (2006) *Estudo das Medidas Moderadoras do Tráfego para controle da Velocidade e dos Conflitos em Travessias Urbanas*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ277 p.
- DE PAUW, E., DANIELS, S., BRIJS, T., HERMANS, E. & WETS, G. (2014) Behavioural effects of fixed speed cameras on motorways: overall improved speed compliance or kangaroo jumps? *Accident Analysis & Prevention*. 73, 132-140.
- DER/DF (2018a). Edital de pregão eletrônico nº 054/2016. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. Disponível em:<<http://arquivos.der.df.gov.br/licitacao/download.php?file=N01BL1NTTGpoWlp6aDVBB2gwdytQQT09Olh2cVpvMFpUbFpVZU4xRXFRTU96Z3c9PQ>>. Acesso em jun. 2018.
- DER/DF (2018b) Legislação sobre o Sistema Rodoviário do Distrito Federal. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. Disponível em:<[http://arquivos.der.df.gov.br/downloads/SRDF\\_2018/Legislacao\\_SRDF\\_modificado\\_19\\_09\\_2018.pdf](http://arquivos.der.df.gov.br/downloads/SRDF_2018/Legislacao_SRDF_modificado_19_09_2018.pdf)>. Acesso em jul. 2019.
- DER/DF (2018c) Sistema Rodoviário do Distrito Federal. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. Disponível em:<<http://www.der.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/SRDF-2017.pdf>>. Acesso em jul. 2019.
- DER-RJ (2019) Departamento de Estradas de Rodagem do Rio de Janeiro. Localização de Radares e Lombadas. Disponível em:<<http://arquivos.der.df.gov.br/licitacao/download.php?file=N01BL1NTTGpoWlp6aDVBB2gwdytQQT09Olh2cVpvMFpUbFpVZU4xRXFRTU96Z3c9PQ>>. Acesso em jun. 2018.
- DETRAN/DF (2017) Anuário estatístico de acidentes de trânsito do Distrito Federal. Departamento de Trânsito do Distrito Federal. Disponível em:<[http://www.detran.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/11/DETRAN-DF\\_Anuario\\_Estatistico\\_Acidentes\\_Transito\\_2017.pdf](http://www.detran.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/11/DETRAN-DF_Anuario_Estatistico_Acidentes_Transito_2017.pdf)> Acesso em mar. 2019.
- ELVIK, R. (1997) Effects on Accidents of Automatic Speed Enforcement in Norway. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 1595:14-19.
- FERRAZ, C., RAIJA JR, A., BEZERRA, B., BASTOS, T. & RODRIGUES, K. (2012) *Segurança Viária*. São Carlos. Suprema Gráfica e Editora LTDA, 321 p.

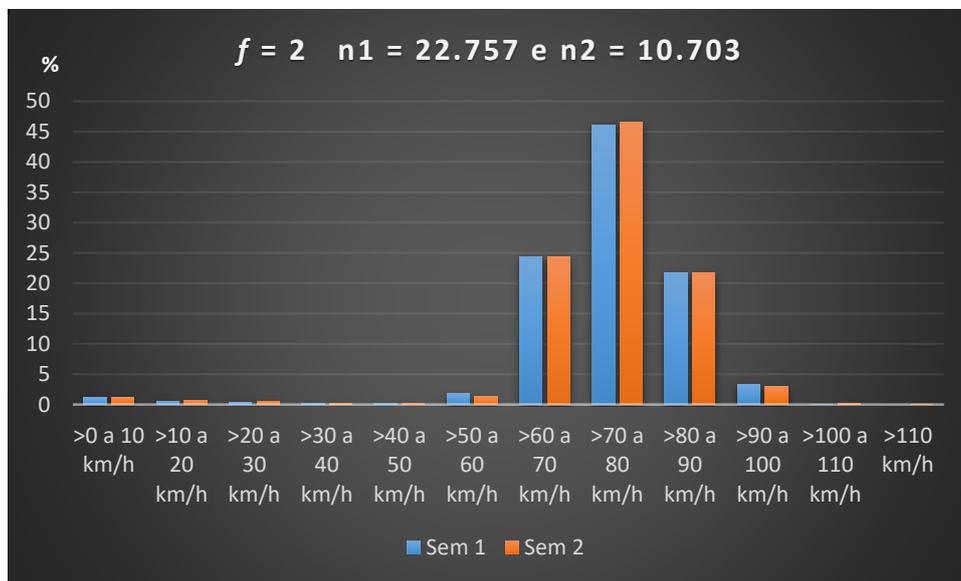
- FRITH, WJ, STRACHAN, G & PATTERSON, T. (2005) Road Safety Implications of Excessive and Inappropriate Vehicle Speed. *Australasian Road Safety Handbook*, Sydney, v. 2, p. 24-31.
- GOLD, P. (2003) Documento Técnico – Fiscalização Eletrônica de Velocidade. Disponível em: <<http://www.perkons.com/pt/estudos-e-pesquisas-detalhes/30/fiscalizacao-eletronica-de-velocidade>>. Acesso em mar. 2019.
- G1 (2017) Fiscalização de velocidade média de veículos em São Paulo entra em vigor nesta quarta-feira. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/fiscalizacao-de-velocidade-media-de-veiculos-em-sp-entra-em-vigor-nesta-quarta-feira.ghtml>>. Acesso em mar. 2019.
- HA, T-J., KANG, J-G. & PARK, J-J. (2003) The effects of automated speed enforcement systems on traffic – flow characteristics and accidents in Korea. *Institute of Transportations Engineers. ITE Journal*. Washington, 73:28-31.
- MÄKINEN T., ZAIDEL D.M., ANDERSSON G., BIECHELER-FRETEL M-B., CHRIST R., CAUZARD J-P., ELVIK R., GOLDENBELD C., GELAU C., HEIDSTRA J., JAYET M-C., NILSSON G., PAPAIOANOU P., QUIMBY A., REHNOVA V. & VAA T. (2003) Traffic enforcement in Europe: effects, measures, needs and future. Final Report of the ESCAPE Consortium. 138p.
- MONTEIRO, P. R. S. (2004) *Gestão do Tráfego com o Uso de Dispositivos Eletrônicos de Controle de Velocidade*. Dissertação de Mestrado, Ciências em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, 196 p.
- MONTELLA, A., PERSAUD, B., D'APUZZO, M. & IMBRIANI, L. (2012) Safety Evaluation of automated section speed enforcement system. *Journal of the Transportation Research Board*, 2281:16-25.
- OECD (2018) *Speed and Crash Risk*. Research Report. International Traffic Safety Data and Analysis Group. Organisation for Economic Cooperation and Development. International Transport Forum. Paris. 80 p.
- OEI, H.I. & POLAK, P.H. (1992) Effect Van Automatische Waarschuwing en Toezicht op Snelheid en Ongevallen: Resultaten van een Evaluatie-onderzoek in Vier Provincies. *Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV*, Leidschendam, Holanda, p. 42-60.
- OLIVEIRA, D. F., FRICHE, A. A. L., COSTA, D. A. S., MINGOTI, S. A. & CAIAFFA, W. T. (2015) Do speed cameras reduce speeding in urban areas? *Cadernos de Saúde Pública*, v. 31 supl. Rio de Janeiro.
- OWEN, R., URSACHI, G. & ALLSOP, R. (2016) The Effectiveness of Average Speed Cameras in Great Britain. *The Royal Automobile Club Foundation for Motoring Ltd*, 37p.
- PILKINGTON, P. & KINRA, S. (2005) Effectiveness of Speed Cameras in Preventing Road

- Traffic Collisions and Related Casualties: Systematic Review. *US National Library of Medicine, National Institutes of Health*. 330(7487): 331-334.
- RODRIGUES, C. M. S., BEZERRA, L. M., SALES, M. R. S & BEZERRA, M. S. (2018) Educação para o trânsito: Desafios e perspectivas para a sociedade maranhense. Congresso Nacional de Educação, Olinda, PE, v. 1, 8p.
- SÃO PAULO (2017) Prefeitura Municipal de São Paulo – Mobilidade e Transportes. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/noticias/?p=244043>>. Acesso em mar. 2019.
- SWOV (2007) Sustainable Safety: principles, misconceptions and relations with other visions SWOV Fact sheet, SWOV. Institute for Road Safety Research, Leidschendam.
- SOOLE, D. W., WATSON, B. C. & FLEITER, J. J (2013) Effects of Average Speed Enforcement on Speed Compliance and Crashes: A review of the literature. *Accident Analysis & Prevention*, v 54, p. 46-56.
- STEFAN, C. (2006) Section Control: Automatic Speed Enforcement in the Kaisermühlen Tunnel (Vienna, A22 Motorway). *Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV)*, Vienna.
- VANLOMMELE, M., HOURBRAKEN, M., AUDENAERT, P., LOGGHE, S., PICKAVET, M. & DE MAEYER, P. (2015) An Evaluation of Section Control Based on Floating Car Data. *Transportation Research Part C*, v 58, p. 617-627.
- YAMADA, M. G. (2005) *Impactos dos Radares Fixos na Velocidade e na Acidentalidade em Trecho da Rodovia Washington Luís*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 129 p.
- WEGMAN, F. & GOLDENBELD, C. (2006) *Speed Management: enforcement and new Technologies*. Report Documentation. SWOV Institute for Road Safety Research. Leidschendam. 29 p.
- WHO (2008) *World Health Organization. Speed Management: A Road Safety Manual For Decision-Makers and Practitioners*. Disponível em:<[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43915/9782940395040\\_eng.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43915/9782940395040_eng.pdf?sequence=1)>. Acesso em out. 2018.
- WHO (2009) *World Health Organization. Informe sobre La Situación Mundial de La Seguridad Vial: Es Hora de Pasar a La Acción*. Disponível em:<[https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/report/web\\_version\\_es.pdf?ua=1](https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/web_version_es.pdf?ua=1)>. Acesso em fev. 2019.
- WILSON, C., WILLIS, C., HENDRIKZ, J., LE BROUQUE, R. & BELLAMY, N. (2010) Speed cameras for the Prevention of Road traffic injuries and Deaths. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 79 p.
- ZAR, J. H. (2010) *Biostatistical Analysis* (5<sup>a</sup> ed). Pearson, New Jersey, USA.

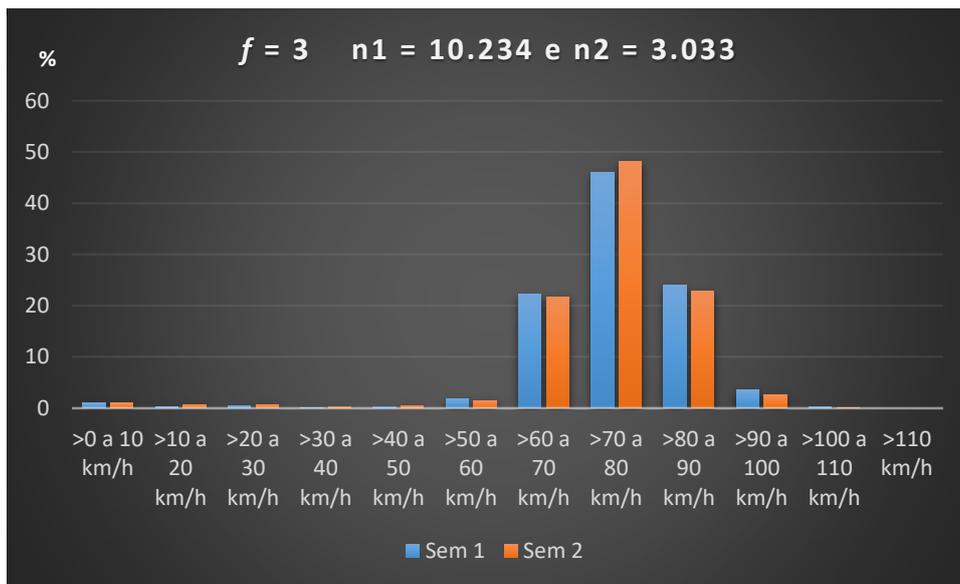
**APÊNDICE A – PERFIS DE VELOCIDADE PARA ESCOLHA DA FREQUÊNCIA MÍNIMA A SER UTILIZADA NO ESTUDO**



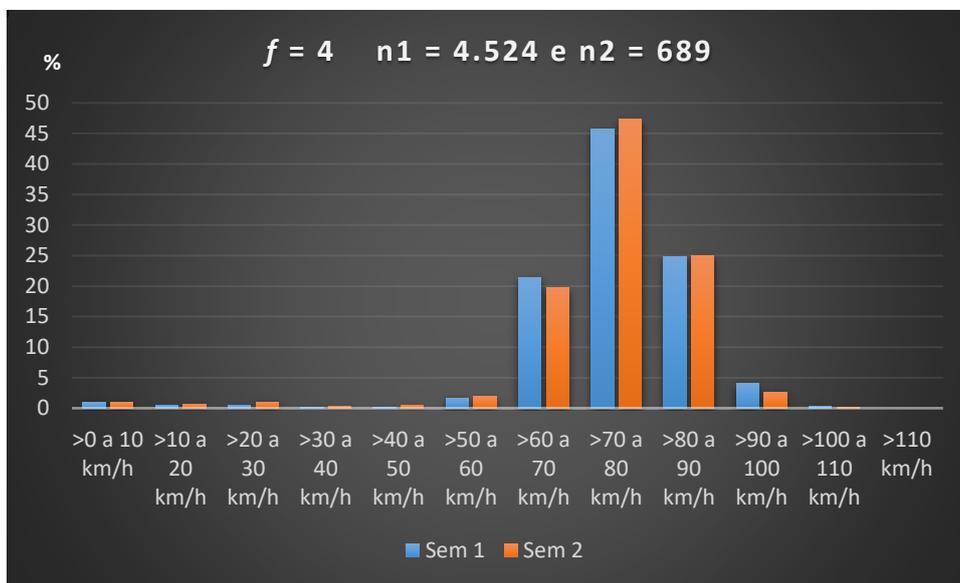
**Figura A.1** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002N, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 1 veículo por período.



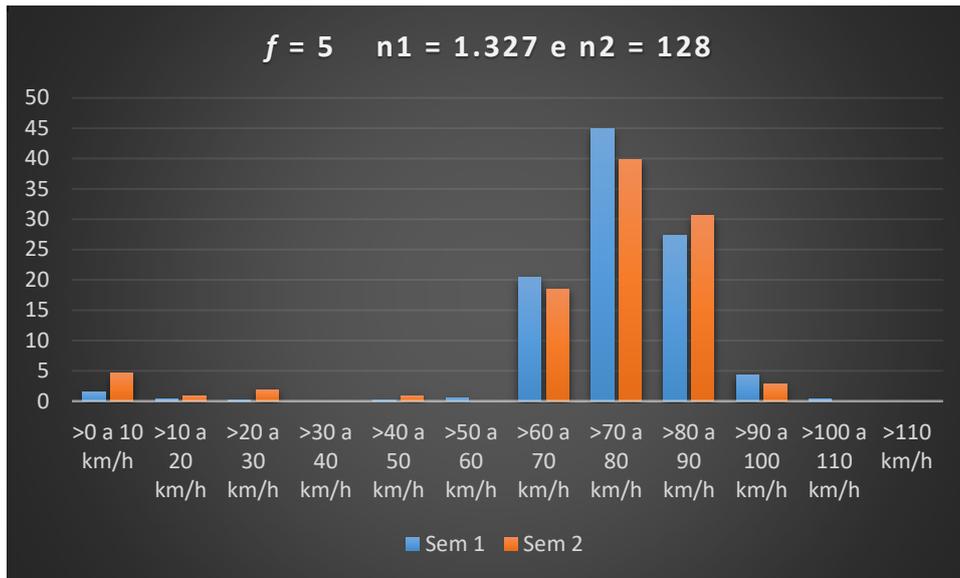
**Figura A.2** - - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002N, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 2 veículos por período.



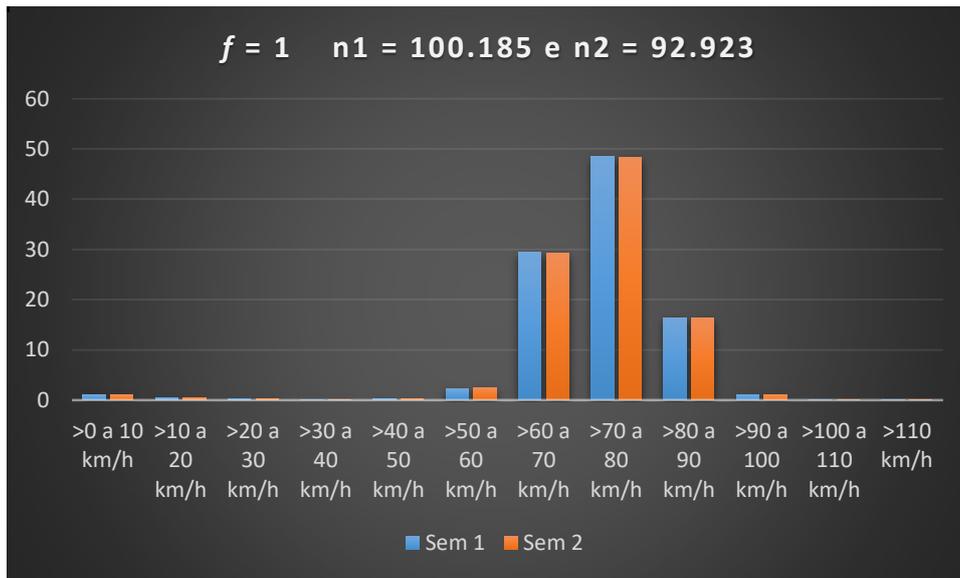
**Figura A.3** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002N, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 3 veículos por período.



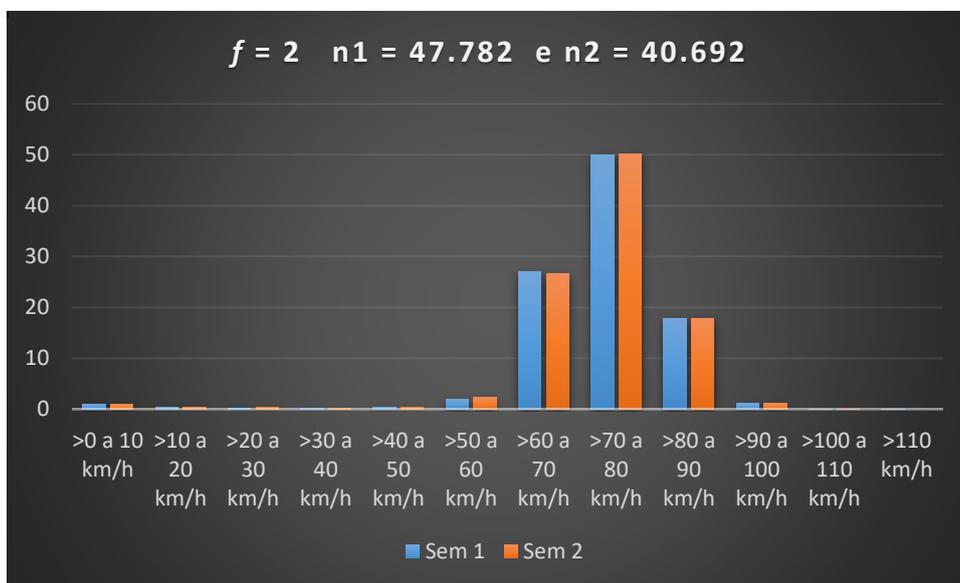
**Figura A.4** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002N, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 4 veículos por período.



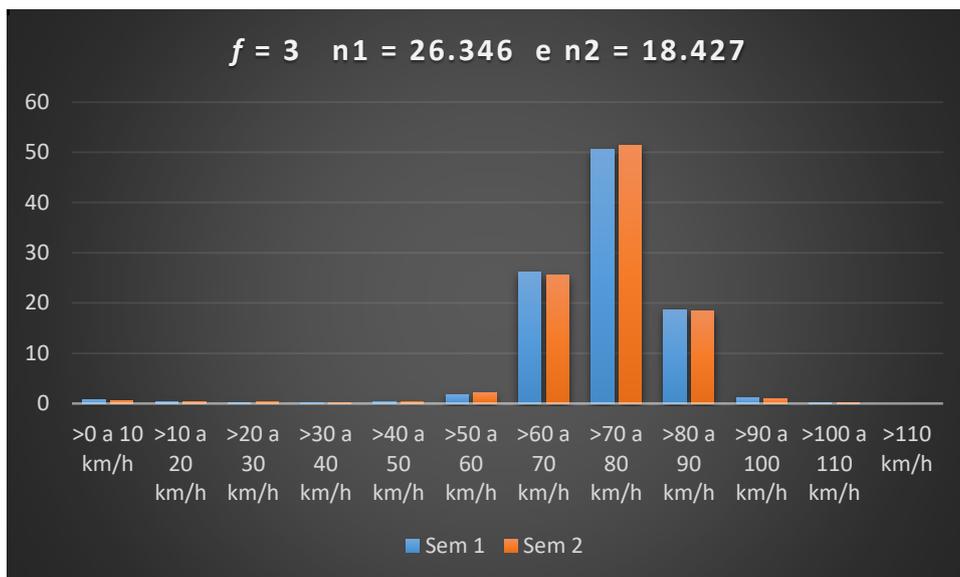
**Figura A.5** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002N, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 5 veículos por período.



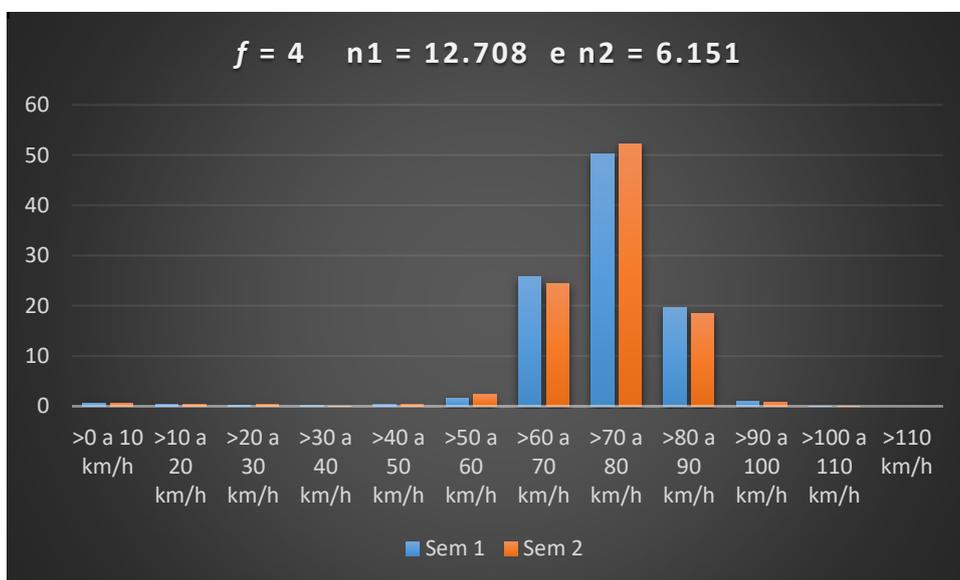
**Figura A.6** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 1 veículo por período.



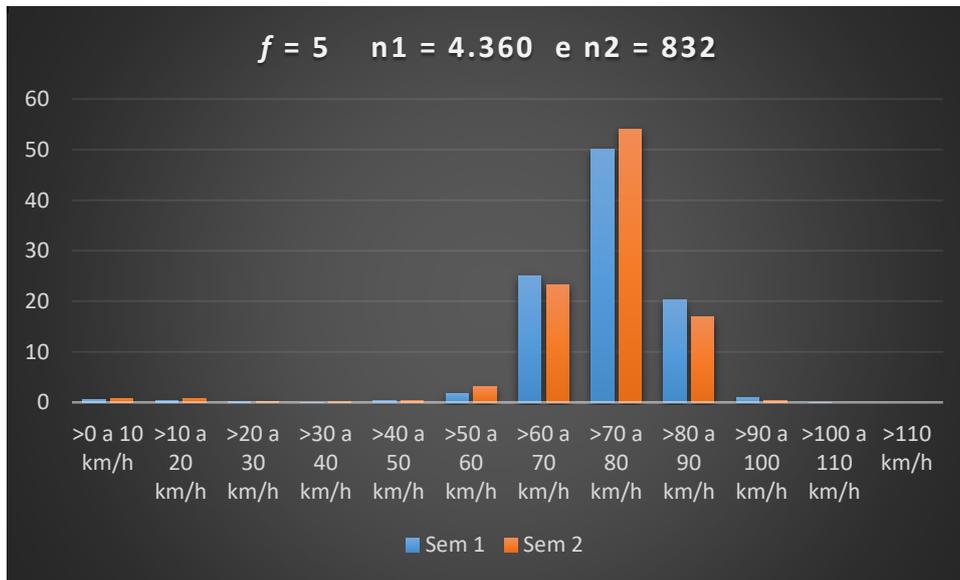
**Figura A.7** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 2 veículos por período.



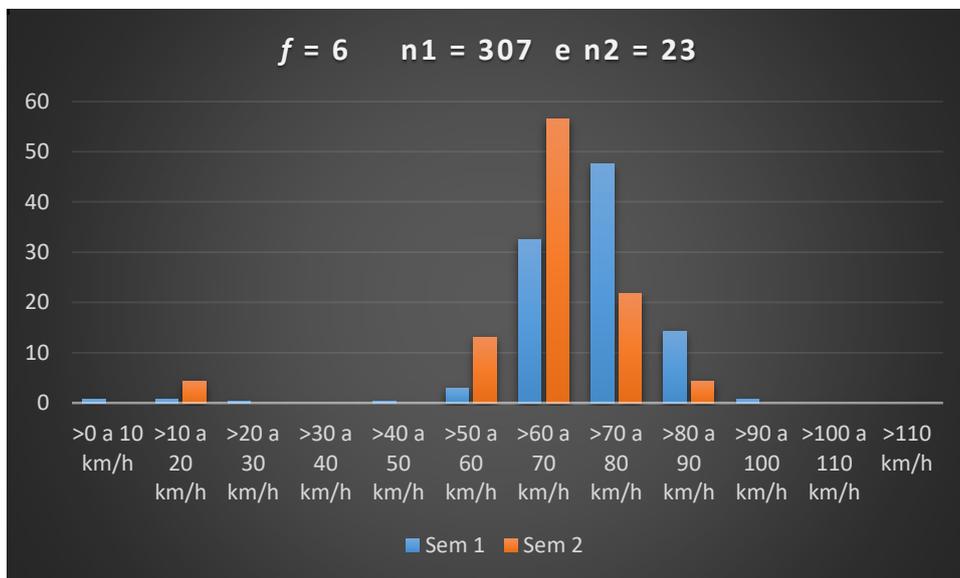
**Figura A.8** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 3 veículos por período.



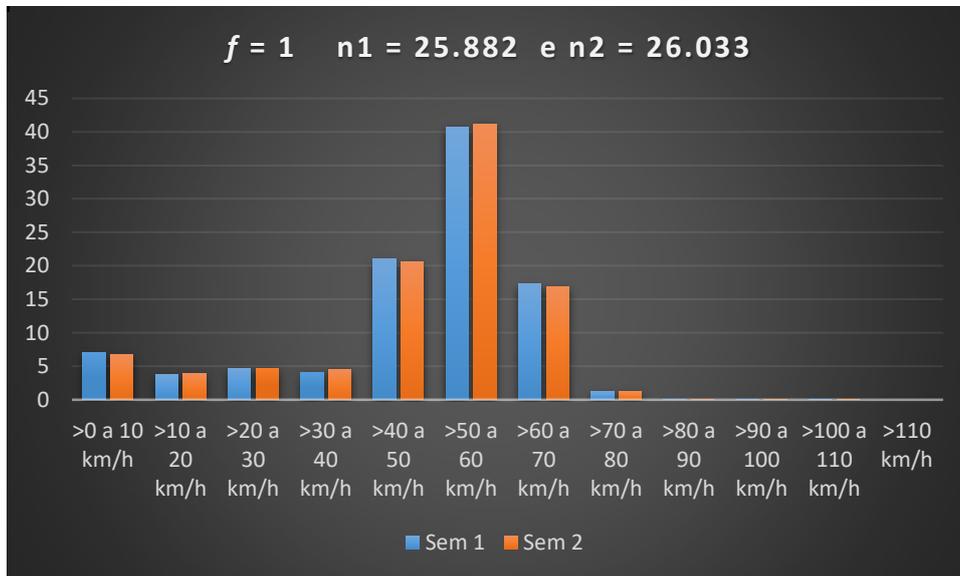
**Figura A.9** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 4 veículos por período.



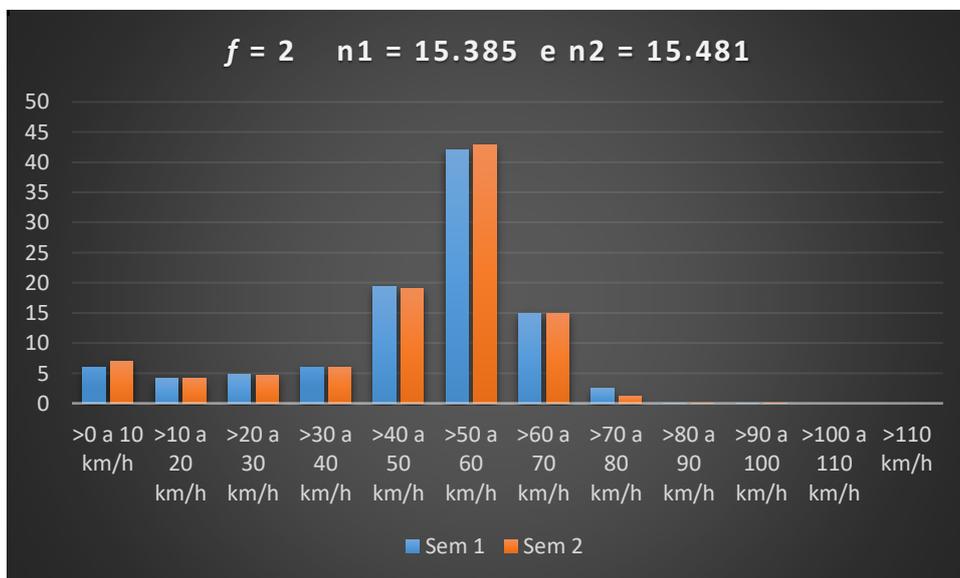
**Figura A.10** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 5 veículos por período.



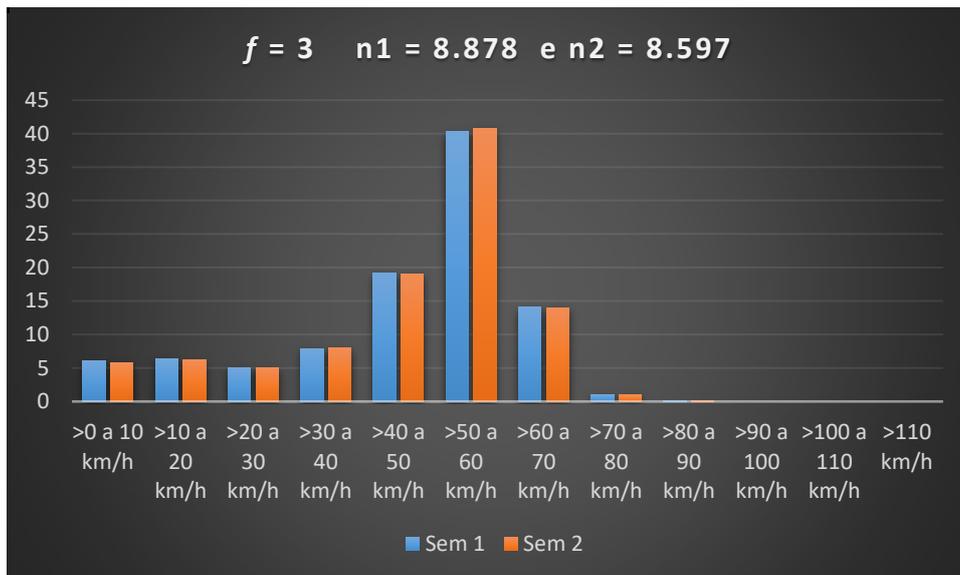
**Figura A.11** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-002S, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 6 veículos por período.



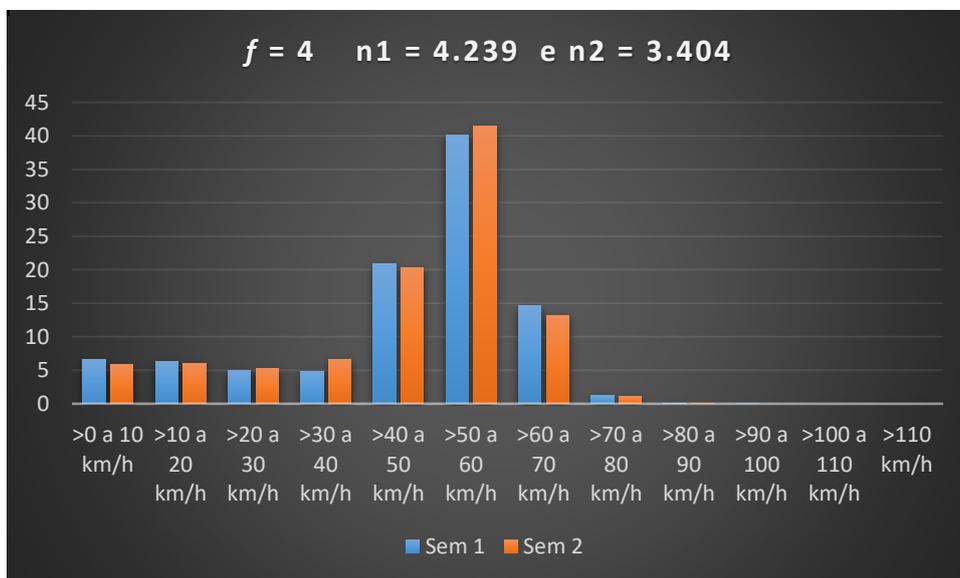
**Figura A.12** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-009, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 1 veículo por período.



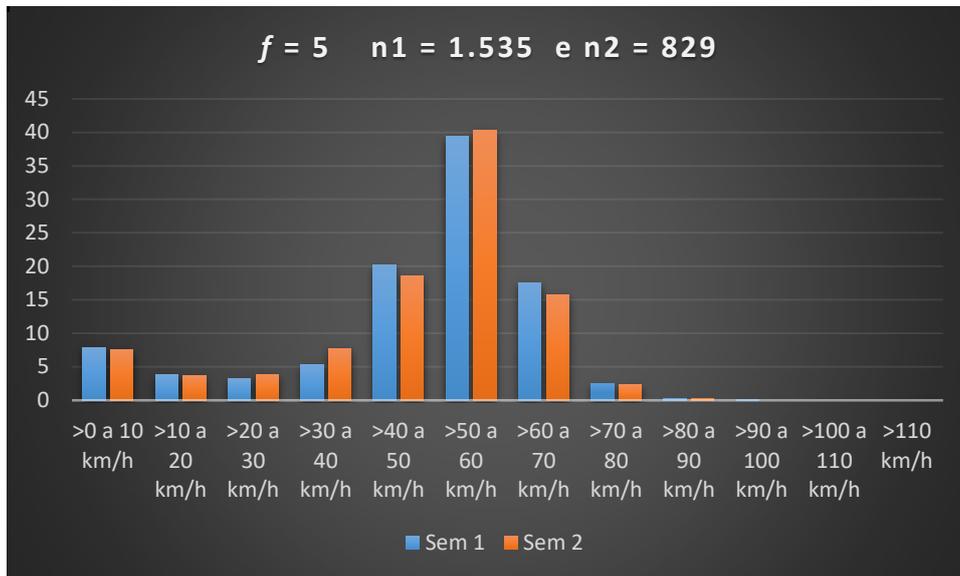
**Figura A.13** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-009, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 2 veículos por período.



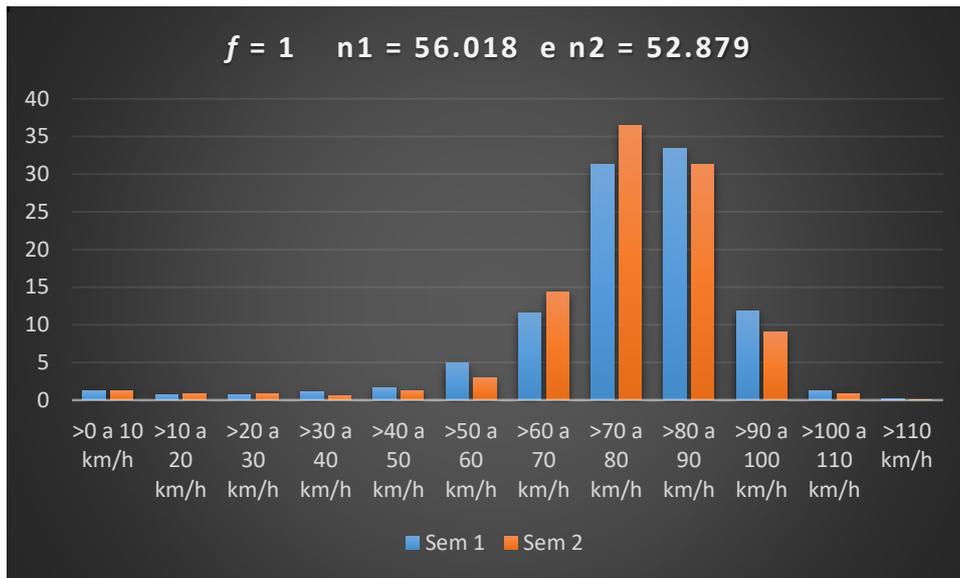
**Figura A.14** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-009, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 3 veículos por período.



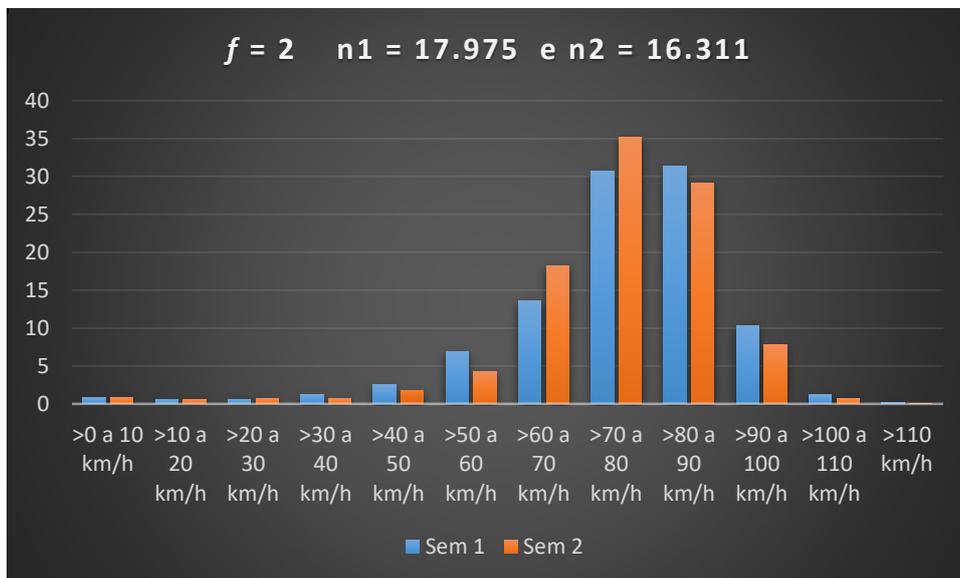
**Figura A.15** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-009, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 4 veículos por período.



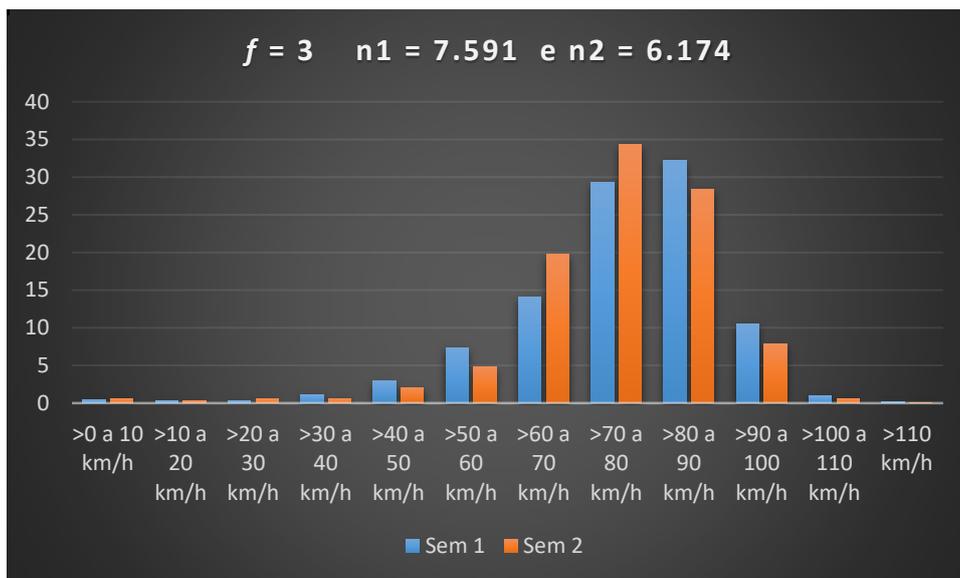
**Figura A.16** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-009, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 5 veículos por período.



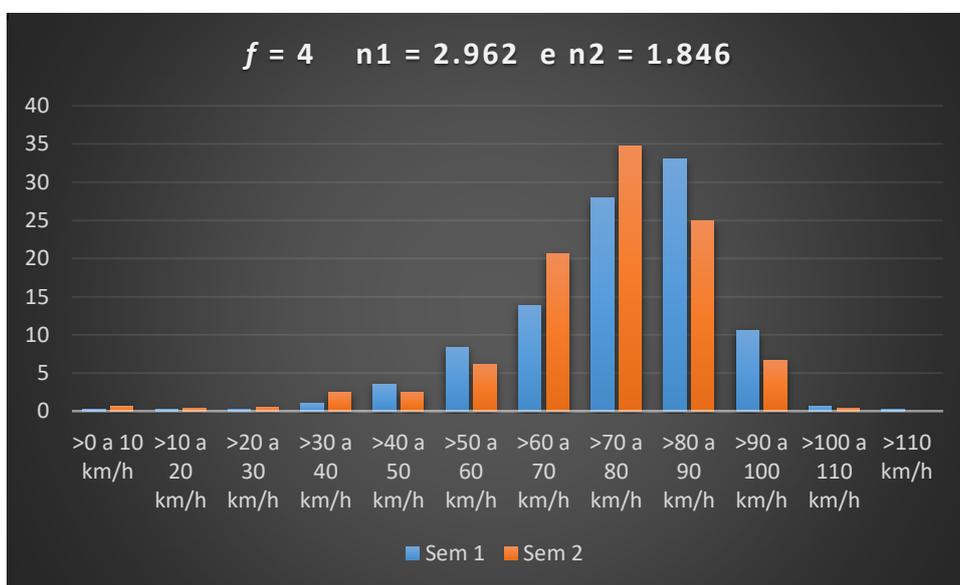
**Figura A.17** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-095, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 1 veículo por período.



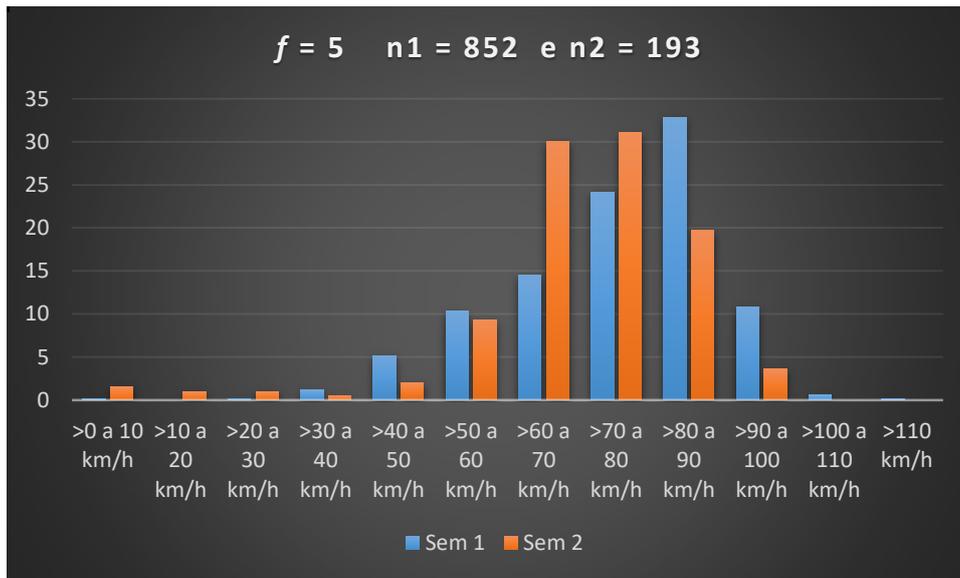
**Figura A.18** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-095, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 2 veículos por período.



**Figura A.19** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-095, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 3 veículos por período.



**Figura A.20** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia DF-095, nas Semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 4 veículos por período.



**Figura A.21** - Gráfico das faixas de velocidade média com os respectivos percentuais de veículos que trafegaram no segmento da rodovia df-095, nas semanas 1 e 2, com a frequência mínima de 5 veículos por período.

## APÊNDICE B – MODELO DE CORRESPONDÊNCIA

Prezado Senhor,

O Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal tem adotado medidas para aumentar a segurança viária nas rodovias do Distrito Federal.

Verificamos que o condutor do veículo identificado abaixo transitou com velocidade média superior ao limite de velocidade permitido para a via indicada.

A constatação foi feita por meio de equipamentos eletrônicos que fazem o monitoramento e registram a placa, o dia e horário em que o veículo de sua propriedade transitou. A velocidade média foi apurada por meio da distância percorrida entre dois pontos dividida pelo tempo de percurso.

**A velocidade excessiva é uma das principais causas de acidentes** além de provocar maior consumo de combustível.

**Respeite os limites de velocidade e tenha um trânsito mais humanizado.**

**Este comunicado é educativo e não representa qualquer penalidade.** O monitoramento pela velocidade média continuará nas vias do Distrito Federal.

Identificação do veículo			
Placa	Marca	Cor	Renavam

Identificação do local, data e horário				
Local	Dia	Horário	Velocidade	Veloc. limite
Rod. DF-009;km 5,2	20/05/2019	12:14:37	73 km/h	60 km/h
Rod. DF-009;km 1,8		12:17:24		

DESTINATÁRIO:  
NOME:  
END:  
CEP:

## APÊNDICE C – TESTES ESTATÍSTICOS SEMANA 1 COM SEMANA 2

**Tabela C.0.1-** Testes estatísticos Semana 1 com Semana 2

Rodovia	Período		Amostra N	$\bar{D}$	$SD$	Teste pareado (p-valor)	Rejeita?
	Antes	Depois					
DF-002	Semana 1	Semana 2	100	-4,3766	5,4029	-8,10048 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
DF-009	Semana 1	Semana 2	44	-9,7469	7,7016	-8,3948 ( $< 0,0001$ )	Rejeita
DF095	Semana 1	Semana 2	161	-3,9665	6,2220	-8,08889 ( $< 0,0001$ )	Rejeita

**APÊNDICE D – TESTE DE NORMALIDADE: SEMANA 3 COM A BASE DE  
DADOS DA SEMANA 1 - SOFTWARE SAS**

**Tabela D.0.1** - Testes de normalidade: Semana 3 com a base de dados da Semana 1

Local	Teste de Normalidade	Teste estatístico	p-valor
DF-002N	Shapiro-Wilk	0,978059	0,0504
DF-002N	Kolmogorov-Smirnov	0,073906	0,1126
DF-002N	Cramer-von Mises	0,157425	0,0200
DF-002N	Anderson-Darling	0,951924	0,0171
DF-000s	Shapiro-Wilk	0,985562	0,3553
DF-000s	Kolmogorov-Smirnov	0,056768	0,1500
DF-000s	Cramer-von Mises	0,071297	0,2500
DF-000s	Anderson-Darling	0,447294	0,2500
DF-009	Shapiro-Wilk	0,974090	0,4800
DF-009	Kolmogorov-Smirnov	0,110821	0,1500
DF-009	Cramer-von Mises	0,054642	0,2500
DF-009	Anderson-Darling	0,371136	0,2500
DF-095	Shapiro-Wilk	0,976644	0,0030
DF-095	Kolmogorov-Smirnov	0,057284	0,1324
DF-095	Cramer-von Mises	0,124681	0,0522
DF-095	Anderson-Darling	0,863980	0,0261

**Tabela D.0.2** - Testes de normalidade: Semana 3 com a base de dados da Semana 2

local	Teste de Normalidade	Teste estatístico	p-valor
DF-002N	Shapiro-Wilk	0,940191	0,1997
DF-002N	Kolmogorov-Smirnov	0,149900	0,1500
DF-002N	Cramer-von Mises	0,066475	0,2500
DF-002N	Anderson-Darling	0,452754	0,2497
DF-002s	Shapiro-Wilk	0,937947	0,0980
DF-002s	Kolmogorov-Smirnov	0,121361	0,1500
DF-002s	Cramer-von Mises	0,089813	0,1484
DF-002s	Anderson-Darling	0,593929	0,1139
DF-009	Shapiro-Wilk	0,952452	0,0399
DF-009	Kolmogorov-Smirnov	0,096073	0,1500
DF-009	Cramer-von Mises	0,089611	0,1530
DF-009	Anderson-Darling	0,606656	0,1106
DF-095	Shapiro-Wilk	0,976674	0,1132
DF-095	Kolmogorov-Smirnov	0,093884	0,544
DF-095	Cramer-von Mises	0,108377	0,0887
DF-095	Anderson-Darling	0,661781	0,0849

**Tabela D.0.3** - Testes de normalidade: Semana 4 com a base de dados da Semana 2

Local	Teste de Normalidade	Teste estatístico	p-valor
DF-002N	Shapiro-Wilk	0,983242	0,9409
DF-002N	Kolmogorov-Smirnov	0,113253	0,1500
DF-002N	Cramer-von Mises	0,043475	0,2500
DF-002N	Anderson-Darling	0,239435	0,2500
DF-002s	Shapiro-Wilk	0,978060	0,9539
DF-002s	Kolmogorov-Smirnov	0,161572	0,1500
DF-002s	Cramer-von Mises	0,031213	0,2500
DF-002s	Anderson-Darling	0,203875	0,2500
DF-009	Shapiro-Wilk	0,974703	0,4841
DF-009	Kolmogorov-Smirnov	0,090954	0,1500
DF-009	Cramer-von Mises	0,046779	0,2500
DF-009	Anderson-Darling	0,308510	0,2500
DF-095	Shapiro-Wilk	0,957329	0,0167
DF-095	Kolmogorov-Smirnov	0,092407	0,1363
DF-095	Cramer-von Mises	0,147290	0,0248
DF-095	Anderson-Darling	0,974008	0,0147

**Tabela D.0.4** - Testes de normalidade: Semana 4 com a base de dados da Semana 1

Local	Teste de Normalidade	Teste estatístico	p-valor
DF-002N	Shapiro-Wilk	0,940191	0,1997
DF-002N	Kolmogorov-Smirnov	0,149900	0,1500
DF-002N	Cramer-von Mises	0,066475	0,2500
DF-002N	Anderson-Darling	0,452754	0,2497
DF-002s	Shapiro-Wilk	0,937947	0,0980
DF-002s	Kolmogorov-Smirnov	0,121361	0,1500
DF-002s	Cramer-von Mises	0,089813	0,1484
DF-002s	Anderson-Darling	0,593929	0,1139
DF-009	Shapiro-Wilk	0,952452	0,0399
DF-009	Kolmogorov-Smirnov	0,096073	0,1500
DF-009	Cramer-von Mises	0,089611	0,1530
DF-009	Anderson-Darling	0,606656	0,1106
DF-095	Shapiro-Wilk	0,976674	0,1132
DF-095	Kolmogorov-Smirnov	0,093884	0,0544
DF-095	Cramer-von Mises	0,108377	0,0887
DF-095	Anderson-Darling	0,661781	0,0849

**Tabela D.0.5** - Testes de normalidade: Semana 5 com a Semana 3 com a base de dados da Semana 1

Local	carta	Teste de Normalidade	Teste estatístico	p-valor
DF-002N	1	Shapiro-Wilk	0,979674	0,5517
DF-002N	1	Kolmogorov-Smirnov	0,084547	0,1500
DF-002N	1	Cramer-von Mises	0,069112	0,2500
DF-002N	1	Anderson-Darling	0,429617	0,2500
DF-009	1	Shapiro-Wilk	1,000000	1,0000
DF-009	1	Kolmogorov-Smirnov	0,26025	0,1500
DF-009	1	Cramer-von Mises	0,041877	0,2500
DF-009	1	Anderson-Darling	0,250482	0,2332
DF-095	1	Shapiro-Wilk	0,885438	0,1506
DF-095	1	Kolmogorov-Smirnov	0,269558	0,0387
DF-095	1	Cramer-von Mises	0,121839	0,0478
DF-095	1	Anderson-Darling	0,665301	0,0590

**Tabela D.0.6** - Testes de normalidade: Semana 6 com a Semana 3 com a base de dados da Semana 1

Local	carta	Teste de Normalidade	Testes estatístico	p-valor
DF-002N	1	Shapiro-Wilk	0,947731	0,1050
DF-002N	1	Kolmogorov-Smirnov	0,148086	0,0575
DF-002N	1	Cramer-von Mises	0,154840	0,0204
DF-002N	1	Anderson-Darling	0,815270	0,0329
DF-009	1	Shapiro-Wilk	0,908621	0,4135
DF-009	1	Kolmogorov-Smirnov	0,303142	0,1500
DF-009	1	Cramer-von Mises	0,050412	0,2500
DF-009	1	Anderson-Darling	0,293718	0,2500
DF-095	1	Shapiro-Wilk	0,929744	0,2415
DF-095	1	Kolmogorov-Smirnov	0,174624	0,1500
DF-095	1	Cramer-von Mises	0,060874	0,2500
DF-095	1	Anderson-Darling	0,398140	0,2500

**Tabela D.0.7** - Testes de normalidade: Semana 5 com a Semana 3 com a base de dados da Semana 2

Local	carta	Teste de Normalidade	Teste Estatístico	p-valor
DF-002N	1	Shapiro-Wilk	0,891054	0,0696
DF-002N	1	Kolmogorov-Smirnov	0,228014	0,0351
DF-002N	1	Cramer-von Mises	0,132204	0,0379
DF-002N	1	Anderson-Darling	0,714708	0,0488
DF-009	1	Shapiro-Wilk	0,905657	0,2866
DF-009	1	Kolmogorov-Smirnov	0,235398	0,1500
DF-009	1	Cramer-von Mises	0,067313	0,2500
DF-009	1	Anderson-Darling	0,397399	0,2500
DF-095	1	Shapiro-Wilk	0,940098	0,6120
DF-095	1	Kolmogorov-Smirnov	0,217751	0,1500
DF-095	1	Cramer-von Mises	0,056155	0,2500
DF-095	1	Anderson-Darling	0,315317	0,2500

**Tabela D.0.8** - Testes de normalidade: Semana 6 com a Semana 3 com a base de dados da Semana 2

Local	carta	Teste de Normalidade	Teste estatístico	p-valor
DF-002N	1	Shapiro-Wilk	0,893262	0,3356
DF-002N	1	Kolmogorov-Smirnov	0,266504	0,1500
DF-002N	1	Cramer-von Mises	0,061859	0,2500
DF-002N	1	Anderson-Darling	0,373184	0,2500
DF-009	1	Shapiro-Wilk	0,963810	0,8455
DF-009	1	Kolmogorov-Smirnov	0,139294	0,1500
DF-009	1	Cramer-von Mises	0,023731	0,2500
DF-009	1	Anderson-Darling	0,172140	0,2500
DF-095	1	Shapiro-Wilk	0,912488	0,4827
DF-095	1	Kolmogorov-Smirnov	0,270230	0,1500
DF-095	1	Cramer-von Mises	0,056550	0,2500
DF-095	1	Anderson-Darling	0,316642	0,2500

**Tabela D.0.9** - Testes de normalidade: Semana 5 com a Semana 4 com a base de dados da Semana 2

local	carta	Teste de Normalidade	Teste estatístico	p-valor
DF-002N	1	Shapiro-Wilk	0,957147	0,0774
DF-002N	1	Kolmogorov-Smirnov	0,143538	0,0146
DF-002N	1	Cramer-von Mises	0,162365	0,0170
DF-002N	1	Anderson-Darling	0,864225	0,0245
DF-009	1	Shapiro-Wilk	0,856609	0,2583
DF-009	1	Kolmogorov-Smirnov	0,335702	0,1500
DF-009	1	Cramer-von Mises	0,063332	0,2500
DF-009	1	Anderson-Darling	0,355356	0,1807
DF-095	1	Shapiro-Wilk	0,959729	0,7772
DF-095	1	Kolmogorov-Smirnov	0,195823	0,1500
DF-095	1	Cramer-von Mises	0,031932	0,2500
DF-095	1	Anderson-Darling	0,213130	0,2500

**Tabela D.0.10** - Testes de normalidades: Semana 5 com a Semana 4 com a base de dados da Semana 1

local	carta	Goodness-of-Fit Test	Value of	p-value
DF-002N	1	Shapiro-Wilk	0,957147	0,0774
DF-002N	1	Kolmogorov-Smirnov	0,143538	0,0146
DF-002N	1	Cramer-von Mises	0,162365	0,0170
DF-002N	1	Anderson-Darling	0,864225	0,0245
DF-009	1	Shapiro-Wilk	1,000000	1,0000
DF-009	1	Kolmogorov-Smirnov	0,260250	0,1500
DF-009	1	Cramer-von Mises	0,041877	0,2500
DF-009	1	Anderson-Darling	0,250482	0,2332
DF-095	1	Shapiro-Wilk	0,694936	0,0004
DF-095	1	Kolmogorov-Smirnov	0,301829	0,0100
DF-095	1	Cramer-von Mises	0,246942	0,0050
DF-095	1	Anderson-Darling	1,371702	0,0050

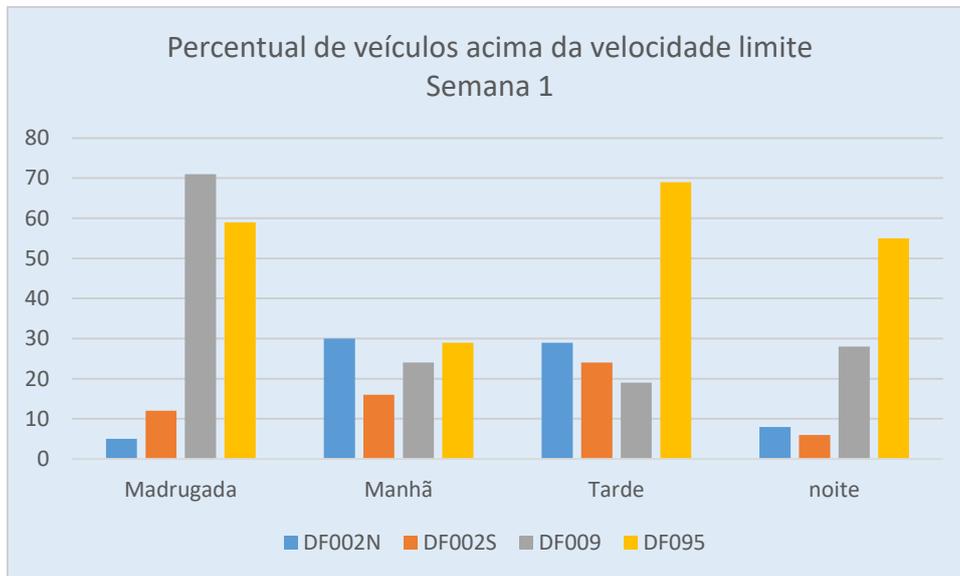
**Tabela D.0.11** - Testes de normalidade: Semana 6 com a Semana 4 com a base de dados da Semana 2

Local	carta	Teste de Normalidade	Teste estatístico	p-valor
DF-002N	1	Shapiro-Wilk	0,940873	0,6721
DF-002N	1	Kolmogorov-Smirnov	0,214504	0,1500
DF-002N	1	Cramer-von Mises	0,036139	0,2500
DF-002N	1	Anderson-Darling	0,235672	0,2500
DF-009	1	Shapiro-Wilk	0,913280	0,5000
DF-009	1	Kolmogorov-Smirnov	0,246985	0,1500
DF-009	1	Cramer-von Mises	0,045406	0,2500
DF-009	1	Anderson-Darling	0,274601	0,2500
DF-095	1	Shapiro-Wilk	.	.
DF-095	1	Kolmogorov-Smirnov	.	.
DF-095	1	Cramer-von Mises	.	.
DF-095	1	Anderson-Darling	.	.

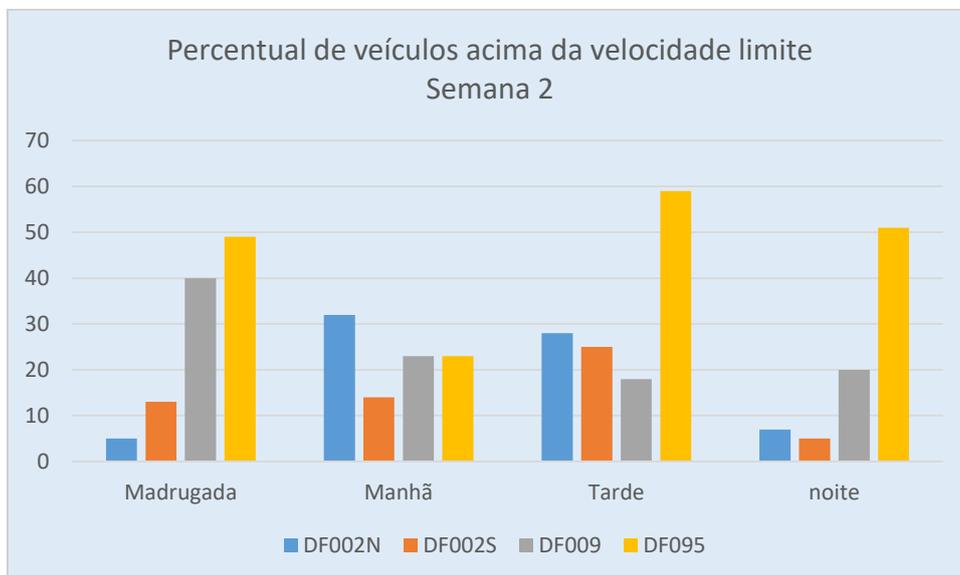
**Tabela D.0.12** - Testes de normalidade: Semana 6 com a Semana 4 com a base de dados da Semana 1

Local	carta	Teste de Normalidade	Teste estatístico	p-valor
DF-002N	1	Shapiro-Wilk	0,893102	0,0005
DF-002N	1	Kolmogorov-Smirnov	0,180523	0,0100
DF-002N	1	Cramer-von Mises	0,344998	0,0050
DF-002N	1	Anderson-Darling	1,901036	0,0050
DF-009	1	Shapiro-Wilk	0,913280	0,5000
DF-009	1	Kolmogorov-Smirnov	0,246985	0,1500
DF-009	1	Cramer-von Mises	0,045406	0,2500
DF-009	1	Anderson-Darling	0,274601	0,2500
DF-095	1	Shapiro-Wilk	0,988992	0,9934
DF-095	1	Kolmogorov-Smirnov	0,123538	0,1500
DF-095	1	Cramer-von Mises	0,016595	0,2500
DF-095	1	Anderson-Darling	0,122180	0,2500

## APÊNDICE E – GRÁFICOS DAS SEMANAS PRÉ EDUCATIVAS



**Figura E.1** - Percentuais de veículos que trafegaram com a velocidade média acima da velocidade limite - Semana 1



**Figura E.2** - Percentuais de veículos que trafegaram com a velocidade média acima da velocidade limite - Semana 2

## **ANEXO A – PARECER DA AGU SOBRE VELOCIDADE MÉDIA**

ADVOCACIA-GERAL DA UNIÃO  
CONSULTORIA-GERAL DA UNIÃO  
CONSULTORIA JURÍDICA JUNTO AO MINISTÉRIO DAS CIDADES  
COORDENAÇÃO DE ASSUNTOS FINALÍSTICOS  
MINISTÉRIO DAS CIDADES - SETOR DE AUTARQUIAS SUL  
**PARECER n. 00679/2017/CONJUR-MCID/CGU/AGU**

NUP: 80000.028275/2017-01

INTERESSADOS: COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DE SÃO PAULO  
(CET/SP)

ASSUNTOS: ATIVIDADE FIM

EMENTA: DENATRAN. CONSULTA. VELOCIDADE MÉDIA. INFRAÇÃO. AUSÊNCIA DE PREVISÃO LEGAL. FISCALIZAÇÃO. POSSIBILIDADE. MEDIDA EDUCATIVA. ÓRGÃO INTEGRANTE DO SISTEMA NACIONAL DE TRÂNSITO

Trata-se de consulta formulada pelo DENATRAN a esta Consultoria Jurídica, em virtude da notícia de que a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET/SP), a partir de novembro, começaria a fiscalizar a velocidade média dos veículos que trafegam pelas Avenidas 23 de maio, Bandeirantes e na pista expressa da Marginal Tietê, sentido Rodovia Ayrton Senna, em São Paulo.

Conforme NOTA TÉCNICA Nº 847/2017/CGIJF/DENATRAN/SE-MCIDADES, o DENATRAN teria obtido as referidas informações quando da divulgação da reportagem veiculada no site globo.com, onde teria-se afirmado que a fiscalização por velocidade média não gerará multa e tem por objetivo apenas sensibilizar o condutor para que obedeça ao limite de velocidade ao longo de toda a via e não somente nos pontos onde estejam presentes os medidores de velocidade.

Destacou-se, ainda, na citada reportagem, que o secretário municipal dos transportes de São Paulo, Sérgio Avelleda, afirma que existe grande anseio dos órgãos de trânsito para que seja permitida a fiscalização por velocidade média, salientando que o instrumento hábil para viabilizar tal medida seria a edição de uma Resolução do CONTRAN.

É o Relatório.

O Código de Trânsito Brasileiro, Lei nº 9.503 elenca as infrações de trânsito em seus arts. 161 e seguintes. As infrações por desobediência às velocidades máxima e mínima foram disciplinadas nos artigos 218 e 219, a seguir transcritos:

"Art. 218. Transitar em velocidade superior à máxima permitida para o local, medida por instrumento ou equipamento hábil, em rodovias, vias de trânsito rápido, vias arteriais e demais vias:

I - quando a velocidade for superior à máxima em até 20% (vinte por cento):

Infração - média;

Penalidade - multa;

II - quando a velocidade for superior à máxima em mais de 20% (vinte por cento) até 50% (cinquenta por cento):

Infração - grave;

Penalidade - multa;

III - quando a velocidade for superior à máxima em mais de 50% (cinquenta por cento):

Infração - gravíssima;

Penalidade - multa [3 (três) vezes], suspensão imediata do direito de dirigir e apreensão do documento de habilitação.

Art. 219. Transitar com o veículo em velocidade inferior à metade da velocidade máxima estabelecida para a via, retardando ou obstruindo o trânsito, a menos que as condições de tráfego e meteorológicas não o permitam, salvo se estiver na faixa da direita:

Infração - média;

Penalidade - multa."

Da análise dos artigos acima, bem como das demais infrações de trânsito estabelecidas pela legislação de regência, infere-se que, de fato, conforme concluiu a CGIJF/DENATRAN, não há a

tipificação de infração de trânsito aos condutores que transitarem em velocidade média superior à permitida, de um ponto a outro da via.

Nesse contexto, cumpre esclarecer, em virtude do princípio da legalidade, insculpido no art. 5º, II, da CF, que o instrumento hábil a reconhecer determinada conduta como infração de trânsito é a lei.

Ou seja, apenas mostrar-se-á viável a imposição de qualquer tipo de penalidade pela velocidade média que o condutor utilizou para percorrer a distância de um ponto a outro de determinada via se o Código de Trânsito Brasileiro for alterado, com a previsão expressa da aludida infração, de modo que qualquer iniciativa do CONTRAN neste sentido importaria em flagrante exorbitação aos seus poderes e violação direta ao princípio da legalidade.

No que concerne à fiscalização por velocidade média, entende-se que, se tal procedimento for adotado como instrumento de educação no trânsito e efetivado pelo órgão competente, não haverá qualquer óbice à sua realização. Explique-se. O art. 5º, do CTB estabelece que o Sistema Nacional de Trânsito tem como finalidade o exercício de várias atividades, dentre as quais se destaca a educação no trânsito, *in verbis*:

Art. 5º O Sistema Nacional de Trânsito é o conjunto de órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios que tem por finalidade o exercício das atividades de planejamento, administração, normatização, pesquisa, registro e licenciamento de veículos, formação, habilitação e reciclagem de condutores, educação, engenharia, operação do sistema viário, policiamento, fiscalização, julgamento de infrações e de recursos e aplicação de penalidades.

Por sua vez, o art. 7º do CTB elenca como órgãos e entidades componentes do Sistema Nacional de Trânsito:

Art. 7º Compõem o Sistema Nacional de Trânsito os seguintes órgãos e entidades:  
I - o Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, coordenador do Sistema e órgão máximo normativo e consultivo;  
II - os Conselhos Estaduais de Trânsito - CETRAN e o Conselho de Trânsito do Distrito Federal - CONTRANDIFE, órgãos normativos, consultivos e coordenadores;  
III - os órgãos e entidades executivos de trânsito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios;  
IV - os órgãos e entidades executivos rodoviários da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios;  
V - a Polícia Rodoviária Federal;  
VI - as Polícias Militares dos Estados e do Distrito Federal; e  
VII - as Juntas Administrativas de Recursos de Infrações - JARI.

Nessa linha de raciocínio, entende-se que qualquer órgão que venha a compor o Sistema Nacional de Trânsito, na forma do art. 7º do CTB acima transcrito, poderá promover a fiscalização da velocidade média dos condutores de um ponto a outro de determinada via, desde que tal fiscalização tenha como objetivo promover a educação no trânsito.

Com base nas considerações acima, sugere-se que os autos sejam devolvidos à CGIJF/DENATRAN, em resposta à consulta formulada através da NOTA TÉCNICA Nº 847/2017/CGIJF/DENATRAN/SE-MCIDADES, para que sejam adotadas as providências que se entendam cabíveis.

À consideração superior.

Brasília, 23 de novembro de 2017.

RENATA MARIA PERQUITO PONTES CUNHA  
PROCURADORA FEDERAL  
Consultora Jurídica Substituta

## ANEXO B – INFORMATIVO SOBRE INÍCIO DA AÇÃO EDUCATIVA POR MEIO DA VELOCIDADE MÉDIA

10/5/19 17:41

ATUALIZADO EM 11/5/19 ÀS 20:19

### DER/DF inicia ação educativa por meio de velocidade média da via

A ação será monitorada por um período de 60 dias apenas em caráter informativo e educativo.

\*AGÊNCIA BRASÍLIA



O excesso de velocidade ou a velocidade inadequada é um dos principais causadores de acidentes, sobretudo nos países em desenvolvimento. A utilização dos radares fixos e móveis (pardais, lombadas eletrônicas e radares portáteis) nos últimos anos teve como consequência a diminuição dos acidentes de trânsito. Todavia, alguns motoristas insistem em frear antes e acelerar depois dos instrumentos de fiscalização eletrônica provocando uma migração dos acidentes.

A fiscalização por meio da velocidade média é uma forma eficiente de evitar o fenômeno de frear antes e acelerar depois de radares fixos. A leitura e identificação da placa veicular em dois pontos sucessivos com a informação do horário em que os veículos cruzam estes pontos permite o cálculo da velocidade média desenvolvida ao longo do segmento.

No Brasil, a aplicação de penalidade por meio de velocidade média ainda não é regulamentada. No entanto, a Advocacia Geral da União (AGU) emitiu o parecer nº 00679/2017/CONJUR-MCID/CGU/AGU, no qual concluiu que qualquer órgão que venha a compor o Sistema Nacional de Trânsito poderá promover a fiscalização da velocidade média dos condutores de um ponto a outro de determinada via, desde que tal fiscalização tenha como objetivo promover a educação no trânsito.

Com esse parecer, no final de 2017 a cidade de São Paulo, por meio da Companhia de Engenharia de Tráfego começou a notificar os proprietários de veículo cuja velocidade média fosse superior à velocidade limite da via, sendo a primeira experiência realizada no Brasil.

O Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal – DER/DF – conta com um sistema de monitoramento de veículos que permite calcular a velocidade média de veículos em determinados segmentos. A tecnologia OCR – do inglês *optical character recognition* – ou reconhecimento óptico de caracteres já está inserida em diversas rodovias do Sistema Rodoviário do Distrito Federal.

Dentro das ações do Maio Amarelo, o DER/DF iniciará duas ações educativas para a redução da velocidade média em quatro trechos experimentais. A primeira ação consiste em avisar aos usuários dos respectivos trechos que a via está sendo monitorada por meio de velocidade média. Esta ação terá a duração de 10 dias. Após este período, condutores que forem flagrados com velocidade média superior à velocidade de tolerância receberão uma carta de notificação sobre o excesso de velocidade detectado. A notificação não gera multa e nem pontos na carteira, mas adverte ao motorista sobre o perigo de transitar com velocidade excessiva.

As ações educativas serão monitoradas durante um período de até dois meses. Ao final do período o DER/DF emitirá relatórios que serão importantes para avaliação de políticas públicas de segurança viária. Abaixo os segmentos que serão avaliados inicialmente:

Rodovia	Trecho	Sentido	Nº veículos/dia
DF-002 (EIXÃO)	Km 2,4 a km 5,8	Ponte do Braguetto	39.000
DF-009 (EPPN)	Km 5,2 a km 1,8	Ponte Braguetto	9.000
DF-095 (EPCL)	Km 0,8 a km 6,8	Taguatinga	36.000
DF-095 (EPCL)	Km 7,5 a km 0,6	EPIA	33.000

\*Com informações do DER/DF