

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE  
TRANSPORTES**

**ESTUDO DOS IMPACTOS DA ONDULAÇÃO  
TRANSVERSAL NAS VELOCIDADES VEICULARES EM  
TRECHOS VIÁRIOS URBANOS**

**Elton Tavares Maciel**

**Fortaleza  
2010**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE  
TRANSPORTES

**ESTUDO DOS IMPACTOS DA ONDULAÇÃO  
TRANSVERSAL NAS VELOCIDADES VEICULARES EM  
TRECHOS VIÁRIOS URBANOS**

**Elton Tavares Maciel**

**Dissertação submetida ao Programa  
de Mestrado em Engenharia de  
Transportes da Universidade  
Federal do Ceará, como parte dos  
requisitos para a obtenção do título  
de Mestre em Ciências (M. Sc.) em  
Engenharia de Transportes.**

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Maria Elisabeth Pinheiro Moreira

Fortaleza

2010

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

M138e Maciel, Elton Tavares

Estudo dos impactos da ondulação transversal nas velocidades veiculares em trechos viários urbanos / Elton Tavares Maciel. -- Fortaleza, 2010.

112 f. ; il. color. enc.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Elisabeth Pinheiro Moreira

Área de concentração: Planejamento de Transportes

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Depto. de Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2010.

1. Ondulação transversal. 2. Circulação de pedestres. 3. Segurança viária. I. Moreira, Maria Elisabeth Pinheiro (Orient.). II. Universidade Federal do Ceará – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes. III. Título.

CDD 388

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

Maciel, E. T. (2010). Estudo dos impactos da ondulação transversal nas velocidades veiculares em trechos viários urbanos. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 112fl.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Elton Tavares Maciel

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Estudo dos impactos da ondulação transversal nas velocidades veiculares em trechos viários urbanos.

GRAU/ANO: Mestre/2010

É concedida à Universidade Federal do Ceará 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 desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Elton Tavares Maciel

R. Maria Quintela, N° 139 – Bairro Bonsucesso

60.520-790 – Fortaleza, CE – Brasil

e-mail: elton@det.ufc.br

ESTUDO DOS IMPACTOS DA ONDULAÇÃO  
TRANSVERSAL NAS VELOCIDADES VEICULARES EM  
TRECHOS VIÁRIOS URBANOS

Elton Tavares Maciel

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Aprovada por:

---

Prof(a). Maria Elisabeth Pinheiro Moreira, D. Sc.  
(Orientadora)

---

Prof. Flávio José Craveiro Cunto, Ph.D.  
(Examinador Interno)

---

Prof. Marcos Fábio Porto de Aguiar, D. SC.  
(Examinador Externo)

FORTALEZA, CE – BRASIL  
Agosto de 2010

*De repente o que era triste se alegrou.  
O que era choro já gargalhava.  
O que um dia foi sonho se realizou.  
Quem estava longe se aproximava*

*De repente o vazio ficou cheio.  
O ausente ficou bem perto.  
Quem estava fora ficou no meio,  
E o que era errado ficou certo.*

*De repente eu já não era mais dois.  
Nascia o fruto, o verso... O poema.  
Seríamos três e mais depois,  
Estrelando na tela do meu cinema.*

*Vi nos teus passos o meu caminho  
Dei-te meu sono pra te ver sonhar.  
Vi nos teus olhos o meu destino.  
Vivi teu sonho pra me realizar.*

*Agradeço a Deus todos os dias,  
Pelo dom da tua existência.  
Que te dê paz, amor, sabedoria,  
Fé, esperança e experiência.*

*José Augusto Fernandes Maciel*

# DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, José Augusto e Ana Maria,  
que me ensinaram a vencer na vida com dignidade, honestidade e trabalho  
e à minha irmã, Alanna,  
à minha namorada, Benedita.*

*DEDICO.*

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente, gostaria de agradecer de forma especial a Deus que me proporcionou a paz de espírito necessária para a realização deste trabalho. Ao nosso Senhor, eu ofereço esta obra para a glória do seu nome e nosso bem comum.

Aos meus amados pais Augusto e Ana, e minha irmã Alanna, que sempre me apoiaram e fortaleceram durante a minha trajetória de vida, com reconhecimento e apoio nos momentos difíceis. Muito obrigado por me acompanharem em mais uma jornada.

A minha orientadora, Professora Maria Elisabeth Pinheiro Moreira, pela orientação, motivação e cobrança, e por todos os ensinamentos além da paciência e dedicação.

A minha querida tia, Célia Tavares, me cedendo sua câmera de vídeo em alta resolução que facilitou o levantamento dos dados de forma correta e precisa para este estudo.

A Sra. Ivone Aleixo pela especial atenção dispensada ao corpo de mestrandos do PETRAN, meus sinceros agradecimentos.

Agradeço a turma de mestrado, Breno, Dmontier, Filipe, Makey, Fátima e Manoel. Por sua vez, Fabiana Marques, Nauri Cazuzza e Bruno Magalhães, merecem um agradecimento singular pelo apoio e companhia, fundamentais para conclusão desta jornada, principalmente nos encontros denominado Amigos do Café.

Aos membros da banca de avaliação, os professores Flávio Cunto e Marcos Porto, pela aceitação na participação na mesma e por terem acreditado no meu trabalho.

Pelo apoio financeiro que recebi do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), importante para a efetivação deste trabalho de dissertação.

De forma muito especial, agradeço a minha namorada Benedita pela cumplicidade, pela paciência e compreensão, dando apoio nos momentos mais difíceis.

E por fim agradeço a todas as pessoas que diretas e indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Resumo da Dissertação submetida ao PETRAN/UFC como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M. Sc.) em Engenharia de Transportes.

## ESTUDO DOS IMPACTOS DA ONDULAÇÃO TRANSVERSAL NAS VELOCIDADES VEICULARES EM TRECHOS VIÁRIOS URBANOS

Elton Tavares Maciel

Agosto /2010

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Maria Elisabeth Pinheiro Moreira

Nas últimas décadas, as principais cidades brasileiras têm sofrido problemas com o nível de mobilidade urbana, resultado do uso indiscriminado dos automóveis, por altas frequências de viagens diárias, e espaços viários deficitários. Assim, a demanda por viagens entra em conflito, ocasionando um desequilíbrio traduzido em diversos problemas como poluição atmosférica, acidentes de trânsito e altos índices de congestionamentos. Os motoristas buscam minimizar o tempo de viagem, evitando as vias principais com altos índices de congestionamento, passando a utilizar as vias coletoras ou locais para chegarem aos seus destinos. Com altas velocidades em áreas residenciais, os órgãos gestores, para garantir a segurança dos usuários, implantam dispositivos redutores de velocidade, de forma a melhorar as condições de circulação nas áreas urbanas. O Código de Trânsito Brasileiro - CTB (BRASIL, 1997) regulamentou a utilização da ondulação transversal para somente em casos especiais, exigindo estudos que justifiquem sua implantação, para evitar os conflitos entre os usuários da via. Assim, esta dissertação objetiva estudar os efeitos da ondulação transversal na velocidade de operação em vias urbanas, identificando também outros fatores que influenciam nos comportamentos dos condutores em trechos que antecedem e sucedem tais ondulações. Com o estudo dos impactos, foi proposto um método para determinação do posicionamento mais adequado da ondulação transversal na via, a montante do local de travessia de pedestres.



Abstract of Thesis submitted to PETRAN/UFC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.) in Transportation Engineering

STUDY OF THE IMPACTS OF SPEED HUMPS ON TRAFFIC SPEEDS IN  
URBAN ROADS

Elton Tavares Maciel

August /2010

Advisor: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Maria Elisabeth Pinheiro Moreira

In the last decades, the main cities in Brazil have been suffered from the level of urban mobility as a result of the indiscriminating use of automobiles due to the high frequency of daily trips and to the deficient highway spaces. Thus, the demand for trips started a conflict, resulting in an instability presented in several problems such as atmospheric pollution, car accidents and high levels of congestion. Drivers try to minimize the travel time avoiding the principal ways with high levels of congestion, starting to utilize the collectors or local roads to get to their destinations. With such high speed in residential areas, the agencies, in order to guarantee the safety of the users, implanted speed reducers as a way to improve the conditions of circulation in urban areas. The Brazilian Traffic Code – CTB regulated the utilization of the speed hump only for special cases, requiring studies that justify its implantation in order to avoid the conflicts between the way users. Therefore, this objective dissertation aims at studying the effects of speed hump in the traffic operations in urban ways, also identifying other factors which influence the drivers' behavior in segments which precede and succeed such speed hump. From the study of the impacts, a method to determine the most appropriate positioning of the speed hump in the roadway was proposed upstream of the pedestrian crossing site.

## SUMÁRIO

<b>LISTAS DE FIGURAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTAS DE TABELAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	1
1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA .....	4
1.3 OBJETIVO DA PESQUISA .....	6
1.3.1 Objetivo Geral.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos .....	6
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	7
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>8</b>
<b>CONTROLE DE VELOCIDADE EM ÁREAS URBANAS.....</b>	<b>8</b>
2.1. INTRODUÇÃO .....	8
2.2. CONCEITOS GERAIS.....	9
2.2.1. Velocidade Veicular .....	9
2.2.2. Fatores que Influenciam a Velocidade Veicular.....	11
2.2.3. Circulação de Pedestres em Áreas Urbanas.....	13
2.2.4. Velocidade Veicular X Acidentes de Trânsito .....	15
2.3. REGULAMENTAÇÃO PARA O CONTROLE DE VELOCIDADE.....	16
2.4. EQUIPAMENTOS DE COLETAS DE VELOCIDADES VEICULARES.....	20
2.5. DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE VELOCIDADE.....	24
2.5.1. Dispositivos Físicos .....	25
2.5.2. Dispositivos Eletrônicos .....	29
2.6. MODERAÇÃO DO TRÁFEGO .....	31
2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	33
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>35</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>35</b>
3.1. INTRODUÇÃO .....	35
3.2. SISTEMATIZAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA .....	35
3.3. CRITÉRIOS ADOTADOS NA SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	36

3.4. PESQUISA DE CAMPO.....	37
3.4.1. Primeira Etapa - Coleta de Dados de Velocidade.....	37
3.4.2. Segunda Etapa - Coleta de Dados Gerais na Área de Entorno das Ondulações Transversais .....	42
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISE.....	43
3.5.1. Estruturação dos Dados .....	43
3.5.2. Etapas Metodológicas de Análise de Variação da Velocidade Veicular	44
3.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>46</b>
<b>ESTUDO DAS VARIAÇÕES DAS VELOCIDADES VEICULARES EM TRECHOS VIÁRIOS URBANOS COM ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS .....</b>	<b>46</b>
4.1. INTRODUÇÃO .....	46
4.2. SELEÇÃO DA ÀREA DE ESTUDO.....	46
4.3. IDENTIFICAÇÃO DAS VARIAÇÕES DAS VELOCIDADES VEICULARES NOS TRECHOS PESQUISADOS .....	47
4.3.1. Rua Cônego de Castro (OT1) .....	48
4.3.2. Rua Moreira de Sousa (OT2).....	51
4.3.3. Rua Irmã Bazet (OT3) .....	55
4.3.4. Rua Dom Lino (OT4) .....	58
4.3.5. Rua Alfredo Mamede (OT5).....	62
4.3.6. Rua João Firmino (OT6).....	65
4.4. IDENTIFICAÇÃO DOS POSSÍVEIS FATORES EXTERNOS NAS VARIAÇÕES DAS VELOCIDADES VEICULARES.....	69
4.4.1. Análise Comparativa–Trechos Viários Pesquisados por Seção .....	70
4.4.2. Análise Comparativa–Trechos Viários Pesquisados por Função viária .....	77
4.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	78
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>80</b>
<b>AVALIAÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE AS ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS ATÉ O PONTO DE TRAVESSIA DE PEDESTRE.....</b>	<b>80</b>
5.1. INTRODUÇÃO .....	80
5.2. PEDESTRES IDENTIFICADOS NOS LOCAIS ANALISADOS .....	80
5.3. PERFIS DE VELOCIDADES MÉDIAS IDENTIFICADOS NO ESTUDO DE CASO.....	81
5.3.1. Perfil de Velocidade Veicular em Via Coletora .....	81

5.3.2. Perfil de Velocidade Veicular em Via Local .....	82
5.4. PROCEDIMENTO PARA VERIFICAR A DISTÂNCIA ADEQUADA PARA TRAVESSIA DE PEDESTRES .....	82
5.5. CENÁRIOS PROPOSTOS .....	86
5.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	87
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>89</b>
<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>89</b>
6.1. CONCLUSÕES .....	89
6.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	92
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>97</b>
<b>FORMULÁRIO DE LEVANTAMENTOS DAS ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS IMPLANTADAS EM VIAS URBANAS DE FORTALEZA ....</b>	<b>97</b>

## LISTAS DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Evolução da frota de veículos e da taxa de motorização de Fortaleza (DETRAN, 2009).....	1
<b>Figura 2.1:</b> Distribuição de velocidades.....	11
<b>Figura 2.2:</b> Dimensões de sonorizadores (CONTRAN, 1998) .....	19
<b>Figura 2.3:</b> Equipamento do tipo speed gun (BJARNASON, 2004) .....	21
<b>Figura 2.4:</b> Dispositivo com espelho para medição de velocidade (DNIT, 2006) .....	23
<b>Figura 2.5:</b> Exemplo de linhas de estímulo a redução de velocidade (CONTRAN, 2004).....	27
<b>Figura 2.6:</b> Exemplo de aplicação de cones flexíveis para reduzir velocidades em áreas escolares (CENI, 2004). .....	26
<b>Figura 2.7:</b> Exemplo de aplicação de guias sonoras para redução de velocidade (TEDESCO, 2004) .....	27
<b>Figura 2.8:</b> Modelo de ondulação transversal em Fortaleza-CE.....	28
<b>Figura 2.9:</b> Dispositivos aplicados ao controle de velocidade (ESTEVES, 2002). .....	32
<b>Figura 3.1:</b> Estrutura esquemática da metodologia proposta.....	36
<b>Figura 3.2:</b> Exemplo de trecho com a utilização do método de filmagem para obtenção da velocidade veicular.....	39
<b>Figura 3.3:</b> Adaptação da filmadora para coleta de dados para visualizar as seções.....	40
<b>Figura 3.4.:</b> Perfil de velocidade com espaçamento de dez metros na Rua Moreira de Sousa.....	41
<b>Figura 3.5:</b> Perfil de velocidade com espaçamento de quinze metros.....	41
<b>Figura 4.1:</b> Gráfico do perfil de velocidade média da Rua Cônego de Castro.....	49
<b>Figura 4.2:</b> Gráfico dos perfis de aceleração/desaceleração da Rua Cônego de Castro.....	49
<b>Figura 4.3:</b> Gráfico dos perfis das velocidades na Rua Moreira de Sousa.....	52

<b>Figura 4.4:</b> Gráfico dos perfis de aceleração e desaceleração para a Rua Moreira de Sousa.....	53
<b>Figura 4.5:</b> Gráfico dos perfis das velocidades na Rua Irmã Bazet.....	56
<b>Figura 4.6:</b> Gráfico dos perfis de aceleração e desaceleração para a Rua Irmã Bazet....	56
<b>Figura 4.7:</b> Gráfico do perfil de velocidade média da Rua Dom Lino.....	59
<b>Figura 4.8:</b> Gráfico dos perfis de aceleração/desaceleração da Rua Dom Lino.....	60
<b>Figura 4.9:</b> Gráfico dos perfis das velocidades na Rua Alfredo Mamede.....	63
<b>Figura 4.10:</b> Gráfico dos perfis de aceleração na Rua Alfredo Mamede.....	63
<b>Figura 4.11:</b> Gráfico dos perfis das velocidades na Rua João Firmino.....	66
<b>Figura 4.12:</b> Gráfico dos perfis de aceleração e da desaceleração para a Rua João Firmino.....	67
<b>Figura 5.1:</b> Perfil de velocidade veicular em via coletora.....	79
<b>Figura 5.2:</b> Perfil de velocidade veicular em via local.....	80
<b>Figura 5.3:</b> Esquema representativo das seções utilizadas para cálculo do tempo de percurso dos veículos.....	82
<b>Figura 5.4:</b> Esquema representativo das seções dos tempos médios considerados.....	85
<b>Figura 5.5:</b> Perfil de tempo de travessia do pedestre (adolescente) e do veículo.....	85

## LISTAS DE TABELAS

<b>Tabela.1.1:</b> Estatística de acidentes por ano e por categoria de usuário em Fortaleza.....	2
<b>Tabela.1.2:</b> Vítimas fatais por categoria de usuário do primeiro semestre.....	3
<b>Tabela 2.1:</b> Fatores que influencia na velocidade veicular.....	12
<b>Tabela 2.2:</b> Acidentes com vítimas feridas por tipo.....	13
<b>Tabela 2.3:</b> Fatores que influencia no deslocamento dos pedestres.....	14
<b>Tabela 2.4:</b> Velocidades médias de caminhadas.....	15
<b>Tabela 2.5:</b> Dimensões das ondulações transversais.....	18
<b>Tabela 2.6:</b> Dimensões dos sonorizadores. ....	19
<b>Tabela 3.1:</b> Valores da constante “k” para vários níveis de confiança.....	38
<b>Tabela 4.1:</b> Locais selecionados para o estudo de caso. ....	47
<b>Tabela 4.2:</b> Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua Cônego de Castro.....	48
<b>Tabela 4.3:</b> Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua Cônego de Castro.....	48
<b>Tabela 4.4:</b> Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua Cônego de Castro....	50
<b>Tabela 4.5:</b> Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua Moreira de Sousa. ..	52
<b>Tabela 4.6:</b> Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua Moreira de Sousa.....	52
<b>Tabela 4.7:</b> Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua Moreira de Sousa....	53
<b>Tabela 4.8:</b> Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua Irmã Bazet. ....	55
<b>Tabela 4.9:</b> Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua Irmã Bazet.....	55
<b>Tabela 4.10:</b> Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua Irmã Bazet.....	57
<b>Tabela 4.11:</b> Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua Dom Lino.....	59
<b>Tabela 4.12:</b> Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua Dom Lino.....	59
<b>Tabela 4.13:</b> Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua Dom Lino.....	60
<b>Tabela 4.14:</b> Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua Alfredo Mamede. ..	62
<b>Tabela 4.15:</b> Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua Alfredo Mamede.....	62

<b>Tabela 4.16:</b> Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua Alfredo Mamede...	64
<b>Tabela 4.17:</b> Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua João Firmino. ....	66
<b>Tabela 4.18:</b> Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua João Firmino.....	66
<b>Tabela 4.19:</b> Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua João Firmino.....	67
<b>Tabela 4.20:</b> Fatores externos existentes nos locais pesquisados na área de influência da ondulação (trecho viário entre 45m a montante e a 45m a jusante) .....	69
<b>Tabela 4.21:</b> Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção transversal à 45m a montante da ondulação) .....	71
<b>Tabela 4.22:</b> Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção transversal à 30m a montante da ondulação) .....	72
<b>Tabela 4.23:</b> Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção transversal à 15m a montante da ondulação) .....	73
<b>Tabela 4.24:</b> Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção transversal na ondulação transversal) .....	74
<b>Tabela 4.25:</b> Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção transversal à 15m a jusante da ondulação) .....	75
<b>Tabela 4.26:</b> Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção à 30m a jusante da ondulação transversal) .....	76
<b>Tabela 4.27:</b> Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção à 45m a jusante da ondulação transversal) .....	77
<b>Tabela 4.28:</b> Resultado do teste-t das velocidades médias entre vias coletoras e locais.	77
<b>Tabela 5.1:</b> Velocidade média de caminhada dos pedestres identificados.....	80
<b>Tabela 5.2:</b> Cálculo dos tempos de percurso dos veículos em via coletora.....	84
<b>Tabela 5.3:</b> Cenários propostos.....	86

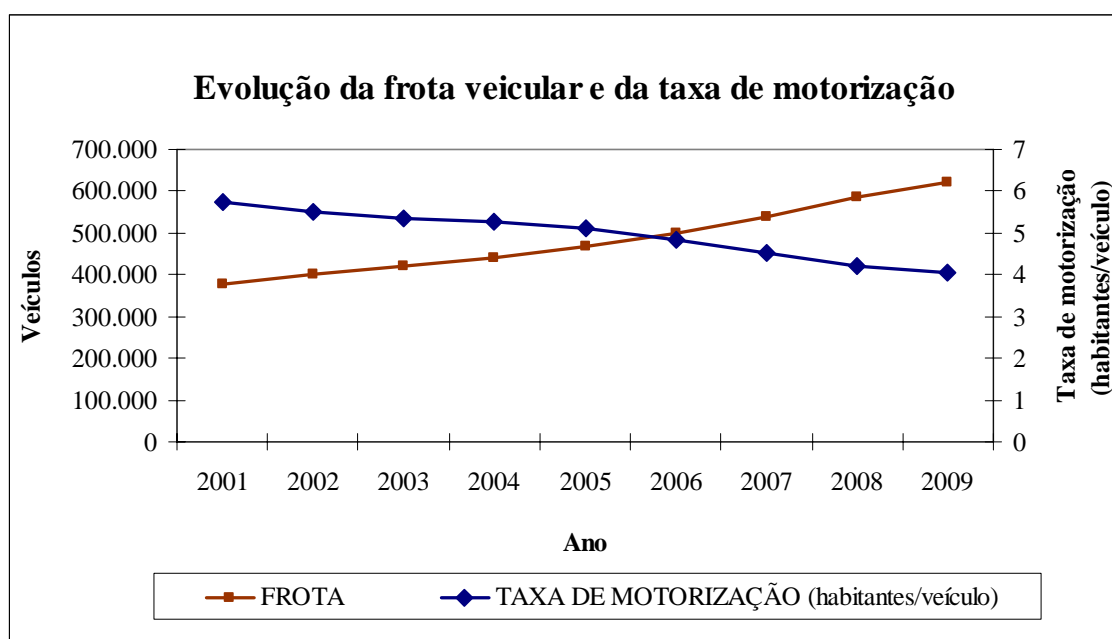


# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Nas últimas décadas, as principais cidades brasileiras têm sofrido problemas de mobilidade urbana, resultado do uso indiscriminado dos automóveis, por altas frequências de viagens diárias e espaços do sistema viário deficitários. Segundo XAVIER (2006), no Brasil, o número de veículos dos principais centros urbanos tem aumentado de forma considerável à taxa em torno de 10% anuais. Por exemplo, é o cenário de tendência de crescimento da frota de veículos de Fortaleza, como ilustra a Figura 1.1.



**Figura 1.1:** Evolução da frota de veículos e da taxa de motorização de Fortaleza (DETRAN, 2009)

O sistema de transporte urbano sendo ameaçado pelo crescimento da frota e pelo uso indiscriminado do automóvel provoca a necessidade por espaço viário (ALBORNOZ, 2005). Essa necessidade por espaço resulta em um crescimento urbano

desordenado, implicando no aumento de acidentes de trânsito, poluição atmosférica, e principalmente em altos índices de congestionamentos (FERRAZ, 2001).

Um dos principais problemas de trânsito observado nas cidades brasileiras consiste nos congestionamentos das vias urbanas. Além disso, a pouca habilidade do poder público em promover infraestrutura e serviços de transportes públicos eficientes, atrai os usuários para os demais modos de transportes, resultando em aumento no uso do transporte individual (LUCAS, 2008).

Considerando a hierarquia do sistema viário, a saturação nas vias arteriais atinge diretamente a fluidez do tráfego nas vias coletoras e locais, devido à necessidade dos motoristas em buscar rotas alternativas em seus percursos, evitando assim os congestionamentos.

O aumento de volumes veiculares em áreas residenciais sem controle resulta em maiores ocorrências de acidentes de trânsito envolvendo veículos e pedestres. A Tabela 1.1 apresenta histórico dos dados de acidentes de trânsito do primeiro semestre em Fortaleza e por categoria de usuário (AMC/SIAT-FOR, 2008).

**Tabela 1.1:** Estatística de acidentes por ano e por categoria de usuário em Fortaleza.

Vítimas feridas	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Pedestre	1.128	1.234	1.111	1.459	1.456	1.315	1.345	1.151
Passageiro	495	573	659	676	794	722	805	634
Condutor	528	491	521	758	642	733	680	625
Ciclista	527	676	901	910	1.000	1.031	674	692
Motociclista	1.277	1.278	1.764	1.996	2.408	2.780	2.498	2.612
Outros	186	192	220	45	207	199	133	111
Não Informado	264	237	98	207	170	91	129	104
Total	4.405	4.681	5.274	6.051	6.677	6.871	6.264	5.929

Fonte: (AMC/SIAT-FOR, 2008).

Observa-se que, no período de 2001 a 2008, os valores de acidentes envolvendo pedestres foram menores que os valores de acidentes envolvendo motociclistas. Para reforçar a necessidade de medidas de segurança para os pedestres, a Tabela 1.2 apresenta a quantidade de vítimas fatais por categoria de usuário dos acidentes de trânsito do primeiro semestre em Fortaleza (AMC/SIAT-FOR, 2008).

**Tabela 1.2:** Vítimas fatais por categoria de usuário do primeiro semestre.

Vítimas fatais	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Condutor	9	10	9	14	19	9	9	21
Passageiro	12	22	19	17	20	18	22	12
Pedestre	87	70	76	70	81	82	58	64
Ciclista	32	30	36	29	29	29	26	29
Motociclista	33	38	27	29	32	42	37	34
Outros*	9	8	5	3	7	5	4	2
Não Informado	11	8	1	2	0	2	2	0
Total	193	186	173	164	188	187	158	162

Analisando a Tabela 2.2, os pedestres representam mais de 50% do total de vítimas fatais. Apesar de que na evolução dos acidentes ao longo dos anos o número de vítimas fatais de pedestre está diminuindo, ainda tem indícios da vulnerabilidade deste usuário, o que explica a necessidade de se utilizar medidas mais eficientes, para aumentar segurança dos pedestres (conflito: veículos x pedestres).

Neste contexto, surge a necessidade de utilizar medidas que reduzam o uso do automóvel e que planeje o espaço urbano para todos os usuários. Uma forma de garantir a segurança dos pedestres consiste na implantação de dispositivos redutores de velocidade, como forma de promover segurança durante as travessias. Atualmente existem diversos tipos de controles de velocidade veicular, e conforme LOPES (2006) são classificados em três tipos de categorias:

- a) Dispositivos eletrônicos;
- b) Medidas de moderação do tráfego;
- c) Dispositivos físicos.

O dispositivo eletrônico consiste em um sistema eletrônico de medida de velocidade veicular que identifica a velocidade acima da permitida e registra os dados das infrações (BOCANEGRA, 2006). Esses equipamentos facilitam os órgãos gestores de trânsito a exercerem o cumprimento de regras de segurança viária, a partir dos registros de imagens dos veículos que trafegam acima do limite de velocidade permitido na via, e posteriormente são emitidos os autos de infração aos condutores (LOPES,

2006). Esses dispositivos eletrônicos são mais apropriados em rodovias, ou vias urbanas extensas, com a finalidade de controlar a velocidade máxima permitida (GOLD, 2003).

Outras técnicas que objetivam reduzir os efeitos negativos das velocidades dos veículos são as medidas de moderação do tráfego, as quais possibilitam ao mesmo tempo criar um ambiente seguro e confortável para o transporte não motorizado, adequando o tráfego a um ambiente compatível com as funções da via, através de modificações da mobilidade do pedestre e do tráfego (ESTEVES, 2003).

Os dispositivos físicos são colocados sobre o pavimento com a finalidade de reduzir velocidades veiculares a nível satisfatório, aumentando a segurança dos pedestres e ciclistas. Entre os anos de 1973 e 1990 o dispositivo mais solicitado ao Departamento de Trânsito do Distrito Federal foi a ondulação transversal (STUMPF, 1998).

Em 1997, com a implementação do Código de Trânsito Brasileiro – CTB, o uso de ondulações transversais como redutor de velocidades foi restrito, salvo em casos especiais definidos pelo órgão ou entidade competente, nos padrões e critérios estabelecidos pelo Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, citado no art. 94º do CTB (BRASIL, 1997).

## **1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA**

A ondulação transversal deve ser utilizada em locais onde se deseja reduzir a velocidade do veículo, principalmente onde existe grande circulação de pedestres (CONTRAN, 1998).

Apesar, em grande maioria, a implantação da ondulação transversal causa prejuízos para os condutores no entorno (PEAKONS, 2003). Problemas resultantes da má visibilidade e pela falta de sinalização e conservação, incluindo o tráfego de passagem, aos prestadores de serviços de emergência, e aos transportes coletivos. Quando fora dos padrões e critérios de construção e sinalização, podem causar acidentes de trânsito, como por exemplos, engavetamentos e os capotamentos.

Estudos de BARBOSA *et al.* (2008) e FRANÇA *et al.* (2007) deram indícios que, a utilização de ondulações transversais como medida de reduzir as velocidades é eficiente quando consiste em propor mais segurança aos usuários do sistema viário em sua proximidade, ou seja, quando sua utilização objetiva promover maior segurança nos deslocamentos dos pedestres e conseqüentemente uma maior segurança durante as travessias nas vias urbanas.

O problema da presente pesquisa tem motivação na eficiência da utilização adequada do dispositivo físico redutor de velocidade, a ondulação transversal, visando uma melhor localização no trecho viário urbano considerando o ponto de travessia para promover oportunidade de travessia para os pedestres, especialmente em áreas escolares.

Esta pesquisa busca estudar o comportamento dos veículos nos locais próximos às ondulações transversais, para entender o perfil das variações das velocidades veiculares e avaliar o espaçamento adequado entre a ondulação transversal e a faixa de pedestres, de forma a promover mais segurança durante as travessias.

Em Fortaleza, no final da década de 80, houve muitas implantações de ondulações transversais nas vias, de forma a reduzir os elevados índices de acidentes envolvendo pedestres (ASTEUF, 1987). Na execução deste projeto foram realizados levantamentos físicos nos locais onde ocorreram os acidentes, para se determinar aqueles mais adequados para se implantar estes equipamentos. No entanto, nos levantamentos de campo só foram observados os aspectos físicos que pudessem prejudicar a visibilidade das ondulações nos trecho viário analisados, não sendo observados os aspectos operacionais do tráfego local.

Portanto, verifica-se que muitas ondulações transversais foram implantadas em locais inadequados onde as reduções das velocidades não coincidem com os locais na via onde ocorrem as travessias de pedestres. Com distâncias entre 10m e 28m (para vias locais e coletoras).

Diante deste contexto, o conhecimento do perfil das variações das velocidades no entorno das ondulações transversais é de fundamental importância. Entende-se que, a identificação prévia dos padrões dos comportamentos das velocidades veiculares nos

trechos viários urbanos, subsidiará aos técnicos a localização mais adequada para implantar a ondulação transversal no trecho viário urbano, e favorecer melhor oportunidade de travessia para os pedestres/ciclistas, através de fornecer um *headway* seguro e adequado.

### **1.3 OBJETIVO DA PESQUISA**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo geral realizar um estudo para avaliar os impactos das ondulações transversais nas velocidades dos veículos em áreas urbanas, procurando relacionar essas variações com a classificação viária, através da identificação dos perfis das velocidades veiculares e ainda avaliar o espaçamento adequado entre a ondulação transversal e a faixa de pedestre.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Para se atingir o objetivo geral apresentado desta pesquisa, o estudo foi dividido em etapas, ou seja, os objetivos específicos:

- a) Definir um método para coletar a velocidades veiculares em trechos com ondulações transversais, de forma a obter um perfil de velocidade média dos veículos que antecedem e sucedem as ondulações;
- b) Identificar possíveis fatores (composição do tráfego, uso do solo, mobiliário urbano e características da via, excetuando-se ondulação transversal,) que influenciem no comportamento das velocidades veiculares no entorno das ondulações transversais, de forma a entender as diferenças de perfis de velocidades médias entre as vias pesquisadas;
- c) Desenvolver um procedimento de determinação do espaçamento adequado entre a ondulação transversal e a faixa de pedestre para uma travessia segura, de forma a possibilitar a avaliação das distâncias encontradas dos cenários identificados no estudo de caso.

## **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Esta dissertação de mestrado está dividida em seis capítulos. Incluindo este capítulo introdutório, no qual é destacado o problema de pesquisa e os objetivos. No capítulo 2 é feito um levantamento bibliográfico sobre o controle de velocidade veicular, são abordados os conceitos, os tipos, a finalidade e demais aspectos sobre o controle de velocidade, destacando a utilização de dispositivo físico, a ondulação transversal, objeto de pesquisa desta dissertação.

O Capítulo 3, por sua vez, consiste da descrição das etapas metodológicas propostas neste estudo. Apresentam-se os conceitos necessários para aplicação das atividades que compõe as análises da variação da velocidade veicular.

O capítulo 4 consiste na aplicação da metodologia, inicia uma discussão sobre a identificação dos locais a serem pesquisados para a geração dos perfis de velocidades, como também analisar as características do local que influenciam no comportamento destas velocidades veiculares.

Por sua vez, o capítulo 5 encerra a apresentação dos resultados desta dissertação contextualizando e exemplificando uma construção de cenários utilizando os perfis de velocidade identificados no estudo de caso e o tipo de pedestres para determinar o espaçamento adequado entre a ondulação transversal e a faixa de pedestre, para possibilitar travessias seguras para os pedestres.

Finalizando esta dissertação, o capítulo 6 apresenta as conclusões a respeito do trabalho desenvolvido, comparando os objetivos desta pesquisa e os resultados alcançados, e sugere recomendações para trabalhos futuros na linha de pesquisa, relativa ao controle de velocidade utilizando dispositivos físicos.

## **CAPÍTULO 2**

# **CONTROLE DE VELOCIDADE EM ÁREAS URBANAS**

### **2.1. INTRODUÇÃO**

O presente capítulo apresenta uma visão geral sobre o controle de velocidade em áreas urbanas, de modo que se possa compreender o contexto decisório onde o objetivo desta pesquisa de dissertação está inserido.

Inicialmente será feita uma breve descrição dos principais conceitos encontrados na literatura especializada sobre a velocidade veicular, de fundamental importância para a análise do fluxo de tráfego. Assim, são apresentados alguns fatores que influenciam na velocidade veicular, bem como a relação entre as velocidades e os acidentes de trânsito.

Em seguida, são abordados temas referentes à regulamentação, normas e leis sobre controle de velocidade veicular, destacando aquelas relacionadas aos dispositivos físicos e eletrônicos. Na fase seguinte, serão descritos os equipamentos disponíveis para as coletas de velocidade veicular, e as formas de trabalhar e analisar os dados de velocidade pontual.

Finalmente, serão descritos os dispositivos utilizados pela engenharia de tráfego para a realização do controle de velocidade veicular, tanto para sua redução, como para o controle do excesso de velocidade. Na descrição de cada tipo de dispositivo, são apresentados os conceitos e objetivos. Destaque foi dado a ondulação transversal, objeto desta pesquisa de dissertação de mestrado, sendo abordadas algumas experiências nacionais e internacionais sobre a utilização de ondulações transversais, como um redutor de velocidade veicular em áreas urbanas.

As considerações finais encerram o referido capítulo através de uma revisão sobre os temas abordados, destacando a importância para o entendimento dos capítulos seguintes.



## **2.2. CONCEITOS GERAIS**

Nesta seção, como principais conceitos relevantes desta pesquisa de dissertação, foram abordados conceitos referentes a velocidade veicular, acidentes de trânsito e circulação de pedestres.

### **2.2.1. Velocidade Veicular**

A velocidade veicular é definida pela relação entre o espaço percorrido por um determinado veículo e o tempo gasto para percorrê-lo (DNIT, 2006). É um parâmetro básico utilizado para a caracterização e as análises dos fluxos de tráfego, por causa das variações destas velocidades em uma determinada seção, ou ao longo de um trecho viário.

Uma das dificuldades em determinar como se comportam as variações das velocidades, consiste em identificar quais os fatores existentes na via que influenciam diretamente nestas velocidades, como por exemplo, a composição do tráfego, condições da via, e o uso do solo da área de influência (LEUTZBACH, 1988).

Existem diversas formas de se utilizar os dados de velocidade veicular para analisar o comportamento do fluxo veicular em trecho viário. A seguir foram descritos as principais formas de representação da velocidade veicular.

#### ***a) Velocidade média veicular***

Conforme o ITE (1992) a velocidade média veicular pode ser trabalhada de duas formas: velocidade média no tempo e velocidade média no espaço. A velocidade média veicular no tempo consiste na média de todas as velocidades pontuais em um determinado trecho da via em estudo (DNIT, 2006). Ou seja, esta velocidade consiste de um indicador que representa o valor médio da velocidade veicular em determinada seção da via conforme a equação 2.1.

$$\bar{V}_t = \frac{V_t}{n} \quad (2.1)$$

Em que,

$\bar{V}_t$ : velocidade média no tempo em km/h;

$V_t$ : velocidades individuais observadas no tempo de estudos em km/h;

$n$ : número de observações.

A velocidade média veicular no espaço consiste em uma velocidade média de um determinado trecho, calculado pela razão do comprimento do trecho pelo tempo médio gasto para percorrer o referido trecho, incluído os tempos em que os veículos ficaram parados (DNIT, 2006). Esta velocidade é definida conforme a equação 2.2.

$$\bar{V}_t = \frac{d}{\frac{\sum t}{n}} \quad (2.2)$$

Em que,

$\bar{V}_t$ : velocidade média no espaço em km/h;

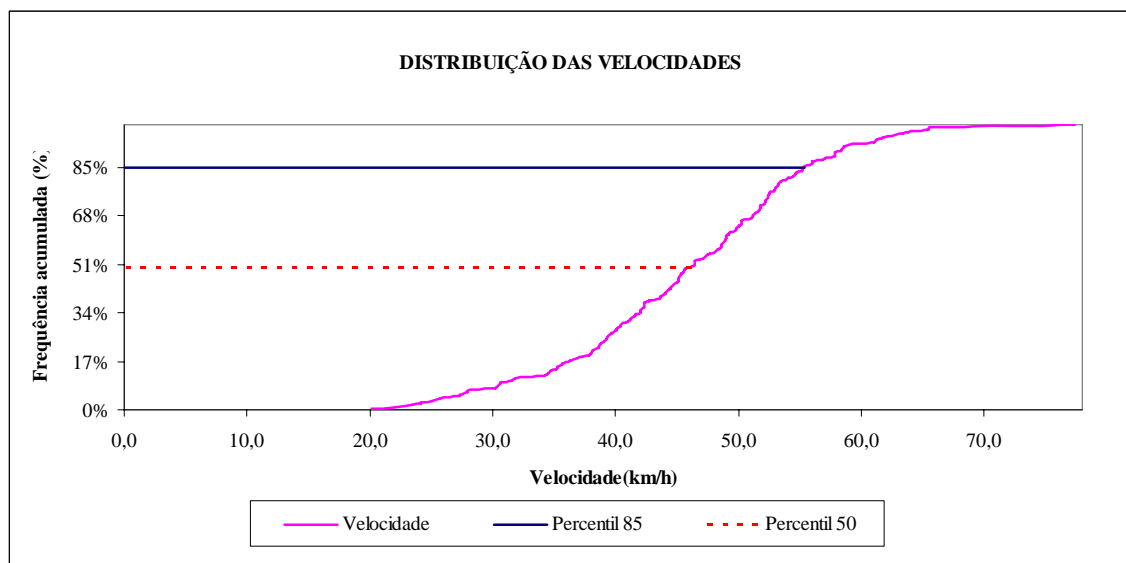
$d$ : distância percorrida em km;

$t$ : tempos individuais dos percursos em h;

$n$ : número de observações.

### *b) Velocidade no 85º percentil*

A FHWA (1998) sugere que a velocidade no 85º percentil representa um valor de velocidade que está dentro do intervalo de menor risco de acidente (Figura 2.1). Ou seja, numa amostra de velocidades de vários veículos, os 85% menores valores de velocidades estão associados com menores riscos de acidentes.



**Figura 2.1:** Distribuição de velocidades

Assim, a determinação da velocidade no 85º percentil representa um indicador que auxilia na definição do limite de velocidade. Ou seja, na maioria das vezes, a velocidade no 85º percentil está associada como um intervalo de tolerância em relação ao limite de velocidade (BOCANEGRA, 2006).

### **2.2.2. Fatores que Influenciam a Velocidade Veicular**

Na engenharia de tráfego, os dados de velocidade veicular também são usados como suporte na tomada de decisão, como por exemplo, na definição de qual dispositivo redutor de velocidade será mais adequado para um determinado local onde ocorrem acidentes. Nos estudos de velocidades dos veículos, uns dos suportes utilizados nessas decisões são os modelos de previsão. A necessidade ocorre quando se deseja saber previamente o comportamento dos motoristas, especificamente, como eles

escolhem suas velocidades. Estes modelos precisam de uma identificação das variáveis que influenciam o comportamento dos motoristas para melhor retratarem a realidade. A Tabela 2.1 apresenta alguns fatores que influenciam tais comportamentos.

**Tabela 2.1:** Fatores que influencia na velocidade veicular

Grupo	Fatores
Condutor	<ul style="list-style-type: none"> <li>· quanto maior o percurso, maior a velocidade;</li> <li>· velocidade maior, quando sozinho;</li> <li>· velocidades menores, quando acompanhado; e</li> <li>· idade, sexo, residência (urbana ou rural).</li> </ul>
Veículo	<ul style="list-style-type: none"> <li>· velocidades menores de acordo com a idade do veículo;</li> <li>· veículos comerciais têm velocidades menores;</li> <li>· ônibus com velocidades superiores às dos caminhões;</li> <li>· relação peso x potência;</li> </ul>
Via	<ul style="list-style-type: none"> <li>· pavimentos não revestidos</li> <li>· greide ascendente longo dispersam a gama de velocidades, vice-versa nos greides descendentes;</li> <li>· frequência de interseções diminui a velocidade;</li> <li>· curvas acentuadas diminuem a velocidade;</li> <li>· tipo e classe de vias afetam as velocidades;</li> <li>· distância de visibilidade, número de faixas, acostamento e uso do solo.</li> </ul>
Tráfego	<ul style="list-style-type: none"> <li>· volume e densidade, manobras de ultrapassagem, tráfego oposto, composição, controle de acesso e dispositivos de controle de tráfego.</li> </ul>
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>· velocidades bem menores nas horas de pico;</li> <li>· períodos noturnos menores velocidades que o diurno;</li> <li>· condições climáticas desfavoráveis (chuva, neblina, granizo, etc.) contribuem para uma grande diminuição da velocidade;</li> <li>· épocas do ano.</li> </ul>
Controle e Fiscalização	<ul style="list-style-type: none"> <li>· tendência de redução da gama de velocidades quanto maior for a fiscalização policial;</li> <li>· efeito semelhante ao anterior, mas em menor escala, quanto maior for a sinalização de advertência, e de regulamentação da velocidade.</li> </ul>

Fonte: (MONTEIRO, 2004).

### 2.2.3. Circulação de Pedestres em Áreas Urbanas

A utilização adequada dos passeios para circulação juntamente com a realização de travessias das vias em locais apropriados e seguros, reduz os conflitos entre veículos e pedestres (ARIOTTI, 2006). O planejamento da circulação de pedestres, através da legislação, engenharia de tráfego, educação e fiscalização, é essencial para o sistema viário urbano, por que regulamenta a forma de uso da estrutura viária, tanto pelos pedestres quanto pelos veículos (VASCONCELOS, 2000).

O Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997), quando descreve o tipo de pedestre em alguns artigos classificam-os como: adulto, idoso e criança. Por causa da exposição que os pedestres tem em conflitos com veículos motorizados, busca-se medidas que minimizem a probabilidade de ocorrer acidentes de trânsitos e ao mesmo tempo garantir a operação do tráfego (ARIOTTI, 2006).

A Tabela 2.2 apresenta o histórico de acidentes com vítimas no primeiro semestre de 2001 até 2008, em Fortaleza. Observa-se que, os valores de acidentes do tipo atropelamento são menores apenas que os de colisão/abalroamento, apresentando indícios da vulnerabilidade do pedestre no sistema viário urbano.

**Tabela 2.2:** Acidentes com vítimas feridas por tipo

Vítimas feridas	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Atropelamento	1.041	1.117	1.052	1.383	1.350	1.244	1.237	1.099
Capotagem/Tombamento	62	57	23	35	53	48	33	39
Choque com Objeto	168	162	226	200	250	278	269	240
Colisão/Abalroamento	1.975	1.977	2.529	2.852	3.013	3.289	3.036	3.109
Não Informado	13	5	109	235	158	144	149	145
Outros	406	518	470	397	761	756	391	388
Total	3.665	3.836	4.409	5.102	5.585	5.759	5.115	5.020

Fonte: (AMC/SIAT-FOR, 2008).

MIRANDA e CABRAL (2002) descrevem fatores que podem influenciar nos deslocamentos dos pedestres, os quais são divididos em dois grupos: os que influenciam na segurança dos pedestres e os que influenciam nos deslocamentos dos pedestres (Tabela 2.2).

**Tabela 2.3:** Fatores que influencia no deslocamento dos pedestres

Grupo	Fatores
Fatores que influencia na segurança dos deslocamentos	<ul style="list-style-type: none"><li>· Inadequabilidade das calçadas;</li><li>· Ciclos semafóricos inadequados;</li><li>· Abrigos de pontos de parada de ônibus de tamanho desproporcional em relação à calçada;</li><li>· Pisos inadequados e em mau estado de conservação;</li><li>· Travessias para pedestres em locais inadequados;</li><li>· Desníveis abruptos entre a calçada e as rampas de garagem;</li><li>· Entrada e saída de estabelecimentos comerciais mal sinalizadas;</li><li>· Ausência de estruturas adequadas para pessoas com necessidades especiais;</li><li>· Veículos estacionados indevidamente sobre as calçadas;</li><li>· Obras ocupando o espaço das calçadas;</li><li>· Outros.</li></ul>
Fatores que influencia na qualidade dos deslocamentos	<ul style="list-style-type: none"><li>· Calçadas com largura insuficiente;</li><li>· Inadequabilidade de uso das calçadas, envolvendo a presença de vendedores ambulantes em excesso ou equipamentos comerciais, além dos limites dos estabelecimentos;</li><li>· Má instalação de equipamentos urbanos;</li><li>· Travessias de pedestres mal sinalizadas ou mal projetadas;</li><li>· escoamento das águas pluviais provenientes de marquises e calhas ou depósito de lixo nas imediações das calçadas;</li><li>· Outros.</li></ul>

Fonte: (MIRANDA e CABRAL, 2002).

Na Tabela 2.2, apesar da divisão em dois grupos, observa-se uma repetição de alguns fatores, por exemplo, no primeiro grupo o fator de inadequabilidade das calçadas e no segundo grupo o fator de calçadas com largura insuficientes. Ou seja, fatores que afetam na segurança podem afetar nos deslocamentos. Desta forma, ambos provocam impactos na circulação dos pedestres (MIRANDA e CABRAL, 2002).

A velocidade de caminhada varia conforme o perfil de pedestre, pois dependem de fatores como idade e motivo de travessia dificultando um estabelecimento de um padrão de caminhada para a população (NETO, 1996). A velocidade no estudo de pedestre em geral consiste na média das velocidades dos pedestres que passam em um determinado intervalo de tempo expressa normalmente em m/s.

Na Tabela 2.3 apresenta as velocidades médias identificadas por sexo e faixa etária (VALDES, 1988). Observa-se que, os adolescentes têm a maior velocidade média de caminhada e as crianças têm a menor.

**Tabela 2.4:** Velocidades médias de caminhadas

Idade e Sexo	Velocidade média (m/s)
Adolescentes	1,8
Homens com menos de 55 anos	1,7
Homens com mais de 55 anos	1,5
Mulheres com menos de 50 anos	1,4
Mulheres com mais de 50 anos	1,3
Crianças de 6 a 10 anos	1,1
Mulheres com crianças	0,7

Fonte: (VALDES, 1988).

#### **2.2.4. Velocidade Veicular X Acidentes de Trânsito**

O acidente consiste de um evento não intencional que resulta em danos materiais ou ferimentos (CET, 1994). Assim, o acidente de trânsito pode ser o resultado da combinação de vários fatores, divididos em três grandes categorias: condutor; veículo, e viário ambiental, sendo este último subdividido em características da via, do tráfego, do ambiente, e do controle de tráfego (TEDESCO, 2004).

A engenharia de tráfego, para solucionar problemas de trânsito, precisa de informações necessárias para avaliar e decidir qual tipo de intervenção o engenheiro responsável irá escolher para eliminar, ou minimizar, o problema existente. O engenheiro pode utilizar tanto os dados de acidentes de trânsito, como também analisar o ambiente onde esses acidentes ocorreram, para definir o tipo de solução.

Em pesquisa ocorrida no Reino Unido sobre acidentes concluiu-se que, a velocidade em excesso, se torna um dos principais fatores contribuintes em pelo menos um terço de todos os acidentes de trânsito (DFT, 2000).

As altas velocidades têm um efeito sobre a gravidade dos acidentes com pedestres, ou seja, a gravidade do atropelamento esta relacionada com a elevada velocidade veicular. Para um pedestre atropelado, o risco de morte é de

aproximadamente 30%, isso a uma velocidade de 40km/h, entretanto cresce para 85% de risco de morte se a velocidade de atropelamento estiver aos 60km/h, e aos 80km/h a morte é praticamente certa (ASSOCIAÇÃO POR VIAS SEGURAS, 2009).

No Brasil, uma das principais causas dos acidentes de trânsito, em especial os mais graves, é também referente ao excesso de velocidade praticado por condutores, e para reduzir a severidade dos acidentes, faz-se necessário o controle da velocidade (CUPOLILLO, 2006).

### **2.3. REGULAMENTAÇÃO PARA O CONTROLE DE VELOCIDADE**

O controle de velocidade diz respeito às técnicas utilizadas para regulamentar o comportamento do fluxo de tráfego em uma via. Ou seja, consiste em um conjunto de normas, cujos objetivos são adaptar as velocidades veiculares para a geometria do sistema viário, a fim de reduzir os riscos de acidentes de trânsito (LOPES, 2006). Assim, um dos objetivos do controle de velocidade consiste em minimizar o número de acidentes de trânsito através do conhecimento do comportamento das velocidades.

Estudos indicam que o excesso de velocidade é um dos principais fatores causadores de acidentes de trânsito (DFT, 2000). Conforme CUPOLILLO (2006), a regulamentação da velocidade veicular em áreas urbanas possui fundamental importância para melhoria da segurança viária. Ainda segundo CUPOLILLO (2006), o conceito de regulamentação serve para organizar o fluxo de veículos, bem como o perfil das velocidades veiculares, através de limites de velocidades, e da utilização de equipamentos redutores de velocidade. Desta forma, para a segurança viária é necessário aplicar os regulamentos, e operar os dispositivos e técnicas com a finalidade de controlar a velocidade.

A regulamentação de velocidade torna-se necessária, principalmente em locais onde o índice de acidentes é elevado. Neste contexto, os condutores sentem-se seguros, quando são informados sobre as características da via, que a torna perigosa. O Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997), regulamenta a velocidade a ser praticada nas vias urbanas ou rurais, conformes os artigos:



- Art. 61 – A velocidade máxima permitida para a via será indicada por meio de sinalização, obedecidas a suas características técnicas e as condições do trânsito. Onde não existir sinalização de regulamentação, a velocidade máxima será de:

I - nas vias urbanas:

- 80 km/h nas vias de trânsito rápido
- 60 km/h nas vias arteriais
- 40 km/h nas vias coletoras
- 30 km/h nas vias locais.

II - nas vias rurais:

- Em rodovias: 110 km/h para automóveis e caminhões; 90 km/h para ônibus e microônibus; e 80 km/h para os demais veículos;
  - Nas estradas é de 60 km/h.
- Art. 62 – A velocidade mínima não poderá ser inferior à metade da velocidade máxima estabelecida, respeitadas as condições operacionais de trânsito e da via.

Tais regulamentações estabelecem o valor máximo e o mínimo das velocidades para os veículos trafegarem nas vias, tendo por base os princípios de engenharia de tráfego, características da via, o uso do solo, e as análises de comportamento de tráfego.

Quanto ao controle das velocidades, a resolução nº 39 do CONTRAN (1998) estabelece os padrões e critérios para instalação de ondulação transversal e sonorizadores nas vias públicas. A implantação desses dispositivos físicos dependerá de autorização expressa do órgão gestor de trânsito com circunscrição sobre a via, podendo ser colocada após estudo, quando se mostrarem eficientes para redução de velocidade e acidentes.

No Brasil a utilização de ondulações transversais iniciou-se em São Paulo em 1979, através da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo – CET-SP (CET, 1984). Foi realizada uma série de testes baseados nas pesquisas do *Transport Research Board* – TRB, onde se testou várias alturas de ondulações transversais que variaram

entre 10cm a 14cm. Os testes foram realizados com velocidade de 30km/h e a ondulação transversal que apresentou melhor resultado foi a de altura de 10cm.

Após estes testes, em 1998, o Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN elaborou a resolução nº 39 (CONTRAN, 1998) que estabelece dois tipos ondulação transversal, denominados Tipo I e Tipo II, conforme indicado na Tabela 2.4.

**Tabela 2.5:** Dimensões das ondulações transversais.

Modelo	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)
Tipo I	Igual a da pista	1,50	Até 0,08
Tipo II	Igual a da pista	3,70	Até 0,10

Fonte: (CONTRAN, 1998)

O tipo I somente poderá ser utilizado quando o objetivo consiste em reduzir a velocidade veicular a ser desenvolvida, atingindo no máximo 20 km/h. Esse tipo de ondulação é permitido em trechos onde não circulam linhas regulares de transporte coletivo.

O tipo II somente poderá ser utilizado em uma das três situações: em vias rurais, ou trechos de rodovias; em trechos que atravessam aglomerados urbanos com edificações lindeiras; em vias coletoras; e em locais quando houver necessidade de reduzir a velocidade a um máximo 30 km/h.

Como critério de implantação da ondulação transversal dos tipos I e II, a resolução nº 39 (CONTRAN, 1998) determina análise dos seguintes aspectos:

- índice de acidentes significativos, ou risco potencial de acidentes;
- volume de tráfego inferior a 600 veículos por hora durante os períodos de pico, podendo a autoridade de trânsito com circunscrição sobre a via admitir volumes mais elevados, em locais com grande movimentação de pedestres, devendo ser justificado por estudo de engenharia de tráfego no local de implantação do dispositivo;`
- ausência de rampas em rodovias com declividade superior a 4% ao longo do trecho;

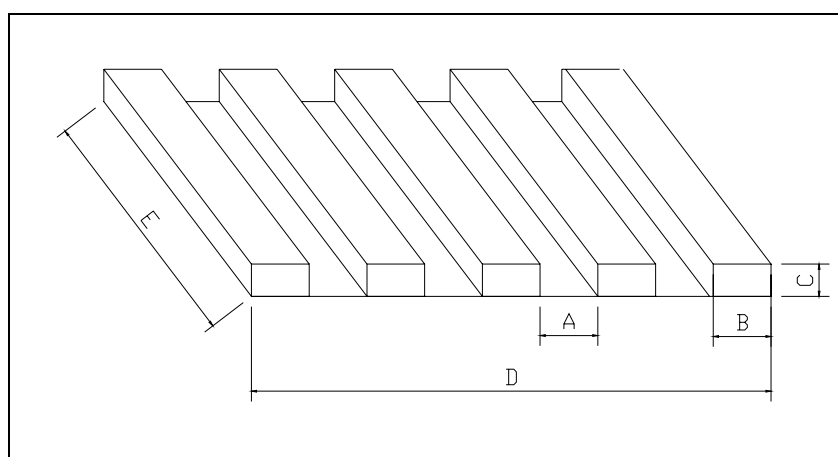
- ausência de rampas em vias urbanas com declividade superior a 6% ao longo do trecho;
- ausência de curvas ou interferências visuais que impossibilitem boa visibilidade do dispositivo;
- existência de pavimentos rígidos, semi-rígidos ou flexíveis em bom estado de conservação.

Quanto as guias sonoras, só poderão ser instaladas em vias urbanas sem edificações lindeiras, e em rodovias em caráter temporário, quando houver obras na pista, visando alertar o condutor da necessidade de redução de velocidade. A resolução nº 39 do (CONTRAN, 1998) estabelece as dimensões para o uso de sonorizadores descritos na Tabela 2.5, conforme o *layout* do sonorizador na Figura 2.2.

**Tabela 2.6:** Dimensões dos sonorizadores.

Nomenclatura	Seções	Dimensões (m)
A	Espaçamento da régua	0,08
B	Largura da régua	0,08
C	Altura da régua	0,025
D	Comprimento do dispositivo	5,00
E	Largura do dispositivo	Igual a da pista

Fonte: (CONTRAN, 1998)



**Figura 2.2:** Dimensões de sonorizadores (CONTRAN, 1998)

Em 2009, a resolução nº 336 do (CONTRAN, 2009) alterou a resolução nº 39 (CONTRAN, 1998), considerou que a aplicação de tachas e tachões transversalmente na via como dispositivo redutores de velocidade causa defeitos no pavimento e danos aos veículos. Desta forma, ficou proibida a utilização de tachas e tachões como ondulações transversais e sonorizadores.

A resolução nº 146 do (CONTRAN, 2003) regulamenta os equipamentos eletrônicos para os registros de infrações. Estabelece que a medição das velocidades seja efetuada por meio de instrumento, ou equipamento, que registre, ou indique a velocidade com ou sem dispositivo registrador de imagem. Os equipamentos são:

- Fixo: medidor de velocidade instalado em local definitivo
- Estático: medidor de velocidade instalado em veículo parado, ou em suporte apropriado.
- Móvel: medidor de velocidade instalado em veículo em movimento.
- Portátil: medidor de velocidade direcionado manualmente para veículo.

O equipamento medidor de velocidade de veículos deve ter o modelo aprovado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), e deve ser verificado, periodicamente, com prazo máximo de 12 meses pelo próprio INMETRO, ou por outra entidade por ele delegada.

Cabe a autoridade de trânsito com circunscrição sobre a via determinar a localização, a sinalização e a instalação do medidor de velocidade.

#### **2.4. EQUIPAMENTOS DE COLETAS DE VELOCIDADES VEICULARES**

Variados métodos têm sido desenvolvidos para levantamento das velocidades veiculares. Os mais eficientes apresentam vantagens em relação à precisão, a cobertura, e a abrangência temporal. Usualmente na coleta de velocidade, podem ser utilizados os métodos manuais ou os automáticos, dependente do objetivo da pesquisa. A seguir são

descritos alguns tipos de equipamentos e métodos de coletas de velocidades, suas vantagens e desvantagens encontradas na literatura nacional e internacional.

#### ***a) Radar Portátil***

O radar mais conhecido como *speed gun*, é um equipamento portátil com um formato de uma pistola que coleta a velocidade individual veicular, instantaneamente. Tem como vantagens seu tamanho e a praticidade da sua utilização, mas pode ser visto pelo motorista, e assim influenciar no seu comportamento. De acordo com TRL (1993) este equipamento pode ser utilizado de dentro de um carro, porém o local de posição do veículo não pode influenciar na operação do tráfego. A Figura 2.3 apresenta um exemplo de *speed gun*.



**Figura 2.3:** Equipamento do tipo *speed gun* (BJARNASON, 2004)

Estes equipamentos podem ser automáticos ou manuais. Nos manuais, o pesquisador deverá registrar na planilha de campo os valores das velocidades fornecidas pelo equipamento. Já no automático, o equipamento registra as velocidades pesquisadas, as quais serão posteriormente transmitidas a um computador. Com o uso de *software* de interface, tem-se o acesso ao banco de dados do equipamento.

### ***b) Cronômetros eletrônicos***

É um equipamento simples que marca o tempo de percurso do veículo ao trafegar por um trecho o qual é registrado em planilha, e posteriormente através da aplicação de uma simples fórmula de velocidade (ver Equação 2.3), obtêm-se os valores destas velocidades.

$$V = \frac{s}{t} \quad (2.3)$$

Em que,

$V$  : velocidade em km/h;

$s$  : distância do trecho determinado em km;

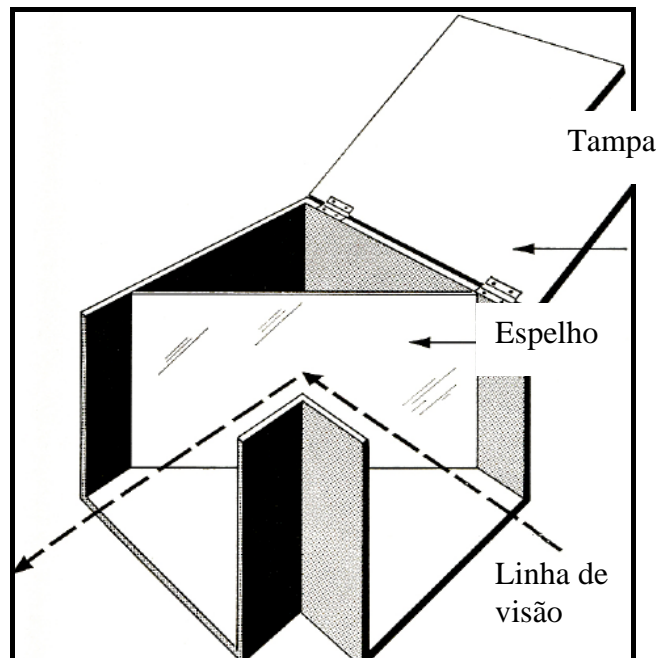
$t$  : tempo de percurso do trecho determinado em h.

A dificuldade de se utilizar este método consiste em iniciar e finalizar o cronômetro nos momentos em que o veículo passa pelos pontos de referências (inicial e no final) do trecho em estudo, respectivamente. A cronometragem do tempo é feita de forma manual. Ou seja, o operador visualmente observa o veículo quando passa pelo primeiro ponto de referência, e inicia o marcador, e quando o veículo estiver passando pelo segundo ponto de referência, o operador finaliza a marcação e anota o tempo na planilha.

### ***c) Cronômetro eletrônico com dispositivos com espelho***

É um dispositivo que contém um espelho que serve para o pesquisador visualizar o momento que o veículo passa pela seção inicial (ou final) da medição, e acionar (ou parar) o cronômetro. Esse dispositivo serve para minimizar o erro, tanto no instante de acionar o cronômetro, como também quando parar, no instante em que o veículo passa

pela segunda referência final do trecho pesquisado. A Figura 2.4 apresenta o esquema do dispositivo com espelho.



**Figura 2.4.:** Dispositivo com espelho para medição de velocidade (DNIT, 2006)

A tabulação dos dados coletados com este dispositivo acontece da mesma forma com o método do cronômetro, inicialmente os tempos são registrados manualmente em planilha, e depois se aplica a fórmula da velocidade para obtenção dos valores.

#### *d) Câmera de vídeo*

A filmagem é um método de coleta de dados que tem como vantagem a possibilidade de não influenciar no comportamento dos motoristas, por ser posicionada afastada do campo de visão dos mesmos; e a possibilidade de criar um banco de dados para futuras pesquisas, sendo possível identificar o volume, a classificação dos veículos, e os dados de velocidades em vários pontos do trecho, sempre que necessário.

Como desvantagens têm-se: a necessidade de sua instalação ser em local alto e com boa visibilidade da pista de rolamento; e também o tempo gasto com a tabulação dos dados, quando não for automatizado por *softwares*.

#### *e) Coleta com contadores eletrônicos com laços magnéticos*

Este processo de coleta de velocidade utiliza-se os laços magnéticos detectores, colocados sobre o pavimento, de forma a não influenciar na operação de tráfego. Assim, através da passagem do veículo pelos laços, os registros são enviados por cabos, a um computador instalado no local. Posteriormente, os dados armazenados são processados e calculados as velocidades.

Este método tem como vantagem a capacidade de criar um banco de dados com dados pesquisados em campo automaticamente, e com informações suficientes para uma análise representativa do comportamento do tráfego. Também pode se coletar simultaneamente as informações em várias seções da via, conforme a quantidade de laços magnéticos disponíveis. Este método evita a necessidade de presença de um pesquisador em campo, porém necessita de um técnico para manipular os equipamentos. Como desvantagem, os equipamentos de coleta de velocidade veicular têm custo elevado em comparação aos demais métodos.

### **2.5. DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE VELOCIDADE**

Como observado no Item 2.2.3, uma das principais causas de acidentes de trânsito é resultante das altas velocidades veiculares (DFT, 2000). A velocidade em excesso se tornou um problema de trânsito, assim, dependendo do local os órgãos gestores utilizam dispositivos específicos para exercer o controle destas velocidades.

Assim, o controle de velocidade tem por finalidade a utilização de equipamentos e técnicas para adaptar o tráfego de veículos e pedestres para as condições de tráfego seguro. A utilização de dispositivos de controle da velocidade pode controlar o excesso, impondo limites nas vias reduzindo, especialmente, os acidentes de trânsito (LOPES, 2006). A seguir são descritos os conceitos e características específicas dos controladores de velocidades físicos e eletrônicos.



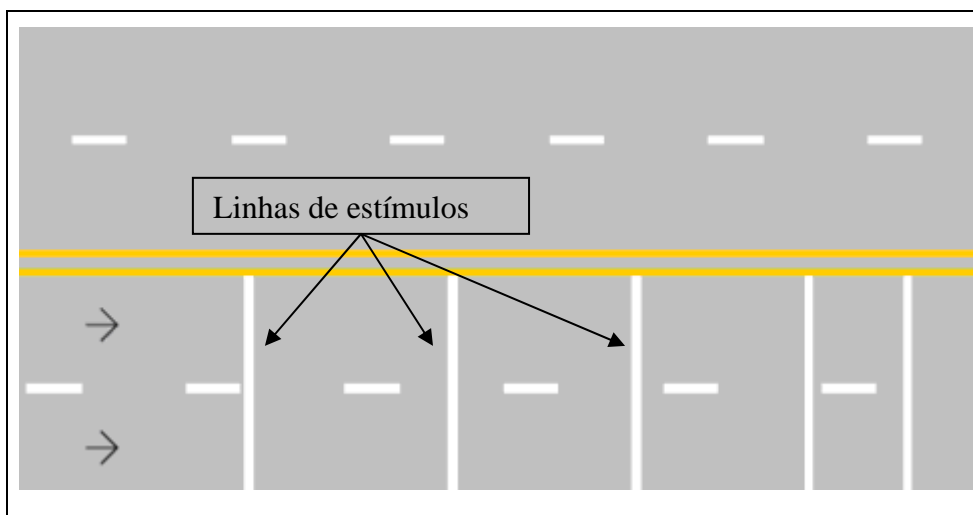
### **2.5.1. Dispositivos Físicos**

Os dispositivos físicos são equipamentos implantados sobre o pavimento para controlar o fluxo veicular, resultando em uma redução pontual do comportamento da velocidade veicular. Ou seja, objetiva reduzir as velocidades veiculares, especialmente, em locais com grande movimentação de pedestres. Conforme a legislação, os dispositivos físicos quando implantados em trechos urbanos, ou rural, devem obedecer as características físicas (dimensões) e a sinalização vertical e horizontal na via (ver Item 2.3). A seguir são descritos os tipos de dispositivos físicos utilizados para controle de velocidade veicular.

#### **a) Linhas de Estímulo à Redução de Velocidade**

Consiste de um conjunto de faixas transversais pintadas sobre o pavimento, cujos espaçamentos são variados e de forma decrescente no sentido do percurso. O objetivo consiste em transmitir ao motorista a sensação de aumento da velocidade veicular pela aproximação das faixas, induzindo o motorista a reduzir sua velocidade (CONTRAN, 2004). A Figura 2.5 apresenta um exemplo de linhas de estímulo à redução de velocidade.

A largura das faixas varia conforme a velocidade regulamentada na via. Para velocidade permitida menores que 60km/h, a largura deve ser igual à 20cm, para velocidade permitida entre 60km/h à 80km/h, a largura deve ser de 30cm, e para velocidade permitida superior à 80km/h, a largura será de 40cm.



**Figura 2.5.:** Exemplo de linhas de estímulo a redução de velocidade (CONTRAN, 2004)

### b) Cone Flexível

Utilização de cones entre as faixas de tráfego da via, alerta os motoristas da presença de pontos de travessia (áreas escolares, como exemplo), e assim reduzem suas velocidades. A utilização de cones normalmente se realiza nas proximidades de faixas de pedestres, em meio de quadra. A Figura 2.6 apresenta uma aplicação deste dispositivo.



**Figura 2.6.:** Exemplo de aplicação de cones flexíveis para reduzir velocidades em áreas escolares (CENI, 2004).

### c) Guias Sonoras

Guias sonoras são saliências ou ranhuras, construídas sobre o pavimento, usualmente aplicadas nas rodovias. Devido tais saliências, as guias produzem um repentino ruído durante as passagens dos veículos, como também geram vibração aos mesmos, estimulando ao condutor a reduzir a velocidade (TEDESCO, 2004). A Figura 2.7 apresenta um exemplo de guia sonora aplicada como um redutor de velocidade em rodovias.



**Figura 2.7.:** Exemplo de aplicação de guias sonoras para redução de velocidade (TEDESCO, 2004)

### d) Ondulações Transversais

No Brasil, a ondulação transversal, conhecida por “quebra mola”, e denominado *speed hump* na literatura internacional, é uma porção elevada da via com perfil circular, implantada em ângulo reto em relação à direção do tráfego, com objetivo de reduzir a velocidade do veículo. São construídas de meio-fio a meio-fio, ou próximas aos mesmos, por questões de drenagem (CENI, 2004). A Figura 2.8 ilustra um exemplo de ondulação transversal.



**Figura 2.8:** Modelo de ondulação transversal em Fortaleza-CE

As ondulações transversais quando implantadas, devem seguir os critérios e padrões estabelecidos pelo CONTRAN (1998), e tornam-se eficientes em reduzir as velocidades veiculares para níveis adequados às características da via e do tráfego local.

No caso de áreas residências, como também em áreas escolares, devido ao fluxo de crianças, esse é o dispositivo mais requisitado pela população local (BARBOSA *et al.*, 2008).

Por se tratar de um dispositivo colocado sobre o pavimento, atua diretamente sobre a suspensão dos veículos. Assim, caso o dispositivo seja implantado de forma contrária ao estabelecido na resolução nº39 (CONTRAN, 1998), este provocará danos aos veículos, conseqüentemente ocorrências de acidentes, ruídos para os moradores, dentre outros.

- **Experiências do Uso Internacional de Ondulação Transversal**

No início da década de 1970, o *Transport Research Laboratory* (TRL) desenvolveu um dispositivo físico para funcionar como um redutor de velocidade, a

ondulação transversal (CTER, 1997). Este dispositivo foi largamente utilizada nos Estados Unidos, Nova Zelândia e Inglaterra (HUMBURGUER, 1996).

Na Inglaterra, WATTS (1973) realizou um estudo específico sobre a geometria da ondulação transversal, com o objetivo de determinar uma dimensão padrão que pudesse efetivamente reduzir a velocidade veicular a um nível próximo de 25 km/h, mas que fosse confortável e seguro para os motoristas. Posteriormente, nos Estados Unidos, em 1979, a FHWA começou a utilizar as ondulações transversais em vias públicas.

Conforme PAU e ANGIUS (2001), o uso de ondulações transversais na Itália foi introduzido em 1993, como uma tentativa de limitar altos índices de fatalidades no trânsito. Existem três tipos de ondulação transversal: para velocidades inferiores a 50 km/h, com altura de 3 cm e largura de 60 cm; para velocidades inferiores a 40 km/h, com altura de 5 cm e largura de 90 cm, e para velocidades inferiores a 30 km/h, com altura de 7 cm e largura de 120 cm. A utilização de ondulações transversais na Itália é através de elementos modulares em borracha ou material plástico.

Conforme ALVES (2003), em Portugal as ondulações transversais mais utilizadas são com matéria de borracha e sua instalação é através de um sistema de fixação de parafusos de expansão. Os modelos utilizados são iguais aos modelos Italianos, apenas diferenciando na largura, onde só é adotado o padrão de 3 metros.

### **2.5.2. Dispositivos Eletrônicos**

O dispositivo eletrônico consiste em um sistema de medida de velocidade veicular eletrônica que identifica a velocidade acima da permitida e registra os dados das infrações (BOCANEGRA, 2006).

Conforme STUMPF (1998), os dispositivos eletrônicos de controle de velocidade foram introduzidos no Brasil em 1992 pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – I PPUC.

Este dispositivo surgiu devido ao elevado número de ondulações transversais que ocasionaram acidentes de trânsito nas vias públicas, resultante da forma inadequada de implantação. Assim através de estudos sobre os prejuízos causados por

ondulações transversais, foi desenvolvido um tipo de dispositivo eletrônico objetivando gerenciar a velocidade em pontos específicos da via (STUMPF, 1998). Posteriormente o CONTRAN estabeleceu as normas de homologação e implantação em vias urbanas (ver Item 2.3).

Conforme GOLD (2003), os dispositivos redutores eletrônicos são mais apropriados em rodovias, ou vias urbanas extensas, com objetivo de limitar a velocidade máxima. Esses equipamentos auxiliam os órgãos gestores de tráfego no cumprimento das regras de segurança viária aos usuários. A partir de registros de imagens dos veículos que trafegam acima do limite de velocidade da via, podem ser identificadas as placas dos veículos, e emitido o auto de infração (LOPES, 2006). Este sistema é constituído dos equipamentos, do sistema de captação incluindo *softwares*, e do processamento de dados e de imagens (BOCANEGRA, 2006).

No Brasil, conforme YAMADA (2005), os dispositivos eletrônicos disponíveis são: lombada ou barreira eletrônica; radar fixo; radar móvel; bandeira eletrônica e radares estáticos. São classificados em três categorias de acordo com: tecnologia de medição de velocidade; tipo de instalação; e forma de registro de infração:

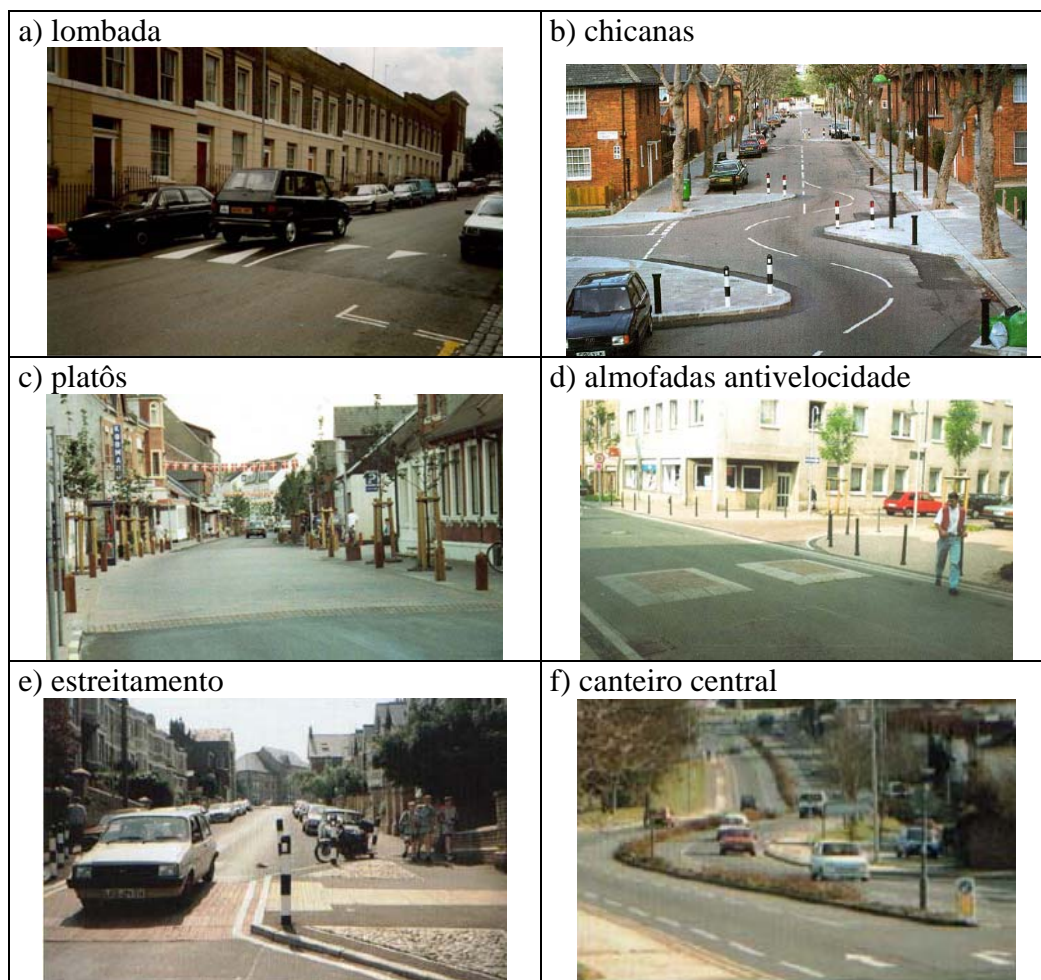
- Tecnologia de medição de velocidade – nesta classificação os equipamentos podem detectar a velocidade de duas formas: (i) através de sensores no solo (lombadas eletrônicas, bandeiras e radar fixo). (ii) por reflexão de ondas, o que não precisam de instalação de módulo fixo (radar móvel ou portátil);
- Tipo de instalação – podem ser de duas formas: (i) instalação permanente de equipamentos para uma fiscalização contínua de 24 horas (lombadas eletrônicas, bandeiras e radar fixo); e (ii) instalação eventual para fiscalização de local por determinado tempo (os equipamentos por reflexão de ondas);
- Forma de registro de imagens – podem ser de dois modelos: (i) equipamentos que registram imagens do veículo infrator (lombadas eletrônicas, bandeiras eletrônicas, radares fixo e radar móvel). (ii) equipamentos que não registram a imagem do veículo infrator (radar portátil).

## 2.6. MODERAÇÃO DO TRÁFEGO

Segundo ESTEVES (2002), a moderação de tráfego consiste em um conjunto de técnicas utilizadas no sistema de transporte, com o objetivo de criar um ambiente satisfatório que estimula aos pedestres a realização de viagens por modos não motorizados. Ou seja, utiliza-se de equipamentos físicos, para reduzir o número de veículos nas vias, reduzir a velocidade veicular, e assim diminuir o número de acidentes. A moderação do tráfego, de modo geral, objetiva mudar o comportamento do motorista, que passa a conduzir o seu veículo de maneira mais lenta e adequada às condições locais.

Conforme BARBOSA (1995), o conceito de moderação do tráfego surgiu primeiramente na Alemanha e nos Países Baixos, devido ao aumento do volume de pedestres, o desenvolvimento do mobiliário urbano, juntamente com o aumento da consciência ambiental nos centros urbanos. A moderação do tráfego considera três idéias: áreas ambientais, pátios residenciais, e áreas de pedestres (HASS-KLAU *et al.*, 1992). As áreas ambientais de 30 km/h tem como objetivo melhorar as condições gerais de qualidade ambiental, notadamente em áreas densamente urbanizadas nas quais se constata volumes elevados de tráfego. Tais áreas são normalmente delimitadas por uma rede viária arterial, para a qual deve ser canalizado todo o tráfego de passagem. Nos pátios residenciais, o enfoque é evitar a separação entre a pista e a calçada, e as áreas de pedestres são caracterizadas pelo fechamento de ruas existentes, com proibição de circulação de veículos (HASS-KLAU, 1992).

A vantagem da moderação de tráfego é que, a não obediência resultará em prejuízos para o próprio motorista. A seguir a Figura 2.9 apresenta as principais medidas moderadoras de tráfego aplicadas no controle de velocidade veicular.



**Figura 2.9:** Dispositivos aplicados ao controle de velocidade (ESTEVEZ, 2002).

Segundo KRAUS *apud* CUPOLILLO (2005), os principais dispositivos aplicados ao controle de velocidade, são:

- a) Lombadas – são redutores de velocidade que não ocupam toda a largura da pista com altura variando entre 5 e 10 centímetros. São construídos por material asfáltico e se aplicam em áreas ambientais para desestimular o tráfego de passagem.
- b) Chicanas – é um estreitamento da via em pontos alternados o que provoca uma sinuosidade ao tráfego. Recomendável em áreas residenciais devido à redução da velocidade ocasionada pela quebra de caráter linear da via, obrigando os motoristas a realizar manobras alternadas.



- c) Platôs – são redutores de velocidades composto de uma seção elevada da altura da calçada com rampa de acesso aos veículos, que pode ser usado como travessia para os pedestres, com comprimento do meio-fio a meio-fio, e com uma largura mínima de 6 metros. O platô reduz a velocidade dos veículos favorecendo aos pedestres e deficientes físicos nas travessias das vias, sem nenhuma mudança de nível.
- d) Almofadas antivelocidade – São almofadas implantadas sobre o pavimento que não prejudica a passagem de veículos que possuem eixo maior que os dos carros de passeio (transporte coletivo e veículo de emergência). Também este dispositivo cria facilidade de passagem para os ciclistas e motociclistas.
- e) Estreitamento – é realizado em toda extensão da via que precise ser moderada. O estreitamento impede as ultrapassagens de veículos, limitando a velocidade. Tem como objetivo reduzir a distância de travessia dos pedestres e priorizar a passagem de veículos em determinado sentido na via.
- f) Canteiros centrais – são refúgios que podem ser pintados ou construídos, pode possuir árvores e grama, além da sinalização adequada. Tem como objetivo permitir a travessia dos pedestres de forma segura, pois ajudam a reduzir a velocidade através da diminuição da largura da via no trecho onde a medida for implementada.

## **2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No Capítulo 2 foram abordados temas relativos ao controle de velocidade em áreas urbanas, iniciando com uma definição de conceitos básicos necessário para o entendimento das técnicas utilizadas para o controle de velocidade. Este estudo buscou contextualizar o leitor sobre alguns princípios fundamentais que deram origem ao estudo de controle de velocidade veicular.

Em seguida foram apresentados definições e objetivos do controle de velocidade veicular, bem como critérios, recomendações e normas necessárias para viabilizar a

implantação de dispositivo de controle de velocidade veicular. Posteriormente, foram descritos os diferentes equipamentos e técnicas utilizadas para o controle de velocidade veicular. Em seguida apresentou-se um detalhamento das ondulações transversais, conhecido como “quebra-mola”.

O principal objetivo deste Capítulo foi embasar a correlação entre os conceitos básicos, para poder entender a importância do estudo de velocidade veicular. Devido às existências de normas e de dispositivo de controle de velocidade, torna-se importante compreender os comportamentos das velocidades, frente a determinado dispositivo ou ambiente. Dependendo destes comportamentos das velocidades, dos números de acidentes e das características viárias, o técnico responsável seleciona uma determinada medida do controle de velocidade.

O capítulo 3 a seguir, apresenta o estudo de caso realizado em Fortaleza em locais com implantação de ondulações transversais, de modo a identificar e analisar a influência de fatores externos na modelagem dos perfis das velocidades, em trechos que antecedem e sucedem as ondulações transversais.

## CAPÍTULO 3

# METODOLOGIA

### 3.1. INTRODUÇÃO

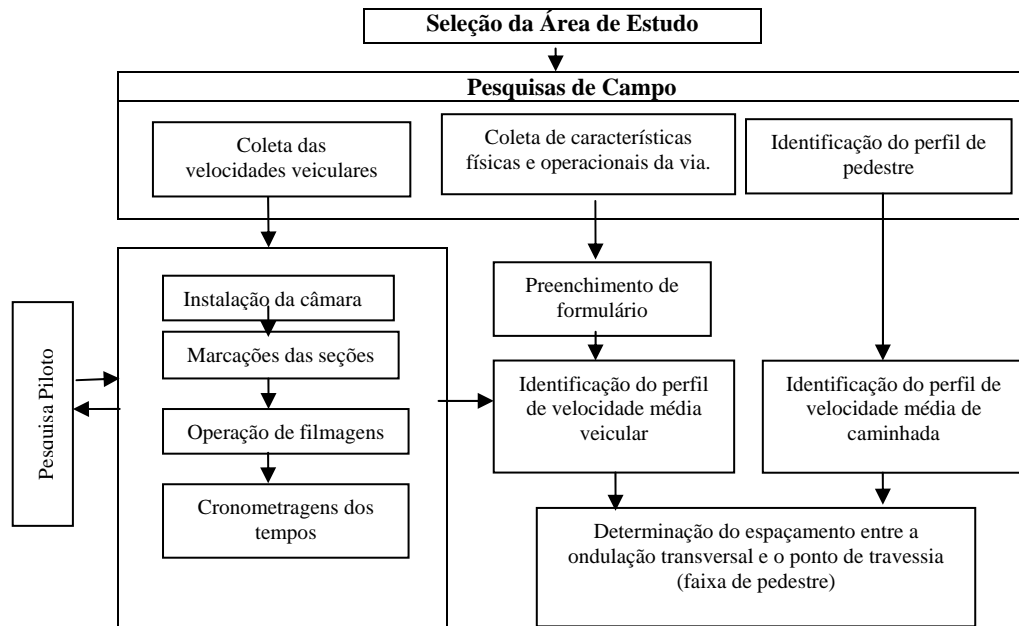
Este capítulo apresenta-se de forma detalhada as etapas metodológicas desenvolvidas nesta pesquisa de dissertação, para análise das variações das velocidades veiculares sofridas pelos impactos das implantações das ondulações transversais na via urbana e investigar o espaçamento adequado entre a ondulação transversal e o ponto de travessia (faixa de pedestres).

### 3.2. SISTEMATIZAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

Como observado na revisão bibliográfica, Capítulo 2, existem vários fatores que interferem na variação das velocidades dos veículos que trafegam nas vias urbanas, que somados ao impacto da ondulação transversal o efeito da variação da velocidade pode ser maior ou menor, dependendo do trecho pesquisado.

Neste trabalho de pesquisa, pretende-se analisar as variações das velocidades veiculares em vários tipos de via, em função das características físicas e operacionais nos trechos viários analisados, de forma a determinar a seção da via mais adequada para posicionar a ondulação transversal e propor um maior *headway* na corrente de tráfego de forma a possibilitar maiores oportunidades de travessias.

Com a finalidade de resumir esquematicamente as etapas para o estudo das variações das velocidades veiculares para avaliar o espaçamento adequado entre a ondulação e a faixa de pedestre, apresenta-se a seguir um fluxograma que mostra a estrutura esquemática das etapas constituintes da metodologia proposta (Figura 3.1).



**Figura 3.1:** Estrutura esquemática da metodologia proposta

Esta metodologia proposta objetiva a subsidiar os técnicos dos órgãos gestores na definição do local mais adequado para implantação de ondulação transversal, considerando as características físicas e operacionais do trecho viário estudado. A seguir, a metodologia proposta para a determinação da seção mais adequada para posicionar a ondulação transversal no trecho viário foi detalhada.

### 3.3. CRITÉRIOS ADOTADOS NA SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Nesta etapa são selecionados os trechos viários com ondulação transversal, com base nas variáveis que influenciam as velocidades veiculares. Com base nos cadastros viários, existentes nos órgãos gestores de trânsito, os quais informam os locais onde foram implantadas as ondulações transversais, o tipo de ondulação implantada, o estado de conservação, e as condições da sinalização, é selecionada uma amostra representativa destes locais para se estudar as variações das velocidades veiculares, considerando o atendimento aos seguintes fatores:

- Existência de ondulação transversal conforme exigência da legislação vigente. Ou seja, procurou-se selecionar locais em que exista a sinalização vertical e horizontal e dimensões de acordo com legislação;

- Estado de conservação das ondulações transversais, sendo escolhidas as ondulações em bom estado;
- Variação das características físicas e operacionais como o uso do solo e função viária, sendo selecionados os locais onde tais características fossem diferenciadas.

Definidos os locais de estudo, a fase seguinte consiste em realizar as coletas de dados em campo.

### **3.4. PESQUISA DE CAMPO**

O objetivo da pesquisa de campo é coletar as velocidades veiculares a montante e a jusante das ondulações transversais, e levantar de forma precisa e abrangente as prováveis características físicas e operacionais na área de influência da ondulação, e ainda os tempos de travessias dos pedestres. Desta forma, esta etapa do estudo foi dividida em:

- Coleta de dados de velocidade;
- Levantamento das características físicas e operacionais da área de influência da ondulação.
- Coleta dos tempos de travessia dos pedestres.

A seguir são detalhadas estas etapas constituintes da pesquisa de campo.

#### **3.4.1. Primeira Etapa - Coleta de Dados de Velocidade**

Esta etapa objetiva a obtenção das velocidades pontuais, através de filmagem, com a finalidade de estudar as variações das velocidades veiculares nos trechos que antecedem e sucedem a ondulação transversal.

Na determinação da amostra de veículos a serem pesquisados por local, aplica-se a equação 3.1 (DNIT, 2006).

$$n \geq \left( \frac{ks}{E} \right)^2 \geq 30 \quad (3.1)$$

Em que,

- $n$ : número de observações ou tamanho da amostra;
- $k$ : constante correspondente ao nível de confiança desejado;
- $s$ : desvio padrão da população de velocidade;
- $E$ : erro máximo aceitável na estimativa da velocidade.

A Tabela 3.1 apresenta os valores de  $k$  para níveis de confiança mais comumente usados nos estudos de velocidades de veículos (DNIT, 2006).

**Tabela 3.1:** Valores da constante “ $k$ ” para vários níveis de confiança

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

Fonte: (DNIT, 2006).

Nesta pesquisa para o nível de confiança “ $k$ ” adotou-se de 95%, para desvio padrão da população “ $s$ ” foi estimado 6,6km/h conforme dados coletados de velocidade na pesquisa piloto, e para o erro máximo aceitável “ $E$ ” foi adotado de 2km/h. Assim, foi encontrado o tamanho da amostra de 41 veículos.

As coletas de velocidade foram realizadas durante o período entre-pico, das 16:00 as 17:00hs, por exemplo, por ser mais adequado em relação ao objetivo do trabalho, e evitar altos fluxos de veículos na via analisada, o que poderia resultar em velocidades lentas.

Para melhor compreensão do processo de levantamento das velocidades na presente pesquisa, as etapas seguintes foram estabelecidas:

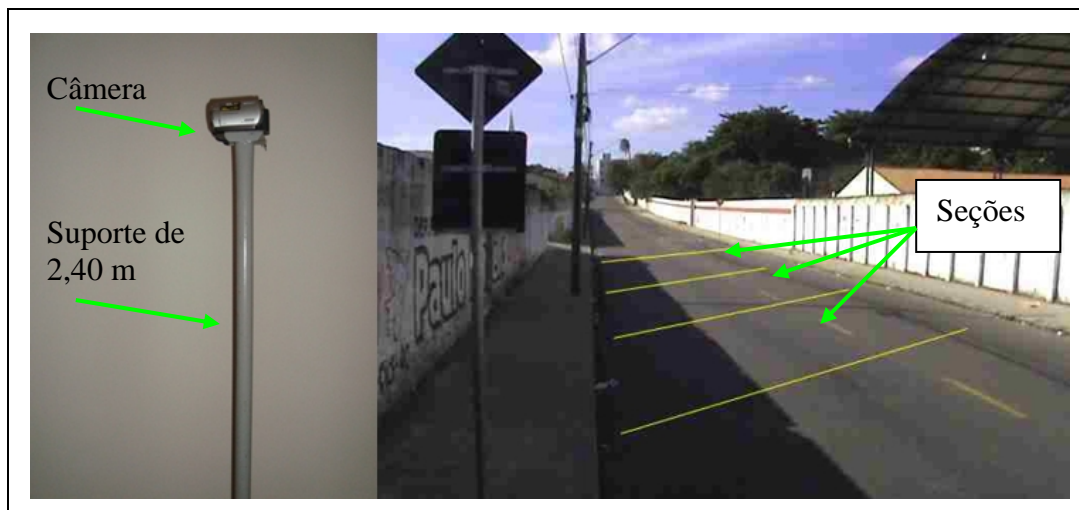
- Primeira Etapa: escolha do local no trecho viário estudado para instalar a câmera em campo, afastado das seções onde seriam coletados os dados de velocidades, mas com boa visualização das imagens.
- Segunda Etapa: Fazer as marcações das seções na via, como apresentados na Figura 3.2. Desta forma, ao visualizar a filmagem no computador, as linhas serão marcadas virtualmente nas marcações realizadas em campo. Assim, os veículos não sofrerão influencia do processo de coleta de velocidades. As distâncias entre as seções podem ser marcadas por ciclômetro (medidor de distância pneumático) ou com o uso de trena.



**Figura 3.2:** Exemplo de trecho com a utilização do método de filmagem para obtenção da velocidade veicular

- Terceira Etapa: Operação de filmagens dos veículos durante as passagens dos mesmos no trecho pesquisado. O método de filmagem deve ser utilizado, pelo fato de redução do tempo de pesquisa em campo, uma vez que se fosse utilizar, por exemplo, o radar portátil só seria coletado as velocidades em uma seção por período. Em campo, o pesquisador depois de marcar as

seções, aciona o equipamento para realizar as filmagens, durante o período estabelecido, conforme o tamanho da amostra. Com o método de filmagem se consegue coletar até 3 (três) seções por período. A câmera deve ficar posicionada em local elevado para que os veículos que trafegam no trecho possam ser filmados, como mostra a Figura 3.3.



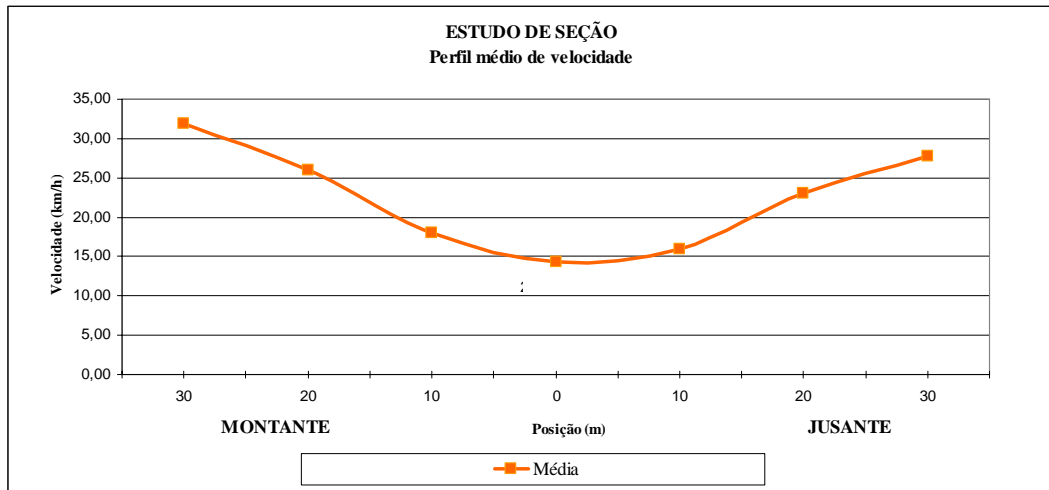
**Figura 3.3:** Adaptação da filmadora para coleta de dados para visualizar as seções

- Quarta Etapa: Cronometragem dos tempos entre seções (Figura 3.3). Após as filmagens de campo, estas são transferidas para um computador com o auxílio do *software Windows Movie Maker* (MICROSOFT, 2003). O operador seleciona um veículo para ser monitorado, e quando este passa pela primeira seção, a imagem é congelada e anotado o tempo registrado no vídeo. Em seguida, descongela a imagem até o mesmo veículo passar na segunda seção, onde será novamente congelada, para anotação do tempo de percurso na seção. Este procedimento é realizado para todos os veículos que cruzarem as seções marcadas.

Antes da realização das pesquisas das velocidades na área de influência da ondulação transversal, torna-se necessário realizar uma pesquisa piloto para definição dos espaçamentos entre as seções onde serão coletadas as velocidades veiculares. O comprimento do trecho viário pesquisado, a montante e a jusante da ondulação, deverá incluir todas as seções estabelecidas nesta pesquisa piloto, considerando ainda o alcance

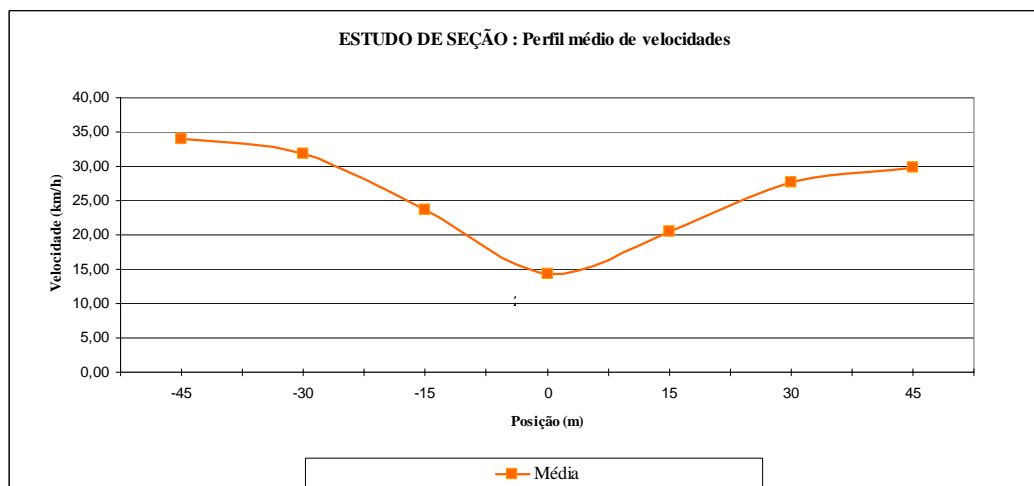


da câmara para filmar os veículos quando estes iniciam suas desacelerações devido a presença da ondulação transversal a jusante. A Figura 3.5 apresenta o perfil das velocidades coletadas utilizando o espaçamento de 10m entre as seções na Rua Moreira de Sousa.



**Figura 3.4:** Perfil de velocidade com espaçamento de dez metros na Rua Moreira de Sousa

Analisando o perfil das velocidades da Figura 3.4, observou-se que, na distância de 30m a montante da ondulação transversal, os veículos já estavam desacelerando. Portanto, optou em aumentar o espaçamento de 10m para 15m entre as seções, resultando em um comprimento total de trecho observado de 90m a montante e a jusante da ondulação estudada, conforme ilustra a Figura 3.5.



**Figura 3.5:** Perfil de velocidade com espaçamento de quinze metros

O perfil das velocidades da Figura 3.5, mostra que os veículos iniciam suas desacelerações a uma distância superior a 45m a montante da ondulação transversal. Assim, quando estão a 45m a jusante da ondulação, os veículos já tentam estabilizar suas velocidades.

### **3.4.2. Segunda Etapa - Coleta de Dados Gerais na Área de Entorno das Ondulações Transversais**

O conhecimento da área de influência da ondulação transversal é o fator fundamental para se estudar o comportamento da velocidade veicular. Ela corresponde a uma área onde as velocidades sofrem o impacto da ondulação transversal. Para o estudo, com base nas velocidades médias por seção encontradas, estima-se a área de influência a montante e a jusante da ondulação transversal analisada.

Para esta atividade é elaborado um formulário de campo visando à obtenção das variáveis físicas do entorno das ondulações transversais, constando as seguintes informações (Apêndice A):

- Classificação viária: o CBT (BRASIL, 1997) sugere a implantação de ondulações transversais em vias coletoras ou vias locais, desta forma procurou-se selecionar vias com estas classificações viárias;
- Uso do solo: identificação dos tipos de uso do solo (residencial, área escolar, e comercial/serviço) ao longo do trecho estudado;
- Pólos Geradores de Viagens: identificação dos PGV`s existentes, incluindo escolas, comércios, e outros;
- Características geométricas da via: largura da pista de rolamento, número de faixas de tráfego, largura do passeio público, e canteiro;
- Tipo de mobiliário urbano próximo a ondulação transversal: bancas de revista, árvores, postes, telefones públicos, e outros;
- Transporte coletivo: levantamento das linhas de ônibus que trafegam pela via estudada;

- Posição da ondulação: medição da distância da ondulação para o local de travessia dos pedestres, o qual motivou a implantação.

### **3.5. MÉTODOS DE ANÁLISE**

Após as etapas de coleta de velocidades veiculares e dos fatores externos no entorno da ondulação transversal, esta seção apresenta as etapas para avaliar a variação da velocidade veicular resultante do impacto da implantação da ondulação transversal. Sendo assim as etapas são:

- Estruturação dos dados – objetiva a estruturação e preparação do banco de informações resultado da etapa de coleta;
- Análise dos dados coletados – objetiva investigar a variação ocorrida do impacto da implantação de ondulações transversais em trechos viários.

#### **3.5.1. Estruturação dos Dados**

Esta etapa descreve a estruturação dos dados para a análise de variação. Para cada ondulação transversal pesquisada foram construídas tabelas que apresentaram os indicadores seguintes, resultante da ferramenta de estatística descritiva nos dados de velocidade veicular coletadas para cada trecho pesquisado: velocidade média, percentil 85, percentil 15, velocidade máxima, velocidade mínima, intervalo de confiança maior e menor, e aceleração/desaceleração.

Cabe destacar, que o indicador “aceleração/desaceleração” não foi calculado pela estatística descritiva, mas através da aplicação da equação apresentada a seguir (equação 3.2). Desta forma, encontra-se a aceleração/desaceleração para cada intervalo de seção pesquisada.

$$a = \frac{V^2 - V_0^2}{2d} \quad (3.2)$$

Em que,

- $a$  : aceleração;
- $V$  : velocidade na seção;
- $V_0$  : velocidade na seção anterior;
- $d$  : distância entre as seções.

Para uma melhor compreensão, também são construídos dois gráficos: primeiro gráfico com velocidade média e intervalo de confiança, segundo gráfico com aceleração/desaceleração.

### **3.5.2. Etapas Metodológicas de Análise de Variação da Velocidade Veicular**

Após este levantamento é realizado um estudo para analisar as características próprias de cada local pesquisado, e os dados das velocidades veiculares levantados, de forma a identificar as inter-relação destas velocidades com as características dos locais pesquisados.

#### **a) Análise Individual - Todas as Vias Pesquisadas Individualmente**

Esta etapa objetiva a identificação das variações das velocidades veiculares nos trechos pesquisados. Utilizando os testes de equivalência dos dados para testar se a hipótese nula ( $H_0$ ) de que as velocidades são iguais. Para isso, se o teste de equivalência for rejeitado as velocidades são estatisticamente diferentes, ou seja, a velocidade sofreu uma variação significativa entre as seções estudadas.

## **b) Análise Comparativa - Todas as Vias Pesquisadas por Seção na Via**

Esta etapa objetiva identificação dos possíveis fatores externos nas variações das velocidades veiculares. Através de análise de grupos de trechos, procura-se a identificação de grupos com velocidades semelhantes. Nesta pesquisa, utilizou-se da técnica ANOVA para verificar quais os grupos com velocidade semelhantes.

### **3.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No Capítulo 3 foram detalhadas todas as atividades propostas na metodologia para se determinar a seção na via mais adequada para o posicionamento da ondulação transversal. Inicialmente especificou-se a seleção da área de estudo, em seguida foram detalhadas todas as pesquisas a serem realizadas em campo.

Os corretos procedimentos de realizações das pesquisas de campo irão garantir os levantamentos dos reais valores das velocidades veiculares a montante e jusante da ondulação transversal, o que implicará no espaçamento realmente necessário que deve ter entre a ondulação e o local de travessia dos pedestres (faixa).

A seguir, o Capítulo 4 o aborda o estudo de caso para analisar as variações das velocidades veiculares, em cada seção dos trechos a montante e a jusante da ondulação transversal seguindo a estruturação da metodologia proposta.

## **CAPÍTULO 4**

# **ESTUDO DAS VARIAÇÕES DAS VELOCIDADES VEICULARES EM TRECHOS VIÁRIOS URBANOS COM ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS**

### **4.1. INTRODUÇÃO**

Neste capítulo, será apresentado o estudo realizado nos trechos viários com ondulações transversais, objetivando identificar as variações das velocidades veiculares entre as seções a montante e a jusante da ondulação transversal pesquisada, e os fatores externos que influenciem nessas velocidades. Inicialmente são apresentados os locais de estudo das variações das velocidades veiculares em seguida são especificadas as etapas metodológicas de análise estatística estruturadas no Capítulo 3.

### **4.2. SELEÇÃO DA ÀREA DE ESTUDO**

Na cidade de Fortaleza, a partir do final da década de 80, o Departamento Estadual de Trânsito do Ceará – DETRAN implantou várias ondulações transversais, de forma a reduzir os índices de acidentes envolvendo pedestres, em trechos viários onde existiam escolas (ASTEFA, 1987). Após a implantação do Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997), a jurisdição sobre o trânsito de Fortaleza passa do Estado, o DETRAN, para o Município, a Autarquia Municipal de Trânsitos e Serviços e de Cidadania – AMC. Desta forma, devida ao não acompanhamento destas implantações, o atual órgão gestor não afirma com precisão quantas ondulações transversais ainda estão em operação na cidade de Fortaleza.

Assim, pela falta de um cadastro, por parte da AMC, incluindo as localizações das ondulações transversais existentes, os tipos de ondulações, os estados de conservação, e as condições da sinalização, a obtenção de uma amostra significativa para o presente estudo tornou-se uma tarefa de várias visitas à campo.

Desta forma, seguindo os critérios estruturados na metodologia (Capítulo 3), a Tabela 4.1 apresenta os locais selecionados para este estudo.

**Tabela 4.1:** Locais selecionados para o estudo de caso.

Ondulação transversal (OT)	Logradouro	Classificação funcional da via
OT1	Cônego de Castro	Coletora
OT2	Moreira de Sousa	Coletora
OT3	Irmão Bazet	Coletora
OT4	Dom Lino	Coletora
OT5	Alfredo Mamede	Local
OT6	João Firmino	Local

### **4.3. IDENTIFICAÇÃO DAS VARIAÇÕES DAS VELOCIDADES VEICULARES NOS TRECHOS PESQUISADOS**

Esta seção, destina-se a aplicação do método estatístico, onde através do teste-t pareado e o simples, investiga o comportamento da velocidade média ao longo do trecho com implantação transversal. A seguir descreve o tipo de dados de velocidade para cada teste-t estatístico:

- a) Teste pareado: este teste aplica-se para os dados coletados de um mesmo veículo que passa nas três seções a montante para avaliar a hipótese nula ( $H_0$ ) que a diferenças das velocidades médias é igual a zero, devido a uma dependência existente por ser o mesmo veículo analisado nas três seções. Esta mesma situação se aplica aos dados coletados nas três seções a jusante da ondulação (15m, 30m e 45m).
- b) Teste simples: este teste aplica-se aos dados das outras seções, por terem sido coletados em dias diferentes, não existe uma dependência entre estes dados, por tanto se aplica o teste-t simples para avaliar se as médias são iguais.

Para tanto, são apresentados os resultados das análises descritivas e os resultados dos testes estatísticos para cada uma das vias pesquisadas.

#### 4.3.1. Rua Cônego de Castro (OT1)

Os resultados da estatística descritiva dos dados coletados na ondulação transversal implantada na Rua Cônego de Castro, a taxa de aceleração/desaceleração, e os resultados dos testes-t são observados nas Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4.

**Tabela 4.2:** Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua Cônego de Castro

Indicadores (km/h)	Seções na via						
	M-45*	M-30	M-15	OT	J-15**	J-30	J-45
Velocidade média	38,04	37,16	29,31	13,37	25,77	30,66	34,91
Velocidade máxima	48,00	48,46	37,50	18,00	32,14	39,38	42,35
Velocidade mínima	28,80	25,20	18,00	9,78	20,45	26,25	28,80
85° percentil	45,00	42,00	32,14	15,98	28,13	33,16	37,89
15 Percentil	31,66	29,35	25,00	10,98	22,50	28,64	31,30
Intervalo de confiança maior	54,45	55,26	38,79	18,98	34,79	35,80	40,91
Intervalo de confiança menor	22,18	19,89	21,06	7,07	17,02	24,34	27,82
Número de observações (veículos)	41	41	41	43	45	45	45

\*M-45 = distância de 45m a montante da ondulação

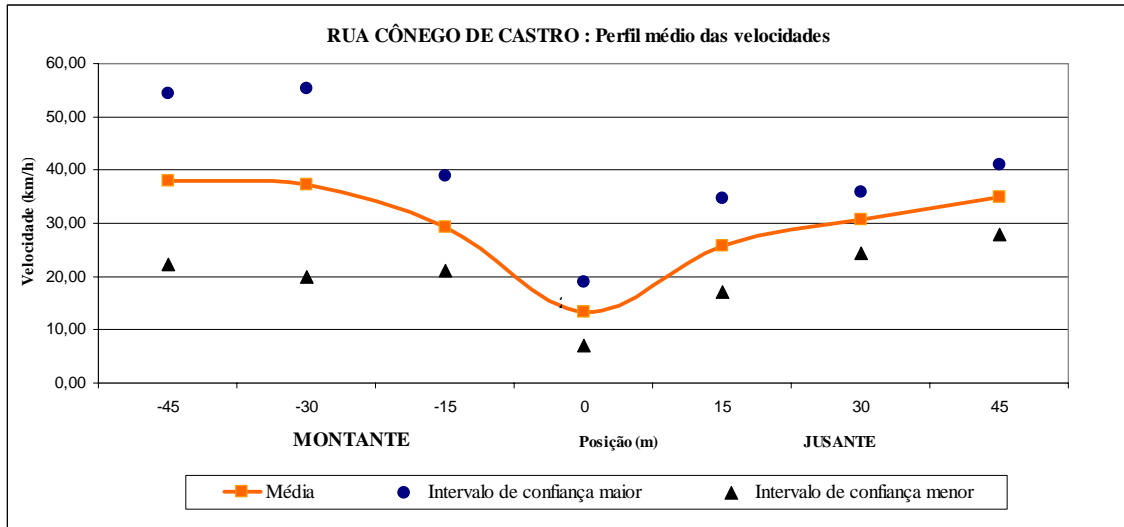
\*\*J-15 = distância de 15m a jusante da ondulação

**Tabela 4.3:** Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua Cônego de Castro

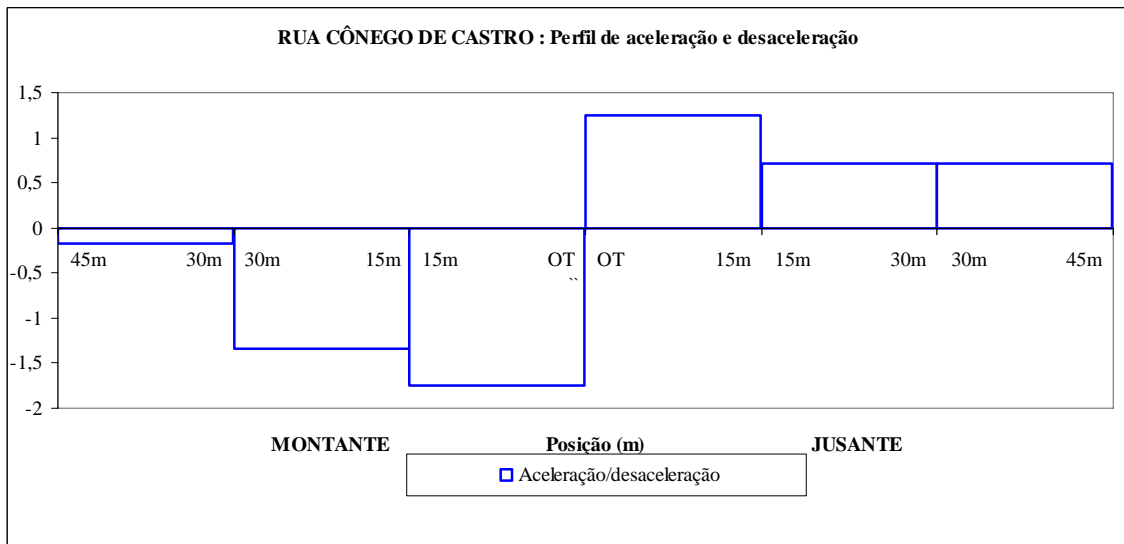
Indicador	Entre seções					
	45m e 30m	30m e 15m	15 e OT	OT e 15m	15m e 30m	30m e 45m
Aceleração e desaceleração (m/s <sup>2</sup> )	-0,17	-1,34	-1,75	1,25	0,71	0,72

Os valores apresentados na Tabela 4.2 e 4.3 foram plotados nos gráficos das Figuras 3.6 e 3.7 para uma melhor análise dos comportamentos dos veículos.





**Figura 4.1:** Gráfico do perfil de velocidade média da Rua Cônego de Castro



**Figura 4.2:** Gráfico dos perfis de aceleração/desaceleração da Rua Cônego de Castro

A Tabela 4.4, apresenta os resultados dos testes-t pareado e simples da Rua Cônego de Castro. Nestes testes, foram aplicados considerando um nível de significância de 5% para verificar a hipótese nula ( $H_0$ ).

**Tabela 4.4:** Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua Cônego de Castro

Entre seções	Teste-t	Diferença das médias	Stat t	Valor-p bicaudal	t crítico bicaudal	Ho
45m e 30m*	Pareado	0,883	1,181	0,246	2,030	não rejeitar
30m e 15m *	Pareado	7,852	10,884	0,000	2,030	rejeitar
15m e OT*	Simples	16,529	20,537	0,000	2,064	rejeitar
OT e 15m**	Simples	-12,209	-17,557	0,000	2,064	rejeitar
15m e 30m**	Pareado	-4,889	-14,695	0,000	2,015	rejeitar
30m e 45m**	Pareado	-4,250	-9,714	0,000	2,015	rejeitar

\*= montante da ondulação

\*\* = jusante da ondulação

Analisando as Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4 e com os gráficos das Figuras 4.1 e 4.2 foram observados os seguintes comportamentos dos veículos:

1ª seção (entre 45m e 30m a montante da ondulação): ocorreram baixas desacelerações, correspondendo ao valor médio de  $-0,17\text{m/s}^2$ , resultando em pouca variação da velocidade média e da velocidade do 85º percentil. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.4), não se pode rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) que elas são estatisticamente iguais. Desta forma, conclui-se que não existe diferença significativa das velocidades médias neste trecho viário (45m e à 30m a montante da ondulação). Ou seja, nesta seção ainda não houve uma variação da velocidade devido a ondulação transversal.

2ª seção (entre 30m e 15m a montante da ondulação): nesta seção, ocorreram desacelerações mais fortes, correspondendo ao valor médio de  $-1,34\text{m/s}^2$ . A velocidade média variou de 37,16km/h para 29,31km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.4), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 7,85km/h).

3ª seção (entre 15m a montante e a ondulação): nesta seção quando os veículos se aproximam da ondulação transversal, as desacelerações são mais fortes ( $-1,75\text{m/s}^2$ ). A velocidade média teve uma variação de 29,32km/h para 13,37km/h. Com base nos resultados do teste-t simples das velocidades médias (Tabela 4.4), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 15,94km/h).

4ª seção (entre a ondulação e 15m a jusante): ocorreu aceleração média de 1,35 m/s<sup>2</sup>, resultando em uma variação significativa da velocidade média de 13,37km/h para 25,77km/h. Com base nos resultados do teste-t simples das velocidades médias (Tabela 4.4), a hipótese nula (Ho) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 12,40km/h).

5ª seção (entre 15m e 30m a jusante da ondulação): nesta seção ocorreu aceleração média de 0,71m/s<sup>2</sup>, menor que a aceleração média da seção anterior (entre a ondulação e 15m a jusante). A velocidade média nesta seção variou de 25,77km/h para 30,66km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.4), a hipótese nula (Ho) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 4,89km/h).

6ª seção (entre 30m e 45m a jusante da ondulação): nesta seção, aceleração média foi de 0,72m/s<sup>2</sup>, praticamente a mesma da seção anterior. A velocidade média nesta seção variou de 30,66km/h para 34,91km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.4), a hipótese nula (Ho) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 4,25km/h).

#### **4.3.2. Rua Moreira de Sousa (OT2)**

Os resultados da estatística descritiva dos dados coletados na ondulação transversal implantada na Rua Moreira de Sousa, a taxa de aceleração/desaceleração, e os resultados dos testes-t são observados nas Tabelas 4.5, 4.6 e 4.7.

**Tabela 4.5:** Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua Moreira de Sousa.

Indicadores (km/h)	Seções na via						
	M-45*	M-30	M-15	OT	J-15**	J-30	J-45
Velocidade média	39,47	37,86	29,90	18,06	24,71	29,35	34,50
Velocidade máxima	56,25	48,21	40,91	32,14	34,62	42,19	47,37
85º percentil	45,50	45,00	34,90	23,68	28,13	33,75	39,13
15 Percentil	32,14	32,14	25,00	13,20	21,43	25,96	29,08
Velocidade mínima	25,71	25,00	19,57	10,47	16,67	18,75	22,50
Intervalo de confiança maior	56,66	61,93	44,67	30,04	32,43	39,86	47,20
Intervalo de confiança menor	19,85	14,92	16,21	4,47	16,54	19,29	21,34
Número de observações (veículos)	54	54	54	42	68	68	68

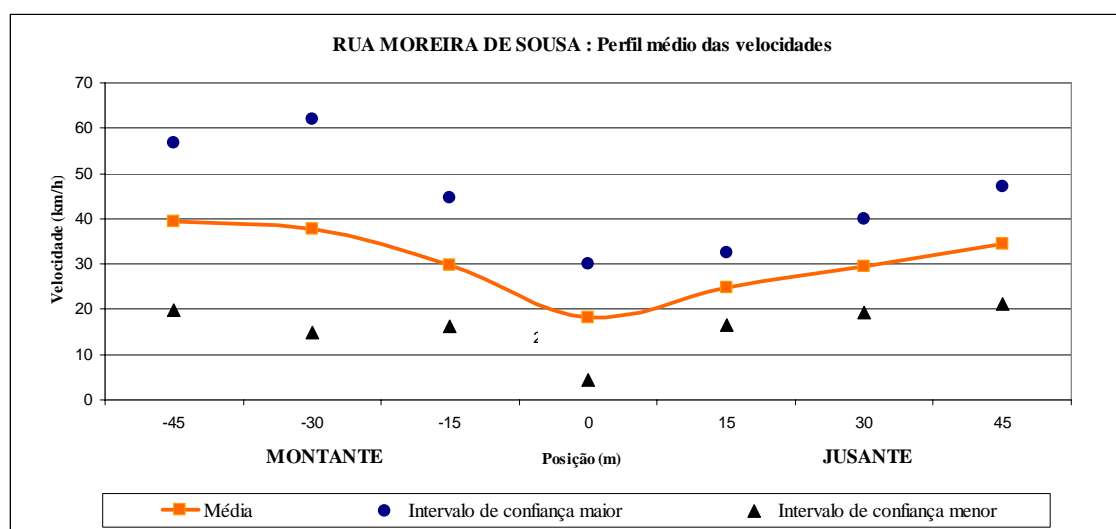
\*M-45 = distância de 45m a montante da ondulação

\*\*J-15 = distância de 15m a jusante da ondulação

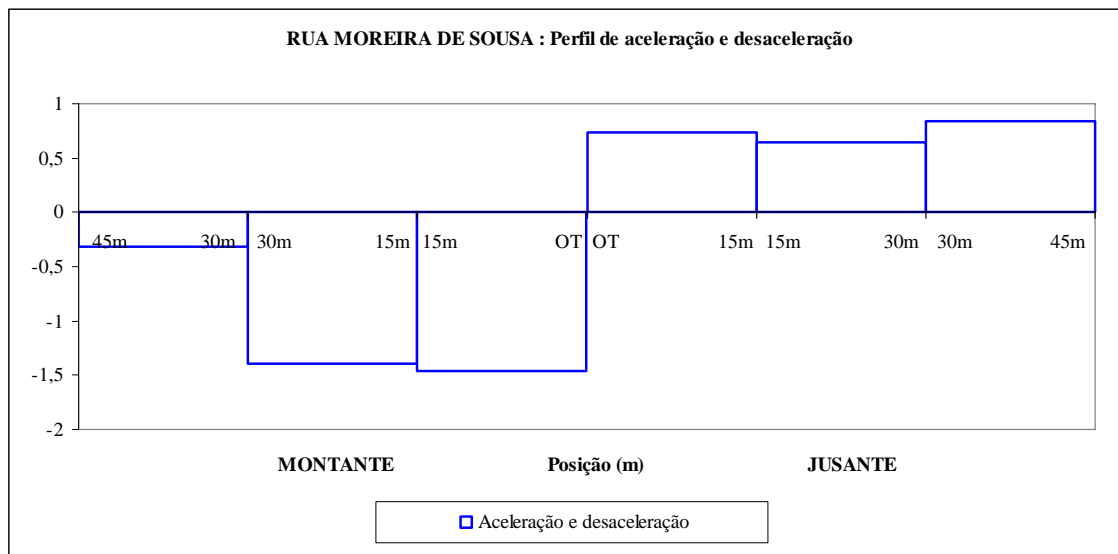
**Tabela 4.6:** Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua Moreira de Sousa

Indicador	Entre seções					
	45m e 30m	30m e 15m	15 e OT	OT e 15m	15m e 30m	30m e 45m
Aceleração e desaceleração (m/s <sup>2</sup> )	-0,32	-1,39	-1,46	0,73	0,65	0,85

Os valores apresentados nas Tabelas 4.5 e 4.6 foram plotados nos gráficos das Figuras 3.6 e 3.7 para uma melhor análise dos comportamentos dos veículos.



**Figura 4.3:** Gráfico dos perfis das velocidades na Rua Moreira de Sousa



**Figura 4.4:** Gráfico dos perfis de aceleração e desaceleração para a Rua Moreira de Sousa

A Tabela 4,7, apresenta os resultados dos testes-t pareado e simples da Rua Moreira de Sousa. Nestes testes, foram aplicados considerando um nível de significância de 5% para verificar a hipótese nula ( $H_0$ ).

**Tabela 4.7:** Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua Moreira de Sousa

Entre seções	Teste-t	Diferença das médias	Stat t	Valor-p bi-caudal	t crítico bi-caudal	$H_0$
45m e 30m*	Pareado	1,612	2,197	0,0162	2,006	rejeitar
30m e 15m *	Pareado	7,963	14,040	0,000	2,006	rejeitar
15m e OT*	Simples	11,840	11,761	0,000	1,983	rejeitar
OT e 15m**	Simples	-6,445	-7,526	0,000	1,983	rejeitar
15m e 30m**	Pareado	-4,649	-11,595	0,000	1,996	rejeitar
30m e 45m**	Pareado	-5,145	-11,979	0,000	1,996	rejeitar

\*= montante da ondulação

\*\* = jusante da ondulação

Analisando a Tabela 4.5, 4.6 e 4.7 e com os gráficos das Figuras 4.3 e 4.4 foram observados os seguintes comportamentos dos veículos:

1ª seção (entre 45m e 30m a montante da ondulação): nesta seção, ocorreu pequena desaceleração média de  $-0,32\text{m/s}^2$ , resultando em pouca variação da velocidade média de  $39,47\text{km/h}$  para  $37,86\text{km/h}$ . Com base nos resultados do teste-t pareado das

velocidades médias (Tabela 4.7), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 1,61km/h).

2ª seção (entre 30m e 15m a montante da ondulação): ocorreu desaceleração média (-1,39m/s<sup>2</sup>), o que resulta na variação da velocidade média de 37,86km/h para 29,90km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.7), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 7,96km/h).

3ª seção (entre 15m a montante e a ondulação): nesta seção, quando os veículos se aproximam da ondulação transversal, ocorre desaceleração média de -1,46m/s<sup>2</sup>, maior que na seção anterior, resultando em uma variação da velocidade média de 29,90km/h para 18,06km/h. Com base nos resultados do teste-t simples das velocidades médias (Tabela 4.7), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 11,84km/h).

4ª seção (entre a ondulação e 15m a jusante): neste trecho ocorreu aceleração média dos veículos de 0,73m/s<sup>2</sup>. A velocidade média variou de 18,06km/h para 24,71km/h. Com base nos resultados do teste-t simples das velocidades médias (Tabela 4.7), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 6,65km/h).

5ª seção (entre 15m e 30m a jusante da ondulação): ocorreu aceleração média dos veículos de 0,65m/s<sup>2</sup>. A velocidade média variou de 24,71km/h para 29,35km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.7), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 4,65km/h).

6ª seção (entre 30m e 45m a jusante da ondulação): nesta seção, a aceleração média foi de 0,85m/s<sup>2</sup>, mais forte que as acelerações anteriores. A velocidade média variou de 29,35km/h para 34,50km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das

velocidades médias (Tabela 4.7), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 5,15km/h).

### 4.3.3. Rua Irmã Bazet (OT3)

Os resultados da estatística descritiva dos dados coletados na ondulação transversal implantada na Rua Irmã Bazet, a taxa de aceleração/desaceleração, e os resultados dos testes-t são observados nas Tabelas 4.8, 4.9 e 4.10.

**Tabela 4.8:** Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua Irmã Bazet.

Indicadores (km/h)	Seções na via						
	M-45*	M-30	M-15	OT	J-15**	J-30	J-45
Velocidade média	52,50	43,74	32,67	14,70	29,81	37,41	42,34
Velocidade máxima	60,00	52,50	40,91	22,50	40,91	52,50	55,38
85° percentil	55,38	48,46	37,50	18,75	34,62	45,00	48,00
15 Percentil	48,00	39,38	26,88	11,87	25,00	31,50	34,29
Velocidade mínima	37,89	30,00	23,68	9,78	20,45	27,39	30,00
Intervalo de confiança maior	66,46	62,09	43,34	21,24	38,17	48,70	66,00
Intervalo de confiança menor	36,92	25,75	22,00	6,71	22,10	23,83	18,00
Número de observações (veículo)	41	41	41	48	45	45	45

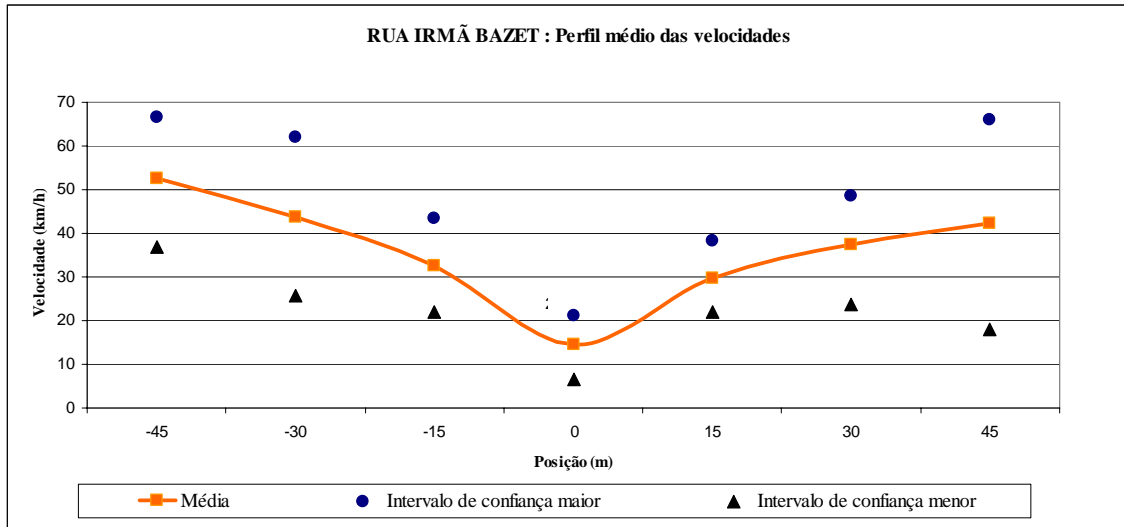
\*M-45 = distância de 45m a montante da ondulação

\*\*J-15 = distância de 15m a jusante da ondulação

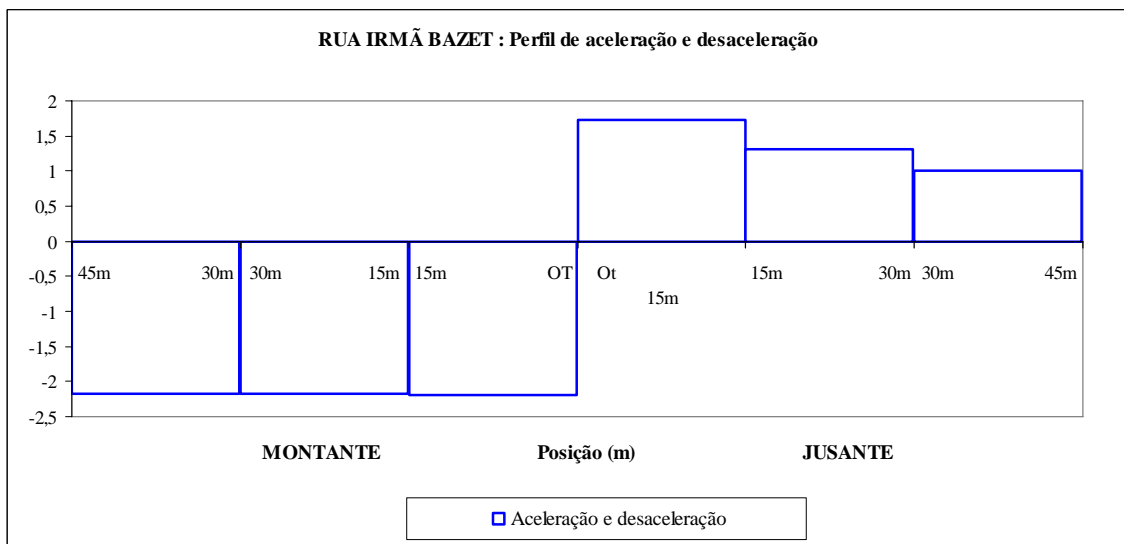
**Tabela 4.9:** Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua Irmã Bazet

Indicador	Entre seções					
	45m e 30m	30m e 15m	15 e OT	OT e 15m	15m e 30m	30m e 45m
Aceleração e desaceleração (m/s <sup>2</sup> )	-2,17	-2,18	-2,19	1,73	1,31	1,01

Os valores apresentados nas Tabelas 4.8 e 4.9 foram plotados nos gráficos das Figuras 4.5 e 4.6 para uma melhor análise dos comportamentos dos veículos.



**Figura 4.5:** Gráfico dos perfis das velocidades na Rua Irmã Bazet



**Figura 4.6:** Gráfico dos perfis de aceleração e desaceleração para a Rua Irmã Bazet

A Tabela 4.10, apresenta os resultados dos testes-t pareado e simples da Rua Irmã Bazet. Nestes testes, foram aplicados considerando um nível de significância de 5% para verificar a hipótese nula ( $H_0$ ).



**Tabela 4.10:** Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua Irmã Bazet

Entre seções	Teste-t	Diferença das médias	Stat t	Valor-p bi-caudal	t crítico bi-caudal	Ho
45m e 30m*	Pareado	8,758	14,353	0,000	2,030	rejeitar
30m e 15m *	Pareado	11,068	21,493	0,000	2,030	rejeitar
15m e OT*	Simples	17,980	19,282	0,000	1,995	rejeitar
OT e 15m**	Simples	-15,106	-13,100	0,000	2,005	rejeitar
15m e 30m**	Pareado	-7,599	-11,104	0,000	2,086	rejeitar
30m e 45m**	Pareado	-4,930	-4,967	0,000	2,086	rejeitar

\*= montante da ondulação

\*\* = jusante da ondulação

Analisando as Tabelas 4.8, 4.9 e 4.20, e com os gráficos das Figuras 4.5 e 4.6, foram observados os seguintes comportamentos dos veículos:

1ª seção (entre 45m e 30m a montante da ondulação): nesse trecho, a desaceleração média foi bastante forte ( $-2,17\text{m/s}^2$ ), resultando em uma variação da velocidade média de  $52,50\text{km/h}$  para  $43,74\text{km/h}$ . Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.10), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de  $8,76\text{km/h}$ ).

2ª seção (entre 30m e 15m a montante da ondulação): igual a seção anterior, a desaceleração média permanece bastante forte ( $-2,18\text{m/s}^2$ ), o que resultou numa variação da velocidade média elevada, de  $43,74\text{km/h}$  para  $32,67\text{km/h}$ . Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.10), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de  $11,07\text{km/h}$ ).

3ª seção (entre 15m a montante e a ondulação): nesse trecho, ocorreu desaceleração média bastante forte ( $-2,19\text{m/s}^2$ ). A velocidade média variou de  $32,67\text{km/h}$  para  $14,70\text{km/h}$ . Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.10), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença bastante significativa dos valores das velocidades médias (variação de  $17,07\text{km/h}$ ).

4ª seção (entre a ondulação e 15m a jusante): nesta seção, após os veículos atingirem a velocidade mais baixa do trecho (14,70km/h), ocorre a maior aceleração média dos veículos (1,73m/s<sup>2</sup>), resultando em uma variação da velocidade média de 14,70km/h para 29,81km/h. Com base nos resultados do teste-t simples das velocidades médias (Tabela 4.10), a hipótese nula (H<sub>0</sub>) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 15,11km/h).

5ª seção (entre 15m e 30m a jusante da ondulação): neste trecho, a aceleração média foi de 1,31m/s<sup>2</sup>. A velocidade média variou de 29,81km/h para 37,41km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.10), a hipótese nula (H<sub>0</sub>) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 7,60km/h).

6ª seção (entre 30m e 45m a jusante da ondulação): nessa seção, a aceleração média foi menor que no trecho anterior (entre 15m e 30m a jusante da ondulação). A velocidade média teve uma variação de 37,41km/h para 42,34km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.10), a hipótese nula (H<sub>0</sub>) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 4,93km/h).

#### **4.3.4. Rua Dom Lino (OT4)**

Os resultados da estatística descritiva dos dados coletados na ondulação transversal implantada na Rua Dom Lino, a taxa de aceleração/desaceleração, e os resultados dos testes-t são observados nas Tabelas 4.11, 4.12 e 4.13.

**Tabela 4.11:** Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua Dom Lino

Indicadores (km/h)	Seções na via						
	M-45*	M-30	M-15	OT	J-15**	J-30	J-45
Velocidade média	39,56	33,25	26,07	14,28	25,58	33,00	35,24
Velocidade máxima	55,38	45,00	32,14	18,00	30,00	39,38	40,00
Velocidade mínima	28,80	22,50	18,75	11,54	18,00	21,72	28,80
85° percentil	45,00	39,38	28,13	16,07	28,13	37,06	37,89
15 Percentil	33,19	27,39	22,50	12,61	22,86	29,05	32,73
Intervalo de confiança maior	51,88	49,69	32,81	19,22	34,79	42,82	43,31
Intervalo de confiança menor	26,47	16,00	20,31	9,34	17,02	24,71	28,87
Número de observações (veículo)	43	43	43	50	41	41	41

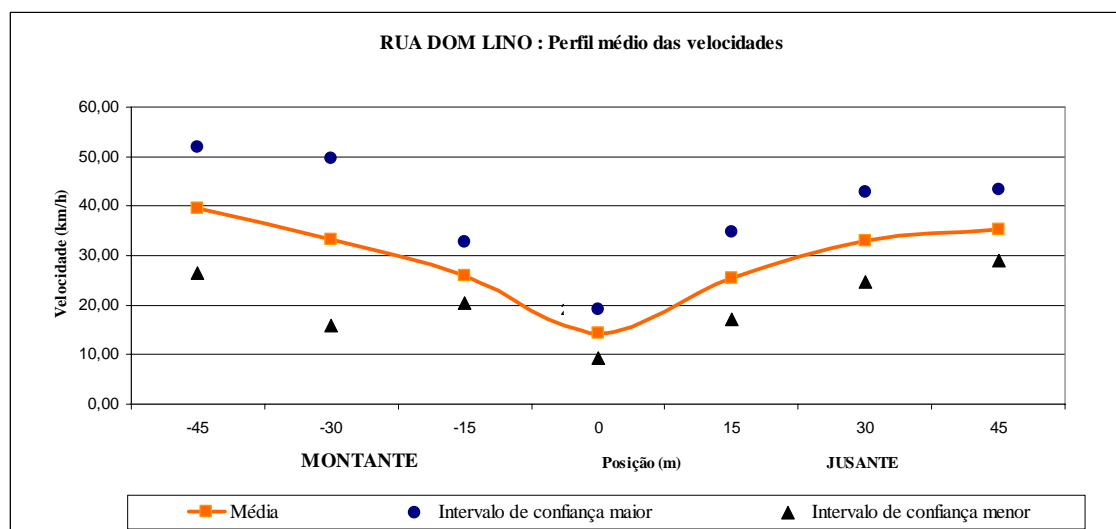
\*M-45 = distância de 45m a montante da ondulação

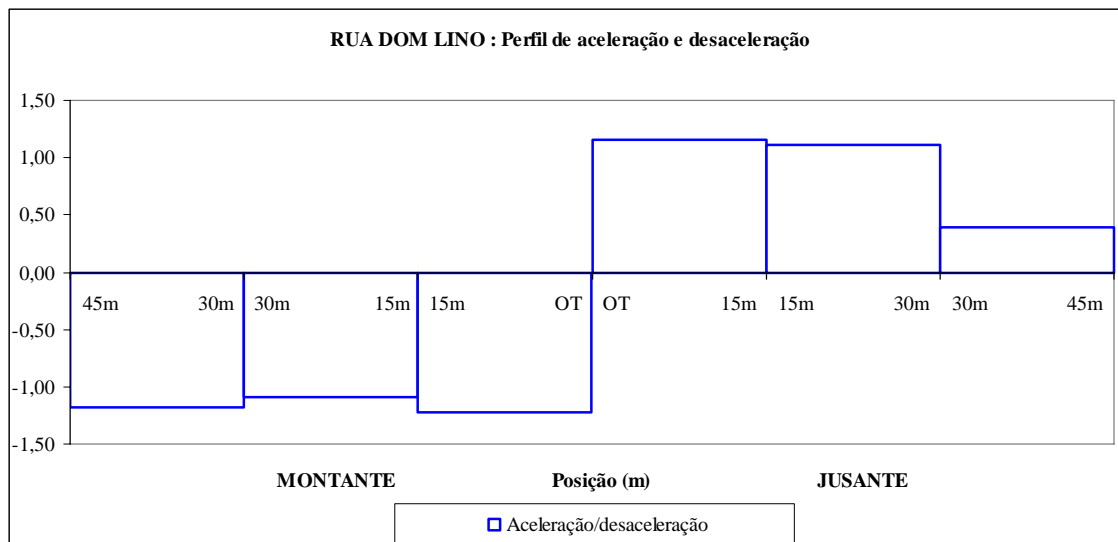
\*\*J-15 = distância de 15m a jusante da ondulação

**Tabela 4.12:** Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua Dom Lino

Indicador	Entre seções					
	45m e 30m	30m e 15m	15 e OT	OT e 15m	15m e 30m	30m e 45m
Aceleração e desaceleração (m/s <sup>2</sup> )	-1,18	-1,09	-1,22	1,16	1,12	0,39

Os valores apresentados na Tabela 4.11 e 4.12 foram plotados nos gráficos das Figuras 4.7 e 4.8 para uma melhor análise dos comportamentos dos veículos.

**Figura 4.7:** Gráfico do perfil de velocidade média da Rua Dom Lino



**Figura 4.8:** Gráfico dos perfis de aceleração/desaceleração da Rua Dom Lino

A Tabela 4.13, apresenta os resultados dos testes-t pareado e simples da Rua Dom Lino. Nestes testes, foram aplicados considerando um nível de significância de 5% para verificar a hipótese nula ( $H_0$ ).

**Tabela 4.13:** Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua Dom Lino

Entre seções	Teste-t	Diferença das médias	Stat t	P(T<=t) bicaudal	t crítico bicaudal	$H_0$
45m e 30m*	Pareado	6,308	6,650	0,000	2,018	rejeitar
30m e 15m *	Pareado	7,177	11,226	0,000	2,018	rejeitar
15m e OT*	Simples	11,790	22,514	0,000	1,989	rejeitar
OT e 15m**	Simples	-11,297	-22,946	0,000	1,989	rejeitar
15m e 30m**	Pareado	-7,419	-16,145	0,000	2,018	rejeitar
30m e 45m**	Pareado	-2,242	-4,989	0,000	2,018	rejeitar

\*= montante da ondulação

\*\* = jusante da ondulação

Analisando as Tabelas 4.11, 4.12 e 4.13 e os gráficos das Figuras 4.7 e 4.8 foram observados os seguintes comportamentos dos veículos:

1ª seção (entre 45m e 30m a montante da ondulação): ocorreu desaceleração média de  $-1,18\text{m/s}^2$ , resultando em uma variação da velocidade média de  $39,56\text{km/h}$  para  $33,25\text{km/h}$ . Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.13), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada.

Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 6,31km/h).

2ª seção (entre 30m e 15m a montante da ondulação): ocorreu desaceleração média menor que a da seção anterior de  $-1,09\text{m/s}^2$ . A velocidade média variou de 33,25km/h para 26,07km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.13), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 7,17km/h).

3ª seção (entre 15m a montante e a ondulação): nesta seção, quando os veículos se aproximam da ondulação transversal, a desaceleração média foi forte ( $-1,22\text{m/s}^2$ ). A velocidade média teve uma variação 26,07km/h para 14,29km/h. Com base nos resultados do teste-t simples das velocidades médias (Tabela 4.13), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 11,29km/h).

4ª seção (entre a ondulação e 15m a jusante): ocorreu aceleração média de  $1,16\text{m/s}^2$ , resultando em variação da velocidade média de 14,28km/h para 25,58km/h. Com base nos resultados do teste-t simples das velocidades médias (Tabela 4.13), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 11,29km/h).

5ª seção (entre 15m e 30m a jusante da ondulação): nesta seção, ocorreu aceleração média de  $1,12\text{m/s}^2$ , menor que a aceleração média da seção anterior (entre a ondulação e 15m a jusante). A velocidade média variou de 25,58km/h para 33,0km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.13), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 7,67km/h).

6ª seção (entre 30m e 45m a jusante da ondulação): nesta seção, aceleração média foi de  $0,39\text{m/s}^2$ , bem menor que as seções anteriores. A velocidade média variou de 33,0km/h para 35,24km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.13), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente

iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 2,24km/h).

#### 4.3.5. Rua Alfredo Mamede (OT5)

Os resultados da estatística descritiva dos dados coletados na ondulação transversal implantada na Rua Alfredo Mamede, a taxa de aceleração/desaceleração, e os resultados dos testes-t são observados nas Tabelas 4.14, 4.15 e 4.16.

**Tabela 4.14:** Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua Alfredo Mamede.

Indicadores (km/h)	Seções na via						
	M-45*	M-30	M-15	OT	J-15**	J-30	J-45
Velocidade média	30,17	25,50	18,90	13,71	21,25	25,46	28,17
Velocidade máxima	39,90	34,30	29,60	16,30	25,00	31,30	34,50
85° percentil	32,73	27,39	21,43	14,52	23,68	27,39	31,30
15 Percentil	26,67	23,33	16,67	12,86	19,12	23,33	23,95
Velocidade mínima	21,82	21,72	16,07	12,50	18,75	21,72	20,57
Intervalo de confiança maior	38,62	32,47	23,51	15,30	27,64	29,99	35,00
Intervalo de confiança menor	22,91	18,93	13,59	11,99	14,72	20,77	21,67
Número de observações (veículo)	44	44	44	41	41	41	41

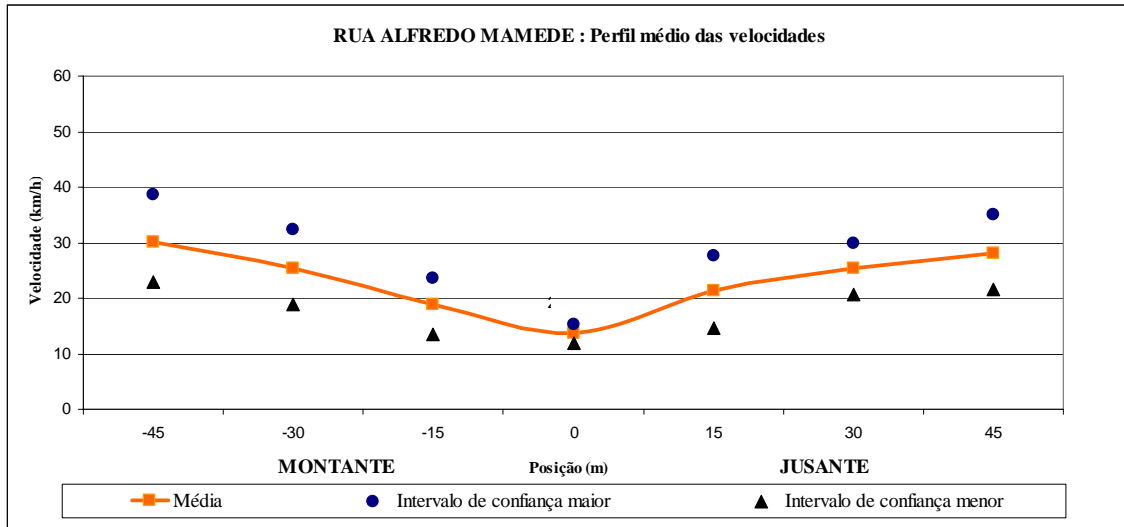
\*M-45 = distância de 45m a montante da ondulação

\*\*J-15 = distância de 15m a jusante da ondulação

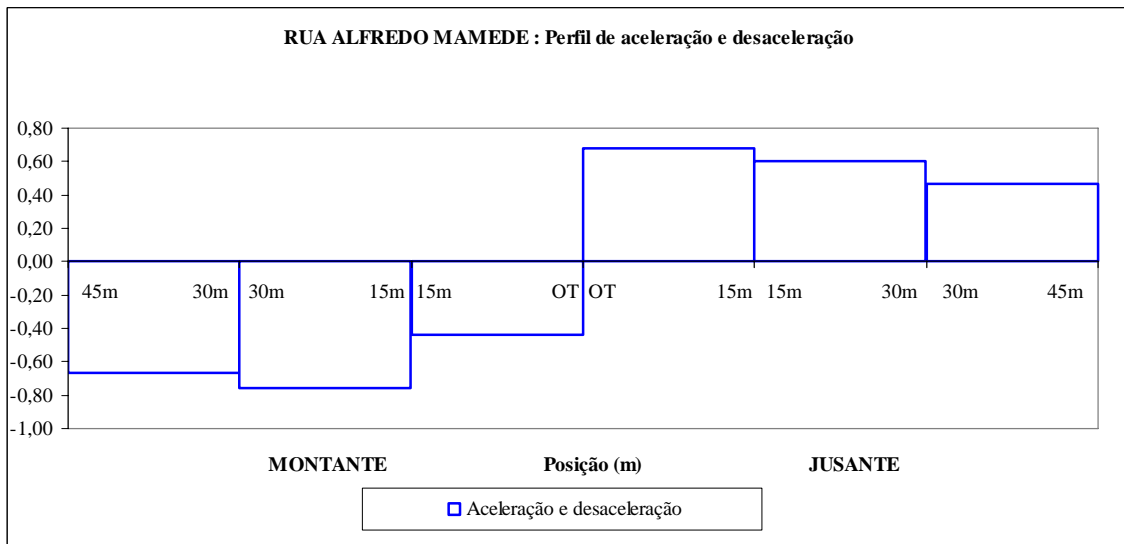
**Tabela 4.15:** Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua Alfredo Mamede

Indicador	Entre seções					
	45m e 30m	30m e 15m	15 e OT	OT e 15m	15m e 30m	30m e 45m
Aceleração e desaceleração (m/s <sup>2</sup> )	-0,67	-0,75	-0,44	0,68	0,51	0,37

Os valores apresentados nas Tabelas 4.14 e 4.15 foram plotados nos gráficos das Figuras 4.9 e 4.10 para uma melhor análise dos comportamentos dos veículos.



**Figura 4.9:** Gráfico dos perfis das velocidades na Rua Alfredo Mamede



**Figura 4.10:** Gráfico dos perfis de aceleração na Rua Alfredo Mamede

A Tabela 4.16, apresenta os resultados dos testes-t pareado e simples da Rua Alfredo Mamede. Nestes testes, foram aplicados considerando um nível de significância de 5% para verificar a hipótese nula ( $H_0$ ).

**Tabela 4.16:** Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua Alfredo Mamede

Entre seções	Teste-t	Diferença das médias	Stat t	Valor-p bi-caudal	t crítico bi-caudal	Ho
45m e 30m*	Pareado	4,6697	10,3129	0,0000	2,0167	rejeitar
30m e 15m *	Pareado	6,6063	19,4638	0,0000	2,0167	rejeitar
15m e OT*	Simples	5,1875	13,4697	0,0000	1,9879	rejeitar
OT e 15m**	Simples	-7,5353	-24,5388	0,0000	1,9879	rejeitar
15m e 30m**	Pareado	-4,2156	-9,8019	0,0000	2,0167	rejeitar
30m e 45m**	Pareado	-2,7044	-4,0056	0,0002	2,0167	rejeitar

\*= montante da ondulação

\*\* = jusante da ondulação

Analisando as Tabelas 4.14, 4.15 e 4.16, e com os gráficos das Figuras 4.9 e 4.10 foram observados os seguintes comportamentos:

1ª seção (entre 45m e 30m a montante da ondulação): ocorre desaceleração média de  $-0,67\text{m/s}^2$ , resultando em uma variação da velocidade média de  $30,17\text{km/h}$  para  $25,50\text{km/h}$ . Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.16), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de  $4,67\text{km/h}$ ).

2ª seção (entre 30m e 15m a montante da ondulação): nessa seção, a desaceleração média foi de  $-0,75\text{m/s}^2$ , resultando em uma variação da velocidade média, de  $25,50\text{km/h}$  para  $18,90\text{km/h}$ . Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.16), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de  $6,60\text{km/h}$ ).

3ª seção (entre 15m a montante e a ondulação): neste trecho, a desaceleração média foi pequena ( $-0,44\text{m/s}^2$ ). A velocidade média teve pequena variação, de  $18,90\text{km/h}$  para  $13,71\text{km/h}$ . Com base nos resultados do teste-t simples das velocidades médias (Tabela 4.16), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de  $5,18\text{km/h}$ ).



4ª seção (entre a ondulação e 15m a jusante): nesta seção, a aceleração média foi a mais forte ( $0,68\text{m/s}^2$ ). A velocidade média variou de  $13,71\text{km/h}$  para  $21,25\text{km/h}$ . Com base nos resultados do teste-t simples das velocidades médias (Tabela 4.16), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de  $7,53\text{km/h}$ ).

5ª seção (entre 15m e 30m a jusante da ondulação): nesta seção, a aceleração média foi de  $0,51\text{m/s}^2$ . A velocidade média variou de  $21,25\text{km/h}$  para  $25,46\text{km/h}$ . Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.16), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de  $4,21\text{km/h}$ ).

6ª seção (entre 30m e 45m a jusante da ondulação): nesta última seção desta via, a aceleração média foi de  $0,37\text{m/s}^2$ , menor que a seção anterior (entre 15m e 30m a jusante da ondulação). A velocidade média variou de  $25,47\text{km/h}$  para  $28,17\text{km/h}$ . Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.16), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de  $2,70\text{km/h}$ ).

#### **4.3.6. Rua João Firmino (OT6)**

Os resultados da estatística descritiva dos dados coletados na ondulação transversal implantada na Rua João Firmino, a taxa de aceleração/desaceleração, e os resultados dos testes-t são observados nas Tabelas 4.17, 4.18 e 4.19.

**Tabela 4.17:** Dados estatísticos das velocidades do trecho da Rua João Firmino.

Indicadores (km/h)	Seções na via						
	M-45*	M-30	M_-5	OT	J-15**	J-30	J-45
Velocidade média	34,1	31,9	23,7	14,4	20,4	27,7	29,8
Velocidade máxima	48,0	45,0	37,5	19,6	32,1	39,4	37,9
85° percentil	40,4	39,4	30,0	16,4	24,7	31,5	33,9
15 Percentil	27,4	24,1	16,7	11,7	16,8	24,5	26,0
Velocidade mínima	16,7	16,6	10,0	10,1	11,5	19,7	21,2
Intervalo de confiança maior	38,62	32,47	23,51	15,30	27,64	29,99	35,00
Intervalo de confiança menor	22,91	18,93	13,59	11,99	14,72	20,77	21,67
Número de observações (veículo)	46	46	46	41	42	42	42

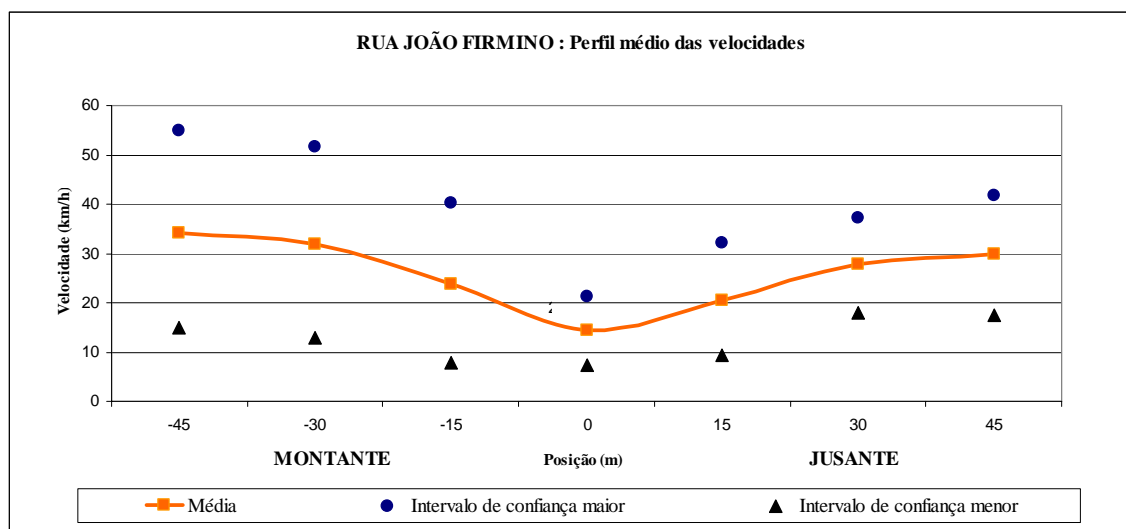
\*M-45 = distância de 45m a montante da ondulação

\*\*J-15 = distância de 15m a jusante da ondulação

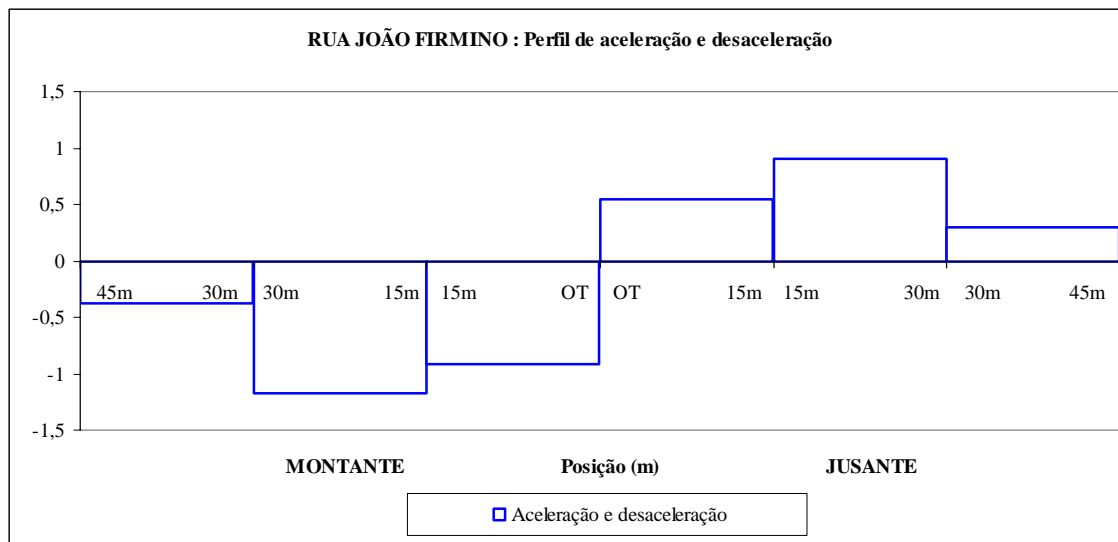
**Tabela 4.18:** Taxa de aceleração/desaceleração do trecho da Rua João Firmino

Indicador	Entre seções					
	45m e 30m	30m e 15m	15 e OT	OT e 15m	15m e 30m	30m e 45m
Aceleração e desaceleração (m/s <sup>2</sup> )	-0,37	-1,17	-0,91	0,54	0,90	0,30

Os valores apresentados nas Tabelas 4.17 e 4.18 foram plotados nos gráficos das Figuras 4.11 e 4.12 para uma melhor análise dos comportamentos dos veículos.



**Figura 4.11:** Gráfico dos perfis das velocidades na Rua João Firmino



**Figura 4.12:** Gráfico dos perfis de aceleração e da desaceleração para a Rua João Firmino

A Tabela 4.19, apresenta os resultados dos testes-t pareado e simples da Rua João Firmino. Nestes testes, foram aplicados considerando um nível de significância de 5% para verificar a hipótese nula ( $H_0$ ).

**Tabela 4.19:** Resultados do teste-t das velocidades médias da Rua João Firmino

Entre seções	Teste-t	Diferença das médias	Stat t	Valor-p bi-caudal	t crítico bi-caudal	$H_0$
45m e 30m*	Pareado	2,1989	4,4051	0,0001	2,0227	rejeitar
30m e 15m *	Pareado	8,1844	14,0691	0,0000	2,0227	rejeitar
15m e OT*	Simples	9,3147	8,3475	0,0000	1,9930	rejeitar
OT e 15m**	Simples	-6,0570	-7,6913	0,0000	1,9949	rejeitar
15m e 30m**	Pareado	-7,3010	-12,9799	0,0000	2,0301	rejeitar
30m e 45m**	Pareado	-2,0342	-4,6819	0,0000	2,0301	rejeitar

\* = montante da ondulação

\*\* = jusante da ondulação

Analisando as Tabelas 4.17, 4.18 e 4.19, com os gráficos das Figuras 4.11 e 4.12 foram observados os seguintes comportamentos:

1ª seção (entre 45m e 30m a montante da ondulação): Nesta seção, ocorreu pequena desaceleração média dos veículos ( $-0,37\text{m/s}^2$ ), resultando em variação da velocidade média de 34,10km/h para 31,90km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.19), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são

estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 2,19km/h).

2ª seção (entre 30m e 15m a montante da ondulação): nesse trecho, os veículos atingem a desaceleração média mais forte ( $-1,17\text{m/s}^2$ ), resultando em uma variação da velocidade média de 31,90km/h para 23,70km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.19), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 8,20km/h).

3ª seção (entre 15m a montante e a ondulação): nesta seção, quando os veículos se aproximam da ondulação transversal ocorre uma desaceleração média de  $-0,91\text{m/s}^2$ . A velocidade média variou de 23,70km/h para 14,40km/h. Com base nos resultados do teste-t simples das velocidades médias (Tabela 4.19), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 9,31km/h).

4ª seção (entre a ondulação e 15m a jusante): ocorreu aceleração média de  $0,54\text{m/s}^2$ , resultando em uma variação da velocidade média de 14,40km/h para 20,40. Com base nos resultados do teste-t simples das velocidades médias (Tabela 4.19), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 6,00km/h).

5ª seção (entre 15m e 30m a jusante da ondulação): nessa seção, ocorreu aceleração média maior que na seção anterior ( $0,90\text{m/s}^2$ ). A velocidade média variou de 20,40km/h para 27,70km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.19), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa dos valores das velocidades médias (variação de 7,30km/h).

6ª seção (entre 30m e 45m a jusante da ondulação): nesta seção, ocorreu desaceleração média  $0,30\text{m/s}^2$ . A velocidade média variou de 27,70km/h para 29,80km/h. Com base nos resultados do teste-t pareado das velocidades médias (Tabela 4.19), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, existe uma diferença significativa das velocidades médias (variação de 2,10km/h).

#### 4.4. IDENTIFICAÇÃO DOS POSSÍVEIS FATORES EXTERNOS NAS VARIAÇÕES DAS VELOCIDADES VEICULARES

Analisando os resultados individuais de cada local pesquisado, observa-se que as variações das velocidades não foram as mesmas entre as mesmas seções nos diversos trechos viários analisados. Para análise destas variações, neste item, aplicou-se o método estatístico de comparações de múltiplas médias Análise de Variância (ANOVA). Onde foram feitas comparações, correlacionando as velocidades médias com as características físicas dos locais estudados na área de influência das ondulações transversais, considerando os fatores mencionados por MONTEIRO (2004), indicados na Tabela 2.1. A Tabela 4.20 apresenta os fatores externos considerados nos trechos viários analisados.

**Tabela 4.20:** Fatores externos existentes nos locais pesquisados na área de influência da ondulação (trecho viário entre 45m a montante e a 45m a jusante)

Fatores externos		Vias coletoras				Vias locais	
		Cônego de castro	Moreira de Sousa	Dom Lino	Irmã Bazet	João Firmino	Alfredo Mamede
Características da via	Largura da via (m)	8	9	8	11	9	8,1
	Pavimento	bom	bom	bom	bom	bom	bom
	Sinalização vertical	sim	sim	sim	sim	sim	sim
	Sinalização horizontal	sim	sim	sim	sim	sim	sim
	Distância entre a ondulação e a travessia (m)	28,8	10,1	11,0	19,9	10,8	13,8
	Ponto de parada	sim	não	não	não	sim	sim
Composição do tráfego	Automóveis/hora	93	68	172	53	40	47
	Ônibus/hora	15	9	0	0	3	4
Uso do solo	Comercial	não	não	sim	não	não	não
	Serviço/escola	não	não	sim	sim	não	não
	Residencial	sim	sim	sim	não	sim	sim
	Misto	não	não	sim	não	não	não
	PGV/condomínio	não	não	não	não	não	sim
Mobiliário Urbano	Banca	não	não	não	não	não	não
	Poste	sim	sim	sim	sim	sim	não
	Arvore	não	sim	sim	não	sim	não

Observando os dados da Tabela 4.20, verifica-se que todos os trechos viários pesquisados têm pavimento e sinalização (horizontal e vertical) em boas condições. Destacam-se a Rua Dom Lino (coletora), que possui a menor largura de via (8m) e o maior volume de automóveis (172veic/h), seguido da Rua Cônego de Castro que possui o segundo maior volume de automóveis (93veic/h) e de ônibus (15veic/h).

Das informações apresentadas na Tabela 4.20, verifica-se que existe um PGV (condomínio) na Rua Alfredo Mamede (local). Observa-se também que, somente a Rua João Firmino não tem uso do solo serviço/escola. Destaca-se a existência de árvores na Rua Moreira de Sousa e na Rua João Firmino, que pode interferir na visibilidade dos motoristas e assim modificar seus comportamentos no tráfego.

#### **4.4.1. Análise Comparativa – Trechos Viários Pesquisados por Seção**

Este item constitui-se em analisar a significância de trechos que tem velocidades médias semelhantes. O objetivo consiste em identificar grupos de trechos com velocidades médias semelhantes, identificando-os utilizando de testes de hipótese.

Nestes testes, com um nível de significância de 0,05, a hipótese nula ( $H_0$ ) foi verificar se as médias das velocidades são iguais, ou pelo menos uma seja diferente. Desta forma, esses testes consistiram em verificar quais trechos viários têm velocidades médias significativamente semelhantes.

Para tanto, na avaliação dos testes de equivalência apresentados, resultou na identificação e geração de diferentes agrupamentos de trechos viários em função das velocidades médias.

a) seção transversal de 45m a montante da ondulação transversal

Na Tabela 4.21 apresenta resumidamente os resultados dos testes de significância para todas as vias pesquisadas nesta seção transversal. Inicialmente o Grupo 1 foi formado por todas as vias pesquisadas, para verificar se as velocidades médias são semelhantes. O resultado foi a rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ). Ou seja, existem trechos viários com médias de velocidades diferentes.

O passo seguinte com base nos resultados individuais e do Grupo 1 foi a formação do Grupo 2 por todas as vias coletoras, o resultado da hipótese nula foi rejeitado. Observou-se que, a Rua Irmã Bazet, por ter tido a maior velocidade média entre os trechos estudados (52,50km/h – Tabela 4.8), provocou a rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ).

Desta forma, o Grupo 3 foi formado pelas vias coletoras sem a Rua Irmã Bazet, o resultado do teste (Tabela 4.21) foi que não se pode rejeitar que as velocidades médias dos trechos pesquisados são estatisticamente semelhantes. Ou seja, as três vias coletoras, Rua Moreira de Sousa, Rua Cônego de Castro e Rua Dom Lino, têm velocidades médias estatisticamente semelhantes.

O Grupo 4 resultou da coligação das vias locais retiradas do Grupo 1. De acordo com o teste (Tabela 4.21), as velocidades médias nesta seção das vias locais são estatisticamente semelhantes.

**Tabela 4.21:** Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção transversal à 45m a montante da ondulação)

Grupos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
<b>Vias</b>	Moreira de Sousa Cônego de castro Irmã Bazet Dom Lino João Firmino Alfredo Mamede	Moreira de Sousa Cônego de castro Dom Lino Irmã Bazet	Moreira de Sousa Cônego de castro Dom Lino	João Firmino Alfredo Mamede
<b>F</b>	54,96657382	39,55827274	0,652992369	4,498015081
<b>valor-P</b>	0,00%	0,00%	52,26%	3,75%
<b>F crítico</b>	2,257065905	2,669256373	3,082852016	3,977779289
<b><math>H_0</math></b>	rejeitar	rejeitar	não rejeitar	não rejeitar

b) seção transversal de 30m a montante da ondulação transversal

Na Tabela 4.22 apresenta resumidamente os resultados dos testes de significância para todas as vias pesquisadas nesta seção transversal. Inicialmente o Grupo 1 foi formado por todos os trechos, o resultado do teste foi a rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ). Ou seja, existem trechos viários com médias de velocidades diferentes.

Em seguida, o Grupo 2 foi formado por todas as vias coletoras, o resultado da hipótese nula foi rejeitado. Do Grupo 2, apenas a Rua Irmão Bazet ainda se destaca por ter velocidades médias elevadas. Com a retirada da Rua Irmã Bazet, o Grupo 3 foi formado pelas vias coletoras remanescentes, o resultado do teste (Tabela 4.22) foi de que não se pode rejeitar que as velocidades médias dos trechos pesquisados são estatisticamente semelhantes.

Já no Grupo 4 formado pelas vias locais, o resultado do teste (Tabela 4.22) foi a rejeição da hipótese nula. Ou seja, as velocidades médias destas vias locais são estatisticamente diferentes. Através do resultado da análise individual, verifica-se que a via local Rua Alfredo Mamede tem velocidade média menor que a via local Rua João Firmino. Em visita em campo, através da etapa de levantamento de características do entorno da ondulação transversal, verificou-se a existência de um pólo gerador de viagens, um condomínio na Rua Alfredo Mamede, com entrada/saída de veículos. Assim, devido o conflito existente entre os veículos do condomínio com os veículos da via, ocorre um impacto na redução da velocidade média operacional nessa seção transversal de 30m a montante da ondulação (Tabela 4.20).

**Tabela 4.22:** Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção transversal à 30m a montante da ondulação)

Grupos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
<b>Vias</b>	Moreira de Sousa Cônego de castro Irmã Bazet Dom Lino João Firmino Alfredo Mamede	Moreira de Sousa Cônego de castro Dom Lino Irmã Bazet	Moreira de Sousa Cônego de castro Dom Lino	João Firmino Alfredo Mamede
<b>F</b>	44,76155436	20,6290432	5,763513083	29,23936195
<b>valor-P</b>	0,000%	0,00%	0,422%	0,000%
<b>F crítico</b>	2,257065905	2,669256373	3,082852016	3,963471921
<b>Ho</b>	rejeitar	rejeitar	não rejeitar	rejeitar

c) seção de 15m a montante da ondulação transversal

Na Tabela 4.23 apresenta resumidamente os resultados dos testes de significância para todas as vias pesquisadas nesta seção transversal. Inicialmente o



Grupo 1 foi formado por todos os trechos, o resultado do teste foi a rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ). Ou seja, existem trechos viários com médias de velocidades diferentes entre si.

Em seguida, o Grupo 2 foi formado por todas as vias coletoras, o resultado da hipótese nula foi rejeitado. Neste grupo, apenas a Rua Irmão Bazet se destaca por ter velocidades médias elevadas. Com a retirada da Rua Irmã Bazet, o Grupo 3 foi formado pelas vias coletoras remanescentes, o resultado do teste (Tabela 4.23) foi de que não se pode rejeitar que, as velocidades médias dos trechos pesquisados, são estatisticamente semelhantes.

Já no Grupo 4, formado pelas vias locais, o resultado do teste (Tabela 4.23) foi a rejeição da hipótese nula. Ou seja, as velocidades médias destas vias locais são estatisticamente diferentes. A existência do condomínio ainda influencia nos comportamentos dos motoristas nesta seção transversal (Tabela 4.20).

**Tabela 4.23:** Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção transversal à 15m a montante da ondulação)

Grupos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
<b>Vias</b>	Moreira de Sousa Cônego de castro Irmã Bazet Dom Lino João Firmino Alfredo Mamede	Moreira de Sousa Cônego de castro Dom Lino Irmã Bazet	Moreira de Sousa Cônego de castro Dom Lino	João Firmino Alfredo Mamede
<b>F</b>	43,26151539	13,64420578	7,535001507	21,95500297
<b>valor-P</b>	0,00%	0,000%	0,09%	0,000
<b>F crítico</b>	2,257065905	2,669256373	3,082852016	3,963471921
<b><math>H_0</math></b>	rejeitar	rejeitar	não rejeitar	rejeitar

d) seção da ondulação transversal

Na Tabela 4.24 apresenta resumidamente os resultados dos testes de significância para todas as vias pesquisadas nesta seção transversal. Inicialmente o Grupo 1 foi formado por todos os trechos, o resultado do teste foi a rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ). Ou seja, existem trechos viários com médias de velocidades diferentes.

Através dos resultados individuais entre as vias pesquisadas, observou-se que a Rua Moreira de Sousa teve a maior velocidade média na ondulação transversal. Em visita em campo, verificou-se que na Rua Moreira de Sousa, as velocidades na ondulação transversal são maiores devido ao dimensionamento da ondulação, que atualmente tem altura menor em relação ao padrão do CONTRAN, resultado do recapeamento ocorrido nesta via, refletindo em velocidades maiores que as demais vias pesquisadas.

Com a retirada da Rua Moreira de Sousa, o Grupo 2 tem todas as vias renascentes do Grupo 1. O resultado do teste do Grupo 2 (Tabela 4.24) foi que não se pode rejeitar a hipótese nula. Ou seja, as vias deste grupo têm as velocidades médias estatisticamente semelhantes. Assim, vias locais e coletoras, as velocidades veiculares sofrem o mesmo impacto da ondulação transversal nesta seção transversal pesquisada.

**Tabela 4.24:** Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção transversal na ondulação transversal)

Grupos	Grupo 1	Grupo 2
<b>Vias</b>	Moreira de Sousa Cônego de castro Irmã Bazet Dom Lino João Firmino Alfredo Mamede	João Firmino Alfredo Mamede Cônego de castro Dom Lino Irmã Bazet
<b>F</b>	6,681509615	1,410117855
<b>valor-P</b>	0,001%	23,47%
<b>F crítico</b>	2,277043672	2,447236512
<b>Ho</b>	rejeitar	não rejeitar

e) seção transversal de 15m a jusante da ondulação transversal

Na Tabela 4.25 apresenta resumidamente os resultados dos testes de significância para todas as vias pesquisadas nesta seção transversal. Inicialmente o Grupo 1 foi formado por todos os trechos, o resultado do teste foi a rejeição da hipótese nula (Ho). Ou seja, existem trechos viários com médias de velocidades diferentes.

Em seguida, com base nos resultados individuais, o Grupo 2 foi formado por todas as vias coletoras, o resultado da hipótese nula foi rejeitado. Observou-se que, a Rua Irmã Bazet nesta seção se destaca por ter a maior velocidade média.

Com um novo agrupamento, decidiu por retirar a Rua Irmã Bazet, assim, o Grupo 3 foi formado pelas vias coletoras remanescentes, o resultado do teste (Tabela 4.25) foi de que não se pode rejeitar que as velocidades médias dos trechos pesquisados são estatisticamente semelhantes.

O Grupo 4 resultou da coligação das vias locais retiradas do Grupo 1. De acordo com o teste (Tabela 4.25), as velocidades médias nesta seção destas vias locais são estatisticamente semelhantes.

**Tabela 4.25:** Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção transversal à 15m a jusante da ondulação)

Grupos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
<b>Vias</b>	Moreira de Sousa Cônego de castro Irmã Bazet Dom Lino João Firmino Alfredo Mamede	Moreira de Sousa Cônego de castro Dom Lino Irmã Bazet	Moreira de Sousa Cônego de castro Dom Lino	João Firmino Alfredo Mamede
<b>F</b>	21,83429936	7,917346801	1,681145571	0,941156165
<b>valor-P</b>	0,0%	0,0%	19,0%	33,5%
<b>F crítico</b>	2,289851281	2,718785013	3,068100269	3,977779289
<b>Ho</b>	rejeitar	rejeitar	não rejeitar	não rejeitar

f) seção de 30m a jusante da ondulação transversal

Na Tabela 4.26 apresenta resumidamente os resultados dos testes de significância para todas as vias pesquisadas nesta seção transversal. Inicialmente o Grupo 1 foi formado por todos os trechos, o resultado do teste foi a rejeição da hipótese nula (Ho). Ou seja, existem trechos viários com médias de velocidades diferentes.

O Grupo 2 foi formado por todas as vias coletoras, o resultado da hipótese nula foi rejeitado. Observou-se que, a Rua Irmã Bazet nesta seção ainda se destaca por ter a maior velocidade média.

O Grupo 3 resultado da retirada da Rua Irmã Bazet, foi formado pelas vias coletoras remanescentes, o resultado do teste (Tabela 4.26) foi de que não se pode rejeitar que as velocidades médias dos trechos pesquisados são estatisticamente semelhantes.

O Grupo 4 resultou da coligação das vias locais retiradas do Grupo 1. De acordo com o teste (Tabela 4.26), as velocidades médias nesta seção destas vias locais são estatisticamente semelhantes.

**Tabela 4.26:** Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção à 30m a jusante da ondulação transversal)

Grupos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
<b>Vias</b>	Moreira de Sousa Cônego de castro Irmã Bazet Dom Lino João Firmino Alfredo Mamede	Moreira de Sousa Cônego de castro Dom Lino	Moreira de Sousa Cônego de castro	João Firmino Alfredo Mamede
<b>F</b>	18,22410509	10,77503628	3,826846652	4,497301981
<b>valor-P</b>	0,00%	0,00%	5,36%	3,75%
<b>F crítico</b>	2,289851281	3,068100269	3,949320841	3,977779289
<b>Ho</b>	rejeitar	rejeitar	não rejeitar	não rejeitar

g) seção de 45m a jusante da ondulação transversal

Na Tabela 4.26 apresenta resumidamente os resultados dos testes de significância para todas as vias pesquisadas nesta seção transversal. Inicialmente o Grupo 1 foi formado por todos os trechos, o resultado do teste foi a rejeição da hipótese nula (Ho). Ou seja, existem trechos viários com médias de velocidades diferentes.

O Grupo 2 foi formado por todas as vias coletoras, o resultado da hipótese nula foi rejeitado. Observou-se que, a Rua Irmã Bazet, nesta seção, ainda se destaca por ter a maior velocidade média, da mesma forma que aconteceu nas seções anteriores analisadas.

O Grupo 3 resultado da retirada da Rua Irmã Bazet, foi formado pelas vias coletoras remanescentes, e o Grupo 4 resultou da coligação das vias locais retiradas do

Grupo 1. Destes dois grupos o resultado foi o mesmo. O Grupo3 as velocidades médias nas vias coletoras são estatisticamente semelhantes, com exceção da via coletora Rua Irmã Bazet (Tabela 4.27), e o Grupo 4 das vias locais, as velocidades médias são estatisticamente semelhantes (Tabela 4.27).

**Tabela 4.27:** Análise de variância das velocidades médias de todas as ondulações pesquisadas (Seção à 45m a jusante da ondulação transversal)

Grupos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
<b>Vias</b>	Moreira de Sousa Cônego de castro Irmã Bazet Dom Lino João Firmino Alfredo Mamede	Moreira de Sousa Cônego de castro Dom Lino	Moreira de Sousa Cônego de castro	João Firmino Alfredo Mamede
<b>F</b>	21,28630083	11,47666547	0,317055318	5,785087786
<b>valor-P</b>	0,00%	0,00%	72,89%	1,88%
<b>F crítico</b>	2,289851281	2,718785013	3,068100269	3,977779289
<b>Ho</b>	rejeitar	rejeitar	não rejeitar	não rejeitar

#### 4.4.2. Análise Comparativa – Trechos Viários Pesquisados por Função viária

Após a análise comparativa dos trechos pesquisados por seção, este item constitui-se em analisar as velocidades médias entre o grupo de vias coletoras com o grupo de vias locais, ou seja, verificar se as vias coletoras têm velocidades médias estatisticamente diferentes das vias locais.

Assim, conforme estudo comparativo do item 4.4.1, as vias coletoras correspondem pelas: Rua Moreira de Sousa, Rua Cônego de Castro e Rua Dom Lino. As vias locais correspondem a Rua João Firmino e a Rua Alfredo Mamede. A Tabela 4.28 apresenta os resultados do teste-t estatístico entre vias coletoras e locais. Neste teste, a hipótese nula ( $H_0$ ) consiste em verificar se as velocidades são estatisticamente semelhantes, considerando um nível de significância de 5%.

**Tabela 4.28:** Resultado do teste-t das velocidades médias entre vias coletoras e locais

Grupo	Vias coletoras	Vias Locais
<b>Vias</b>	Moreira de Sousa Cônego de castro Dom Lino	João Firmino Alfredo Mamede
<b>Médias</b>	30,23	24,64
<b>Variância</b>	72,52	52,67
<b>Observações</b>	989	571
<b>Stat t</b>	13,151	
<b>Valor-p bi-caudal</b>	0,000	
<b>t crítico bi-caudal</b>	1,961	
<b>Ho</b>	rejeitar	

De acordo com os resultados do teste-t estatístico das velocidades médias (Tabela 4.28), a hipótese nula ( $H_0$ ) de que elas são estatisticamente iguais, foi rejeitada. Ou seja, entre vias coletoras e locais pesquisadas neste estudo, existe diferença significativa dos valores das velocidades médias.

#### 4.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do Capítulo 4 foi analisar os perfis de velocidade veicular para identificar as variações destas velocidades na área de influência da ondulação e os fatores que influenciam estas velocidades veiculares, através de uma análise comparativa entre indicadores operacionais e físicos.

Os resultados deste estudo foram a verificação do comportamento da velocidade veicular, que sofre variação devido o impacto da ondulação transversal e a identificação de grupos de vias com velocidades médias semelhantes.

Na análise comparativa entre vias coletoras e locais, observou-se que as velocidades médias das vias pesquisadas são estatisticamente diferentes, ou seja, realmente a função viária da via tem um impacto na velocidade, as vias coletoras tem velocidades médias mais elevadas que as vias locais.

Cabe destacar que, os métodos utilizados nesta pesquisa (coleta de velocidades através da filmagem e observações em campo de dados externos no entorno das ondulações transversais) se apresentaram bastantes eficientes e com baixo custo.

Observou-se que dependendo do ambiente onde estão implantadas as ondulações, fatores externos como mobiliário urbano, dimensionamento da ondulação, função viária e existência de pólos geradores de viagens, os perfis das velocidades médias tendem a serem diferentes entre as vias pesquisadas.

A seguir, o Capítulo 5 aborda uma aplicação de um procedimento de determinação do espaçamento adequado e seguro entre a ondulação transversal e a faixa de pedestres através da construção de cenários utilizando perfis de velocidade veicular e perfil de pedestres.

## CAPÍTULO 5

# AVALIAÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE AS ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS ATÉ O PONTO DE TRAVESSIA DE PEDESTRE

### 5.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o procedimento de avaliação proposto neste trabalho para determinar a distância necessária para implantação da ondulação transversal para proporcionar travessia segura aos pedestres. A partir dos resultados do Capítulo 4, utilizou-se dos perfis de velocidades identificados para construir de cenários e determinar qual a melhor distância entre a ondulação transversal e a faixa de pedestre.

### 5.2. PEDESTRES IDENTIFICADOS NOS LOCAIS ANALISADOS

Neste capítulo, para avaliar a travessia adequada em faixas de pedestres posicionada após as ondulações transversais, foi necessária a identificação das características dos pedestres que circulam nos locais pesquisados. Assim, conforme estudo realizado no Capítulo 4, observou-se que, o principal motivo das implantações das ondulações transversais, em todos os locais pesquisados, foi a existência de escolas. (ASTEFA, 1987). Desta forma, o presente estudo analisou os comportamentos dos adolescentes e das crianças. A seguir na Tabela 5.1 apresenta as velocidades de caminhada dos adolescentes e das crianças para calcular os tempos de travessias (VALDES, 1998).

**Tabela 5.1:** Velocidade média de caminhada dos pedestres identificados

Idade e Sexo	Velocidade média (m/s)
Adolescentes	1,8
Crianças de 6 a 10 anos	1,1

Fonte: (VALDES, 1998).



### 5.3. PERFIS DE VELOCIDADES MÉDIAS IDENTIFICADOS NO ESTUDO DE CASO

Através do estudo de caso do Capítulo 4, foi possível identificar os perfis de variações de velocidades veiculares em trechos com ondulações transversais. Conclui-se que, as velocidades médias em vias coletoras são estatisticamente diferentes das velocidades médias em vias locais. Assim, para uma avaliação do posicionamento da ondulação transversal no trecho, foram utilizadas as variações destas velocidades destes dois tipos de vias. A seguir são apresentados os perfis identificados no estudo de caso.

#### 5.3.1. Perfil de Velocidade Veicular em Via Coletora

A Figura 5.1 apresenta o perfil de velocidade média em via coletora identificado nos locais pesquisados no Capítulo 4. Este perfil consiste na média das velocidades veiculares das vias coletoras, que tiveram a hipótese das médias estatisticamente semelhantes e não foram rejeitadas, nas seguintes coletoras: Rua Moreira de Sousa, Rua Cônego de Castro, e Rua Dom Lino. Cabe destacar, que a via coletora, a Rua Irmã Bazet, ficou fora deste grupo, devido a velocidades iniciais serem bastantes elevadas como já observado no Capítulo 4 (estudo de caso).

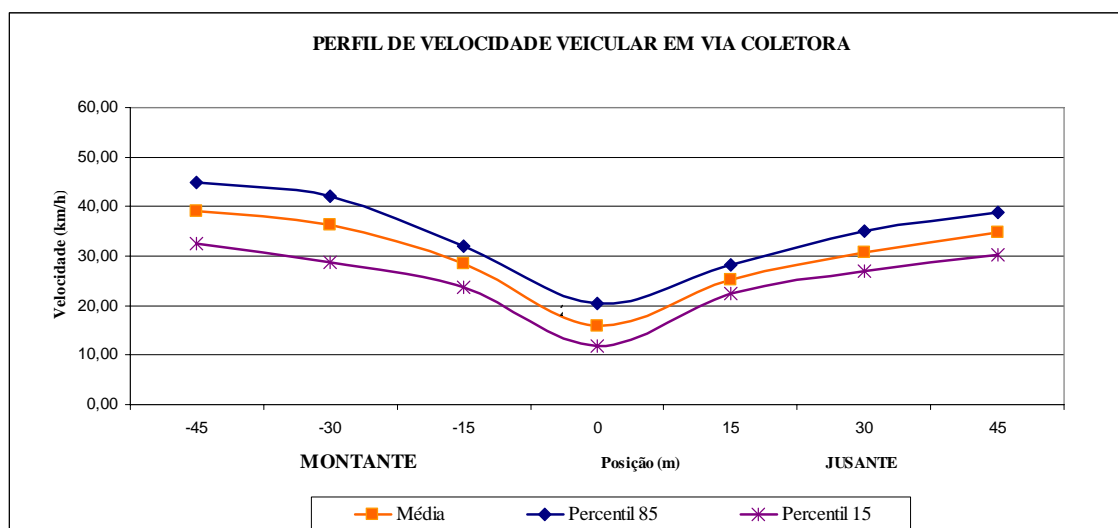


Figura 5.1: Perfil de velocidade veicular em via coletora

### 5.3.2. Perfil de Velocidade Veicular em Via Local

A Figura 5.1 apresenta o perfil de velocidade média em via local identificado nos locais pesquisados no Capítulo 4. Este perfil consiste na média das velocidades veiculares que tiveram a hipótese das médias estatisticamente semelhantes e não foram rejeitadas, vias locais pesquisadas: Rua João Firmino e Rua Alfredo Mamede.

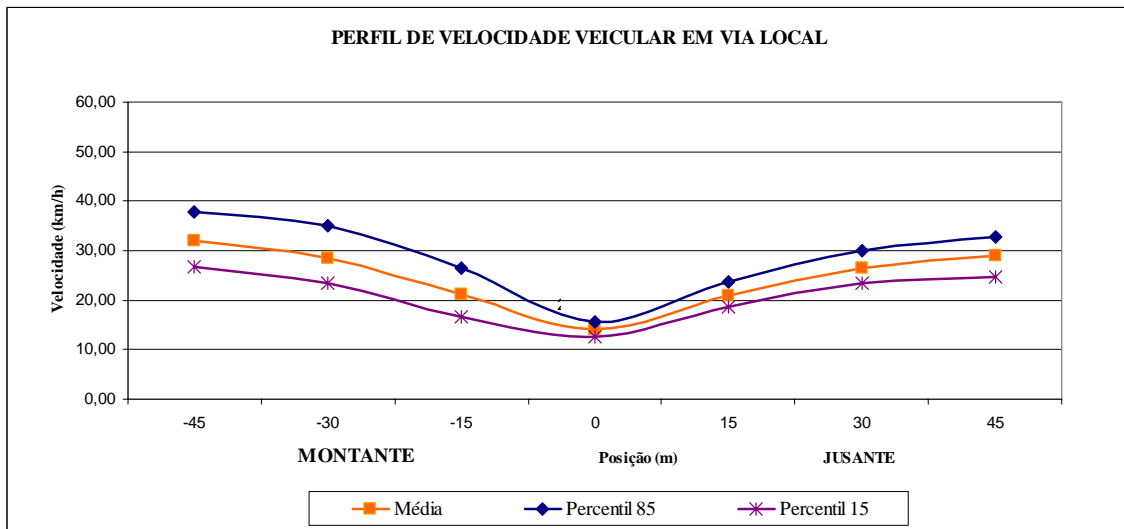


Figura 5.2: Perfil de velocidade veicular em via local

### 5.4. PROCEDIMENTO PARA VERIFICAR A DISTÂNCIA ADEQUADA PARA TRAVESSIA DE PEDESTRES

Esta seção descreve o procedimento proposto para determinar a seção da via mais adequada para instalar a ondulação transversal, de forma a proporcionar mais segurança aos pedestres nas travessias.

Em alguns casos, a implantação de ondulações transversais em local inadequado pode gerar novos acidentes, tanto para aos pedestres (por não terem tempo suficiente de realizarem a travessia, se arriscam em *headways* pequenos), como para os veículos (por não terem espaço suficiente para desacelerarem seus veículos antes de alcançarem a ondulação). A eficácia da ondulação transversal consiste na redução da velocidade veicular que, conseqüentemente, resulta na produção de *headway* que possibilite as travessias dos pedestres.

O procedimento para verificar o posicionamento da ondulação transversal foi dividido em três etapas:

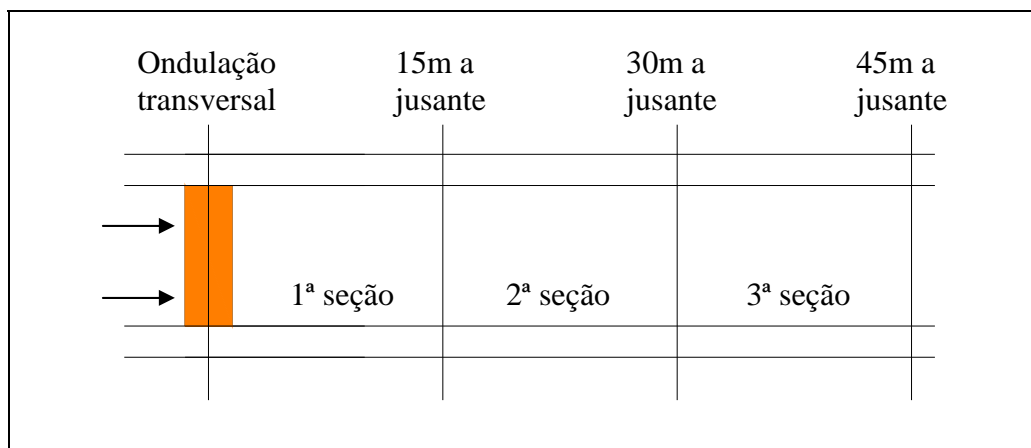
- Cálculo do tempo de percurso veicular no trecho entre a ondulação transversal e a 45m a jusante da mesma.
- Cálculo do tempo necessário para realização da travessia dos pedestres (criança e adolescente).
- Identificação da distância adequada e segura entre a ondulação transversal e a faixa de pedestres (local de travessia).

Nesta pesquisa, foram construídos cenários utilizando os tempos de percurso dos veículos e os tempos de travessia dos pedestres (criança e adolescente) nos locais pesquisados. Desta forma, será possível identificar o espaçamento mais adequado entre a ondulação e faixa de pedestres.

Nos itens seguintes, foi abordada uma exemplificação do procedimento de determinação do espaçamento adequado. Para o cálculo do tempo de percurso do pedestre, utilizou-se da velocidade de caminhada do adolescente (1,8m/s) em uma via com largura de 9m. Para o cálculo do tempo de percurso dos veículos, foi utilizado o perfil de velocidade média em via coletora.

**a) Cálculo dos intervalos de tempo percorridos pelos veículos entre as seções analisadas**

O tempo de percurso dos veículos utilizados nesta pesquisa representa o tempo gasto para percorrer a distância entre as seções analisadas (Ver Figura 5.3).



**Figura 5.3:** Esquema representativo das seções utilizadas para cálculo do tempo de percurso dos veículos

A partir das velocidades obtidas nas diversas seções a jusante do trecho analisado (item 3.4.1), identificou-se o tempo médio que os veículos gastaram para percorrer cada uma destas seções, como indicado na Tabela 5.2.

**Tabela 5.2:** Cálculo dos tempos de percurso dos veículos em via coletora

Seções a jusante		Velocidade pontual na seção (km/h)		Velocidade média na seção (km/h)	Tempo médio de percurso (s)
		Início da seção	Fim da seção		
1ª seção	*OT a 15m	16,00	25,25	20,63	2,62
2ª seção	15m a 30m	25,25	30,74	27,99	1,93
3ª seção	30m a 45m	30,74	34,82	32,78	1,65

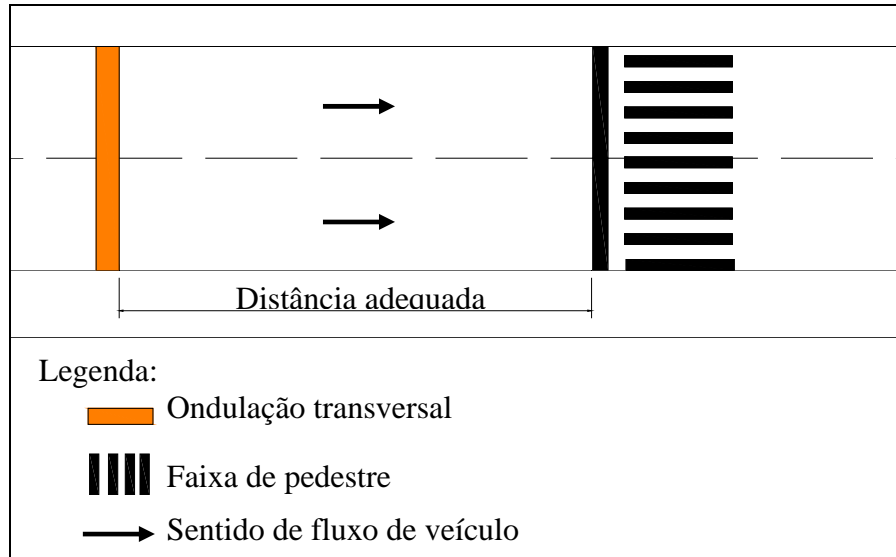
\*OT = ondulação transversal

Como mostra a Tabela 5.2, através da aplicação da fórmula da velocidade (equação 2.2), e utilizando a velocidade média entre as velocidades na seção, obtêm-se o tempo médio de percurso dos veículos em cada seção. Por exemplo, o valor de 2,62s (Tabela 5.2), significa que o veículo gastou este tempo para percorrer a distância entre a ondulação transversal e a seção posicionada a 15m a jusante (1ª seção da Figura 5.3).

#### b) Cálculo da distância entre a ondulação transversal e a faixa de pedestres

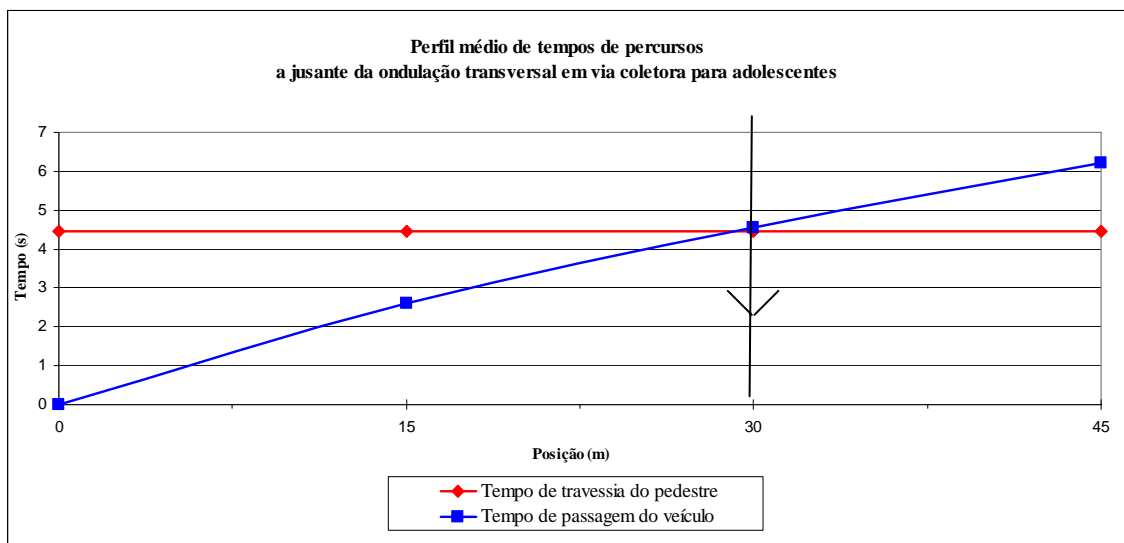
Esta etapa consiste na identificação do espaçamento necessário para posicionar a ondulação transversal, tendo base o ponto crítico das travessias dos pedestres. A

proposta objetiva criar um *headway* suficiente na corrente de tráfego, para possibilitar que os pedestres cruzem a via com segurança (Figura 5.3).



**Figura 5.4:** Esquema representativo das seções dos tempos médios considerados

Os valores dos tempos médios de percurso dos veículos e do tempo necessário de travessia dos pedestres foram plotados em um gráfico (Figura 5.4), onde foi correlacionado estes tempos e identificados na interseção das linhas o espaço que deve existir entre a ondulação e local de travessia dos pedestres.



**Figura 5.5:** Perfil de tempo de travessia do pedestre (adolescente) e do veículo

Analisando o gráfico da Figura 5.4, observa-se que, quando a linha do tempo médio de percurso dos veículos (linha azul) interceptar a linha que representa o tempo médio de travessia dos pedestres (linha vermelha), têm-se a distância em que os veículos devem anteceder aos pedestres, neste caso, com via tipo coletora e para adolescentes, foi de aproximadamente 30m. A seguir repetiram-se estes procedimentos para outros cenários analisados (ver Tabela 5.3).

## 5.5. CENÁRIOS PROPOSTOS

Para aplicação dos procedimentos de análise, foram construídos cenários em via (coletora e local), onde existe implantação de ondulação transversal. Tais cenários tiveram o objetivo de avaliar o espaçamento necessário a ser adotado entre a ondulação e a faixa de pedestre, a partir dos tipos de perfis de velocidades veiculares, e das velocidades de caminhadas dos pedestres.

A Tabela 5.3 apresenta um resumo dos cenários construídos para as vias coletoras e locais, considerando as s velocidades médias e as velocidades no percentil 85 dos veículos, bem como os tipos de pedestres. Foram construídos quatro cenários: dois para vias coletoras e dois para vias locais. A última coluna (distância adequada) apresenta os valores obtidos da distância necessária, expresso em metro.

**Tabela 5.3:** Cenários propostos

Via	Cenário	Tipo de pedestre	Velocidade	Tempo de travessia do pedestre (s)*	Tempo de percurso veicular (s)	Distância adequada (m)
Coletora	Cenário 1	Criança	Média	7,27	6,19	>45**
			Percentil 85	7,27	5,40	>45**
	Cenário 2	Adolescente	Média	4,44	6,19	29,13
			Percentil 85	4,44	5,40	35,06
Local	Cenário 3	Criança	Média	7,27	7,33	44,56
			Percentil 85	7,27	6,48	>45**
	Cenário 4	Adolescente	Média	4,44	7,33	23,44
			Percentil 85	4,44	6,48	27,41

\* = Para o tempo de travessia considerou via com largura de 9m.

\*\* = A distância deve ser maior que o trecho analisado (45m a jusante da ondulação transversal).

Na Tabela 5.3, a coluna da distância adequada representa o espaçamento que deve existir entre o ponto de travessia (faixa de pedestre) e a ondulação transversal, de forma a possibilitar aos pedestres suas travessias com mais segurança.

A partir da Tabela 5.3 pode-se concluir que, no Cenário 1, via coletora, considerando o pedestre, a criança, e, os perfis de velocidade média e do percentil 85, identificou que o espaçamento entre a ondulação transversal e a faixa de pedestre deve ter comprimento maior que 45m, uma vez que o tempo do percurso dos veículos até 45m a jusante foi menor que o tempo de travessia das crianças, já que sua velocidade média de caminhada é muito baixa (1,1m/s).

Na construção do Cenário 2 (ver Tabela 5.3), considerou os adolescentes, e o perfil de velocidade média dos veículos na via coletora, o espaçamento adequado entre a ondulação transversal e a faixa de pedestre, foi de 29,13m. Considerando o perfil de velocidades dos veículos no percentil 85, este espaçamento adequado aumentou 5,93m, para 35,06m.

Na construção do Cenário 3, referente a via local (ver Tabela 5.3), considerou as crianças, como pedestre. Adotando o perfil de velocidade média dos veículos em via local, o espaçamento adequado entre a ondulação transversal e a faixa de pedestre, foi de 44,56m. Considerando o perfil de velocidade dos veículos no percentil 85, este espaçamento adequado deve ser maior que o trecho Analisado (já que foi estudada apenas até 45m a jusante da ondulação).

Na construção do Cenário 4, considerou os adolescentes como pedestre e utilizando o perfil de velocidade média dos veículos em via local, o espaçamento encontrado entre a ondulação transversal e a faixa de pedestre foi de 23,44m. Para o perfil de velocidade dos veículos no percentil 85, este espaçamento adequado aumentou 3,97m em relação ao perfil com velocidades médias, foi para 27,41m.

## **5.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo do Capítulo 5 foi aplicar os resultados das etapas realizadas no Capítulo 4, na identificação de grupos com velocidade estatisticamente semelhantes,

para desenvolver um procedimento que auxilie na determinação do espaçamento adequado para implantar a ondulação transversal a montante da faixa de pedestre.

Apesar do procedimento adotado trata-se de uma simples aplicação de equações e plotagem em gráficos, entende-se que este método possa trazer contribuições para subsidiar os órgãos gestores de tráfego durante as implantações deste dispositivo redutor de velocidade nas vias urbanas.

O conhecimento deste espaçamento torna-se importante na decisão de implantação de ondulações transversais para minimizar os transtornos envolvendo motoristas e pedestres.

No capítulo seguinte, o Capítulo 6, são apresentadas as conclusões deste trabalho de dissertação de mestrado, por meio de uma análise crítica entre objetivos propostos e os resultados obtidos. Em seguida, são descritas as recomendações para futuros trabalhos na linha de pesquisa relativa ao estudo dos efeitos do impacto da ondulação transversal na velocidade veicular em vias urbanas.



## CAPÍTULO 6

# CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1. CONCLUSÕES

A gestão de tráfego urbano de qualquer cidade requer um conhecimento contínuo e sistemático do comportamento do fluxo de veículos na malha viária. Uma das decisões tomadas por gestores de tráfego consiste na implantação de medidas para o controle de velocidade.

Para controlar as altas velocidades veiculares em vias urbanas, atualmente existem vários dispositivos controladores de velocidade, e cada um, dependendo do local, atua com melhores resultados, aumentando a segurança dos usuários da via e diminuindo os acidentes de trânsito. Estes dispositivos são classificados em: dispositivos físicos; moderação de tráfego e dispositivos eletrônicos (LOPES, 2006).

Dentre os dispositivos controladores de velocidade que atua como um redutor destaca-se a ondulação transversal, quando implementada de acordo com os padrões e critérios estabelecidos pela resolução nº 39 do CONTRAN (1998), é uma alternativa eficiente na luta contra as velocidades em excessos em locais, especialmente em áreas residenciais, com fluxo de pedestre significativa.

As altas velocidades praticadas pelos condutores colocam em risco os pedestres e ciclistas. Durante a revisão bibliográfica, notou-se o interesse por parte de alguns pesquisadores em estudar as ondulações transversais, para verificar a eficiência deste dispositivo em reduzir as velocidades veiculares e proporcionar ao mesmo tempo um *headway* para os pedestres realizarem suas travessias. Nesta pesquisa de dissertação tratou em identificar os fatores que influenciam nas velocidades e desenvolveu uma metodologia de determinação do espaçamento adequado entre a ondulação transversal e o ponto de travessias de pedestres.

Especialmente em Fortaleza, a partir do final da década de 80, ocorreram várias implantações de ondulações transversais, de forma a reduzir os índices de acidentes envolvendo pedestres em áreas escolares (ASTEFA, 1987). Para estas implantações, foram realizados levantamentos físicos nos locais onde ocorreram mais acidentes, não considerando os aspectos físicos e operacionais.

Com objetivo de avaliar as ondulações transversais para verificar a eficiência do dispositivo, ondulação transversal, como um redutor de velocidade, este trabalho contribuiu para subsidiar os técnicos, no momento das implantações de ondulações transversais. Através do estudo das variações das velocidades veiculares a montante e a jusante da ondulação, em vias coletoras e locais.

Assim, foi possível definir um procedimento de avaliação do espaçamento adequado entre a ondulação transversal e a faixa de pedestre, para que os pedestres realizem suas travessias com mais segurança.

No estudo de caso, em todos os trechos viários com ondulações transversais pesquisadas, as variações das velocidades médias dos veículos foram estatisticamente significativas, ou seja, as velocidades tiveram uma redução que ficaram abaixo de 20 km para cada trecho a montante da ondulação, e uma variação significativa no trecho a jusante, uma redução em conformidade com a resolução nº 39 do CONTRAN (1998).

Após a análise individual de cada trecho pesquisado, observou-se que, na comparação dos perfis de velocidade média antes e depois da ondulação transversal, identificou-se grupos de vias com velocidades médias semelhantes, por função viária, via coletora e via local. Em vias coletoras ocorreram as maiores desacelerações, já que os veículos realizavam velocidades mais elevadas em relação as vias locais.

As duas únicas vias locais, quase em todas as seções tiveram velocidades médias semelhantes, a via local, Rua Alfredo Mamede, as seções em que tinha um PGV (condomínio) as velocidades veiculares foram um pouco menor do que a outra via local, Rua João Firmino.

Para as vias coletoras, Rua Moreira de Sousa, Rua Cônego de Castro e Rua Dom Lino, as velocidades médias foram semelhantes. Com exceção da via coletora, Rua Irmã Bazet, por possuir a maior largura da via, e a inexistência de árvores, possibilitando

maior visibilidade e, em especial, um greide descendente, uma rampa, apesar de localiza-se antes da área de influencia da ondulação (entre 45m a montante e 45m a jusante) teve velocidade mais altas no início da área pesquisada, o que demonstrou indícios de influencia da referida rampa nos perfis de velocidades médias em torno da ondulação transversal.

Na comparação dos perfis de velocidade média de todos os trechos pesquisado na seção da ondulação transversal, foi constatado que todas têm velocidades médias estatisticamente iguais, com exceção da via coletora, Rua Moreira de Sousa, que devido a altura da ondulação resultante de vários recapeamentos na via, esta ficou com uma altura menor que aos do padrão estabelecidos pelo CONTRAN.

No estudo de caso, observou-se que, tanto para as vias locais, como as vias coletoras, a ondulação transversal é eficiente como um redutor de velocidade, uma vez que, todos os veículos sofrem um impacto nas suas velocidades já muito antes da ondulação transversal. Desta forma, ocorre uma variação bem significativa no trecho analisado até a referida ondulação, resultando em oportunidades de travessias seguras.

O procedimento proposto para determinar o espaçamento entre a ondulação transversal e a faixa de pedestres, embora tenha sido aplicado a partir de cenários construídos, este método pode ser aplicado individualmente para cada trecho pesquisado. Assim, obtêm-se o espaçamento adequado e específico para a via analisada.

Concluindo esta análise, cabe ressaltar que o procedimento de estimativa do espaçamento da ondulação transversal ao ponto de travessia, é um método para subsidiar os técnicos de tráfego no momento da implantação de ondulações transversais, para auxiliar no posicionamento adequado, considerando a distância mínima de segurança. Os benefícios promovidos desta pesquisa auxiliam consideravelmente os técnicos quanto ao uso de ondulações transversais em áreas urbanas, como as áreas escolares, pesquisadas neste trabalho de dissertação.

## 6.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao longo do estudo dos impactos da ondulação transversal nas velocidades veiculares, alguns tópicos foram identificados para desenvolvimentos futuros. Dentre estes, destacam-se aqueles de maior potencial:

- a) Ao utilizar o método de análise comparativa dos trechos com ondulações transversais proposto, sugere-se verificar grupos de vias com velocidades médias semelhantes por fatores que influenciam na variação da velocidade dos veículos, avaliar isoladamente, como por exemplo: Por uso do solo, os que contem árvores, largura da via semelhante, linhas de ônibus e PGVs.
- b) Acrescentar nos estudos das variações das velocidades veiculares outras variáveis de tráfego, como o volume de tráfego, os dados de acidentes de trânsito e outras variáveis, considerando o método de avaliação desenvolvido nesta pesquisa para verificar se as variações são significativas.
- c) Desenvolver um modelo para determinar o comportamento prévio da velocidade veicular sobre o impacto da ondulação transversal para ser utilizado juntamente com o procedimento de determinação do espaçamento entre a ondulação transversal e a faixa de pedestres como etapas de implantação. Assim, em um trecho deferido para implantação da ondulação transversal, utilizando o modelo que estime as velocidades com o procedimento de determinação do espaçamento adequado, a implantação da ondulação transversal poderá ser mais eficiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. (2003) Código da Estrada Lombas Artificiais no Asfalto – Questões. Delegação da Procuradoria da República junto do Palácio da Justiça de Lisboa. Site: verbojuridico.net.
- ALBORNOZ, M. A. P. (2005) Contribuição Para Um Estudo Integrado do Gerenciamento de Tráfego e Transporte: Uma Visão Sistêmica. Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade do Rio de Janeiro – COPPE, UFRJ.
- ARIOTTI, P. (2006) Análise do Padrão de Comportamento de Pedestres em Travessias SemafORIZADAS. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.
- ASSOCIAÇÃO POR VIAS SEGURAS (2005) Associação brasileira de prevenção de acidentes de trânsito. Disponível em <<http://www.vias-seguras.com>>. Acessado em 18 agosto 2009.
- ASTEF (1987) Projeto para Instalação de Equipamentos de Infraestrutura na Cidade de Fortaleza – Relatório Final. Associação Técnico-Científico Eng. Paulo de Frotin, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.
- BARBOSA, H. M. (1995) *Impacts of traffic calming measures on speeds on urban roads*. Tese (Doctor of Philosophy) – Department of Civil Engineering, Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- BARBOSA, H. M.e MOURA, M. V. (2008) Ondulações Transversais para Controle da Velocidade Veicular. *Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Fortaleza,CE.
- BJARNASON, S. (2004) *Round top and flat top humps – The influence of design of the effects*. Department of Technology and Society Traffic Engineering- Lund Institute of Technology.
- BOCANEGRA, C. W. R. (2006) Procedimentos para implantação e avaliação do desempenho de Lombadas Eletrônicas em áreas urbanas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia De Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção).
- BRASIL (1997) Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.
- CENI (2004) Análise do Uso de Dispositivos de Tráfego na Melhoria da Segurança em Áreas Escolares: Evidências em Escolas de Curitiba. Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de mestrado.
- CET (1994) Informações para engenharia sobre acidentes de trânsito. Companhia de Engenharia de Tráfego, São Paulo.

- CONTRAN, (1980) Resolução de N° 39 de 21 de maio de 1998, Estabelece os padrões e critérios para a instalação de ondulações transversais e sonorizadores nas vias públicas. Brasília 1998.
- CONTRAN (2003) Resolução nº 146 de 27 de agosto de 2003. Dispõe sobre requisitos técnicos mínimos para a fiscalização da velocidade de veículos automotores, reboques e semireboques, conforme o Código de Trânsito Brasileiro, Brasília.
- CONTRAN (2004) Resolução N° 160, de 22 de Abril de 2004. Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro - CTB, anexo a esta Resolução.
- CONTRAN (2009) Resolução N° 336, de 24 de Novembro de 2009. Proibir a utilização de tachas e tachões, aplicados transversalmente à via pública, como sonorizadores ou dispositivos redutores de velocidade.
- CUPOLILLO, M. T. A., (2006). Estudo das Medidas Moderadoras do Tráfego para controle da Velocidade e dos Conflitos em Travessias Urbanas. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em engenharia de Transporte, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CTRE (1997). Center for Transportation Research and Education - A study on speed humps. [www.ctre.iastate.edu/research/roadhump](http://www.ctre.iastate.edu/research/roadhump). Acesso em 19 de Maio de 2009.
- DETRAN (2009) Anuário estatístico da frota de Fortaleza. Departamento Estadual de Trânsito do Ceará.
- DFT (2000) New directions in speed management: a review of policy. Department For Transport. Site: <http://www.dft.gov.uk>. Acessado em 10 de março 2009.
- DNIT (2006) Manual de Estudos de Tráfego. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Rio de Janeiro.
- ESTEVES, R. (2003) Cenários Urbanos e Traffic Calming. Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio De Janeiro. Tese (Doutorado), Engenharia de Produção.
- FERRAZ, A. C. P. e TORRES (2001) Transporte Público Urbano. Editora RIMA.
- FHWA (1998) Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Management. Federal Highway Administration, Washington, EUA, 1998. Disponível em: <http://www.tfhrc.gov/safety/speed/spdloc.htm> acessado 26 outubro 2009.
- FRANÇA, D. B.; F. R. VIANA, F. S. M. PAULA: H. S. O. FURTADO e R. A. LOPES (2007). Avaliação da eficácia da implantação de ondulações transversais a partir de pesquisas de velocidades e pesquisas de opinião.
- GOLD, P. A. (1998) – Segurança de Trânsito Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes.
- GOLD, P. A. (2003) – Documento Técnico - Fiscalização eletrônica de velocidade.

- HASS-KLAU, C., NOLD, I., BOCKER, G and CRAMPTON, G. (1992). *Civilised Streets: a guide to traffic calming*. Environmental & Transport Planning, Brighton.
- HOMBUGUER, W. S. (1996). Fundamentos of traffic engineering. Berkeley, Institute of Transportstion Studies.
- ITE (1992) Traffic Engineering Handbook. Institute of Transportation Engineers, New Jersey.
- JORNAL DO COMEMRCIO (2008) Fiscalização eletrônica é trocada por lombada. Site: [http://www.jornalcorreio.com.br/texto/2004/07/14/4272/quebramolas\\_dividem\\_opinioes.html](http://www.jornalcorreio.com.br/texto/2004/07/14/4272/quebramolas_dividem_opinioes.html). Acessado em 28 de agosto de 2009.
- LEUTZBACH, W. (1988) Introduction to the theory of traffic flow. Berlin.
- LOPES, M. M. B. (2006) Fiscalização Eletrônica da Velocidade de Veículos no Trânsito: Caso de Niterói, Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio De Janeiro.
- LUCAS, C. B. (2008). Quem vai cuidar do nosso trânsito. Publicado em dezembro de 2008. Site: <http://www.perkons.com.br/?page=noticiasC=opinioao&subid=227>, acessado em 16 de julho de 2009.
- MICROSOFT (2003) *Windows Movie Maker*. Software de edição de vídeos da Microsoft.
- MIRANDA, V. A. A.; CABRAL, S. D. (2002). Os Conflitos Pedestres - Veículos no Entorno de Postos de Gasolina. Anais do VII Congresso Nacional do Trânsito, São Paulo.
- MONTEIRO, P. R. S. (2004) Gestão de Tráfego com o Uso de Dispositivos Eletrônicos de Controle de Velocidade. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro.
- NETO, J. C. (1996). Aplicações da Engenharia de Trafego na Segurança dos Pedestres. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.
- PAU, M. e ANGIUS, S. (2001). Do speed bumps really decrease traffic speed? An Italian experience. *Accident Analysis and Prevention*, 33(5), pp. 585-597.
- ARIOTTI, P (2006) Análise do Padrão de Comportamento de Pedestres em Travessias Semaforizadas Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Universidade Federal do Rio Grande Do Sul.
- PERKONS (2003) Lombadas Eletrônicas inovaram no controle de velocidade. Arquivo de notícias. Arquivo de notícias. Site: <http://www.perkons.com.br>
- SIAT/AMC (2008) Sistema de Informações de Acidentes de Trânsito - Estatísticas de Acidentes de Trânsito de Fortaleza. AMC – Autarquia Municipal de Trânsito,

Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza, Prefeitura Municipal de Fortaleza, Fortaleza-CE.

- STUMPF, M.T (1998). Análise dos efeitos da barreira eletrônica com informador de velocidade sobre a operação do tráfego. 1998. 90f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.
- TEDESCO, T. G., (2004). Avaliação do Uso De Guias Sonoras Como Medida de Redução de Acidentes nas Rodovias do Rio Grande do Sul – Mestrado Profissionalizante Em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- TRL (1993) Urban Road Traffic Surveys. Transport Research Laboratory. Crowthorne.
- YAMADA, M. G. (2005) Impacto dos Radares Fixos na Velocidade e na Acidentalidade em Trecho da Rodovia Washington Luís. Pós-Graduação da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo.
- VASCONCELOS, E. A. (2000) *Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento: Reflexões e Propostas*. (3a. ed), Annablume, São Paulo, SP.
- VALDES, A. (1998) .Ingenieria de Trafico. 3a ed. Madrid, Libreria Editorial Bellesco.
- WATTS, G.R. (1973). *Road Humps for the Control of Vehicle Speeds*. TRRL Report LR 597, Crowthorne.
- XAVIER J. C. (2006) A nova política de mobilidade urbana no Brasil: uma mudança de paradigma. Revista dos Transportes Públicos, ANTP. São Paulo, v. 1, n. 111, p. 59-68, 3º trimestre.



## APÊNDICE A

### FORMULÁRIO DE LEVANTAMENTOS DAS ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS IMPLANTADAS EM VIAS URBANAS DE FORTALEZA

Bairro: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Horário da vistoria: \_\_\_\_\_

Via: \_\_\_\_\_ Trecho: \_\_\_\_\_

1) USO DO SOLO PREDOMINANTE NA QUADRA:

- prédio comercial (Tipo:.....)
- prédio residencial unifamiliar       prédio residencial multifamiliar
- prédio de uso misto

Obs:.....

2) MOBILIÁRIO URBANO PRÓXIMO A ONDULAÇÃO:

- Árvores     Postes (Coelce/Telemar)     Telefone público
- Bancas de revistas     Outros:.....

Obs:.....

3) TIPO DE ONDULAÇÃO TRANSVERSAL:

- Tipo I                       Tipo II

4) POSIÇÃO DA ONDULAÇÃO NA QUADRA?

\_\_\_\_\_m a jusante da via transversal

5) SINALIZAÇÃO HORIZONTAL:

- Bom estado       Desgasta       Não existe

6) SINALIZAÇÃO VERTICAL:

- Existe na lombada e de advertência     Só existe na lombada
- Só existe de advertência     Não existe sinalização vertical

7) OUTRO TIPO DE SINALIZAÇÃO EXISTENTE NO LOCAL

Tipo: .....

Posição: ( ) Na lombada ( ) Antes .....m ( ) Depois .....m

8) ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO NA VIA:

( ) Bom estado (foto) ( ) Estado regular (foto) ( ) Não trafegável (foto)

9) ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA ONDULAÇÃO:

( ) Bom estado (foto) ( ) Estado regular (foto) ( ) Não trafegável (foto)

10) CLASSIFICAÇÃO VIÁRIA?

( ) Expressa ( ) Arterial ( ) Coletora ( ) Local ( ) Comercial

11) COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO (fazer contagem no período do pico)

12) EXISTÊNCIA DE PONTO DE ÔNIBUS:

( ) Na frente da lombada

( ) Antes a .....m

( ) Depois a .....m

( ) Inexistente

Obs:.....

.

13) PERFIL DA SEÇÃO TRANSVERSAL DA VIA:

Largura da via (L): ..... m

Largura da pista: .....m

Largura do passeio: .....m

Largura do canteiro central: .....m

Número de faixas? ..... faixas/sentido de tráfego

Desenho do Perfil: