

**ADEQUAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA
VELOCIDADE DE PERCURSO NO MÉTODO DO HCM 2010 PARA
VIAS URBANAS BRASILEIRAS**

ANDRES FELIPE IDROBO SAMBONI

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

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

**ADEQUAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA
VELOCIDADE DE PERCURSO NO MÉTODO DO HCM 2010 PARA
VIAS URBANAS BRASILEIRAS**

ANDRÉS FELIPE IDROBO SAMBONI

ORIENTADOR: PAULO CESAR MARQUES DA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES

PUBLICAÇÃO: T. DM: 015A/2014

BRASÍLIA/DF: SETEMBRO – 2014

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

**ADEQUAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA
VELOCIDADE DE PERCURSO NO MÉTODO DO HCM 2010 PARA
VIAS URBANAS BRASILEIRAS**

ANDRÉS FELIPE IDROBO SAMBONI

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU
DE MESTRE EM TRANSPORTES.**

APROVADA POR:

**Prof. Paulo Cesar Marques da Silva, PhD (UnB)
(Orientador)**

**Prof a. Maria Alice Prudêncio Jacques, PhD (UnB)
(Examinadora Interna)**

**Prof. José Reynaldo Anselmo Setti, PhD (USP/EESC)
(Examinador Externo)**

BRASÍLIA/DF, 12 DE SETEMBRO DE 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

SAMBONI, ANDRÉS FELIPE IDROBO.

Adequação de Procedimento para Determinação da Velocidade de Percurso no Método do HCM 2010 para vias urbanas Brasileiras [Distrito Federal] 2014. xviii, 201p. 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transporte, 2014).

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

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Velocidade média de Percurso

2. Tempo de Percurso

3. HCM 2010

4. Análise Operacional

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SAMBONI, A.F.I (2014). Adequação de Procedimento para Determinação da Velocidade de Percurso no Método do HCM 2010 para vias urbanas Brasileiras. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM: 015A/2014, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 201p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Andrés Felipe Idrobo Samboni

TÍTULO: Adequação de Procedimento para Determinação da Velocidade de Percurso no Método do HCM 2010 para vias urbanas Brasileiras.

GRAU: Mestre

ANO: 2014

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

Andrés Felipe Idrobo Samboni
SCLN 306 Bloco C Apartamento 106 Asa Norte.
CEP: 70745-530 Brasília/DF, Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pelas oportunidades e perseverança concedida para que eu pudesse culminar esta etapa da minha vida.

Aos meus pais, Cielo e Simon, pela confiança e suporte incondicional, por acreditaram em mim e por se sacrificarem em prol dos investimentos para minha educação. Aos meus irmãos, Daniel e Juan Jose, que de alguma forma se fizeram presentes diminuindo a saudade provocada pela distância. As minhas avós Evelia e Lola por estarem presentes e me servirem de exemplo para seguir adiante.

Ao professor Paulo Cesar pelo apoio e ensinamentos transmitidos nesses dois anos, além de brindar-me com sua confiança para o desenvolvimento do trabalho.

À professora Michelle Andrade, meu agradecimento pelo tempo, conselhos e ensinamentos concedidos para atingir os objetivos do trabalho.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação de Transportes da UNB, pela oportunidade e ensinamentos que me permitiram continuar meus estudos.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília. Em especial, aos meus amigos: Michelle, Ana, Daylyne, Adilson e Luis, obrigado pela amizade, ensinamentos e ajuda sempre que precisei. Aos meus amigos presentes, e responsáveis por tantos momentos agradáveis: Yulena, Guilherme, Javier, Giovanni, Erwin, agradeço pela amizade e a Tatiana pela companhia e ajuda incondicional.

À equipe de pessoas que me ajudaram a fazer o estudo de campo: Liliana, Carolina, Alejandra, Rosa, Leonardo, Jaime, Juan Gabriel, David, Julian, Liliana, Fernando e Walter o meu muito obrigado. E à equipe do trabalho: Eduardo, Igor, Carlos e Guilherme pela colaboração.

Agradeço ao CNPq, que contribuiu com uma bolsa de estudos durante os dois anos de mestrado.

*Dedicado aos meus pais Cielo e Simon Andrés e minhas avós Evelia e Lola,
por acreditar em mim e pelo apoio incondicional,
por ser minha razão de querer seguir adiante atingindo grandes vitórias.
A meus irmãos Daniel e Juan Jose,
por estarem junto às pessoas que quero enquanto estive longe de casa.*

RESUMO

ADEQUAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE PERCURSO NO MÉTODO DO HCM 2010 PARA VIAS URBANAS BRASILEIRAS

Autor: Andrés Felipe Idrobo Samboni
Orientador: Paulo Cesar Marques da Silva
Programa de Pós-graduação em Transporte
Brasília, Junho de 2014.

As metodologias apresentadas pelo *Highway Capacity Manual* (HCM) são as mais utilizadas para o estudo de vias urbanas pela comunidade técnica brasileira. Essas metodologias se fundamentam na determinação e medição da velocidade média de percurso (VMP), desenvolvida pela corrente de tráfego num segmento de via. Diante desta afirmativa, esta pesquisa buscou encontrar um procedimento para a determinação da VMP dos veículos em vias urbanas, que é utilizada na metodologia HCM 2010, para análise da capacidade e nível de serviço em trechos de vias da cidade de Brasília-DF. A partir de informações primárias coletadas em campo por meio do método do veículo teste com aparelho GPS, e o emprego de equipes de filmagem, foram determinadas VMP em quatro corredores urbanos considerando as variáveis de tempo de deslocamento efetivo e os atrasos totais apresentados em toda a corrente de tráfego. Por meio deste estudo se verificou que a determinação do nível de serviço mediante o método de estimativa do manual e a observação em campo, nos quatro trechos, têm resultados muito próximos por trecho, levando a obter uma mesma avaliação de nível de serviço. Porém, no momento de avaliar cada segmento que formam esses trechos, as avaliações foram diferentes, que podem gerar soluções superestimadas ou subestimadas com respeito ao que acontece na realidade. Para a análise operacional das vias se propõe uma calibração da metodologia do manual mediante o uso de uma equação para estimar os tempos de deslocamento efetivo em função da extensão do segmento e a velocidade de Fluxo Livre-base, tendo em consideração os atrasos estimados pelo manual, para a determinação da VMP mais próxima à realidade de Brasília. Este estudo tem a pretensão de se tornar uma fonte importante de avaliação deste tipo de via na cidade e uma fonte de referência para adequação do manual HCM 2010 para Brasil.

Palavras chaves: velocidade média de percurso, tempo de percurso, HCM 2010, análise operacional.

ABSTRACT

ADJUSTING PROCEDURE FOR DETERMINING THE TRAVEL SPEED THROUGH THE HCM 2010 METHODOLOGY FOR BRAZILIAN URBAN ROADS

Author: Andrés Felipe Idrobo Samboni
Advisor: Paulo Cesar Marques da Silva
Postgraduate Program in Transport
Brasília, June of 2014.

The procedures presented by Highway Capacity Manual (HCM) are the most used for the study of urban streets by Brazilian technical community. These methodologies are based on the determination and measurement of average travel speed (VMP), developed by the current of traffic on a route segment. Given the above, this study sought to find a procedure for determining the VMP of vehicles on urban roads, which is used in HCM 2010 for analysis of the capacity and level of service on sections of roads in the city of Brasilia – DF that can be used reliably in urban streets of Brazil. From primary information collected in the field with a test vehicle equipped with a GPS unit, and employing Camcorders, values of VMP were determined in four urban corridors considering the variables of moving running time and average total delays presented in the stream of traffic. Through this study we found that the level of service estimated using the manual's method and the value observed in the field, in the four stretches, have equal ratings, leading to obtain the same level of service evaluation. However, when evaluating each segment that make these stretches, the evaluations were different, which can generate overestimated or underestimated solutions with respect to what happens in reality. For the analysis of the operating way, a calibration of the manual is proposed using an equation to estimate running times of routes depending on the length of the segment and the free flow-base speed, taking into account the estimated delay by manual, for a determination of VMP closer to reality of Brasilia. This study aims to become an important source of evaluation for this type of routes in the city and a reference to calibrating the manual HCM 2010 to Brazil.

Key words: HCM 2010, average travel speed, travel time, operational analysis.

SUMÁRIO

1.	– INTRODUÇÃO.....	1
1.1	– APRESENTAÇÃO.....	1
1.2	– FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	3
1.3	– JUSTIFICATIVA	6
1.4	– OBJETIVOS	7
1.4.1	– Objetivo Geral	7
1.4.2	– Objetivos Específicos	7
1.5	– ESTRUTURA DO TRABALHO	7
2.	– ANÁLISE DE VIAS URBANAS COM O HCM	9
2.1	– VIAS URBANAS	9
2.2	– CONCEITOS DE CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO	10
2.3	– HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010	11
2.3.1	– Diferenças da Metodologia do Manual HCM 2000 e 2010.....	12
2.4	– ESTUDOS RELACIONADOS COM A ADEQUAÇÃO DO HCM	15
2.5	– DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO DE ANÁLISE DO HCM 2010 PARA VIAS URBANAS	18
2.5.1	– Limitações da Metodologia	21
2.6	– NÍVEL DE SERVIÇO EM VIAS URBANAS SEGUNDO O HCM 2010	21
2.7	– DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE – BASE (VFLB) 22	
2.8	– DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (VMP) ...	24
2.8.1	– Determinação da velocidade de percurso por segmento	25
2.8.2	– Fator de Ajuste por proximidade de veículos.....	26
2.8.3	– Atraso devido a conversões veiculares.....	27
2.8.4	– Cálculo do tempo de deslocamento efetivo no segmento.....	27

2.8.5	– Determinação da proporção de chegadas durante o sinal verde.....	28
2.8.6	– Determinação da duração da fase do sinal.....	30
2.8.7	– Determinação dos atrasos	32
2.9	– DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO	36
2.10	– LIMITAÇÕES DO MÉTODO	36
2.11	– CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
3.	– PROCEDIMENTO PARA A REALIZAÇÃO DAS PESQUISAS EM CAMPO NAS VIAS DE BRASÍLIA	39
3.1	– SISTEMA VIÁRIO DE BRASÍLIA.....	39
3.1.1	– Classificação viária de Brasília.....	39
3.1.2	– Caracterização do comportamento do tráfego em vias arteriais urbanas ...	41
3.2	– LOCAIS SELECIONADOS PARA O ESTUDO	43
3.2.1	– Seleção dos corredores de tráfego	44
3.2.2	– Via arterial W-3	44
3.2.3	– Via arterial L-2	45
3.3	– METODOS DE ESTUDOS REALIZADOS.....	46
3.3.1	– Estudo de volumes de trânsito	46
3.3.2	– Estudos de velocidade e retardamento.....	48
3.3.3	– Estudos de fila e tempos semafóricos.....	50
3.4	– TRATAMENTO DE DADOS.....	50
3.5	– METODOS DE COLETA EMPREGADOS	52
3.5.1	– Filmagens	56
3.5.2	– Veículo teste com aparelho.....	57
3.6	– DADOS COLETADOS DAS PESQUISAS.....	58
4.	– VERIFICAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA HCM 2010 PARA ANÁLISE DE VIAS URBANAS BRASILEIRAS	59
4.1	– DEFINIÇÃO, DESENHO E REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS EM CAMPO.	59
4.1.1	– Planejamento das pesquisas.....	59

4.1.2	– Elaboração dos formulários	60
4.1.3	– Escolha dos locais de contagem, datas e horários.	60
4.1.4	– Execução do trabalho de campo	61
4.2	– ESTUDO E AVALIAÇÃO DE TRÂNSITO	64
4.2.1	– Interseções e movimentos registrados em cada trecho	64
4.2.2	– Procedimento e análise de informação de campo.....	65
4.2.3	– Paradas de ônibus	67
4.2.4	– Manobras de estacionamento e cruzamento de pedestres	68
4.2.5	– Taxa de fluxo (q)	71
4.2.6	– Volume máximo horário.....	73
4.3	– ESTUDO DE VELOCIDADE E RETARDAMENTO	79
4.4	– TEMPOS DE SEMAFORO E TAXAS DE FLUXOS	84
4.5	– ANÁLISE DE CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO	90
4.6	– ANÁLISE DE RESULTADOS PRELIMINARES	96
5.	– ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DA VMP	99
5.1	– METODOLOGIA UTILIZADA	99
5.1.1	– Escolha dos trechos	99
5.1.2	– Gravação e edição dos vídeos.....	99
5.1.3	– Cálculo da velocidade média de percurso	100
5.2	– DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO.....	101
5.3	– APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS DE VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO.....	104
5.4	– ADEQUAÇÃO DA VMP POR MEIO DA ESTIMAÇÃO DO TEMPO DE DESLOCAMENTO EFETIVO	108
5.4.1	– Diferenças entre VMP Estimadas pelo Manual e Observadas em campo	108
5.4.2	– Modelo de regressão empregado para estimação de tempos de deslocamento efetivo	109
6.	– CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	117

6.1	– CONCLUSÕES GERAIS	117
6.2	– RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	119
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
	ANEXO A – QUESTIONÁRIOS DE COLETA DE INFORMAÇÃO DE CAMPO	123
	ANEXO B – CONTAGEM VEICULAR DOS QUATRO TRECHOS.....	128
	ANEXO C – PERFIS DE VELOCIDADE DOS QUATRO TRECHOS	143
	ANEXO D – ANÁLISE DE CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO	162
	ANEXO E – TESTE DE NORMALIDADE DE ANDERSON-DARLING	179
	ANEXO F – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS OBTIDOS DE TEMPOS DE DESLOCAMENTO EFETIVO NOS QUATRO TRECHOS.....	186

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Nível de serviço de vias urbanas, manual HCM 2000 (TRB, 2000)	13
Tabela 2.2 – Nível de serviço de vias urbanas, manual HCM 2010 (adaptado TRB, 2010a).	13
Tabela 2.3 – Descrição geral do Nível de Serviço para vias urbanas.....	22
Tabela 2.4 – Atraso devido aos veículos realizando giros (TRB, 2010a)	27
Tabela 3.1– Amostra mínima para estudos de tempos de percurso com um nível de confiança de 95%, (Box e Oppelander, Manual of Traffic Engineering Studies,1976).....	52
Tabela 3.2 – Características dos trechos e segmentos para a coleta de dados.....	53
Tabela 4.1 – Resumos locais e movimentos registrados	65
Tabela 4.2 – Análise de cruzamento de pedestres nos segmentos:(a) Trecho 1, (b) Trecho 2	70
Tabela 4.3 – Análise de cruzamento de pedestres nos segmentos:(a) Trecho 3, (b) Trecho 4	70
Tabela 4.4 – Resumo do trânsito máximo horário e composição veicular Trecho1 W3-N	73
Tabela 4.5 – Resumo do trânsito máximo horário e composição veicular Trecho 2 W3-S	73
Tabela 4.6 – Resumo do trânsito máximo horário e composição veicular Trecho 3 L2-N.	74
Tabela 4.7 – Resumo do trânsito máximo horário e composição veicular Trecho 4 L2-S .	74
Tabela 4.8 – Dados coletados por GPS.	81
Tabela 4.9 – Resultado de Velocidades:(a)Trecho 1, (b)Trecho 2, (c)Trecho 3, (d)Trecho 4	83
Tabela 4.10 – Avaliação da velocidade média de percurso.....	84
Tabela 4.11 – Avaliação do nível de serviço.....	91
Tabela 4.12 – Avaliação do nível de serviço por segmento	92
Tabela 4.13 – Trecho 1 - Via Arterial W-3 Norte	93
Tabela 4.14 – Trecho 2 - Via Arterial W-3 Sul.....	94
Tabela 4.15 – Trecho 3 - Via Arterial L-2 Norte.....	95
Tabela 4.16 – Trecho 4 - Via Arterial L-2 Sul	96
Tabela 5.1 – Amostra das vias em estudo e número de segmentos analisados	99
Tabela 5.2 – Tempos de deslocamento efetivo registradas (s) no Trecho 1 - Segmento 2	103
Tabela 5.3 – Tempos de deslocamento efetivo agrupadas em intervalos e parâmetros estatísticos Trecho 1 – Segmento 2	104

Tabela 5.4 – Resumo dos resultados Estatísticos Trecho 1 – Segmento 2.....	104
Tabela 5.5 – Principais resultados encontrados para a VMP dos automóveis.	106
Tabela 5.6 – Avaliação do nível de serviço nos trechos analisados	106
Tabela 5.7 – Resumo das variáveis em cada segmento que formam os trechos analisados	107
Tabela 5.8 – Resultados das VMP dos quatro trechos de vias analisadas.....	108
Tabela 5.9 – Principais resultados encontrados para a VMP dos automóveis.	111
Tabela 5.10 – Modelo Estatístico do Tempo de deslocamento efetivo.....	112
Tabela 5.11 – Relação de resultados dos metodos Estimado, Observado e o Modelo Proposto.....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Metodologia do HCM 2010 para estimativa do NS de vias urbanas.....	4
Figura 2.1 - Elementos de Análise em Trechos de Vias Urbanas.	19
Figura 2.2 - Elementos de Análise de segmentos em vias urbanas.	20
Figura 2.3 - Variáveis consideradas na metodologia para segmentos de vias Urbanas	20
Figura 2.4 - Relação da velocidade de fluxo livre para um segmento de via urbana (adaptado TRB, 2010a).....	26
Figura 2.5 - Segmento da uma via urbana	29
Figura 2.6 - Elementos que influenciam a duração da Fase.	31
Figura 3.1 - Plano Piloto do Distrito Federal – Centro Urbano.....	40
Figura 3.2 - Seção Tipo para uma via Arterial Principal (PDTU/DF, 2010)	42
Figura 3.3 - Seção Tipo para uma via Arterial Secundária: (a). de Circulação, (b). de Atividades (PDTU/DF, 2010).	43
Figura 3.4 - Via arterial W-3	45
Figura 3.5 - Via arterial L-2.....	46
Figura 3.6 - Trecho 1	54
Figura 3.7 - Trecho 2	55
Figura 3.8 - Trecho 3	55
Figura 3.9 - Trecho 4	56
Figura 3.10 - Limites do segmento parcial e locais de marca de referência (adaptado Bonneson et al , 2008)	57
Figura 4.1 - Trechos do Plano Piloto escolhidos para obtenção de dados.....	61
Figura 4.2 - Percursos feitos com GPS.....	61
Figura 4.3 - Instalação de câmeras de vídeo.....	62
Figura 4.4 - Coleta de tempos de semáforo	63
Figura 4.5 - Medição dos trechos analisados.....	63
Figura 4.6 - Equipe de pesquisa de campo	63
Figura 4.7 - Movimentos de tráfego nas interseções e esquema de numeração	64
Figura 4.8 - Locais de Paradas de ônibus: (a) Via Arterial W-3 Norte, (b) Via Arterial L-2 Norte	67
Figura 4.9 - Variação da taxa de fluxo - Trecho 1.....	71
Figura 4.10 - Variação da taxa de fluxo - Trecho 2.....	72

Figura 4.11 - Variação da taxa de fluxo - Trecho 3.....	72
Figura 4.12 - Variação da taxa de fluxo - Trecho 4.....	72
Figura 4.13 - Movimentos registrados no Trecho 1	75
Figura 4.14 - Movimentos registrados no Trecho 2	76
Figura 4.15 - Movimentos registrados no Trecho 3	77
Figura 4.16 - Movimentos registrados no Trecho 4	78
Figura 4.17 - Localização dos trechos analisados via GPS	80
Figura 4.18 - Perfil de velocidade por hora - Trecho 1	81
Figura 4.19 - Perfil de velocidade por extensão – Trecho 1	82
Figura 4.20 - Percurso Trecho 1- Avenida W-3 Norte	85
Figura 4.21 - Percurso Trecho 2- Avenida W-3 Sul.....	86
Figura 4.22 - Percurso Trecho 3- Avenida L-2 Norte	87
Figura 4.23 - Percurso Trecho 4- Avenida L-2 Sul	88
Figura 4.24 - Velocidades médias de percurso dos segmentos do Trecho 1	93
Figura 4.25 - Velocidades médias de percurso dos segmentos do Trecho 2.....	94
Figura 4.26 - Velocidades médias de Percurso dos segmentos do Trecho 3.....	95
Figura 4.27 - Velocidades médias de Percurso dos segmentos do Trecho 4.....	96
Figura 5.1 - Layout do programa Microsoft Expression Encoder 6.0.....	100
Figura 5.2- Histograma de dados de tempo de deslocamento efetivo coletados nos quatro trechos.....	102
Figura 5.3 - Layout do programa Minitad, gráfico de confiabilidade de 95%.....	103
Figura 5.4 - Frequência da velocidade média de percurso em todos os Trechos	105
Figura 5.5 - Frequência acumulada da VMP em todos os trechos	105
Figura 5.6 - Distribuição de VMP em todos os trechos.	105
Figura 5.7- Modelos de regressão empregados: (a) 5 variaves, (b) 4 variaves, (c) 3 variaves	110
Figura 5.8 - Valores observados por Valores ajustados a partir de modelo de regressão.	113
Figura 5.9 - Relação do modelo de estimativa do manual HCM com dados observados em campo e com o modelo proposto de estimativa de tempo de deslocamento efetivo: (a), Tempo de deslocamento efetivo x Extensão, (b) Tempo de deslocamento x VFLB.	114
Figura 5.10 – Velocidade de percurso obtida pelo Modelo Proposto	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	- Caminhões
CET	- Companhia de Engenharia de Tráfego
CTB	- Código de Transito Brasileiro
DETRAN	- Departamento de Trânsito do Distrito Federal
DF	- Distrito Federal
DNIT	- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
FHP	- Fator Horário de Pico
GPS	- Global Positioning Systems
HCM	- Highway Capacity Manual
INT	- Interseção
LOS	- Level of Service
M	- Movimento
NC	- Nível de Confiança
NCHRP	- National Cooperative Highway Research Program
NS	- Nível de Serviço
O	- Ônibus
P	- Carros de passeio
PA	- Pontos de Acesso
PDOT	- Plano Diretor de Ordenamento Territorial
PDTU	- Plano Diretor de Transporte Urbano
TRB	- Transportation Research Board
TP	- Tempo de Percurso
VFL	- Velocidade de Fluxo Livre
VFLB	- Velocidade de Fluxo Livre-Base
VMC	- Volume Máximo que Continua
VME	- Volume Máximo de Entrada
VMH	- Volume Máximo Horário
VMP	- Velocidade Média de Percurso
UnB	- Universidade de Brasília

LISTA DE SÍMBOLOS

C	- Capacidade
Ext.	- Extensão
Fx	- Faixas
H	- Hora
Km	- Km
M	- Metros
Min	- Minutos
N	- Número
q_{max}	- Período de 15 minutos máximo
S	- Segundos
V	- Volume
Vei	- Veiculo

1. – INTRODUÇÃO

1.1 – APRESENTAÇÃO

O transporte rodovias é uma parte essencial do desenvolvimento e crescimento de uma sociedade moderna. A rapidez, o custo e a capacidade de transportes disponíveis têm um impacto significativo no crescimento econômico das regiões, tornando-se indicativo de desenvolvimento para os países. Diminuir os custos e tempos viagem, tanto para os indivíduos como para a produção de bens, permite sua inserção em mercados mais competitivos e eficientes, onde países em desenvolvimento têm que trabalhar para alcançar os proclamados níveis de competitividade e eficiência de primeiro mundo. Um serviço de transporte de alta qualidade permite, a um País, elevar seu nível de comércio e indústria, quando permite a circulação de todos os tipos de bens, pertences, matérias primas e produtos elaborados, assim como de pessoas, que carregam toda a cultura da sociedade, com sua riqueza e variedade. Portanto, o transporte é um fator importante para o desenvolvimento sustentável mundial.

O transporte rodoviário é o mais usado em vários países do mundo, no Brasil é o principal sistema logístico do país e conta com uma rede de estradas e rodovias nacionais, por onde passam todas as cargas movimentadas no território, além de ser o principal meio de transporte de passageiros no tráfego do país. O transporte rodoviário é recomendado para percorrer pequenas distâncias, tendo em vista que é bastante dinâmico e ágil.

Os estudos de tráfego avaliam o comportamento dos usuários (pedestres, motoristas, etc.), dos veículos e das vias (característica geométrica). Através de formulação matemática e realização de experiências práticas são feitos os estudos dos elementos básicos que compõem o trânsito. A capacidade e nível de serviço são indicadores de bom ou mal desempenho de um sistema viário, além de ser uma medida de qualidade, que depende de várias condições e parâmetros, nos fornece uma ferramenta útil para o planejamento e projeto de qualquer via.

Os primeiros documentos que estudaram os conceitos de nível de serviço e capacidade em várias facilidades de transporte de vias urbanas e rodoviárias foi o estudo realizado nos

Estados Unidos pelo *Transportation Research Board* (TRB), reunidos no *Highway Capacity Manual* (HCM), que incorporou o conhecimento teórico e a experiência prática em seus procedimentos, tornando-se uma importante fonte de referência para especialistas de transporte.

Estudos feitos por Prassas (1998) e Loureiro *et al.* (2004), entre outros, permitiram identificar que o HCM e a utilização de seus procedimentos têm várias deficiências e limitações em suas metodologias.

Este manual foi publicado inicialmente no ano de 1950, sendo o primeiro documento a tratar acerca dos primeiros conceitos de capacidade das instalações de transporte. No ano de 1965 houve uma importante atualização onde se introduziu o conceito de nível de serviço que até hoje serve de base para determinar a adequação das instalações de transporte sob as perspectivas de planejamento, projeto e operação. Desde a primeira publicação até agora, foram feitas cinco edições com procedimentos melhorados e atualizados. A última edição foi publicado no ano de 2010, sendo conhecida como o HCM 2010.

O manual foi concebido também com o objetivo de avaliação de alternativas e de análises de viabilidade econômica e de impactos ambientais de projetos de facilidades de transporte rodoviário, tendo uma grande aplicação na área de planejamento estratégico (Gasparini, 2002). Os modelos matemáticos e metodologias de coleta de informação, cálculo, processamento e análise dos resultados fornecidos pelo HCM tornaram-se referências básicas para o desenvolvimento de pesquisas que estabelecem o comportamento específico da engenharia básica de trânsito para avaliar as condições dos usuários.

Entretanto, as metodologias utilizadas no HCM, na maioria dos casos, não podem ser aplicadas diretamente, dada a variabilidade do comportamento dos pedestres e motoristas no uso da infraestrutura viária, clima, topografia e veículo por regiões de estudo, que são muito diferentes das condições apresentadas na América do Norte.

Por exemplo, ao se comparar o nível de demanda, conforto e segurança viária existentes nos países de primeiro mundo, com os níveis correspondentes nos países da América do Sul, deve-se considerar que, por definição, o nível de serviço mede as condições de

conforto do motorista e a experiência sobre a segurança proporcionada ao longo do trajeto. Outros fatores que diferem são: o tipo de veículo padrão, a geometria das estradas urbanas, o estado da via, dentre outros.

As edições do ano 2000 e de 2010 do HCM introduziram metodologias para o cálculo de capacidade e nível de serviço nas áreas urbanas, baseando-se, principalmente, na velocidade média de percurso (VMP) também conhecida como a velocidade desenvolvida pela corrente de tráfego em um trecho da via. Assim, o presente trabalho faz uma análise dessa metodologia, considerando as suas deficiências em relação ao que ocorre na realidade das vias urbanas no Brasil.

1.2 – FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O estudo de capacidade e nível de serviço em vias urbanas é feito de acordo com os métodos propostos pelo manual americano de capacidade viária, o *Highway Capacity Manual – HCM (TRB, 2010a)*. Dentre as metodologias propostas no manual, existe uma específica para a análise de vias urbanas (arteriais e coletoras), que é descrita em duas etapas no manual: a primeira no Capítulo 16 – Instalações de vias urbanas (*Urban Street Facilities*), e a segunda no Capítulo 17 – Segmentos de vias urbanas (*Urban Streets Segments*). Os dois capítulos apresentam metodologias específicas para os modos: “automóvel”, “a pé”, “bicicleta”, e “transporte público”, e neste trabalho o foco é no modo “automóvel”.

Como definido pelo TRB (2010), as vias urbanas são vias de fluxo interrompido, como vias arteriais e vias coletoras. Essas vias se caracterizam por ter densidades de veículos relativamente altas, com cruzamentos e acessos que interrompem o fluxo de tráfego (sinais de tráfego, paradas nas vias ou rotatórias) em trechos de 3 quilômetros ou menos.

A metodologia apresentada pelo HCM 2010 para a determinação do nível de serviço das vias urbanas considera parâmetros como a velocidade de fluxo livre, a geometria da via e a velocidade média de percurso para percorrer um segmento ou uma seção da via analisada, considerando essencialmente os atrasos experimentados nas interseções e o tempo de deslocamento efetivo nos segmentos. É importante ressaltar que cada uma dessas variáveis

contém parâmetros que necessitam ser calibrados e validados para utilização nas cidades brasileiras.

O HCM estabelece valores para a velocidade de fluxo livre em segmentos, que estão diretamente relacionados com as características das vias e o número de acessos que afetam o fluxo de tráfego. Para a determinação da velocidade média de percurso em um trecho analisado é necessário conhecer-se variáveis como a extensão do trecho e o tempo de percurso gasto para percorrer esse trecho.

Pode-se entender a metodologia de análise do nível de serviço (NS) como um conjunto de quatro etapas (Figura 1.1). O primeiro para a determinação da velocidade de fluxo livre-base (VFLB); o segundo para a determinação da velocidade média de percurso (VMP) dos segmentos e trechos analisados; o terceiro para a determinação da taxa de parada espacial e o quarto para a determinação do nível de serviço dos veículos, com base na velocidade de percurso expressa como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base.

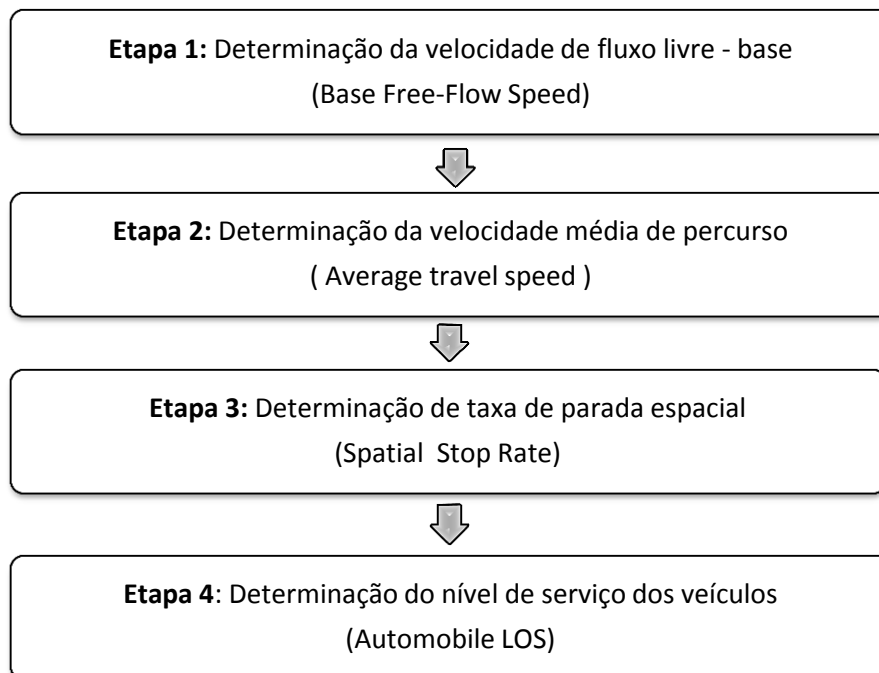


Figura 1.1 - Metodologia do HCM 2010 para estimativa do NS de vias urbanas.

O modelo para a estimativa da VMP apresentado na 2ª etapa é aplicado para locais, situações ou cenários em que a coleta de dados de velocidade média de percurso dos segmentos/trechos não seja viável, por limitações financeiras ou pela real impossibilidade,

no caso de ser uma nova via, ou por outro motivo relevante. Essa recomendação é feita de forma bastante leve no HCM e pondera-se que, diante das inúmeras considerações assumidas pelo modelo, essa ênfase deve ter um maior destaque.

A estimativa da velocidade média de percurso (VMP) de um corredor urbano considera duas variáveis: o tempo de deslocamento efetivo entre interseções com semáforos e o atraso médio total dispensado nas interseções, observando-se toda a corrente do tráfego de passagem (Equação 1.1). Estas variáveis contêm parâmetros que devem ser calibrados e validados para utilização nas cidades brasileiras que estejam de acordo com as características físicas e operacionais do sistema viário existente no Brasil, devido ao fato dessa metodologia ter sido desenvolvida para a realidade de um país com grandes diferenças econômicas, sociais, culturais, e que possui sistemas viários com características geométricas e operacionais bastante diferentes, como os Estados Unidos.

$$VMP = \frac{3600 L}{5280(t_R + d_t)} \quad (1.1)$$

Onde:

VMP = velocidade média de percurso para o tráfego de passagem no segmento (mi/h);

L = extensão do segmento (pés);

t_R = tempo de deslocamento efetivo no segmento analisado (s); e

d_t = atraso de controle nas interseções (tráfego de passagem) (s/vei).

Nesse contexto, deseja-se desenvolver um modelo novo para a análise operacional das vias arteriais urbanas brasileiras. Pretende-se desenvolver a calibração da 2ª etapa de estimação da VMP para verificar se os parâmetros utilizados na metodologia do HCM na determinação do nível de serviço de vias urbanas estão de acordo com a realidade dessas vias ou se a existência de outras variáveis também pode influenciar na velocidade de percurso e, conseqüentemente, na velocidade média global de uma via urbana em países em desenvolvimento.

1.3 – JUSTIFICATIVA

Nesta pesquisa, tratar-se á do estudo do nível de serviço de vias de fluxo interrompido, mais especificamente de vias arteriais urbanas, que têm como função principal promover a mobilidade e secundariamente fornecer algum tipo de acessibilidade. A metodologia mostrada no HCM 2010 (TRB, 2010a), usada para determinar o nível de serviço de vias urbanas, é baseada principalmente na velocidade média de percurso (VMP) desenvolvida pela corrente de tráfego seguindo em frente em um segmento da via.

A importância desse tema está na necessidade de se tentar analisar de forma mais realista o que acontece ao longo das vias, em lugar de adotar critérios de simplificação que os métodos teóricos indicam. Assim, este trabalho compara resultados e mostra até que ponto as simplificações teóricas levam a resultados satisfatórios. A escolha pelo estudo da metodologia que trata das vias arteriais urbanas se deu pelo fato de que este tipo de via ocupa um espaço importante dentro do sistema viário da maioria das cidades.

O critério de escolha das vias arteriais urbanas foi adotado pela necessidade de conhecer a realidade das vias que possuam características diferentes de: uso do solo, composição do tráfego, geometria, dentre outros fatores, mas que tenham uma classificação semelhante dentro dos padrões apresentados no manual HCM.

Segundo Paula (2006) ressalta-se que a metodologia apresentada pelo *Highway Capacity Manual* – HCM é a única utilizada para o estudo de vias arteriais pela comunidade técnica brasileira, que servem para fins de planejamento, projeto ou operação. Assim, é necessário investigar se essa metodologia é válida para a realidade nacional, pois adotar uma avaliação errônea causaria um impacto negativo no sistema de transportes, quer seja por subestimação, acarretando custos desnecessários para sua melhoria, ou por superestimação, levando ao não desenvolvimento de melhorias necessárias e elevando os custos de transporte e ambientais.

1.4 – OBJETIVOS

1.4.1 – Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo encontrar um procedimento para a determinação da velocidade média de percurso (VMP) dos veículos em vias urbanas, que na atualidade está contida na metodologia HCM 2010 para análise da capacidade e nível de serviço, em algumas seções de vias da cidade de Brasília - DF. Assim, a partir de análises de informações primárias coletadas sobre as vias arteriais, busca-se fazer uma adaptação da metodologia HCM para que possa ser utilizada com confiabilidade nas vias urbanas de Brasília.

1.4.2 – Objetivos Específicos

- Caracterizar as vias arteriais de Brasília, para que sirvam como base para o desenvolvimento de um novo procedimento para a estimativa da VMP;
- Verificar a adequação da segunda etapa que compõe a metodologia de análise de vias urbanas do HCM 2010, para sua aplicação nas vias arteriais de Brasília; e
- Propor alterações conceituais e adaptações da segunda etapa se for necessário, a partir dos resultados e das conclusões da verificação da sua adequação, mediante a utilização de modelos de simulação.

1.5 – ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em seis capítulos. O Capítulo 1 expõe o contexto e a temática desta dissertação, onde se apresenta a descrição do problema e a justificativa de sua realização, o objetivo geral e os objetivos específicos que se procurou alcançar neste trabalho.

O Capítulo 2 trata das teorias e cálculos de capacidade e nível de serviço em vias urbanas de acordo com o manual HCM, desde a versão publicada no ano 2000, onde se apresentam de uma forma mais detalhada suas metodologias, até a última publicação do HCM pelo *Transportation Research Board - TRB* no ano 2010 que se encontra vigente. O HCM 2010 descreve uma análise multimodal (pedestres, bicicletas, automóveis e sistemas de transporte

publico) de meios de transporte, para a caracterização das vias urbanas. Por fim, são apresentados alguns estudos relacionados com a avaliação da metodologia do HCM, uma síntese comparativa entre esses estudos e o planejamento do *Transportation Research Board* - TRB para o melhoramento e atualização do HCM 2010.

O Capítulo 3 trata das etapas metodológicas do estudo, apresentando as diferentes fases que foram realizadas para o desenvolvimento do projeto. É apresentada uma descrição da malha viária de Brasília com seus principais corredores de tráfego e a justificativa da escolha da amostra que será estudada neste trabalho. Também são definidos os dados que foram utilizados para a aplicação da metodologia HCM 2010. Por fim, é feita uma caracterização dos corredores arteriais de Brasília escolhidos e com base nesses resultados realizar as adaptações propostas.

O Capítulo 4 descreve o desenvolvimento das metodologias do manual HCM na realidade das vias arteriais de Brasília. São realizadas aplicações de cada um dos métodos utilizando os dados da amostra coletada em campo, e caracterizadas no capítulo 3. Foram realizadas análises estatísticas sobre os dados de velocidade média de percurso dos corredores, buscando identificar o comportamento da população, e finalmente fazer recomendações com relação às adequações das metodologias do manual.

O Capítulo 5 trata das adequações da metodologia proposta para a determinação da velocidade média de percurso em vias urbanas, por meio da equação de tempos de percurso. Buscou-se identificar uma forma que fosse adaptada não só para a realidade de Brasília, mas também que pudesse ser calibrada para outros cenários. Dessa forma, propôs-se uma nova metodologia para a determinação da VMP, fazendo adaptações à metodologia americana.

O sexto e último capítulo trata das considerações finais, onde são apresentadas as conclusões deste trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

2. – ANÁLISE DE VIAS URBANAS COM O HCM

2.1 – VIAS URBANAS

Os sistemas urbanos caracterizam-se por conformar toda a rede viária das cidades, que se devem amoldar à configuração topográfica das regiões. Esses sistemas de redes viárias permitem fazer os deslocamentos fáceis e rápidos, por meio de percursos o mais diretos possível entre os locais onde se mora e os locais de trabalho e recreação. Da mesma forma permitem a comunicação imediata dos centros das cidades com os bairros e vice-versa (Puppi,1981).

As estradas, ruas e rodovias no Brasil são classificadas em vários níveis de vias. As vias urbanas são as ruas, avenidas ou caminhos abertos à circulação pública, situadas nas áreas urbanas, caracterizadas principalmente por possuírem imóveis edificadas. Pode-se encontrar nesse subsistema vias de diversas dimensões e padrões em função do volume do tráfego, velocidade, sentido do fluxo (que pode ser unidirecional ou bidirecional) e das interferências que pode ter o tráfego, tais como cruzamentos, estacionamentos, garagens, faixas de pedestres, paradas de ônibus, dentre outros. Em função desses fatores, as vias podem ser classificadas da seguinte forma segundo o Código de Trânsito Brasileiro - CTB (Denatran, 2008).

- *Vias Locais*: aquelas caracterizadas por interseções em nível não semaforizadas (sem semáforos), destinadas apenas ao acesso local ou a áreas restritas. São utilizadas tanto por veículos como por pedestres, sendo que os veículos são, predominantemente, os dos próprios moradores da rua.
- *Vias Coletoras*: aquelas destinadas a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade. Servem também ao tráfego de veículos de transporte coletivo.
- *Vias Arteriais*: Aquelas caracterizadas por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais,

possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade. Podem possuir volume e velocidade de tráfego elevados e suas pistas são unidirecionais.

- *Vias de trânsito rápido*: Aquelas caracterizadas por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível. Uma grande característica das vias de trânsito rápido é que elas não possuem semáforos, cruzamentos ou retornos.

Segundo o manual HCM 2010, o sistema urbano se compõe de vias que estão funcionalmente classificadas como: arteriais, coletoras e locais. O propósito principal de uma via arterial é promover a mobilidade veicular permitindo a conexão das viagens entre vias arteriais e coletoras, permitindo o acesso a locais adjacentes às vias, caracterizadas por ter fluxo interrompido.

O propósito principal de uma via coletora é proporcionar o acesso e mobilidade dentro das áreas residenciais, comerciais e industriais. Além disso, proporciona a conexão com as vias arteriais, coletoras e locais, utilizando sinalização de paradas controladas e interseções não controladas. Nas vias coletoras, a função de acesso é mais importante do que numa via arterial.

Já nas vias locais, a principal função é proporcionar acesso à propriedade adjacente. Além disso, proporcionar uma conexão das vias coletoras e locais que utilizam sinais de paradas controladas e interseções não controladas.

2.2 – CONCEITOS DE CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO

O desempenho de uma via urbana pode ser descrito em termos da mobilidade e a acessibilidade que proporciona aos usuários. O grau de mobilidade é quantificado em termos de medidas operativas de eficácia, como velocidades de deslocamentos ou taxas de viagem. O grau de acessibilidade pode ser quantificado em termos da densidade de pontos de acesso e conectividade da rede. O manual HCM se concentra na avaliação da mobilidade por meio de análises da capacidade e nível de serviço. Porém, pode ser útil na avaliação de algumas medidas de acessibilidade.

O HCM define capacidade como a máxima taxa de fluxo horária na qual pessoas ou veículos podem atravessar um ponto ou uma seção uniforme de uma faixa ou via, durante um determinado tempo, sobre as condições existentes da via, do tráfego e dos controles de tráfego.

O conceito de nível de serviço está relacionado com medidas qualitativas que caracterizam as condições operacionais dentro de uma corrente de tráfego e a sua percepção pelos motoristas e passageiros. Essa medida qualitativa está relacionada com fatores como a velocidade e tempo de percurso, a liberdade de manobras, as interrupções no tráfego e o conforto e conveniência. Para cada tipo de facilidades podem ser atribuídos seis níveis de serviço, de A a F, sendo que o nível de serviço “A” representa as melhores condições e o nível “F” representa as piores. Cada nível de serviço representa uma variação das condições operacionais e da percepção dessas condições pelos usuários (TRB, 2010a).

As versões mais atuais do HCM (2000 e 2010) trazem definições e metodologias para efetuar avaliações de análise de capacidade e nível de serviço em vias urbanas. A edição do HCM do ano 2000 utiliza como medida de desempenho a velocidade média de percurso do segmento analisado, considerando essencialmente os atrasos experimentados nas interseções e o tempo de deslocamento efetivo nos segmentos, refletindo grau de mobilidade ou fluidez do seu tráfego de passagem (Loureiro *et al.*, 2004). A metodologia da edição do HCM 2010 é, em grande parte, a mesma que a metodologia de HCM 2000, ou seja, a análise do nível de serviço é em função da velocidade do veículo, mas a determinação dos tempos de atraso e de deslocamento do segmento é em função de mais variáveis, tornando o procedimento de cálculo mais complexo.

2.3 – HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010

A metodologia do HCM 2010 para a determinação da capacidade e nível de serviço nas vias urbanas incorpora resultados obtidos dos Projetos de pesquisa *The National Cooperative Highway Research Program* (NCHRP), chamados NCHRP 3-70 (*Multimodal Level of Service Analysis For Urban Streets*) e NCHRP 3-79 (*Measuring and Predicting the Performance of Automobile Traffic on Urban Streets*), feitos pelo Instituto *Transportation Research Board* (TRB, 2010a).

O projeto NCHRP 3-70 desenvolve um novo procedimento para determinar a capacidade e o nível de serviço para veículos, pedestres, bicicletas, e modos locais de transporte público, permitindo uma análise multimodal (TRB, 2010b). O projeto NCHRP 3-79 tem por objetivo revisar a metodologia do HCM para a análise de vias urbanas, melhorando o procedimento para a determinação da velocidade de deslocamento e os tempos dos veículos que percorrem um trecho de via, (TRB, 2008b).

Além disso, diferentes estudos ainda estão sendo realizados por pesquisadores do instituto TRB, desenvolvendo propostas de uso de modelos alternativos, que incluam modelos de simulação para as análises de capacidade em vias, que ajudem a representar de melhor forma, os problemas de congestionamento e movimentos de conflito nas vias. Estes estudos fazem comparações de resultados numéricos obtidos através de modelos de simulação e empregando os métodos do HCM. Estes resultados estarão incorporados em novas atualizações do manual, uma vez sejam feitas, no ano 2015, (TRB, 2005).

2.3.1 – Diferenças da Metodologia do Manual HCM 2000 e 2010

O HCM 2010 contém diferenças substanciais com relação às metodologias empregadas no HCM 2000 na análise e determinação do nível de serviço em vias urbanas. As modificações sugeridas no HCM 2010 permitem prever com maior acerto o comportamento do tráfego.

A metodologia do HCM 2000 tinha deficiência na determinação da velocidade de fluxo livre por não levar em conta fatores que influenciam na velocidade de deslocamento, incluindo o volume de tráfego, tais como: sinais de parada, densidade dos pontos de acesso, desenho das interseções, extensão dos trechos viários, e dispersão de veículos (Bonneson *et al.*, 2008).

A determinação dos NS na metodologia HCM 2000, baseia-se na medição da velocidade de percurso. Essa velocidade média de percurso (VMP) se calcula em função dos tempos de efetivo deslocamento e os atrasos gerados pelos controles sinalizados das interseções. Os critérios de NS são escolhidos em função da VMP e a classificação da via urbana. A classificação das vias urbanas se identifica pela velocidade de fluxo livre (VFL), como se observa na Tabela 2.1, onde são apresentados os valores de VFL típicos para cada classe.

Tabela 2.1 – Nível de serviço de vias urbanas, manual HCM 2000 (TRB, 2000)

Classificação da via	I	II	III	IV
Intervalo da velocidade de fluxo livre (km/h)	90 a 70	70 a 55	55 a 50	55 a 40
Velocidade de Fluxo livre típica (km/h)	80	65	55	45
Nível de serviço	Velocidade média de percurso (km/h)			
A	>72	>59	>50	>41
B	>56-72	>46-59	>39-50	>32-41
C	>40-56	>33-46	>28-39	>23-32
D	>32-40	>26-33	>22-28	>18-23
E	>26-32	>21-26	>17-22	>14-18
F	≤26	≤21	≤17	≤14

A metodologia HCM 2010 para determinar os NS baseia-se nos resultados do Projeto NCHRP 3-79. A diferença entre a metodologia do HCM 2000, é que esta leva em consideração quatro classes de vias, e a metodologia do HCM 2010 não faz distinção de classes de vias para a determinação do NS. A medida primária dessa metodologia para a determinação do NS é a relação entre a velocidade média de percurso e da velocidade de fluxo livre-base (VFLB) como se mostra na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Nível de serviço de vias urbanas, manual HCM 2010 (adaptado TRB, 2010a).

Velocidade de percurso como uma porcentagem da Velocidade de fluxo livre-base (%)	Nível de Serviço - Relação entre volume máximo e capacidade (v/c).
>85	A
>67-85	B
>50-67	C
>40-50	D
>30-40	E
≤30	F

Nota: Se a razão entre o volume máximo e a capacidade é maior que 1 (um) ($v / c > 1.0$), o Nível de serviço é F.

No manual HCM 2010 existe uma nova metodologia para o cálculo da velocidade de fluxo livre, que na atualidade é chamada como velocidade de fluxo livre de base. Nele se estabelece que a VFLB esteja em função de uma velocidade constante (velocidade do segmento), de um fator de ajuste para atrasos e paradas no segmento e de um fator de ajuste por pontos de acesso no trecho de via analisado.

E importante ressaltar que a metodologia HCM 2000 permite a análise de trechos de via com uma extensão máxima de 2500 metros. Diferentemente, o HCM 2010 permite a análise das vias a partir de qualquer extensão de trecho, o que segundo Ozkul *et al.*(2012) é a diferença mais significativa entre as duas metodologias. Isso porque, na análise de segmentos de vias de pequena extensão com baixas velocidades obtêm-se valores de NS mais baixos com a metodologia do HCM 2010 quando comparados com os resultados obtidos pela metodologia do HCM 2000.

A determinação dos atrasos em interseções semaforizadas nas últimas quatro versões do HCM (dos anos de 1985, 1994, 2000 e 2010) tem sofrido modificações. Na versão de 1985 e na atualização do ano de 1994, o atraso total é definido como função do atraso parado que se define como o tempo gasto pelo veículo sem movimento, considerando só os tempos de espera numa fila próxima a um semáforo (Paula, 2006). Nas duas últimas versões, 2000 e 2010, a forma de determinação dos atrasos se define em função das paradas do veículo sem movimento, considerando os tempos de desaceleração, os tempos de chegada às aproximações da interseção e os tempos de aceleração.

A forma de estimação do atraso nas interseções semaforizadas nas versões de 2000 e 2010 está em função de três tipos de atraso a considerar: d_1 atraso uniforme, d_2 atraso incremental e d_3 , como o atraso devido à fila de veículos remanescente do ciclo anterior, conforme a Equação 2.1.

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad (2.1)$$

A forma de cálculo do atraso total (d) varia na última versão 2010, onde o atraso uniforme (d_1) não é afetado pela qualidade da progressão do corredor, que anteriormente era aplicado mediante o fator de ajuste de progressão conhecido como PF , de acordo com a Equação (2.2). O PF reflete os efeitos da progressão no atraso da interseção e está diretamente relacionada com o tipo de chegada dos veículos na interseção (f_p), a proporção de chegada de veículos (P) e com a proporção de sinal verde para essa demanda (g/C).

$$PF = \frac{(1 - P)f_p}{\left(1 - \frac{g}{C}\right)} \quad (2.2)$$

A nova versão do HCM 2010 considera um atraso uniforme d_l (Equação 2.3), como um atraso médio de controle experimentado por todos os veículos que chegam durante o período de análise, que inclui qualquer atraso incorrido por esses veículos que ainda estão na fila depois que o período de análise termina.

$$d_1 = \frac{0,5 C(1 - g/C)^2}{1 - [\min(1, X) g/C]} \quad (2.3)$$

A nova versão do HCM 2010 também determina uma nova equação para o cálculo do atraso de controle, para um grupo de faixas, que elimina a forma anterior de estimativa de atrasos existentes para permitir estimativas de atrasos mais precisas e uniformes para os movimentos de tráfego avançado, movimentos com múltiplos períodos de sinais verdes e movimentos com múltiplas taxas de fluxo de saturação, como apresentado na Equação 2.4:

$$d_{1,b} = \frac{0,5 \sum_{i=1} (Q_{i-1} + Q_i) t_{t,i}}{qC} \quad (2.4)$$

Onde Q_i são os atrasos apresentados em cada intervalo de tempo, e $t_{t,i}$ são os tempos de duração de cada intervalo, divididos pela taxa de chegada q e pela extensão do ciclo C .

2.4 – ESTUDOS RELACIONADOS COM A ADEQUAÇÃO DO HCM

O manual HCM é uma publicação que reúne as investigações feitas nos Estados Unidos, para a análise de vias, contendo conceitos e procedimentos de cálculo para estimar a capacidade e qualidade do serviço das instalações viárias, utilizadas em todo o mundo (Kittelson, 2000). Por esta razão, diferentes pesquisas foram desenvolvidas, buscando verificar a adequação das metodologias do manual americano para as condições existentes nos outros países, como no caso dos países da América do sul.

Com esse propósito, diferentes pesquisas têm sido desenvolvidas em vários países: nos Estados Unidos por Washburn e Courage (2003), no Brasil por Gasparini (2002), Paula (2006) e Egami (2006), na Argentina por Galarraga *et al.* (2001), na Colômbia por Dueñas e Diaz.(1998), dentre outros. Portanto, justifica-se o estudo dos aspectos necessários para uma adaptação do HCM na realidade brasileira.

Gasparini (2002) analisou a adequabilidade do HCM 2000 para o estudo de vias urbanas brasileiras. O estudo teve como objetivo investigar o grau de suficiência dos parâmetros já utilizados pela metodologia do HCM 2000 relacionados à determinação da velocidade em movimento, e identificar outros parâmetros que podem influenciar nessa velocidade. A principal conclusão desse trabalho foi que a distribuição e a variação dos fluxos nas faixas de tráfego e a composição do tráfego variam consideravelmente e devem influenciar na velocidade. O estudo também concluiu que os tempos de percurso coletados em campo foram sempre mais elevados que os do HCM 2000, indicando sua não adequabilidade para a realidade das vias analisadas.

A pesquisa desenvolvida por Paula (2006) teve como objetivo propor uma adaptação do HCM 2000 para análise de vias urbanas e que possa ser utilizada de forma confiável nas vias de Fortaleza. O autor concluiu que a metodologia do HCM 2000, para análise de vias urbanas é complexa pela difícil compreensão, observando-se grandes diferenças entre a realidade americana e a brasileira, o que faz necessária a elaboração de alterações para a adequação da metodologia. Foram encontrados resultados estimados de velocidade média de percurso significativamente diferentes dos obtidos em pesquisas de campo, que não apresentaram um padrão específico, sendo valores superestimados e valores subestimados. Isso sugere que o método de estimativa da VMP não se encontra calibrado, ignorando aspectos diretamente associados às características operacionais das vias arteriais de Fortaleza, razão pela qual sua utilização não é considerada adequada para fazer avaliações precisas de análises operacionais. Por fim, Paula (2006) recomenda a utilização de ferramentas de simulação de tráfego para estimar a VMP para fins operacionais, as quais podem ser calibradas com mais facilidade para a realidade de cada local.

O trabalho de Egami (2006) trata da adaptação dos fatores usados no método do HCM 2000 para o cálculo do nível de serviço de rodovias de pistas simples para o Brasil, considerando que a composição da corrente de tráfego (em termos de automóveis e veículos pesados), os veículos e os motoristas podem diferir dos encontrados nos Estados Unidos. Foram obtidos novos valores para os fatores de ajuste usados na metodologia para a estimativa da capacidade e nível de serviço de rodovias de pistas simples do *Highway Capacity Manual*, edição 2000. Os valores encontrados são os que melhor representam as condições do tráfego achadas em rodovias de pista simples brasileiras estudadas nesta pesquisa; e foram obtidos por meio de resultados de simulação (software TRARR).

Para o cálculo da capacidade de uma via e do nível de serviço, a comunidade de engenheiros na Colômbia emprega o “*Manual de Capacidad y nivel de servicio para Carreteras de dos carriles*” do Instituto Nacional de Vias de Colombia (Escobar, 1996), obtido a partir de dados de campo da região, baseando-se nas metodologias do manual HCM do Instituto de Transporte dos Estados Unidos, Transportation Research Board – TRB.

A pesquisa realizada por Prassas (1999) relata a deficiência nos dados básicos usados pelo HCM para fixar os valores do tempo de percurso. O autor concluiu que o método de cálculo da velocidade apresenta alguns problemas, como a não consideração de retornos ocorridos nos trechos entre interseções consideradas e nem a relação entre o tempo de percurso e a taxa de fluxo na via. Além disso, também encontrou que as velocidades estimadas por modelos de simulação de tráfego eram maiores que as do HCM em pelo menos 10 km/h; as estimativas da velocidade em movimento não decrescem tão bruscamente com o incremento da densidade semaforica, como é proposto no HCM; e, ao contrário dos valores do HCM, as velocidades estimadas pelo modelo de simulação são sensíveis ao aumentar o volume de tráfego. Por fim, concluiu-se que esta deficiência afeta o cálculo da velocidade média global sobre as vias arteriais urbanas.

Segundo Demarchi *et al.* (2004), analisando-se os critérios do HCM 2000, que podem contribuir para um julgamento errôneo da classificação de vias urbanas brasileiras, detectam-se incongruências em dois dos critérios de projeto: estacionamento e movimentação de pedestres. Com relação ao critério “estacionamento”, o HCM contempla apenas a existência de estacionamento paralelo, desconsiderando estacionamentos de recuo, bastante comuns nos ambientes urbanos brasileiros, que têm um impacto negativo sobre o tráfego, devido à quantidade de manobras de entrada e saída. Com respeito à movimentação de pedestres, existem no Brasil algumas vias com volume significativo de pedestres que fazem travessias em faixas sinalizadas, onde têm mais prioridade os pedestres do que os motoristas; fato que pode reduzir a velocidade média de percurso.

Bonneson *et al.* (2008) encontraram que existem alguns fatores que influenciam de maneira significativa a estimativa dos tempos de atraso de controle. Dentro desses fatores de atraso encontram-se, os devidos a veículos que fazem conversões, existência de retornos, presença de atividades de estacionamento, existência de faixas adicionais, atrasos por

proximidade de outros veículos, e devido às altas densidades veiculares nas interseções e pontos de acesso. Além disso, encontraram que o manual apresenta algumas condições que a metodologia não pode explicar diretamente como congestionamento, ocorrência de acidentes ou qualquer restrição de capacidade.

Tarko (2000) examinou 116 estações de medição de velocidade em vias arteriais na Índia. A sua análise encontrou que vários fatores se correlacionam com a velocidade de fluxo livre. Dentre esses fatores o autor menciona os seguintes: porcentagem de veículos pesados, a hora do dia, os limites de velocidade, o uso do solo (urbano o rural), número de faixas, e o tipo de via. Tarko (2000) encontrou que as velocidades foram menores em vias com mais faixas e também que uma maior porcentagem de veículos pesados se relaciona com a presença de velocidades mais baixas durante o dia, e velocidades altas durante a noite.

As investigações de Galarraga *et al.* (2001), mediante medições de campo em vias urbanas da cidade de Córdoba- Argentina, concluíram pelas análises de resultados que a estimativa da capacidade e do nível de serviço com parâmetros locais permitem fazer avaliações mais eficientes muito mais próximas da realidade que com o cálculo realizado com os valores padrão. Os autores recomendam que os procedimentos do Manual HCM, que se basearam em dados empíricos correspondentes à realidade dos motoristas, parque veicular e regulamentação americana, em muitos casos, sejam adaptados adequadamente para que representem melhor as condições locais.

2.5 – DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO DE ANÁLISE DO HCM 2010 PARA VIAS URBANAS

As metodologias para a determinação do nível de serviço em vias urbanas levam em consideração variáveis e parâmetros que devem ser revisados com o propósito de criticar ou adequar os métodos do Manual HCM às realidades específicas de cada tipo de via e de cada região, com a intenção de identificar as limitações da metodologia em relação à realidade de outros países, e às características da circulação do tráfego nas vias urbanas brasileiras.

O manual HCM 2010 considera em sua metodologia uma série de cálculos baseados em modelos de análise de fluxo de tráfego em vias urbanas. Os cálculos são usados para estimar o desempenho das vias urbanas em termos de velocidade de percurso e das taxas de parada para um segmento de via analisado. As vias urbanas estão compostas por vários segmentos, e por meio de sua análise individual, permite obter o rendimento de todo um trecho de via (Figura 2.1).

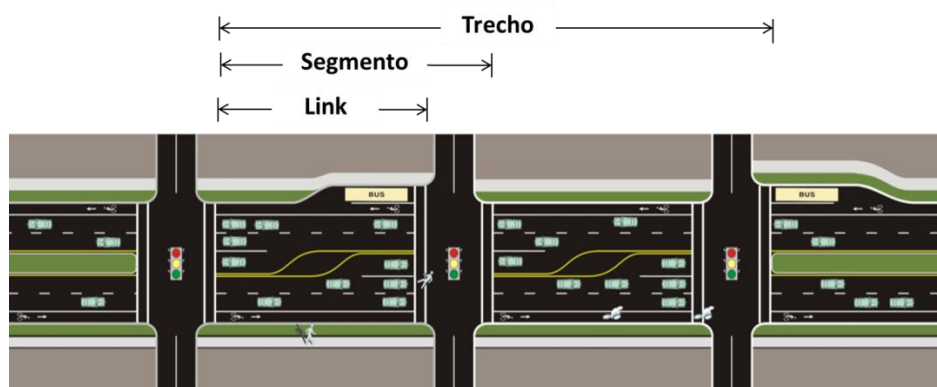


Figura 2.1 - Elementos de Análise em Trechos de Vias Urbanas.

A metodologia do HCM é utilizada para a análise de um ou mais segmentos que conformam um trecho de uma via urbana, sempre que esses tenham uma extensão de 1,61 quilômetros (1 milha) ou mais em áreas centrais, e de 3.22 quilômetros (2 milhas) ou mais em outras áreas, podendo ser de sentido único ou duplo, devendo cada sentido ser analisado separadamente. Os segmentos de vias analisados se caracterizam por ter um tipo de controle de tráfego (semáforo, sinais de pare ou dê a preferência), que definem o início e o fim do segmento; o espaçamento desses pontos de controle de tráfego e a extensão dos segmentos podem variar entre 122 m (400 pés) a 3200 m (2 milhas) em vias urbanas onde as interseções são controladas por semáforos (Figura 2.2).

Além disso, as medidas para estimar o rendimento de cada segmento no sentido da viagem incluem parâmetros de velocidade de percurso, taxas de parada e a percepção de viagem por parte do motorista, que é uma indicação de satisfação relativa do viajante com respeito ao serviço prestado ao longo do segmento. Os cálculos desses parâmetros servem para definir o nível de serviço das vias urbanas. As variáveis que são consideradas para o cálculo do nível de serviço são mostradas na Figura 2.3.

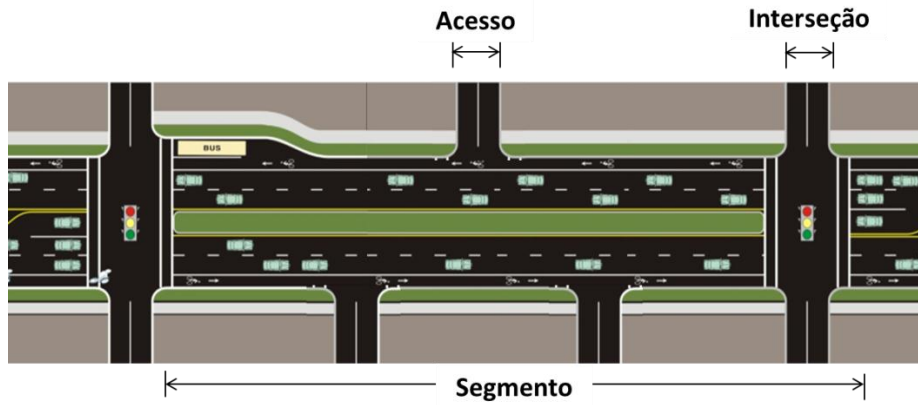


Figura 2.2 - Elementos de Análise de segmentos em vias urbanas.

Prevê-se que esta metodologia seja utilizada no planejamento, projeto e operação de vias urbanas com a finalidade de dimensionar corretamente as vias, fazer avaliação de alternativas e configurações de interseção, e elaboração de planos de sincronização de semáforos eficientes.

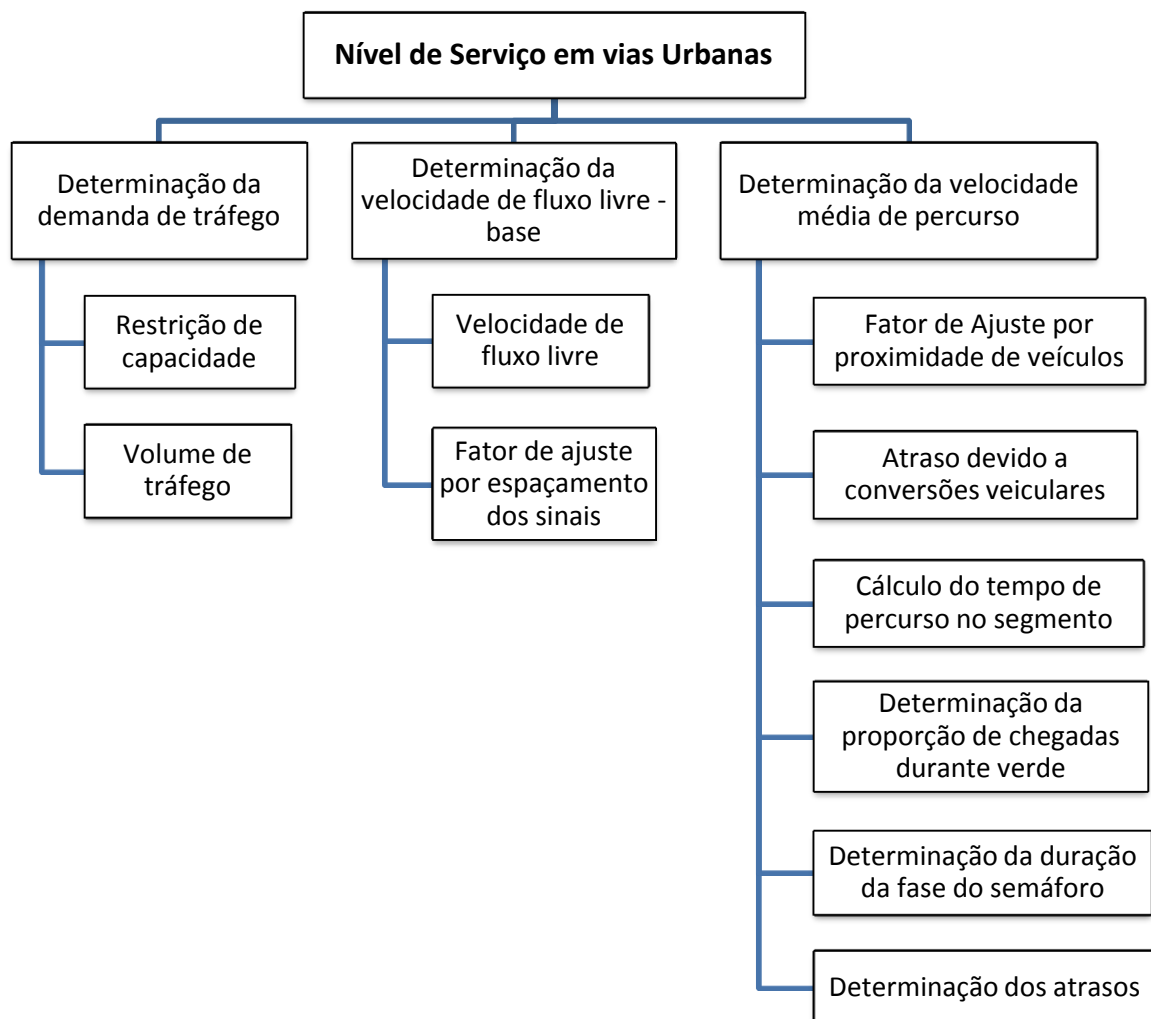


Figura 2.3 - Variáveis consideradas na metodologia para segmentos de vias Urbanas

2.5.1 – Limitações da Metodologia

Em geral, a metodologia descrita pode ser usada para avaliar o desempenho da maioria dos fluxos de tráfego que viajam ao longo de um segmento de uma via. No entanto, a metodologia não aborda todas as condições de tráfego ou tipos de controle. Se na análise de desempenho de uma via há uma ou mais dessas limitações, que podem ter uma importante influência no desempenho de uma via deve-se considerar a utilização de outras metodologias ou ferramentas.

A metodologia não leva em consideração o efeito das seguintes condições no funcionamento operacional do um segmento de uma via:

- estacionamento ao longo do segmento;
- inclinação significativa do segmento;
- variação do tipo de extensão do segmento;
- limitações da capacidade entre as interseções (pontos de estreitamento);
- formação de filas de veículos na interseção de saída do segmento que interferem na análise operacional da interseção da entrada;
- bicicletas que compartilham o tráfego veicular da via; e
- congestionamentos nas interseções, ou cruzamentos de ferrovias, que interrompem o tráfego.

2.6 – NÍVEL DE SERVIÇO EM VIAS URBANAS SEGUNDO O HCM 2010

A velocidade média de percurso (VMP) do veículo numa via urbana é a medida usada para determinar o nível de serviço (NS) ao longo de um trecho de via determinado. Essa velocidade reflete os fatores que influenciam no tempo de deslocamento efetivo em cada segmento e os atrasos gerados nas interseções. Esta velocidade indica o grau de desempenho fornecido no trecho. A Tabela 2.3 apresenta as características de cada nível de serviço segundo o HCM 2010.

A seleção do nível de serviço das vias urbanas depende da velocidade média de percurso (VMP), da velocidade de fluxo livre - base (VFLB) e da relação entre o volume máximo e a capacidade da via, conforme pode ser visto na Tabela e 2.3.

Tabela 2.3 – Descrição geral do Nível de Serviço para vias urbanas

Nível do Serviço (NS)	Descrição Geral	VMP
A	Fluxo livre, circulação desejável, liberdade de manobras, os atrasos devidos ao controle nas interseções são mínimos.	$> 85\% VFLB$
B	Fluxo razoavelmente livre, redução da velocidade e a liberdade de manobras são levemente restringidos, os atrasos devidos ao controle não são preocupantes.	$> 67 - 85\% VFLB$
C	Fluxo estável, as interferências que afetam a circulação e a velocidade desejada são toleráveis, a liberdade de manobras e mudanças de faixas são mais restritas do que no nível de serviço B.	$> 50 - 67\% VFLB$
D	Fluxo próximo à instabilidade, pequenos acréscimos no fluxo podem causar substancial acréscimo nos atrasos e, portanto, decréscimos na velocidade. Esse nível de serviço pode ocorrer devido à progressão ruim, tempos inapropriados nos ciclos dos semáforos, volumes de tráfego elevados, ou uma combinação desses fatores.	$> 40 - 50\% VFLB$
E	Fluxo instável, uma pequena perturbação gera congestão, a velocidade é baixa, mas o trânsito circula. Tais operações são causadas por elevada densidade de semáforos, volumes de tráfego elevados, longos atrasos em interseções críticas e tempos inapropriados nos ciclos dos semáforos.	$> 30 - 40\% VFLB$
F	Fluxo forçado ou com interrupções, baixa velocidade, há congestionamento (Demanda > Capacidade). Apresentam-se elevados volumes de tráfego, atrasos elevados, e formação de filas de veículos.	$\leq 30\% VFLB$

2.7 – DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE – BASE (VFLB)

A velocidade de fluxo livre-base para um trecho de via é a base para a determinação dos NS. Esta velocidade é determinada para cada segmento que compõe o trecho da via analisado por sentido, e se calcula mediante a Equação 2.5.

$$VFLB_F = \frac{\sum_{i=1}^m L_i}{\sum_{i=1}^m \frac{L_i}{S_{f_o,i}}} \quad (2.5)$$

Onde

$VFLB_F$ = velocidade de fluxo livre-base para o trecho (mi/h);

L_i = extensão do segmento i (mi);

m = número de segmentos no trecho; e

$S_{f_o,i}$ = velocidade de fluxo livre-base para o segmento i (mi/h).

A velocidade de fluxo livre-base é definida como a velocidade de fluxo livre ao longo do segmento. O Manual HCM 2010 define a velocidade de fluxo livre como a média das velocidades desejáveis de todos os motoristas em um segmento ou seção de uma via, observadas durante condições de volumes de tráfego muito baixos e enquanto os motoristas não são afetados pela presença de outros veículos ou pela sinalização. Essa velocidade está relacionada com as condições geométricas da via, as características de uso do solo, atividades de pedestres, densidade de pontos de acesso, espaçamento entre as interseções semaforizadas, e a velocidade limite da via.

A velocidade de fluxo livre (VFL) se estima sobre a base da velocidade de fluxo livre-base e de um fator de ajuste por espaçamento das interseções (Equação 2.6).

$$VFL = S_{f_o} * f_L \quad (2.6)$$

A determinação da velocidade de fluxo livre-base baseou-se no cálculo de uma velocidade constante e de dois fatores de ajuste por seção transversal e pontos de acesso, usando a Equação 2.7.

$$S_{f_o} = S_0 + f_{CS} + f_A \quad (2.7)$$

$$S_0 = 25,6 + 0,47 S_{pl} \quad (2.8)$$

$$f_{CS} = 1,5 p_{rm} - 0,47 p_{curb} - 3,7 p_{curb} p_{rm} \quad (2.9)$$

$$f_A = -0,078 \frac{D_a}{N_{th}} ; D_a = 5280 \frac{(N_{ap,s} + N_{ap,o})}{(L - W_i)} \quad (2.10)$$

Onde

S_{fo} = velocidade de fluxo livre-base (mi/h);

S_0 = velocidade constante (mi/h);

f_{CS} = ajuste por seção transversal (mi/h);

p_{rm} = proporção da extensão do link com divisão de fluxos restritivo (decimal);

p_{curb} = proporção do segmento com presença de meio-fio no lado direito (decimal);

f_A = ajuste por pontos de acesso (mi/h);

S_{pl} = limite de velocidade (mi/h);

D_a = densidade de pontos de acesso no segmento (pontos/mi);

N_{th} = número de faixas no segmento no sentido considerado (n);

$N_{ap,s}$ = número de ponto de acesso no lado direito no sentido da viagem (pontos);

$N_{ap,o}$ = número de ponto de acesso no lado direito no sentido oposto da viagem (pontos);e

W_i = largura da interseção sinalizada (pés).

O fator de ajuste por espaçamento dos sinais sugere que a extensão dos segmentos tende a influir na escolha da velocidade por parte do motorista. Por esta razão, a velocidade tem que ser ajustada por este fator, e para isso se utiliza a Equação 2.11.

$$f_L = 1,02 - 4,7 \frac{S_{fo} - 19,5}{\max(L_s, 122)} \leq 1,0 \quad (2.11)$$

Onde

f_L = fator de ajuste por espaçamento dos sinais;

S_{fo} = velocidade de fluxo livre de base (mi/h); e

L_s = extensão entre as interseções adjacentes (pés).

2.8 – DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (VMP)

A velocidade média de percurso do trecho é a relação entre a extensão da via e o tempo gasto para percorrer essa distância. Representa a média das velocidades dos veículos que compõem a corrente de tráfego que percorre o trecho considerando os tempos parados e em movimento. Esta velocidade é calculada para cada segmento e determinada para cada trecho empregando a seguinte Equação 2.12.

$$VMP_F = \frac{\sum_{i=1}^m L_i}{\sum_{i=1}^m \frac{L_i}{S_{T,seg,i}}} \quad (2.12)$$

Onde

VMP_F = velocidade média de percurso para o trecho (mi/h);

L_i = extensão do segmento i (mi);

m = número de segmentos no trecho; e

$VMP_{seg,i}$ = velocidade média de percurso para o segmento i (mi/h).

A velocidade média de percurso é utilizada na metodologia para avaliar o desempenho do segmento. Esta velocidade pode se relacionar com a velocidade regulamentar da via, devido ao fato de que a velocidade regulamentar leva em conta os fatores ambientais e geométricos da via. Assim, esses fatores têm influencia na escolha da velocidade do motorista. Portanto, a velocidade regulamentar representa uma variável de entrada no procedimento da metodologia que pode representar a velocidade média de percurso, resultando numa forma conveniente de determinar essa variável, sem a coleta de dados, em campo. Mas se não existe a certeza de que essa velocidade regulamentar representa o que está acontecendo na realidade, não se pode levar em conta na determinação dos NS, uma vez que essa premissa poderá alterar os resultados de rendimento é possível que não represente uma aproximação do funcionamento real do trânsito.

2.8.1 – Determinação da velocidade de percurso por segmento

A velocidade de percurso no sentido de viagem ao longo do segmento é determinada, para cada segmento, empregando a Equação 2.13.

$$VMP_{seg} = \frac{3600 L}{5280 (t_R + d_t)} \quad (2.13)$$

Onde

VMP_{seg} = velocidade média de percurso no segmento (mi/h);

L = extensão do segmento (pés);

t_R = tempo de deslocamento efetivo no segmento (s); e

d_t = atraso no segmento (s/vei). Obs.: corresponde ao atraso de controle na interseção de saída do segmento.

2.8.2 – Fator de Ajuste por proximidade de veículos

Este fator ajusta o tempo de percurso em fluxo livre, levando em conta a densidade do tráfego, aumentando o tempo de percurso correspondente na redução da velocidade e o aumento do volume do tráfego. A Equação 2.14 é utilizada para o cálculo do fator de proximidade.

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52,8 N_{th} * VFL}\right)^{0,21}} \quad (2.14)$$

Onde

f_v = fator de ajuste por proximidade;

v_m = taxa de fluxo de demanda no segmento (vei/h);

N_{th} = número de faixas no segmento no sentido considerado (n); e

VFL = velocidade de fluxo livre (mi/h).

A relação da velocidade de efetivo deslocamento dos veículos na via e a taxa de fluxo por faixa de um segmento de uma via urbana para diferentes valores de velocidades de fluxo livre se mostra na Figura 2.4.

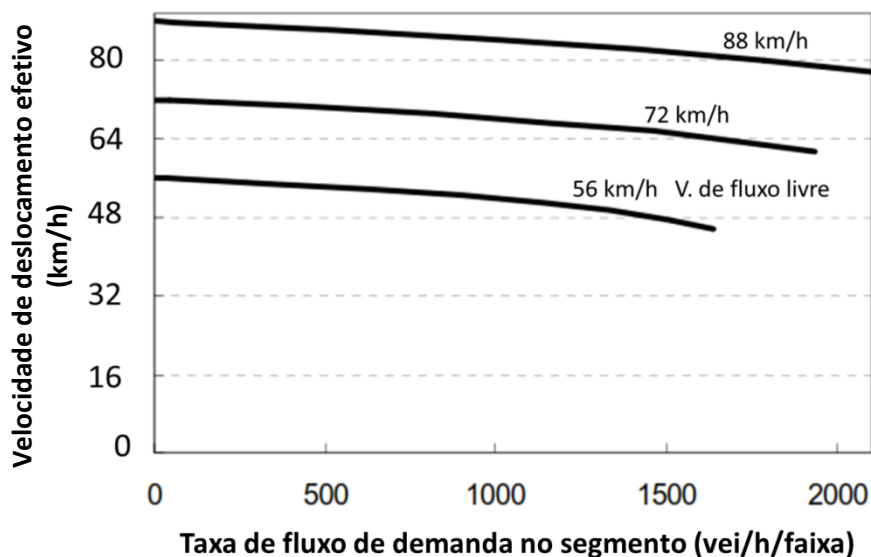


Figura 2.4 - Relação da velocidade de fluxo livre para um segmento de via urbana (adaptado TRB, 2010a).

2.8.3 – Atraso devido a conversões veiculares

Os veículos que viram no segmento, procurando os pontos de acesso, podem causar demoras nos outros veículos. Esses tempos de atraso, nos veículos que viram à direita, produzem redução da velocidade dos veículos quando esses tentam mudar de direção para ultrapassar o veículo que está girando. Os veículos que viram à esquerda causam formação de filas de carros, esperando que o veículo termine de virar. Para um planejamento desse fator de ajuste, a Tabela 2.4 pode ser utilizada para estimar o retardo devido a veículos que giram num ponto de acesso, utilizando o volume médio de veículos no segmento, que é típico em todos os pontos de acesso.

Tabela 2.4 – Atraso devido aos veículos realizando giros (TRB, 2010a)

Volume médio no segmento (veí/h/faixa)	Atraso de veículos (seg./veí/ponto) por número faixas (Σd_{ap})		
	1 Faixa	2 Faixas	3 Faixas
200	0,04	0,04	0,05
300	0,08	0,08	0,09
400	0,12	0,15	0,15
500	0,18	0,25	0,15
600	0,27	0,41	0,15
700	0,39	0,72	0,15

Nota: os valores da tabela representam que 10% dos veículos viram a esquerda e 10 % viram a direita desde o segmento para os pontos de acesso. Se a corrente de veículos que vira é inferior a 10%, então os atrasos podem ser reduzidos proporcionalmente.

Os valores selecionados da Tabela 2.4 multiplicam-se pelo número de pontos de acessos para estimativa do atraso no segmento devido aos veículos que viram a esquerda ou direita.

2.8.4 – Cálculo do tempo de deslocamento efetivo no segmento

O cálculo do tempo de deslocamento efetivo no segmento se realiza considerando os tipos de controle de tráfego que limitam os segmentos, a velocidade de fluxo livre, o fator de proximidade de veículos e as diversas fontes de atraso presentes no segmento (Equação 2.15).

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0,0025 L} f_x + \frac{3600}{5280 VFL} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{outras} \quad (2.15)$$

$$f_x = \left\{ \begin{array}{l} 1,00 \text{ sinalizada (Semáforo) ou com sinal de Pare} \\ 0,00 \text{ não tem controle de trânsito} \\ \text{menor } \left[\frac{v_s}{c_s}, 1,00 \right] \text{ controles dê a preferência} \end{array} \right\} \quad (2.16)$$

Onde

t_R = tempo de deslocamento no segmento (s);

l_1 = tempo perdido na saída do veículo numa interseção sinalizada = 2,0 e tempo perdido por parada = 2,5 (s);

L = extensão do segmento (pés);

f_v = fator de ajuste por proximidade;

VFL = velocidade de fluxo livre (mi/h);

f_x = fator de ajuste por tipo de controle;

v_s = demanda do fluxo para movimento em frente (vei/h);

c_s = capacidade de fluxo para movimento em frente (vei/h);

$d_{ap,i}$ = atraso por virar à esquerda ou à direita desde o segmento para o ponto de acesso i (s/vei);

N_{ap} = número de pontos de acesso ao longo do segmento = $N_{ap,s} + p_{ap,lt} N_{ap,o}$ (pontos);

$N_{ap,s}$ = número de pontos de acesso no lado direito no sentido da viagem (pontos);

$N_{ap,o}$ = número de pontos de acesso no lado direito no sentido oposto da viagem (pontos);

$p_{ap,lt}$ = proporção de $N_{ap,o}$ que pode acessar virando à esquerda no sentido da viagem; e

d_{outras} = atrasos devidos a outras fontes presentes ao longo do segmento (estacionamento ou faixas de pedestre) (s/vei).

Obs.: l_1 , f_x , v_s e c_s referem-se ao movimento em frente saindo do segmento na interseção.

2.8.5 – Determinação da proporção de chegadas durante o sinal verde

Aplica-se quando a interseção na saída é sinalizada. A metodologia inclui um procedimento para o cálculo da proporção de veículos que chegam durante o tempo de verde efetivo dos semáforos, que se utilizam das faixas do segmento.

Os controles de atrasos e o tamanho das filas numa interseção sinalizada são altamente dependentes da proporção de veículos que chegam durante os tempos de sinais verdes e

vermelhos. As demoras e o tamanho das filas são menores na medida em que as maiores proporções de veículos chegam durante o tempo do sinal verde.

Normalmente os movimentos de tráfego que chegam ao segmento são: os movimentos de conversão à esquerda, à direita e em frente que saem da interseção na entrada do segmento durante diferentes momentos do ciclo do semáforo (Figura 2.5). Também incluem os movimentos que entram no segmento nos pontos de acesso. Esses tipos de movimentos ajudam a prever o perfil de fluxo que chega à interseção na saída mediante o desenvolvimento de modelos de dispersão de pelotão.

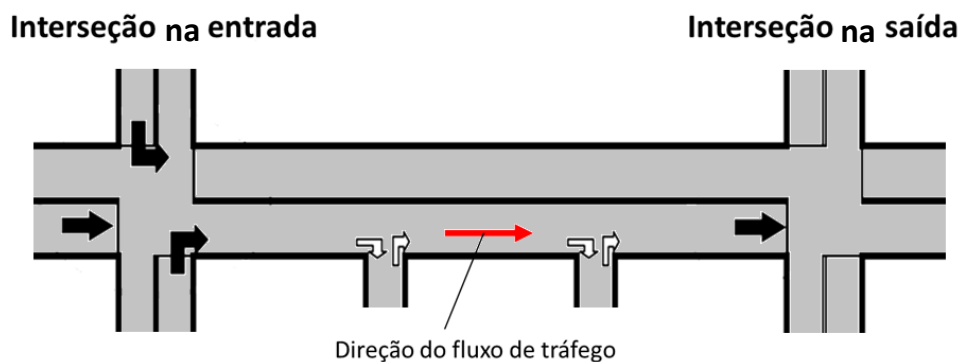


Figura 2.5 - Segmento da uma via urbana

A proporção de veículos que chegam durante o período do sinal verde para um grupo na faixa especificado é calculada usando a Equação 2.17.

$$P = \frac{n_g}{q_d C} \quad (2.17)$$

Onde:

P = proporção de veículos que chegam durante o sinal verde;

n_g = contagem de chegadas durante o sinal verde (vei);

q_d = taxa de fluxo de chegada para a faixa da interseção de saída (vei/s); e

C = duração do ciclo (s).

No caso de interseção de entrada do segmento não ser semaforizada ou, se semaforizada e não for coordenada com a interseção de saída do segmento é calculado usando a Equação 2.18.

$$P = \frac{g_{ef}}{C} \quad (2.18)$$

Onde:

g_{ef} = tempo de verde efetivo (s); e

C = duração do ciclo (s).

2.8.6 – Determinação da duração da fase do sinal

Utiliza-se para avaliar o desempenho de interseções semaforizadas na saída do segmento, que pode ser combinado com as metodologias de medidas de rendimento nos segmentos para vias urbanas, permite fazer uma avaliação das interseções a partir da perspectiva dos motoristas.

A duração da fase de um sinal depende do tipo de controle utilizado na interseção, e se caracterizam em atuados (semáforos tipo pedestres, acionados por botão), de tempo fixo (semáforos que funcionam em função do volume de tráfego), e coordenados por fases típicas.

Se o semáforo é de tempo fixo a duração da fase é definida no plano semafórico e, portanto, um dado de entrada diretamente disponível. No caso dos semáforos atuados, a duração da fase é composta por cinco períodos. O primeiro período representa o tempo perdido enquanto a fila reage à mudança do sinal para verde (tempo de saída). O segundo intervalo representa o tempo necessário para limpar a fila de veículos. O terceiro período representa o tempo de extensão do sinal verde para atender os veículos que chegam de forma aleatória, e termina ou quando existe uma brecha no trânsito ou quando expira o tempo máximo estabelecido para o sinal verde. O quarto período representa o intervalo de mudança para o amarelo, e o quinto período representa o intervalo de tempo no vermelho. A duração de uma fase é definida pela Equação 2.19.

$$D_p = l_1 + g_s + g_e + Y + R_C \quad (2.19)$$

Onde

D_p = duração da fase (s);

l_1 = tempo perdido na saída = 2,0 (s);

g_s = tempo de serviço da fila (s);
 g_e = tempo de extensão do verde (s);
 Y = intervalo do amarelo (s); e
 R_C = intervalo do vermelho (s).

A relação entre as variáveis da Equação 2.19 é mostrada na Figura 2.6 mediante o uso do polígono de acumulação de filas.

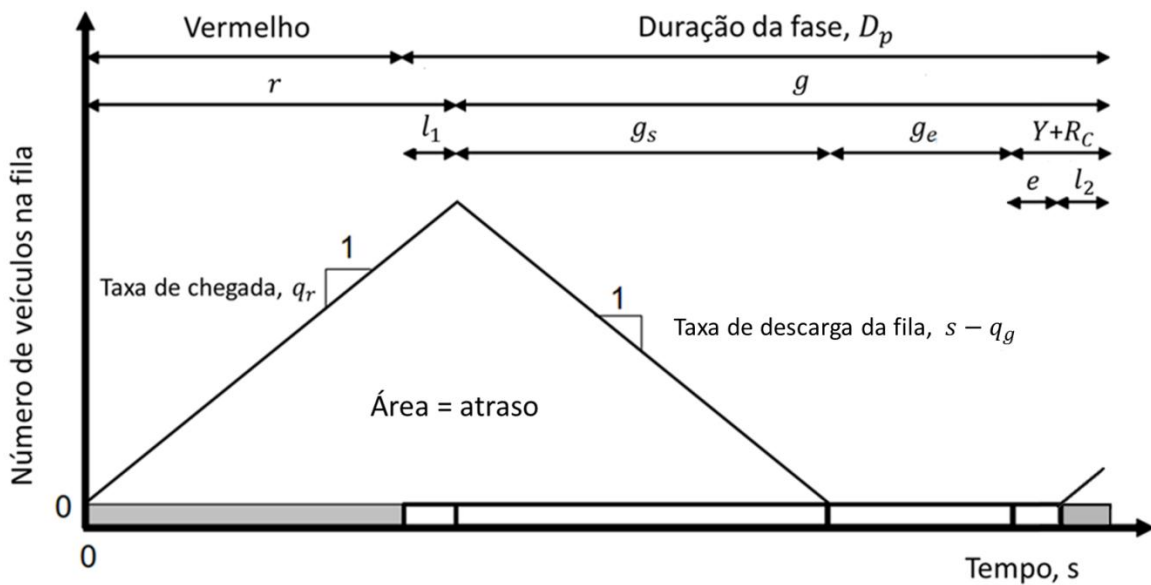


Figura 2.6 - Elementos que influenciam a duração da Fase.

A Figura 2.6 mostra a relação entre a duração da fase e o tamanho da fila para o ciclo do semáforo. Durante o intervalo do vermelho, veículos que chegam a uma taxa q_r formam uma fila. A fila alcança seu tamanho máximo l_1 segundos depois que o intervalo de vermelho termina. Neste momento, a fila começa a descarregar a uma taxa igual à taxa de fluxo de saturação s menos a taxa de chegada durante o verde q_g . A fila de veículos desaparece segundo g_s após começar a descarregar. Posteriormente, são detectadas as chegadas de veículos aleatórios que causam que o intervalo de verde seja estendido. Finalmente, ocorre uma brecha no trânsito (ou o limite máximo de verde é atingido), o intervalo de verde termina. O fim do intervalo do sinal verde coincide com o final do tempo de extensão g_e (Equação 2.20).

$$g = D_p - l_1 - l_2 = g_s + g_e + e \quad (2.20)$$

Onde

l_2 = tempo perdido no final do ciclo = $Y + R_c - e(s)$; e

e = extensão do verde efetivo = 2,0 (s), (tempo para que os veículos continuem sua viagem).

2.8.7 – Determinação dos atrasos

Os atrasos em que incorrem os veículos à medida que saem do segmento são a base para estimar o tempo de percurso. Esse valor de retardo representa a somatória de duas fontes de atrasos. A primeira fonte de atrasos são os controle de tráfego, chamado de atraso por controles e a segunda fonte de atrasos é devido à geometria das interseções, chamada também de atraso geométrico.

Os atrasos que acontecem pela geometria das interseções, por curvaturas e número de acessos de entrada, em interseções com três ou quatro entradas, são considerados insignificantes, diferentemente das rotatórias onde os tempos de atraso pelo tipo de infraestrutura devem ser considerados.

Esses tipos de atraso são determinados pelo Manual HCM mediante modelos de retardamento por tipo de controle do tráfego na interseção. O manual inclui processos de cálculo de atraso de controle para três tipos de interseções: interseções semaforizadas, interseções controladas por sinal de pare em uma via de acesso ou em toda a interseção e sinais de preferência em cruzamentos com rotatória.

No caso de interseções semaforizadas, se o movimento em frente compartilhar uma ou mais faixas com movimentos de conversão, o manual permite determinar o atraso para os movimentos em frente utilizando a Equação 2.21.

$$d_t = \frac{d_{th} v_t N_t + d_{sl} v_{st} (1 - P_L) + d_{sr} v_{sr} (1 - P_R)}{v_{th}} \quad (2.21)$$

Onde

d_t = atraso no segmento para o movimento em frente (s/vei);

v_{th} = demanda do fluxo em frente (vei/h);

d_{th} = atraso no grupo exclusivo de faixas em frente (s/vei);

v_t = demanda do fluxo por faixa exclusiva em frente (vei/h/faixa);

N_t = número de faixas exclusivas para o movimento em frente;

d_{sl} = atrasos no grupo de faixas compartilhados pelos movimentos em frente e à esquerda (s/vei);

v_{st} = demanda do fluxo no grupo de faixas compartilhados pelos movimentos em frente e à esquerda (vei/h);

d_{sr} = atrasos no grupo de faixas compartilhados pelos movimentos em frente e à direita (s/vei);

v_{sr} = demanda do fluxo no grupo de faixas compartilhados pelos movimentos em frente e à direita (vei/h);

P_L = proporção de veículos que viram à esquerda na faixa compartilhada (decimal); e

P_R = proporção de veículos que viram à direita na faixa compartilhada (decimal).

Para o objetivo do estudo a análise dos atrasos será a utilizada nas interseções controladas com semáforos. O atraso calculado por este procedimento representa o atraso médio experimentado por todos os veículos que chegam à interseção durante o período de análise. Inclui qualquer atraso ocorrido por esses veículos (todos os veículos que chegam durante o período de análise) que ainda estão na fila depois que o período de análise termina. O atraso de controle é calculado por meio da Equação 2.22.

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad (2.22)$$

d = atraso de controle nas interseções semaforizadas (s/vei);

d_1 = atraso uniforme (s/vei);

d_2 = atraso incremental (s/vei); e

d_3 = atraso da fila inicial pelos veículos remanescentes do ciclo anterior que não puderam ser atendidos pelo tempo de sinal verde (s/vei)

O atraso uniforme d_1 é aquele que considera que as chegadas são uniformes ao longo do ciclo e o fluxo é sempre estável. O atraso uniforme é calculado por meio da Equação 2.23.

$$d_1 = \frac{0,5 C (1 - g/C)^2}{1 - [\min(1, X) g/C]} \quad (2.23)$$

g/C = taxa de sinal verde; e

X = grau de saturação da interseção (razão do volume pela capacidade).

A metodologia do HCM 2010 permite determinações específicas para d_1 no caso de movimentos servidos por múltiplos tempos de verde e movimentos com multiplex fluxos de saturação. O atraso incremental d_2 acontece quando não há uniformidade nas chegadas dos veículos à interseção e quando a demanda supera a capacidade durante o período de análise. Se existe uma demanda não atendida, acontecem formações de filas de veículos remanescentes do ciclo anterior que são analisadas a partir de uma capacidade saturada (c_A). A Equação 2.24 apresenta a forma de estimativa do atraso incremental em função do período de análise T , do grau de saturação ($X_A = X$), da capacidade da aproximação (c), do tipo de controlador (k), e do efeito da aproximação à montante na forma de chegada dos veículos (I).

$$d_2 = 900T \left[(X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{8kIX_A}{c_A T}} \right] \quad (2.24)$$

$$X_A = v/c_A$$

X_A = relação entre o volume e a capacidade saturada quando existe fila inicial c_A .

O fator de ajuste por tipo de controle de tráfego “ k ” (fator de atraso incremental) tem um valor numérico de 0,50 para controladores de tempo fixo e fases coordenadas de tráfego veicular constante. Para fases atuadas pelo tráfego o tempo de verde não é fixo, “ k ” deve ser calculado com a seguinte Equação 2.25.

$$k = (1 - 2k_{min})(v/c_a - 0.5) + k_{min} \leq 0,50 \quad (2.25)$$

$$k_{min} = -0,375 + 0,354 PT - 0,0910 PT^2 + 0,00889 PT^2 \geq 0,04 \quad (2.26)$$

$$c_a = 3600 \frac{g_a s N}{C} \quad (2.27)$$

$$g_a = G_{max} + Y + R_C - l_1 - l_2 \quad (2.28)$$

Onde:

c_a = capacidade média para controladores atuados pelo tráfego (vei/h);

k_{min} = fator de atraso mínimo; e

g_a = tempo médio de verde efetivo (s).

O fator de aproximação a montante na forma de chegada dos veículos I é considerado para interseções isoladas, o qual pode variar entre 0,09 a 1,0, e é determinado pela Equação 2.29.

$$I = 1,0 - 0,91X_u^{2,68} \geq 0,090 \quad (2.29)$$

X_u = relação ponderada do volume e a capacidade de todos os movimentos que contribuem ao volume da interseção de saída.

Os atrasos de fileira inicial d_3 são as demoras que apresentam os veículos que chegam à interseção e que se encontra com as filas de veículos remanentes do ciclo anterior que não puderam ser atendidos pelo tempo de verde e que se apresentam em qualquer das faixas da interseção. Essas demoras são determinadas pela Equação 2.30.

$$d_3 = \frac{3600}{v T} \left(t_A \frac{Q_b + Q_e - Q_{eo}}{2} + \frac{Q_e^2 - Q_{eo}^2}{2c_A} - \frac{Q_b^2}{2c_A} \right) \quad (2.30)$$

$$Q_e = Q_b + t_A(v - c_A) \quad (2.31)$$

$$\text{Se } v \geq c_A \quad Q_{eo} = T(v - c_A) \quad t_A = T \quad (2.32)$$

$$\text{Se } v < c_A \quad Q_e = 0.0 \text{ veí} \quad t_A = Q_b / (c_A - v) \leq T \quad (2.33)$$

t_A = duração ajustada de demanda não atendida no período de análise (h);

Q_e = fila no final do período de análise (veí); e

Q_{eo} = fila no final do período de análise quando $v \geq c_A$ e $Q_b = 0$ (veí).

Finalmente o atraso total por aproximação da interseção, é calculado como um atraso médio ponderado, onde o atraso gerado por cada grupo de faixas é ponderado pelo fluxo de tráfego do grupo (Equação 2.34).

$$d_{A,j} = \frac{\sum_{i=1}^{mj} d_i v_i}{\sum_{i=1}^{mj} v_i} \quad (2.34)$$

$d_{A,j}$ = controle de atraso por aproximação (s/veí);

d_i = controle de atraso por grupo de faixas (s/veí); e

mj = número de grupo de faixas na aproximação.

Por último, o controle de atraso na interseção será a média ponderada dos atrasos de cada grupo de faixas de todas as aproximações da interseção analisada pelo fluxo de cada grupo (Equação 2.35).

$$d_l = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i} \quad (2.35)$$

d_l = controle de atraso na interseção (s/vei).

2.9 – DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO

O nível de serviço é determinado para cada direção do tráfego e em cada sentido de viagem do segmento. Os níveis de serviço são definidos por meio de duas medidas de desempenho. Uma das medidas é a velocidade média de percurso para cada veículo expressada como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base. A segunda medida é a relação do volume máximo de veículos de passeio equivalente pela capacidade da interseção de saída do segmento da via analisada. Quando o volume de veículos é maior que a capacidade, superando o fluxo de saturação, pode-se estabelecer que as vias estivessem supersaturadas e o nível de serviço é F. Porém, se o fluxo em uma direção do segmento da via é menor que a capacidade da via, faz-se necessária uma avaliação do segmento por meio da determinação de sua velocidade para a determinação de seu nível de serviço. Esses níveis de serviço são provavelmente os indicadores mais significativos do desempenho do tráfego ao longo de um trecho ou segmento de uma via.

2.10 – LIMITAÇÕES DO MÉTODO

A metodologia do Manual HCM 2010 apresenta uma série de limitações para o cálculo e determinação do nível de serviço em vias urbanas do Brasil, em razão do comportamento do tráfego, de características comportamentais dos motoristas e do tipo de manobras veiculares que interrompem o fluxo de tráfego (algum tipo de acidente ou congestionamento nas interseções).

Essas limitações decorrem, principalmente, de algumas características de infraestrutura viária existente, tais como presença de estacionamento situado em vias paralelas da via principal procurando não afetar o fluxo (durante as manobras de estacionamento); existência de faixas de pedestres; à presença de pardais ou radares que limitam a

velocidade dos motoristas variando seu comportamento de condução e finalmente às características geométricas das vias que não permitem gerar velocidades muito altas como prevê o manual; a razão de 40 km/h a 90 km/h. Tais velocidades foram propostas em razão do uso do solo localizado em áreas adjacentes às vias arteriais urbanas, onde não é permitido desenvolver essa velocidade pela falta de vias com maiores comprimentos e larguras.

A metodologia do manual permite a determinação de outras fontes de atraso que podem acontecer ao longo do segmento, mas não faz referência a qual metodologia utilizar para sua determinação. Isso indica que os métodos existentes no HCM 2010 não são totalmente completos para as análises destes tipos de via urbanas, portanto existe a necessidade de uma adequação da metodologia.

Segundo Gasparini (2004), todos os tempos de retardamento que ocorrem regularmente nas vias urbanas das cidades brasileiras não são contemplados pela metodologia do HCM. A metodologia não considera os atrasos como os causados pelas paradas de ônibus, composição do tráfego, uso das faixas de trânsito, rotatividade em estacionamentos e manobras de entradas e saídas de veículos, que acontecem nas interseções semaforizadas, e que só podem ser verificados em campo. Assim faz-se necessária a criação de uma equação que contemple esses e outros tipos de atraso, mediante a inserção de um terceiro termo na metodologia para estimação da velocidade média de percurso, e desta forma solucionar os problemas associados às estimativas desta variável.

Ante ao exposto no parágrafo anterior, Fambro e Roupail (1996) realizaram uma pesquisa que discutiu algumas deficiências que existiam no manual relacionado com as análises de vias urbanas da versão do HCM de 1994. Encontraram que os atrasos e os tempos de percurso, estimados da forma como os apresenta o manual conduzem a uma subestimação da velocidade real na via. A principal razão dessa diferença era que as equações de atraso do HCM não eram bem ajustadas para as condições das vias arteriais, mostrando a importância de gerar modelos e procedimentos de cálculo coerentes com a realidade.

A velocidade de fluxo livre-base é determinada em função da velocidade limite das vias, tendo em vista que essa velocidade leva em consideração todos os parâmetros geométricos e fatores ambientais necessários para a elaboração de um projeto viário (TRB, 2010a). Por

esta razão essas variáveis não são tomadas para determinação da velocidade média de percurso, o que pode estar incorreto devido ao fato de que na maioria das vezes, essa velocidade limite regulamentada para o projeto de uma via não representa a velocidade real que os motoristas praticam neste tipo de vias. Portanto é importante verificar a velocidade praticada em campo, e analisar em quanto ela se afasta ou se aproxima da velocidade limite.

2.11 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a determinação do nível de serviço de vias urbanas, usando a metodologia apresentada pelo HCM 2010, é necessário que se conheçam a velocidade de fluxo livre-base, e a velocidade média de percurso.

A velocidade média de percurso é o principal parâmetro na definição do nível de serviço das vias urbanas. Para o cálculo da velocidade média de percurso é necessário conhecer a extensão do segmento analisado, o tempo de deslocamento efetivo e o atraso devido ao controle nas interseções e nos cruzamentos dos veículos nos pontos de acesso.

A metodologia para a determinação do nível de serviço de uma via urbana do manual HCM 2010 deve ser entendida como a que estima os efeitos de tráfego das vias e, com base nestas estimativas, são programados indicadores de desempenho das vias. Por esta razão essa metodologia não deve ser utilizada como uma regra para a avaliação das vias, mais deve ser empregada como uma guia de cálculo que deve ser ajustada e modificada para cada tipo de condições.

Porém, é importante fazer uma análise de todas as metodologias, buscando verificar em campo situações operacionais de tráfego que não são levadas em consideração, situações que levam a atrasos e reduções na velocidade em vias urbanas, buscando também identificar deficiências na teoria apresentada pelo HCM 2010.

3. – PROCEDIMENTO PARA A REALIZAÇÃO DAS PESQUISAS EM CAMPO NAS VIAS DE BRASÍLIA

A metodologia necessária para obtenção dos dados que permitiram atingir os objetivos deste estudo são mostradas neste capítulo, mediante a definição das áreas de estudo e os tipos de estudos empregados. Por fim são apresentados os resultados obtidos em campo.

Considera-se que as vias arteriais são responsáveis por grande parte dos deslocamentos do tráfego de passagem nas cidades. Dessa forma, pretendeu-se escolher uma amostra das vias da cidade de Brasília para poder verificar a adequação da metodologia do HCM 2010 para vias arteriais da cidade e propor as adaptações necessárias para sua utilização na realidade local, empregando métodos de análise estatísticos.

Segundo o PDOT (2009), consideram-se vias arteriais do Plano Piloto de Brasília as vias W-3 e L-2, responsáveis por permitir uma contínua interligação entre as Asas Norte e Sul, representando o principal eixo de transporte adjacente a importantes polos geradores de viagens, de emprego e de comércio.

Por este motivo, foram escolhidas as vias arteriais W-3 e L-2 do Plano Piloto da cidade de Brasília - DF, selecionando vários segmentos nessas vias, para realizar as pesquisas de campo, considerando-se como segmento a definição utilizada pelo TRB (2010a). Em todos os segmentos foram feitas pesquisas de velocidade e de composição do tráfego realizando contagem de veículos nas interseções, fazendo medições das vias, pegando dados de pontos de acesso (entrada/saída) à via, paradas de ônibus, estacionamentos, faixas de pedestres e coleta de informação de qualquer tipo de ação que interrompa o fluxo de tráfego.

3.1 – SISTEMA VIÁRIO DE BRASÍLIA

3.1.1 – Classificação viária de Brasília

O PDOT (2009) identifica o Sistema Rodoviário do Distrito Federal como o conjunto de vias e rodovias que atendem as viagens entre as áreas urbanas do Plano Piloto do DF

(Figura 3.1) e dos municípios do entorno, e as vias que permitem os deslocamentos para as demais regiões dos país.



Figura 3.1 - Plano Piloto do Distrito Federal – Centro Urbano.

O sistema viário urbano do Plano Piloto é composto, em sua maioria, por vias que concentram os maiores fluxos de viagens, que são classificadas sob o ponto de vista funcional, como vias arteriais secundárias, coletoras, locais e vias parque, que têm o papel de interligar locais de grande demanda ou centros urbanos dentro do plano. Também está conformado pelo sistema viário de ligação regional, composto por vias expressas e vias arteriais principais, adequadas para operações do sistema de transporte de alta capacidade e de transporte de carga e de passageiros.

O sistema viário principal do Plano Piloto está composto por duas Plataformas Rodoviárias longitudinais que se cruzam. São conhecidos como Eixo Rodoviário, no sentido norte - sul, e Eixo Monumental, no sentido leste - oeste. O Eixo Rodoviário é uma via arterial com características de vias expressas compostas por três faixas por sentido com poucas interferências laterais e interseções em desnível. O Eixo Monumental é uma via arterial composta por seis faixas por sentido com canteiro central que as separa, com arborização, e com interseções semaforizadas.

Paralelos ao Eixo Rodoviário, e ao leste, existem as vias L - Sul/ Norte (L-1, L-2, L-3, L-4) e a oeste W - Sul/ Norte (W-1, W-2, W-3, W-4, W-5). Estas são vias com características de vias arteriais secundárias responsáveis pela interligação dentro da Asa Norte e da Asa Sul.

Do mesmo modo, paralelo ao Eixo Monumental, em afastamento da Plataforma Rodoviária para o Sul, estão as vias S-1, S-2, S-3 e S-4, e para o Norte as vias N-1, N-2, N-3, N-4 e N-5. Estas são vias arteriais principais, com duas ou mais faixas por sentido, que permitem as interligações entre o centro urbano do Plano Piloto de Brasília com outras áreas adjacentes do DF.

3.1.2 – Caracterização do comportamento do tráfego em vias arteriais urbanas

Segundo o DNIT (2010), os sistemas de vias arteriais servem de comunicação aos principais centros de atividades das áreas urbanas, proporcionando acesso direto aos principais geradores de tráfego, tais como o centro da cidade, centros de emprego, terminais de carga e passageiros. As vias arteriais se caracterizam por ter os maiores volumes de tráfego, viagens mais longas e por transportar grande parte do tráfego urbano. São vias com controle de acesso total ou parcial, onde normalmente a seção transversal não inclui acostamentos; pode ou não haver um canteiro central para separar as correntes de tráfego opostas, e frequentemente existem restrições ao estacionamento junto ao meio-fio. A maior parte de suas interseções deve ser em nível, com controle adequado quanto a sua capacidade.

Segundo o PDOT (2009), as Vias Arteriais Principais são aquelas estruturadoras das Regiões Administrativas, que geralmente as cruzam de um lado ao outro, propiciando, trajetos de longa distância com altas velocidades, permitindo o atendimento do tráfego de passagem e a ligação do tráfego das regiões administrativas com os municípios do Entorno.

As vias arteriais principais apresentam, de forma geral, as seguintes características (Figura 3.2):

- pista dupla;
- 2 a 3 (três) faixas por sentido;
- proibição de estacionamento;

- alto volume de tráfego, incluindo transporte coletivo;
- travessia de pedestres em desnível ou dotadas de semáforos;
- calçadas para pedestres; e
- tratamento viário para ciclistas, se justificável.

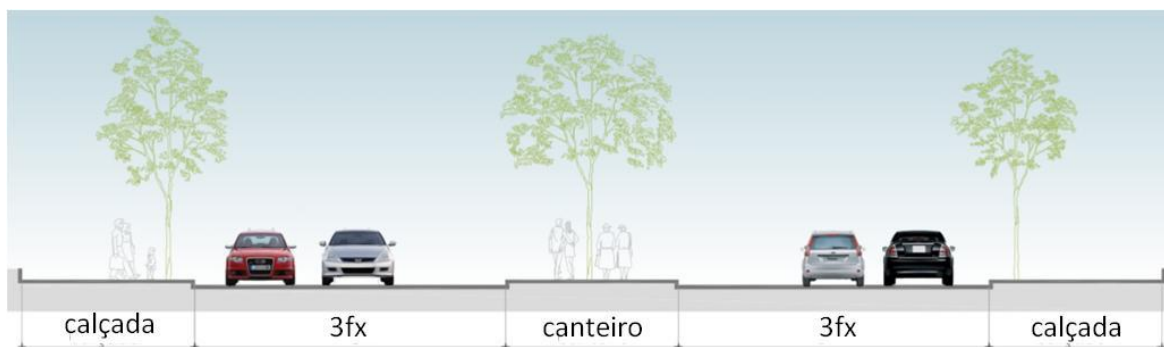


Figura 3.2 - Seção Tipo para uma via Arterial Principal (PDTU/DF, 2010)

As vias arteriais secundárias, segundo o PDOT (2009), se subdividem em vias de circulação e vias de atividades (Figura 3.3). As vias de circulação caracterizam-se por reduzir trajetos, principalmente para o transporte de passageiros, e não ter grande concentração de atividades comerciais ou de serviços nem acessos diretos a via, com velocidades de operação menores que as vias principais. As vias de atividades possuem áreas adjacentes à via destinadas ao comércio e serviços. Portanto, são vias com velocidade de operação menor e possuem estacionamento e serviço de transporte público servindo às atividades.

As vias arteriais secundárias apresentam, geralmente, as seguintes características:

- pista dupla;
- 2 (duas) faixas por sentido;
- área destinada a estacionamento nos dois lados da via, quando for de atividades (comercial /serviços);
- restrição de estacionamento, quando destinada a circulação;
- uso pelo transporte coletivo;
- tratamento viário para ciclistas, se justificável; e
- faixa para travessia de pedestres.

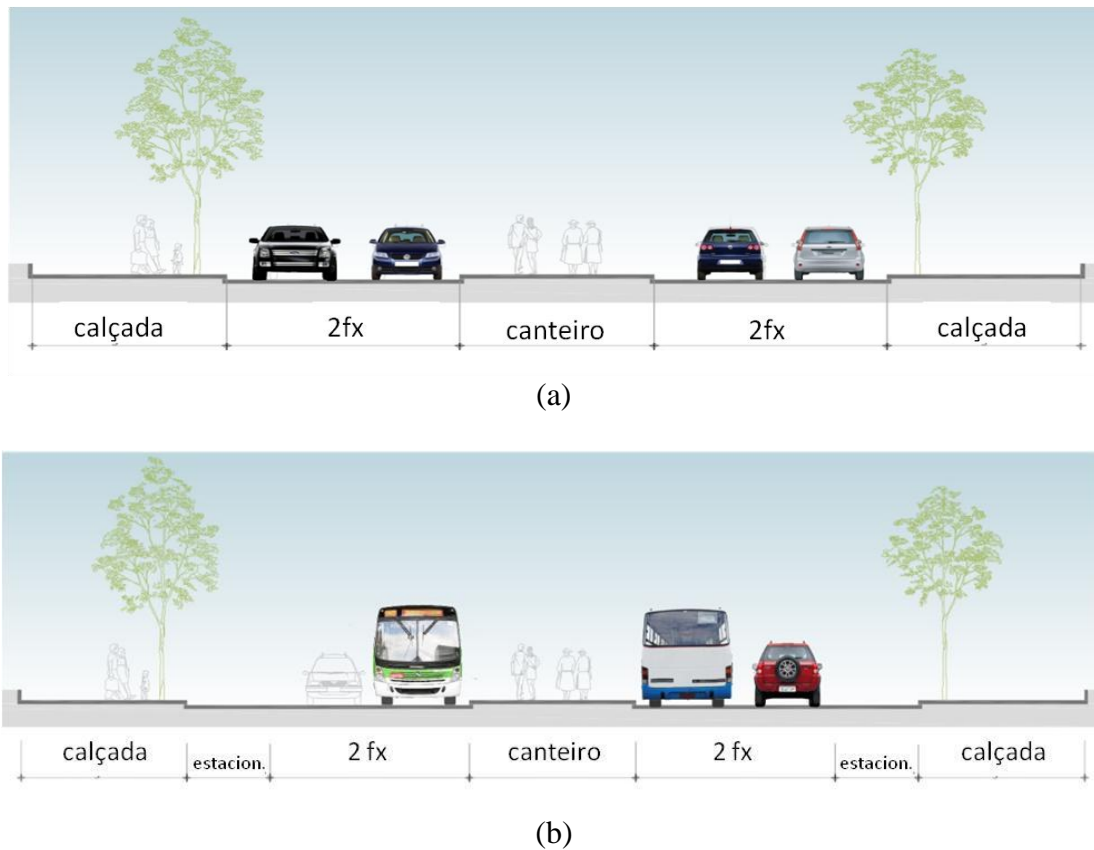


Figura 3.3 - Seção Tipo para uma via Arterial Secundária: (a). de Circulação, (b). de Atividades (PDTU/DF, 2010).

3.2 – LOCAIS SELECIONADOS PARA O ESTUDO

Segundo o Manual HCM 2010, as metodologias para o cálculo de nível de serviço e da capacidade em vias urbanas, só podem ser empregados para o tipo de vias urbanas arteriais e coletoras, e não podem ser utilizados para a caracterização de vias locais. De acordo com o manual, procurou-se fazer uma caracterização das vias arteriais urbanas da cidade de Brasília que atendam a classificação proposta pelo HCM.

Pela necessidade de conhecer a realidade das vias brasileiras, foram escolhidas as vias arteriais W-3 e L-2 do Plano Piloto da cidade de Brasília, por possuírem características como uso de solo, composição de tráfego e geometria das vias, entre outros fatores, semelhantes ao tipo de classificação de vias que o manual HCM contempla. Por se tratar de vias de uma cidade planejada, é possível ocorrer mudanças no comportamento operacional do tráfego. Porém, o tipo de via escolhida apresenta características de operação semelhantes a outras vias brasileiras.

3.2.1 – Seleção dos corredores de tráfego

A área de estudo escolhida nas vias de Brasília, referente às vias W-3 e L-2, obedeceu ao fato de serem considerados trechos de vias de acesso de maior influência, e por possuir características operacionais de vias arteriais. Nessa área, foram realizadas as pesquisas de tráfego, envolvendo contagens volumétricas, tempos de atraso, tempos de semáforos e medições de velocidade.

Para realizar os estudos e facilitar a obtenção dos dados a respeito do tráfego, a área de estudo (trechos e segmentos de vias) foi dividida em duas zonas denominadas: Zona Norte e Zona Sul.

A escolha dos segmentos de vias onde foram realizadas as pesquisas de campo foi feita levando-se em conta os locais que permitiram uma instalação adequada dos equipamentos empregados nas pesquisas de caracterização geométrica e de extensão dos trechos em conformidade com o manual HCM.

Os trechos deveriam ter uma extensão de preferência superior a 500 metros, pois segundo o CET (1982), essa é a extensão mínima recomendável para a realização de pesquisas de velocidade, para obter dados variados e estatisticamente consistentes.

A delimitação dos segmentos foi feita de acordo com os tipos de controle semafóricos existentes na via, os quais marcam o início e o fim do segmento. Segundo o manual, a extensão dos segmentos mínima pode ser de 122 metros e ir até 3.2 quilômetros.

3.2.2 – Via arterial W-3

A via arterial W-3 do Plano Piloto é uma das principais ligações entre as asas Norte e Sul de Brasília, com uma extensão de 12,6 quilômetros em cada sentido, é uma via secundária com uma velocidade regulamentada de 60 km/h, com acessos aos dois lados, estacionamentos, garagens residenciais (em algumas quadras) e com controles de tráfego tipo semafóricos.

A W-3 Norte tem três faixas de trânsito por sentido, uma das faixas é exclusiva para ônibus, que não podem ser usadas por automóveis, nas proximidades das interseções, que fazem conversões à direita. Possui pontos de retorno à esquerda no canteiro central, paradas de ônibus, faixas de desaceleração e áreas de estacionamento separadas da via.

A W-3 Sul tem três faixas (uma faixa exclusiva para ônibus) de rodagem em cada sentido, com estacionamento apenas no canteiro central, onde é proibido estacionar ou parar junto ao meio-fio exceto nas baias dos pontos de ônibus, para desembarque de passageiros.

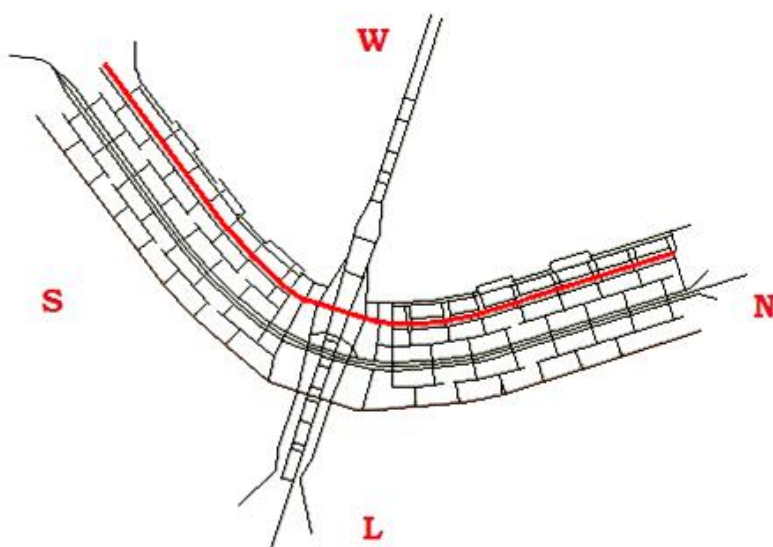


Figura 3.4 - Via arterial W-3

3.2.3 – Via arterial L-2

A via arterial L-2 é a segunda via, em afastamento, ao leste do Eixo Rodoviário, percorre o "setor leste", com uma extensão de 12,9 quilômetros em cada sentido, é uma via secundária com uma velocidade regulamentada de 60 km/h, com travessias para pedestres com ou sem semáforo, com canteiro central, paradas de ônibus e acessos para estacionamento (fora da via), do lado leste.

A L-2 Norte tem três faixas de rodagem em cada sentido, não tem cruzamentos em nível, a partir de algumas ligações ao campus da Universidade de Brasília, e o único entroncamento com viaduto é o da N-4, que leva à UnB, situada entre a L-3 e a L-4 Norte.

A L-2 Sul tem três faixas de trânsito e serve de ligação para as duas pontes mais antigas do lago Sul. Os cruzamentos desses acessos com a L-2 são parcialmente feitos por viadutos, e parcialmente por semáforos.

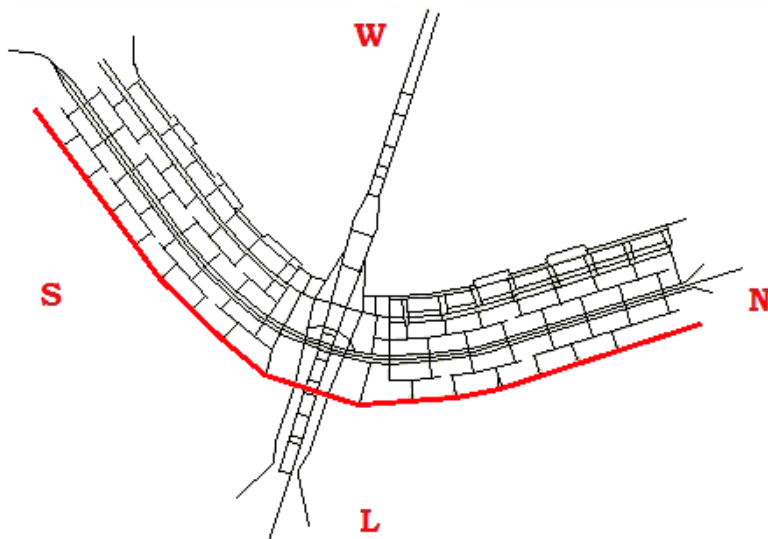


Figura 3.5 - Via arterial L-2

3.3 – METODOS DE ESTUDOS REALIZADOS

3.3.1 – Estudo de volumes de trânsito

Os estudos de volumes de trânsito foram feitos com o propósito de obter dados reais relacionados com o movimento de veículos, sobre pontos ou seções específicas do sistema viário. Os dados se expressam em função do tempo, e seu conhecimento permite ajudar a estimar a qualidade do serviço que o sistema viário presta aos usuários das vias.

Os dados de tráfego podem ser obtidos de diversas formas. Essas formas incluem a coleta de informação por fontes primárias mediante pesquisas de campo: contagem manual por parte de pessoas, câmeras fotográficas, filmagens e equipes; eletrônicos adaptados a computadores, ou por meio de fontes de informação secundária referente a outros estudos ou fontes primárias sistematizadas de base de dados dos órgãos públicos responsáveis por levantar regularmente os volumes, tipos e cargas dos veículos da malha viária existente.

Os tipos de dados coletados necessários para o estudo requereram detalhes como a composição veicular e os movimentos direcionais, mediante contagem de veículos durante períodos de uma hora em diferentes dias da semana.

3.3.1.1 – Variações dos volumes de tráfego

Segundo o DNIT (2006), define-se volume de tráfego como o número de veículos que passam por uma seção de uma via ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo, expressado normalmente em veículos/dia (vpd) ou veículos/hora (vph).

Uma das características mais importantes do volume de tráfego é sua variação generalizada: varia dentro da hora, do dia, da semana, do mês e do ano. Os volumes horários variam ao longo do dia, apresentando pontos máximos acentuados, designados por picos. As horas de pico, contendo os maiores volumes de veículos de uma via em um determinado dia da semana, se concentram normalmente na ida e volta do trabalho das pessoas.

As vias urbanas normalmente apresentam maiores volumes de pico de tráfego concentrados nos dias da semana, de segunda a sexta-feira. Normalmente os fluxos de tráfego de terça, quarta e quinta-feira são aproximadamente iguais, enquanto os de segunda-feira são ligeiramente inferiores à sua média e os de sexta-feira ligeiramente superiores. Os dias selecionados para a realização das pesquisas foram os considerados típicos, conforme CET (1982) que são as terças, quartas e quintas-feiras.

O volume de veículos que passa por uma via não é uniforme ao longo do tempo. Uma medida para ver o grau de uniformidade do fluxo, é mediante a comparação de contagens de quatro períodos consecutivos de quinze minutos, produzidos durante uma hora, para ajudar a estabelecer o fator horário de Pico (FHP) que ajuda a medir a flutuação do fluxo (DNIT, 2010).

Com a finalidade de verificar o comportamento do tráfego em situações normais, ou seja, livre dos congestionamentos dos horários de pico, as pesquisas foram realizadas nos períodos de entre picos da manhã e da tarde. Optou-se por realizar as pesquisas entre os

horários das 10h e 12h e entre as 15h e 18h, quando existe um volume de tráfego que poderia ser considerado constante, mas sem a existência de congestionamentos.

3.3.1.2 – Composição do tráfego

A corrente de tráfego é composta por diferentes tipos de veículos, diferenciados pelo tamanho, peso e velocidade (carros de passeio (P), ônibus (O), motos (M) e caminhões (C)). O conhecimento da composição dos volumes é importante porque a composição da corrente de veículos que passa por uma via influencia em sua capacidade.

3.3.1.3 – Distribuição por sentido e por faixa de tráfego

A distribuição por sentido e por faixa de tráfego é uma característica importante do volume de tráfego que afeta a capacidade e o nível de serviço das vias. Nas interseções é importante determinar as porcentagens do tráfego da aproximação que gira a direita, gira a esquerda e o que segue de frente. Da mesma maneira é importante determinar a variação dos volumes de tráfego entre as faixas de uma interseção ou de um segmento de via que normalmente apresentam pouca uniformidade dependendo da localização, do número de faixas, e pelas restrições de circulação veicular que podem existir tais como: as paradas de ônibus ou taxis, as interferências provocadas por movimentos de conversões nas travessias e de acessos às mesmas.

3.3.2 – Estudos de velocidade e retardamento

A velocidade é um dos principais indicadores utilizados para medir a qualidade e a eficiência de um sistema viário (Cal *et al.*, 2011). A velocidade de percurso chamada também velocidade global ou de viagem, é o resultado da divisão entre a extensão percorrida, desde o início até o fim da viagem, pelo tempo total que se empregou para percorrê-lo. O tempo total de percurso inclui todas aquelas demoras operacionais por reduções da velocidade e paradas provocadas pela via, pelo trânsito e pelos dispositivos de controle.

Os estudos de velocidade estão planejados para medir as características da velocidade em locais específicos, sob condições prevalentes de trânsito e do estado do tempo no

momento da realização do estudo. O tratamento destes dados permite avaliar sob quais condições a massa veicular transitam ao longo da via, quais são os locais problemáticos e que influência eles têm no trecho analisado (DNIT, 2010).

Para determinar a velocidade de percurso é necessário ter os tempos de deslocamento efetivo e os tempos de atraso, com o propósito de avaliar a qualidade de o movimento veicular ao longo dos trechos em análise, e determinar a localização, o tipo e a magnitude dos atrasos do trânsito.

Para a pesquisa de velocidade/retardamento, normalmente se costuma usar métodos de medição direta, como o método do veículo teste que circula no meio da corrente e que tem um aparelho acoplado nele que registra a velocidade do veículo. Também são utilizados métodos de medição indireta onde é medido o tempo de percurso na rota analisada, e onde é calculada depois a velocidade. Nesse caso, o tempo pode ser obtido através de vários meios, sendo os mais comuns:

- pesquisadores, postados no início e no fim do trecho a ser analisado, registram a placa e a hora de passagem dos veículos;
- um veículo-teste circula no fluxo, conduzido por um pesquisador munido de cronômetro para as medições;
- um veículo-teste circula no fluxo, e dispõe de um aparelho que registra a distância percorrida e o tempo gasto;
- um veículo-teste “flutua” à velocidade média da corrente, conduzido por um observador que conta o número de veículos que o ultrapassam e o número de veículos ultrapassados por ele.

A informação dos atrasos é registrada quando o fluxo de trânsito é detido ou forçado. Para um percurso a duração dos atrasos do trânsito é medida em unidades de tempo, sendo registrado o local onde ocorre, a causa e a frequência das mesmas. Os atrasos podem ser determinados para percursos ao longo de um trecho, durante um dia e numa hora da semana específica, assim como em locais onde existam sérios problemas de trânsito.

3.3.3 – Estudos de fila e tempos semafóricos

Os retardamentos e a extensão das filas em uma interseção equipada com semáforo são altamente dependentes da proporção de veículos que chegam durante os tempos de sinais verde e vermelho. Este estudo é utilizado para estimar o perfil de fluxo de chegada às interseções de um segmento de via.

A formação da fila no período de análise do grupo de movimentos de tráfego representa a supersaturação da via numa extensão de tempo. A fila pode ser estimada por meio da contagem durante cada fase de três ciclos consecutivos do semáforo, que aconteçam antes do início do período de análise. As contagens observadas são registradas durante cada ciclo, e a fila é igual à média de três contagens.

Dados referentes aos semáforos e ao seu tipo de funcionamento: coordenado ou isolado, de tempo fixo, semi-atuado ou totalmente atuado, são coletados em campo ou por meio de informação secundária. Informações importantes para o estudo do tempo do semáforo, como a duração do ciclo e o número de fases, são necessárias para a avaliação das interseções.

O estudo das interseções é feito com base nos tempos de funcionamento dos semáforos (no caso de fases atuadas), como tempos máximo e mínimo verde, tempos de amarelo e de vermelho, intervalos de travessias de pedestre, e por último as fases de movimentos e de conversões.

3.4 – TRATAMENTO DE DADOS

As pesquisas de velocidade podem ser realizadas em qualquer via do sistema. O Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006) sugere que o comprimento percorrido seja o suficiente para colher dados variados e consistentes estatisticamente, recomendando que o trecho mínimo percorrido seja da ordem de 0,8 km.

Para a aprovação da amostra piloto é importante levar em conta a variância e o erro admissível das variáveis que se deseja analisar, neste caso o tempo do percurso. Segundo Box e Oppenlander (1976) recomendam como erro admissível os seguintes valores:

- a) Para estudos de planejamento: de 5,0 a 8,0 km/h;
- b) Para estudos de operação de tráfego e avaliações econômicas: de 3,5 a 6,5 km/h; e
- c) Para estudos “antes-depois”: de 2,0 a 5,0 km/h.

Quanto à segunda condicionante, a variância da população, a discussão é mais problemática, pois foge ao controle do técnico e nem sempre pode ser avaliada antecipadamente, levando à necessidade de levantamentos preliminares. Além disso, cada uma das variáveis tratadas no estudo têm uma variância diferente, pois a determinação da amostra mínima a ser levantada depende da precisão desejada na estimativa da média.

Neste tipo de estudo é praticamente impossível determinar com exatidão as variáveis de interesse; mesmo tendo cuidado em levantar dados da forma mais correta possível, há que se admitir que os resultados obtidos apresentam alguma margem de erro. Esses erros podem ser reduzidos com a adoção de instrumentos de coleta de dados confiáveis e precisos, preferencialmente fixando-se uma margem de erro e um grau de confiança que não seja excedido e seja aceitável para a variável a ser determinada, a qual dependerá do número de viagens.

O número mínimo de viagens registradas em cada trecho dependerá, portanto, da variável adotada e da sua variância. Normalmente, o tempo de viagem (e a correspondente velocidade média) é a variável mais utilizada, pois permite a avaliação mais global possível da rota, (DNIT, 2006).

Segundo Box e Oppenlader (1976), quando é empregado o método do veículo-teste com aparelho, é recomendado que se use como medida de variância a amplitude média das observações, que é determinada pela equação:

$$a = \left(\sum d \right) / (n - 1) \quad (5.1)$$

onde:

a = amplitude média das velocidades de percurso observadas (km/h);

$\sum d$ = soma das diferenças entre os valores consecutivos de todas as velocidades observadas (km/h); e

n = número de velocidades observadas.

A tabela 3.1 fornece o número aproximado de testes necessários, em função da amplitude média e do erro tolerável. Conhecendo-se a amplitude média das velocidades de trechos pode-se então estimar o número de percursos necessários. São utilizadas velocidades de percurso por serem mais estáveis que as velocidades de cruzeiro.

Tabela 3.1– Amostra mínima para estudos de tempos de percurso com um nível de confiança de 95%, (Box e Oppelander, Manual of Traffic Engineering Studies,1976).

Amplitude média da velocidade de percurso (km/h)	Erro tolerável (km/h)				
	±2,0	±3,5	±5,0	±6,5	±8,0
5	4	3	2	2	2
10	8	4	3	3	2
15	14	7	5	3	3
20	21	9	6	5	4
25	28	13	8	6	5
30	38	16	10	7	6

Em vias urbanas, especialmente em artérias com grande densidade de semáforos, as paradas são o fator preponderante do tempo de viagem.

3.5 – METODOS DE COLETA EMPREGADOS

Para a coleta de dados em campo foram selecionados quatro trechos, distribuídos nas vias W-3 e L-2, com extensões de 200 a 800 metros. Em todos os trechos foram realizadas pesquisas simultâneas de velocidade e de volume de tráfego.

Foram definidas inicialmente, para cada trecho, as seções inicial e final dos segmentos a serem analisados. Esses limites foram definidos conforme determina a metodologia do HCM 2010 (Tabela 3.2), que utiliza as interseções semaforicas como delimitações dos limites dos segmentos. Foi considerado, como outro critério, limitar o trecho pela sua homogeneidade, utilizando somente trechos em que os corredores tenham uma caracterização física, operacional e de uso do solo semelhante.

A coleta de dados nos trechos escolhidos precisou ser feita em diferentes dias, tendo em vista o número de pessoas e o equipamento necessário para fazer a pesquisa. O número de pessoas variou de acordo com a extensão do trecho e o número de percursos necessários para a coleta da velocidade, que precisou ter, no mínimo, duas pessoas por veículo.

Tabela 3.2 – Características dos trechos e segmentos para a coleta de dados

Trecho	Segmento de Via	Interseção		Sentido	Numero de faixas	Dias de pesquisa
		Inicial	Final			
1-A	W-3 Norte	SCLRN 704	SCRN 703	N-S	3	Dia 1
1-B	W-3 Norte	SCRN 703	SCRN 702	N-S	3	Dia 1
1-C	W-3 Norte	SCRN 702	SRTVN	N-S	3	Dia 1
1-D	W-3 Norte	SRTVN	V. AC. SCN-SMHN	N-S	3	Dia 1
2-A	W-3 Sul	EQS 510	EQS 509	S-N	3	Dia 2
2-B	W-3 Sul	EQS 509	EQS 508	S-N	3	Dia 2
3-A	L-2 Norte	SGAN 606	SGAN 607	S-N	3	Dia 3
3-B	L-2 Norte	SGAN 607	SGAN 608	S-N	3	Dia 3
3-C	L-2 Norte	SGAN 608	IESB (609)	S-N	3	Dia 3
4-A	L-2 Sul	EQS 402	EQS 405	N-S	3	Dia 4

Os trechos 1, 2, 3 e 4 foram escolhidos para fazer à análise da capacidade e do nível de serviço. As vias escolhidas representam o funcionamento normal do fluxo interrompido. Isso ocorre devido ao tipo de controle semafórico nas interseções que regulam o tráfego de veículos numa zona da cidade, que concorre com a atividade comercial e laboral das pessoas. O uso de meios de transporte utilizados para deslocamentos, tais como ônibus e carro particular são frequentes nesta área. Objetivando avaliar o estado operacional das vias nos trechos, foram feitos estudos de volumes de tráfego e velocidade por meio de filmagem e percursos do veículo teste.

Além do anterior, os quatro trechos foram escolhidos para fazer à análise dos atrasos que podem ser produzidos por manobras de estacionamento e cruzamentos de pedestres. Esse tipo de análise pode-se conseguir por meio das características geométricas das vias escolhidas e/ou pelo tipo de controle de tráfego que possuem.

Trecho 1:

- número de câmeras: 5 , Figura 3.6;
- pessoal mínimo: 7;
- tempo de pesquisa: 1 hora no entre picos da manhã/tarde; e
- número de percursos: 6.

Trecho 2:

- número de câmeras: 5 , Figura 3.7;
- pessoal mínimo: 6;
- tempo de pesquisa: 1 hora no entre picos da manha/tarde; e
- número de percursos: 7.

Trecho 3 :

- número de câmeras: 4, Figura 3.8;
- pessoal mínimo: 6;
- tempo de pesquisa: 1 hora no entre picos da manha/tarde; e
- número de percursos: 6.

Trecho 4 :

- número de câmeras: 5, Figura 3.9;
- pessoal mínimo: 6;
- tempo de pesquisa: 1 hora no entre picos da tarde/noite; e
- número de percursos: 7.



Figura 3.6 - Trecho 1

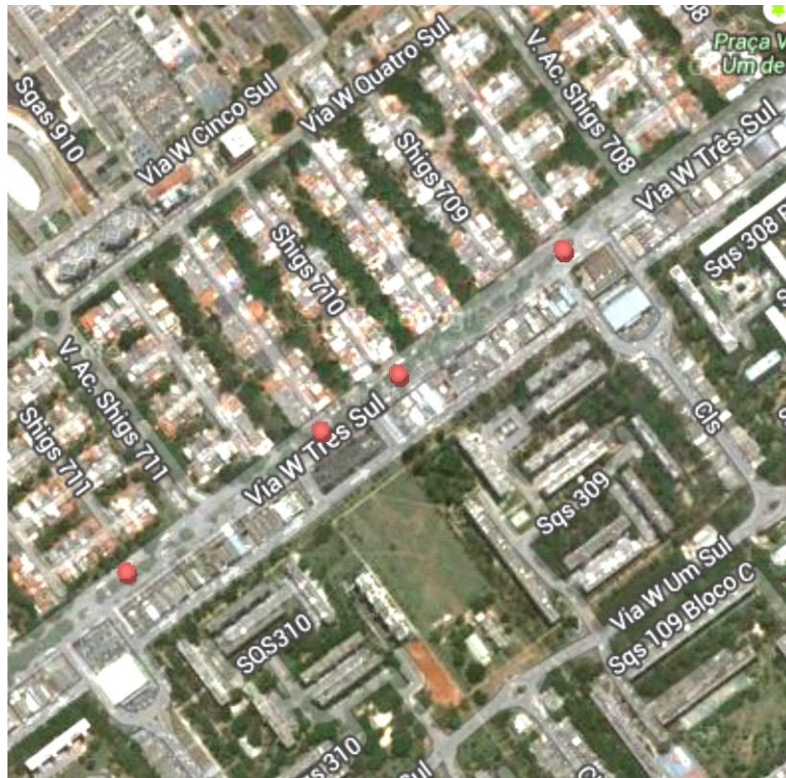


Figura 3.7 - Trecho 2



Figura 3.8 - Trecho 3

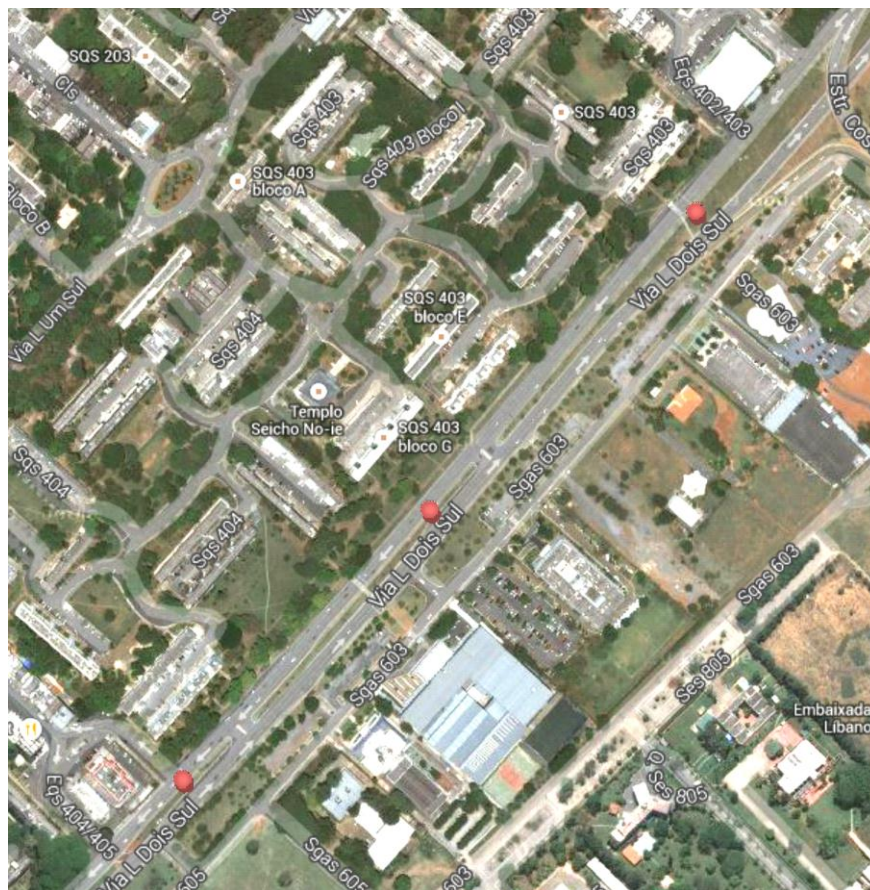


Figura 3.9 - Trecho 4

A realização das pesquisas de campo serviu como o estudo de caso para comparar os resultados observados em campo, com os estimados pelo manual HCM. Analisando as diferenças encontradas, e propor soluções aos problemas encontrados.

3.5.1 – Filmagens

As filmagens consistiram na instalação de câmeras filmadoras por parte de pesquisadores em locais onde foi possível visualizar os acontecimentos que interessam à pesquisa (Figura 3.10). As câmeras foram localizadas no início, meio e fim do segmento, permitindo coletar informação de volume e composição do tráfego, dos estacionamentos, dos pontos de entrada e saída e formação de filas nas faixas das interseções. Além disso, foram anotados todos os fatores relevantes observados em campo para a caracterização dos parâmetros pesquisados.

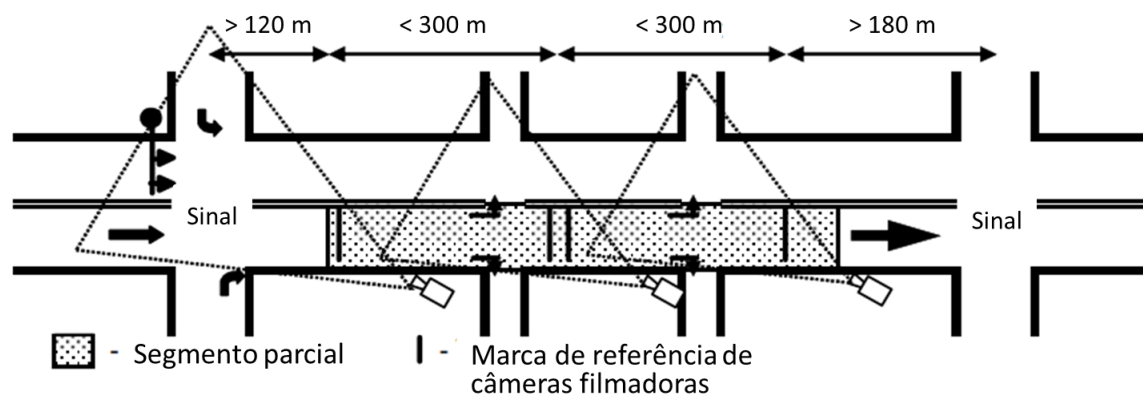


Figura 3.10 - Limites do segmento parcial e locais de marca de referência (adaptado Bonneson et al , 2008)

3.5.2 – Veículo teste com aparelho

Após identificar os segmentos com seus respectivos comprimentos, foi feito o planejamento da pesquisa da VMP. A metodologia buscou avaliar a operação do trânsito de veículos particulares mediante a determinação de velocidades de percursos nas vias e as causas que influenciam nas variações da velocidade como retenções e atrasos.

Para a determinação da velocidade nos corredores da amostra, foi utilizado o método do veículo-teste com aparelho de *Global Positioning Systems* (GPS), para registrar todos os eventos relacionados ao percurso tais como: inícios de arranque, tempos de paradas (retardamentos), velocidade de percurso e velocidade efetiva de movimento por trecho da via.

Uma vez determinados os percursos, se observa os limites dos segmentos, para dar início ao veículo teste se desloca ao longo das vias a uma velocidade que represente as condições médias de trânsito fazendo com que o veículo se comporte igual aos demais da via.

Foi necessária uma pessoa para dirigir o veículo e outra para registrar os tempos de passagem pelos pontos de controle (ou interseções) que determinam a extensão do percurso e as velocidades registradas pelo velocímetro do carro. Além disso, foram determinados os tempos de duração de cada atraso experimentado pelo veículo no momento do deslocamento, associando cada atraso ao local exato onde ocorreu.

Devem-se fazer tantos percursos quanto a confiança estatística requeira, resultando em durações de estudos prolongadas ou a utilização de vários veículos. O manual HCM 2010 sugere entre 6 a 12 observações. A quantidade de observações para os corredores variou entre 5 a 7 percursos em cada sentido levando em consideração a extensão de cada corredor, o horário em que foi realizada a coleta e a disponibilidade do veículo (DNIT, 2006).

A pesquisa de velocidade e de atraso pode ser realizada em qualquer via do sistema. A única exigência básica é que o comprimento do percurso seja suficiente para coletar dados variados e consistentes estatisticamente. É recomendável que o trecho mínimo percurso seja da ordem de 0,8 km (DNIT, 2006).

3.6 – DADOS COLETADOS DAS PESQUISAS

No Capítulo 4, foram utilizados os dados obtidos para verificar a adequabilidade da metodologia do HCM 2010 para a análise de vias urbanas. Após essa verificação, realizaram-se as adaptações julgadas necessárias para a obtenção da velocidade média de percurso por meio dos valores observados em campo e por meio das estimadas pelo manual, para que ela possa ser utilizada com confiabilidade para as vias arteriais de Brasília.

4. – VERIFICAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA HCM 2010 PARA ANÁLISE DE VIAS URBANAS BRASILEIRAS

Neste capítulo são apresentados os aspectos gerais da área de estudo e a metodologia empregada para a realização do estudo, objetivando ter uma orientação adequada do planejamento e desenvolvimento do estudo de tráfego, determinando a mobilidade veicular, a distribuição veicular nos trechos analisados, o tipos de movimentos e a composição veicular detalhada em carros de passeio, ônibus, micro-ônibus e caminhões.

O estudo dos parâmetros é necessário para o desenvolvimento e definição das variáveis que influenciam na determinação da capacidade e nível de serviço das vias. Por meio da velocidade média de percurso obtida em campo, pretende-se verificar o grau de influencias destas variáveis sobre o modelo de estimação empregado pelo manual HCM 2010 para o estudo de vias urbanas, procurando caracterizar os parâmetros que mais influenciam a determinação da VMP.

4.1 – DEFINIÇÃO, DESENHO E REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS EM CAMPO

Os estudos de tráfego foram realizados mediante um sistema de desenvolvimento operativo, que consistiu no emprego de câmeras filmadoras, posicionadas nos pontos de análise, registrando os movimentos veiculares durante um período do dia de uma hora. Com a ajuda das câmeras filmadoras e do arquivo digital que ficou registrado durante a filmagem, foi conformada a base da análise de trânsito e mobilidade dos pontos estabelecidos para a execução das contagens veiculares.

As atividades que fizeram parte do estudo de trânsito levaram em conta os seguintes aspectos:

4.1.1 – Planejamento das pesquisas

Para que os dados coletados em campo fossem aproveitados, realizou-se um planejamento onde foram selecionados os locais, horários e dias para a realização das pesquisas. Nesta etapa é preciso ressaltar que o mais importante foi localizar os pontos para a realização das

contagens veiculares, e a disposição das equipes de filmagem que permitiram identificar os parâmetros necessários para a execução do estudo da metodologia do manual HCM 2010.

4.1.2 – Elaboração dos formulários

Foram elaborados quatro formulários para a realização da pesquisa; o primeiro para fazer a contagem volumétrica classificatória, que contemplou a composição veicular (sem motos) e a distribuição dos fluxos em intervalos de tempo a 15 minutos; o segundo para a determinação da velocidade de percurso, considerando o local e o tipo de atraso devido a retardos ou paradas durante a viagem; o terceiro para o controle de retardamento nas interseções mediante a determinação do número de veículos na fila e por ultimo, o quarto formulário para a determinação de taxas de fluxo de saturação. Os quatro tipos de formulários utilizados são apresentados no Anexo A.

4.1.3 – Escolha dos locais de contagem, datas e horários.

Os pontos estratégicos onde se localizaram as estações de contagem foram definidos a partir de uma análise de mobilidade da zona, localizados nos cantos extremos das interseções que conformam as vias analisadas, onde se percebe melhor os tipos de movimentos veiculares que alimentam o trecho da via escolhida.

Os quatro trechos escolhidos para a filmagem foram vias que fazem parte da rede viária do Plano Piloto da cidade de Brasília-DF, (Figura 4.1). Esses trechos foram os seguintes:

- A via W-3 Norte entre as quadras SCLRN 704 e SCN-SMHN. Este trecho foi composto por 5 pontos de contagem. A filmagem foi realizada no dia 24 de setembro de 2013, segunda-feira entre 10h e 11h.
- A via L-2 Norte entre quadras SGAN 606 e SGAN 608, em frente ao IESB. Este trecho foi composto por 5 pontos de contagem. A filmagem foi realizada no dia 25 de setembro de 2013, terça-feira entre 10h e 11h.
- A via L-2 Sul entre quadras EQS 402 e EQS 405. Este trecho foi composto por 4 pontos de contagem. A filmagem foi realizada no dia 25 de setembro de 2013, terça-feira entre 15:30h e 16:30h.
- A via W-3 Sul entre as quadras EQS 510 e EQS 508. Este trecho foi composto por 5 pontos de contagem. A filmagem foi realizada no dia 26 de setembro de 2013, quarta- feira, entre as 9:15h e 10:15h.

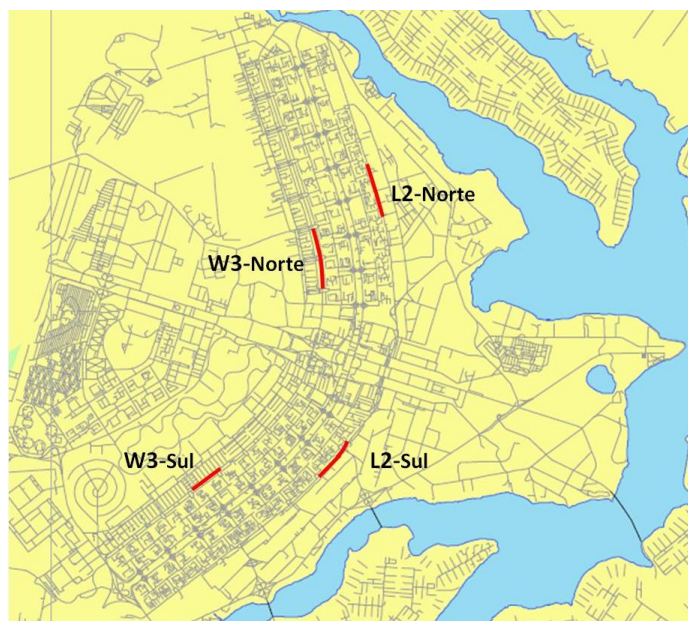


Figura 4.1 - Trechos do Plano Piloto escolhidos para obtenção de dados

4.1.4 – Execução do trabalho de campo

Os trabalhos de campo se concentraram basicamente na determinação da velocidade de percurso dos automóveis por meio do veículo teste, equipado com dois GPS e uma câmera filmadora que registraram as viagens que foram de 5 a 7 por trecho num tempo de 1 hora (Figura 4.2). Procurou-se representar o comportamento (velocidade) durante a viagem, registrando em formulários de campo os tempos de percurso, os tempos de atrasos e as causas. Os atrasos típicos incluíram sinais de trânsito (semafórico, pare e dê a preferência), conversões à esquerda ou direita, pedestres e veículos estacionados.



Figura 4.2 - Percursos feitos com GPS.

A contagem veicular se fez por meio de câmaras filmadoras localizadas nos pontos de contagem, com tripés de maior altura que os normalmente encontrados no mercado para permitir um bom registro dos veículos (Figura 4.3). Posteriormente a essa contagem, fez-se um processo de pós-edição dos vídeos obtidos em campo, em todos os pontos, onde foi necessário fazer uso de formulários que permitiram acumular os veículos a cada 15 minutos, discriminando-os por tipo de veículo (carros de passageiros, microônibus, ônibus e caminhões), com o propósito de obter o volume máximo horário e a distribuição veicular que caracteriza o trânsito da área.

As coletas de tempos de semáforo se fizeram por meio de cronômetros operados por pessoal de apoio, registrando em cada ponto de controle semafórico entre 5 e 8 leituras de tempos (Figura 4.4). Estes dados coletados em campo foram conferidos com informação pedida ao órgão de regulação de tráfego de Brasília (Departamento de Trânsito do Distrito Federal - DETRAN/DF).



Figura 4.3 - Instalação de câmeras de vídeo.



Figura 4.4 - Coleta de tempos de semáforo

Além disso, foram coletadas as medidas geométricas da infraestrutura das vias escolhidas em relação à extensão do trecho, número de pistas e comprimento das faixas (Figura 4.5).

Foi possível a conclusão do trabalho de campo com a colaboração de 15 estudantes e pesquisadores que foram capacitados para a coleta das informações (Figura 4.6)



Figura 4.5 - Medição dos trechos analisados



Figura 4.6 - Equipe de pesquisa de campo

4.2 – ESTUDO E AVALIAÇÃO DE TRÂNSITO

Durante a execução da pesquisa, considerou-se necessário o desenvolvimento de estudos que permitissem determinar as características da circulação veicular sobre os trechos escolhidos onde se desenvolveram as filmagens para a obtenção dos volumes veiculares. Dadas as características das vias e o objetivo do projeto, os estudos de volumes de veículos tiveram maior ênfase na determinação da distribuição veicular típica da área e a estimativa de veículos pesados. Os seguintes veículos foram registrados:

- veículos leves: carros de passeio e utilitários;
- ônibus: ônibus e micro-ônibus;
- caminhões:
 - C2: caminhões de 2 eixos leve e 2 eixos médio;
 - C3: caminhões de 3 eixos;
 - C4: Caminhões de 4 eixos e mais de 4 eixos.

4.2.1 – Interseções e movimentos registrados em cada trecho

Para a escolha dos pontos de contagem e dos movimentos que deveriam ser registrados, levou-se em conta as interseções e os trechos de via mais importantes, assim como os locais de confluência veicular. A localização estratégica das estações de contagem permitiu identificar a hora entre picos da manhã e da tarde, onde foi possível determinar os volumes veiculares e sua composição. A anotação para cada movimento apresenta-se na Tabela 4.1, seguindo o esquema da Figura 4.7, para a ordem da numeração.

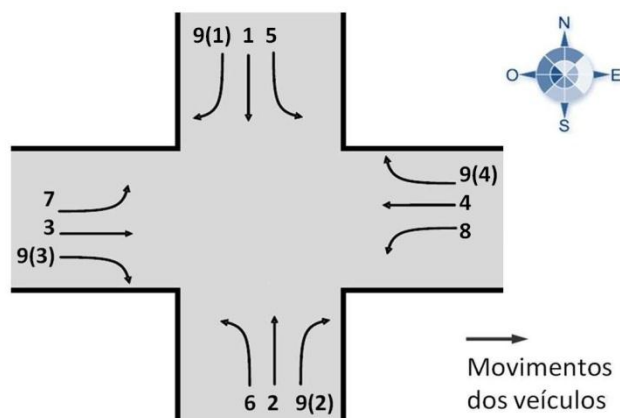


Figura 4.7 - Movimentos de tráfego nas interseções e esquema de numeração

Tabela 4.1 – Resumos locais e movimentos registrados

No.	Ponto de registro	Localização	Movimentos registrados	Período do dia
Trecho 1 W3 Norte	Int-1	Av. W-3 Norte com SCLRN 704	1,7,9(3)	10h às 11h
	Int-2	Av. W-3 Norte com SCLRN 703	1,4,8,9(1)	
	Int-3	Av. W-3 Norte com SCRN 702	1,7,9(3)	
	Int-4	Av. W-3 Norte com SRTVN	1,3,4, 9(1), 9(3)	
	Int-5	Av. W-3 Norte com V. AC. SCN-SMHN	1	
Trecho 2 W3 Sul	Int-1	Av. W-3 Sul com EQS 510	2,8,9(4)	9h15 às 10h15
	Int-2	Av. W-3 Sul com SHIGS 710	2,7,9(3)	
	Int-3	Av. W-3 Sul com EQS 509	2,8,9(4)	
	Int-4	Av. W-3 Sul com EQS 508	2,8,9(4)	
Trecho 3 L2 Norte	Int-1	Av. L-2 Norte com SGAN 606	2,7	10h às 11h
	Int-2	Av. L-2 Norte com SGAN 607	2	
	Int-3	Av. L-2 Norte com SHCGN 607	2, 9(2),9(4)	
	Int-4	Av. L-2 Norte com SGAN 608	2	
	Int-5	Av. L-2 Norte frente o IESB (S-608)	2	
Trecho 4 L2 Sul	Int-1	Av. L-2 Sul com EQS 402	1, 9(1)	15h30 às 16h30
	Int-2	Av. L-2 Sul – frente à fundação de Brasília	1	
	Int-3	Av. L-2 Sul – frente a Inst. Edu. Dinatos	1	
	Int-4	Av. L2 Sul com EQS 405	1,7, 9(3)	

4.2.2 – Procedimento e análise de informação de campo

A informação coletada em campo foi analisada mediante planilha eletrônica, que facilitaram o manejo e a operação dos dados para as análises e determinação dos seguintes parâmetros:

- composição veicular (carros de passeio, ônibus, micro-ônibus, caminhões);
- volume máximo horário (VMH);
- fluxo e períodos de picos;
- taxa de fluxo de saturação; e
- total de veículos em fila (atrasos).

O Anexo B, contém o resumo das contagens de veículos obtidas no Trecho 1, Trecho 2, Trecho 3 e Trecho 4 da rede viária do Plano Piloto de Brasília- DF.

Para a análise da informação coletada de contagem de veículos e posterior determinação dos volumes de trânsito dos segmentos, foi necessário determinar a confiabilidade da informação obtida, mediante um balanço nos dados que permite determinar se o número de veículos que entram ao trecho é igual ao número de veículos que saem do mesmo.

Para este caso em particular, se considerou que os volumes de trânsito das entradas e saídas apresentadas nas interseções, os acessos, os retornos, as áreas de estacionamento e saídas pelas vias de acesso a zonas residenciais onde foram desenvolvidas as contagens de veículos, não são significativos com relação ao fluxo de veículos que atravessam o trecho, portanto não foram levados em conta para a determinação do volume de tráfego do segmento, porém pode existir uma pequena variação em seu valor que não influencia na determinação dos níveis de serviço.

Além do anterior, foi feita uma análise da infraestrutura geométrica das vias estudadas para a determinação de parâmetros que a metodologia da HCM 2010 não leva em consideração e podem influenciar na determinação do nível de serviço, considerando que os trechos das avenidas W-3 e L-2, escolhidas do Plano Piloto, possuem características similares em relação à ocupação lindeira, uso dos veículos públicos e particulares, locais de estacionamentos, paradas de ônibus e cruzamento de pedestres.

Pode-se afirmar que as metodologias do manual HCM para a determinação do nível de serviço em vias urbanas não fazem nenhuma referência ao tipo de ocupação do solo, tipo de veículos, e presença de paradas de ônibus ao longo das vias. Mas levam em consideração os tempos de atraso que são gerados por manobras de estacionamento e cruzamentos de pedestres. Dessa maneira torna-se importante descrever alguns parâmetros que podem influenciar na metodologia, e que podem ser coletados em campo, no que diz respeito aos locais de estacionamento de paradas de ônibus e cruzamentos de pedestres, tão característicos das vias do Plano Piloto, conforme descrição a seguir.

4.2.3 – Paradas de ônibus

A metodologia não faz nenhuma referência às paradas de ônibus e a como este fator pode influenciar na determinação do nível de serviço em vias urbanas. Este parâmetro pode ser de grande importância devido à contínua presença de paradas de ônibus ao longo das vias, característico das vias do Plano Piloto. Os pontos de localização das paradas de ônibus obedecem a uma distribuição por quadras do Plano Piloto com um espaçamento médio de 300m, instaladas próximas de cruzamentos de pedestres e sinais semafóricos que controlam os pontos de acesso aos terrenos lindeiras (Figura 4.8).

Considera-se que este tipo de infraestrutura de paradas de ônibus deve ser levado em consideração pelos tempos de atraso que podem ocasionar na corrente de tráfego, pela formação de filas e manobras de mudança de faixa dos veículos que transitam pela direita por causa das manobras de ônibus que fazem uso delas, que podem reduzir sensivelmente a velocidade da corrente de tráfego.



(a)



(b)

Figura 4.8 - Locais de Paradas de ônibus: (a) Via Arterial W-3 Norte, (b) Via Arterial L-2 Norte

Esse tipo de atraso se apresenta nos trechos da via L-2 devido ao fato que não tem uma faixa exclusiva de ônibus, a diferença da via W-3, que possui uma faixa exclusiva de ônibus que evita ter esse tipo de atrasos.

4.2.4 – Manobras de estacionamento e cruzamento de pedestres

Além das paradas de ônibus, é importante considerar os atrasos gerados pelas manobras de estacionamento e cruzamento de pedestres na determinação do nível de serviço. Esses dois tipos de atraso se encontram nas vias em estudo, razão pela qual devem ser considerados na metodologia da análise.

Os locais de estacionamento dispostos ao longo da avenida W-3 têm uma configuração fora da via, mas estão ligados diretamente a ela por pontos de entradas e saídas. Este tipo de configuração de estacionamento é o menos prejudicial em termos de atraso à corrente de tráfego, já que o veículo sai da via para os locais de estacionamento gerando pequenas reduções da velocidade no fluxo de tráfego. Por esta razão, para a análise da pesquisa e determinação dos níveis de serviço, esses pontos de entradas e saídas dos locais de estacionamento são considerados como pontos de acesso ao trecho analisado, conforme são considerados na metodologia do HCM para vias urbanas.

Os pontos de cruzamento de pedestres localizados nas avenidas W-3 e L-2 estão próximos às paradas de ônibus, e possuem sinais semaforicos acionados pelo pedestre. A influência dos pedestres na operação do tráfego é significativa, devido à utilização de um espaço empregado pelos pedestres para cruzar a via. Essa ação interrompe o fluxo de tráfego e os condutores tendem a reduzir a velocidade dos veículos ao perceber esses pontos de preferência.

Em relação aos pontos de cruzamentos de pedestres, o manual HCM 2010 recomenda que não sejam levados em conta como pontos iniciais ou finais para a separação por segmentos, devido ao fato de que essa metodologia já tem em conta os tempos de atraso que podem gerar este tipo de interrupção ao fluxo do trânsito.

Depois de realizar os percursos em campo, constatou-se que os cruzamentos de pedestres geravam atrasos consideráveis que interrompiam o fluxo do trânsito. Porém, foi realizada

uma análise preliminar dos trechos para observar como seria a correta separação dos segmentos e se era possível considerá-los como pontos de controle de tráfego com semáforo.

Nas Tabelas 4.2 e 4.3, apresentam-se as análises feitas nos locais onde existem cruzamentos de pedestres, determinando os NS para um segmento total sem considerar os pontos de cruzamento e os NS para o mesmo segmento considerando os pontos de cruzamentos.

O método que considera os pontos de cruzamento de pedestres na segmentação das vias permite obter valores de NS mais próximos à realidade, se comparado ao método proposto no manual. Isso porque, ao não considerar esses pontos de cruzamento, o manual acaba gerando índices de NS mais elevados, porém divergentes do que ocorre no campo. Por exemplo, no percurso 1 do trecho 1, os valores de NS foram de nível “A”, conforme o manual, e de nível “B”, conforme o observado em campo. Quando se faz a divisão por mais segmentos, esses resultados passam a ser de nível “B” estimados pelo manual, e de nível “B” e “E” nos observados em campo, sendo estes últimos mais próximos à realidade.

Para a análise da pesquisa, os locais de cruzamento de pedestres foram considerados como pontos de início e fim de segmento. Nesses locais existem sinais de controle de tráfego semaforizado com tempos fixos, onde é necessário considerar a redução da velocidade que experimentam os usuários da via e sua influência na determinação do nível de serviço.

Portanto, esta pesquisa levou em conta a variação que pode existir na determinação da velocidade média de percurso, considerando a diferença entre o modelo de estimação do manual e o observado em campo, bem como a influência desses dois tempos de atraso na determinação do nível de serviço.

Tabela 4.2 – Análise de cruzamento de pedestres nos segmentos:(a) Trecho 1, (b) Trecho 2

TRECHO 1- Local onde existe cruzamento de pedestre					
Percurso	SCLRN 704- SCLRN 703		N.S		
			Obs.		Est.
1	S1		D		A
	S1	S2	B	E	B B
2	S1		E		A
	S1	S2	D	F	B B
3	S1		B		A
	S1	S2	B	B	B B
4	S1		B		A
	S1	S2	C	B	B B
5	S1		C		A
	S1	S2	B	D	B B
6	S1		E		A
	S1	S2	E	D	B B

(a)

TRECHO 2- Local onde existe cruzamento de pedestre					
Percurso	EQS 510- SHIGS 710		N.S		
			Obs.		Est.
1	S2		F		C
	S2	S3	B	F	D D
2	S2		B		C
	S2	S3	C	B	D D
3	S2		B		C
	S2	S3	B	B	D D
4	S2		B		C
	S2	S3	C	B	D D
5	S2		F		C
	S2	S3	B	F	D D
6	S2		F		C
	S2	S3	D	F	D D
7	S2		C		C
	S2	S3	D	C	D D

(b)

Tabela 4.3 – Análise de cruzamento de pedestres nos segmentos:(a) Trecho 3, (b) Trecho 4

TRECHO 3- Local onde existe cruzamento de pedestre								
Per.	SGAN 606- SGAN 608			N.S				
				Obs.			Est.	
1	S1			B			A	
	S1	S2	S3	B	B	B	B	B A
2	S1			B			A	
	S1	S2	S3	B	B	B	B	B A
3	S1			B			A	
	S1	S2	S3	B	B	B	B	B A
4	S1			C			A	
	S1	S2	S3	E	B	B	B	B A
5	S1			B			A	
	S1	S2	S3	C	B	A	B	B A
6	S1			B			A	
	S1	S2	S3	B	B	B	B	B A

(a)

TRECHO 4 - Local onde existe cruzamento de pedestre								
Per.	EQS 402- EQS 405			N.S				
				Obs.			Est.	
1	S1			B			A	
	S1	S2	S3	B	B	B	C	B B
2	S1			B			A	
	S1	S2	S3	B	B	B	C	B B
3	S1			B			A	
	S1	S2	S3	C	B	A	C	B B
4	S1			B			A	
	S1	S2	S3	B	B	B	C	B B
5	S1			B			A	
	S1	S2	S3	A	A	B	C	B B
6	S1			B			B	
	S1	S2	S3	A	B	B	C	B B
7	S1			B			A	
	S1	S2	S3	B	B	B	C	B B

(b)

4.2.5 – Taxa de fluxo (q)

A análise do fluxo veicular permite entender as características e o comportamento do trânsito que é necessário para o planejamento e operação de vias, descrevendo a forma como circulam os veículos em qualquer tipo de via, permitindo assim, a determinação do nível de eficiência na operação do sistema viário (Cal *et al*, 2011).

O volume de tráfego dos 15 minutos mais carregados (fluxo de tráfego) representa a frequência com a qual os veículos passam por uma seção transversal da faixa ou pista. As Figuras 4.9 a 4.12 mostram o resumo do volume médio horário realizado em intervalos de 15 min, em cada um dos movimentos da rede viária, onde se fizeram as contagens. Os valores registrados em campo foram inseridos em arquivos de computador para facilitar seu manuseio e análise, onde se apresentam as interseções registradas de cada trecho com seus respectivos volumes máximo horário (VMH) e a sua composição percentual de veículos.

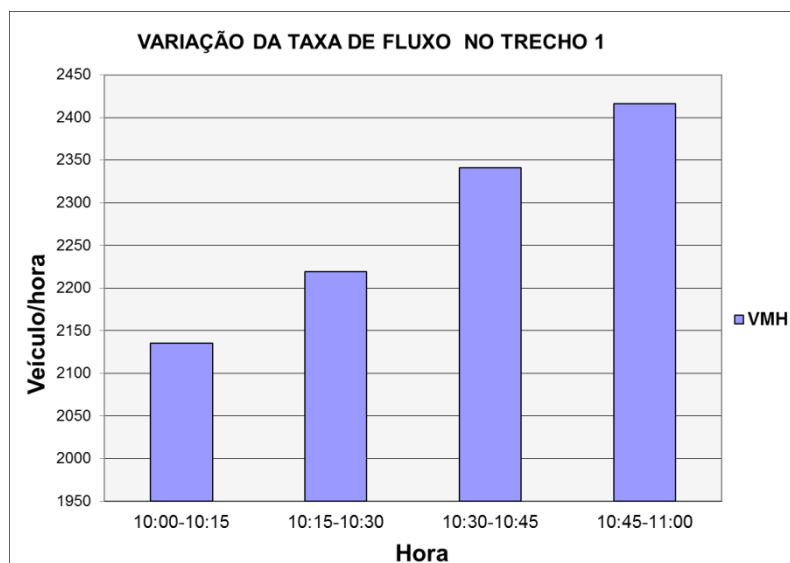


Figura 4.9 - Variação da taxa de fluxo - Trecho 1

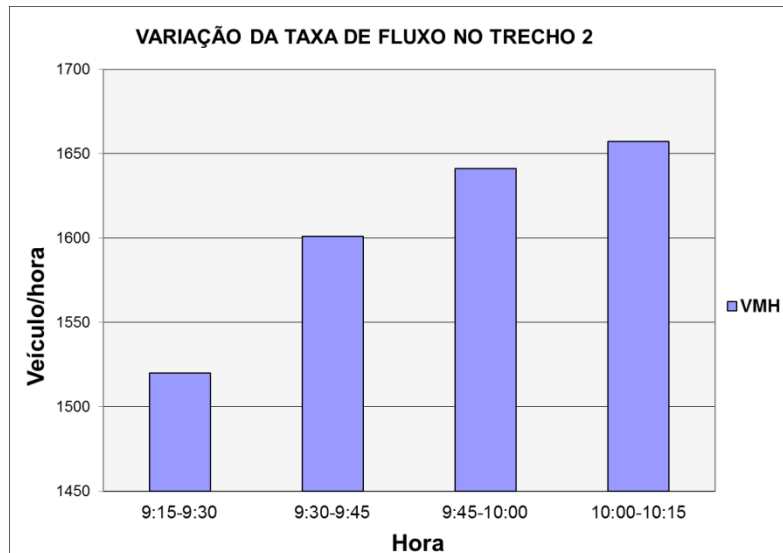


Figura 4.10 - Variação da taxa de fluxo - Trecho 2

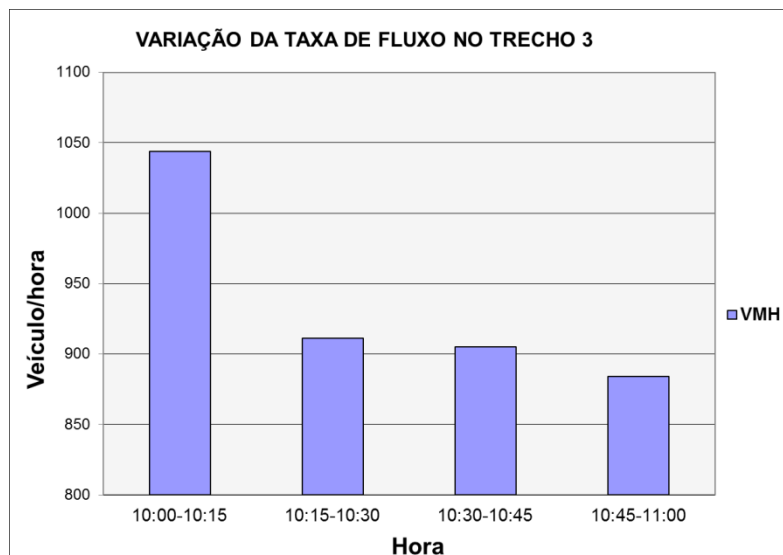


Figura 4.11 - Variação da taxa de fluxo - Trecho 3

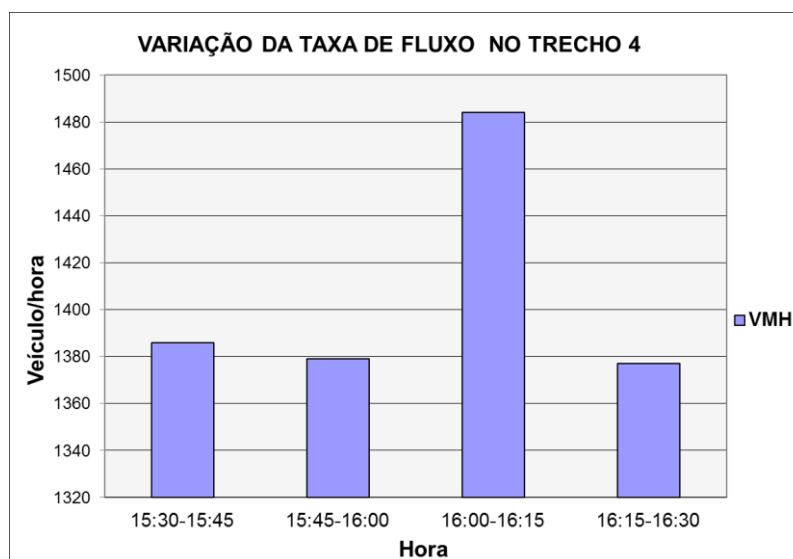


Figura 4.12 - Variação da taxa de fluxo - Trecho 4

4.2.6 – Volume máximo horário

Expressado em ve/h, o valor registrado para cada intervalo de uma hora permite determinar as condições de funcionamento dos trechos de via analisados. As Tabelas 4.4 a 4.7 e as Figuras 4.13 a 4.16 mostram o resumo por trecho e apresentam informações acerca do volume máximo horário e da composição veicular. Assim pode-se desenvolver o estudo dos parâmetros básicos desta pesquisa e calcular a capacidade e o nível de serviço.

Tabela 4.4 – Resumo do trânsito máximo horário e composição veicular Trecho1 W3-N

VOLUME MÁXIMO HORÁRIO - TRECHO 1										
INTERSEÇÃO	MOVIMENTO	CARROS P/U	ÔNIBUS	MICRO-ÔNIBUS	CAMINHÕES	OBSERVAÇÃO	VMH (1)	qmax 15 (2)	FHP	Fluxo (2)x4
INT-1	1	1269	90	15	16	desde: 10:00 a 11:00	1390	373	0,93	1492
	7	296	21	3	4		324	83	0,98	332
	9(3)	89	6	1	1		97	28	0,87	112
	Composição médio Interseção (%)	91,3%	6,5%	1,0%	1,2%					
INT-2	1	83	83	15	16	desde: 10:00 a 11:00	1273	330	0,96	1320
	4	124	9	2	2		136	43	0,79	172
	9(1)	134	10	2	2		147	41	0,90	164
	8	111	8	1	2		122	36	0,85	144
	Composição médio Interseção (%)	91,1%	6,5%	1,2%	1,3%					
INT-3	1	1253	99	16	17	desde: 10:00 a 11:00	1385	374	0,93	1496
	7	143	11	2	2		158	47	0,84	188
	9(3)	74	6	1	1		82	25	0,82	100
	Composição médio Interseção (%)	90,5%	7,1%	1,2%	1,2%					
INT-4	1	1221	67	12	20	desde: 10:00 a 11:00	1320	335	0,99	1340
	3	238	13	2	4		257	74	0,87	296
	4	345	19	3	6		373	98	0,95	392
	9(1)	139	8	1	2		150	46	0,82	184
	9(3)	98	5	1	2		106	31	0,85	124
	Composição médio Interseção (%)	92,5%	5,1%	0,9%	1,5%					
INT-5	2	1354	115	22	14	desde: 10:00 a 11:00	1505	404	0,93	1616
	Composição médio Interseção (%)	90,0%	7,6%	1,5%	0,9%					

Tabela 4.5 – Resumo do trânsito máximo horário e composição veicular Trecho 2 W3-S

VOLUME MÁXIMO HORÁRIO - TRECHO 2										
INTERSEÇÃO	MOVIMENTO	CARROS P/U	ÔNIBUS	MICRO-ÔNIBUS	CAMINHÕES	OBSERVAÇÃO	VMH (1)	qmax 15 (2)	FHP	Fluxo (2)x4
INT-1	2	960	55	19	5	desde: 09:15 a 10:15	1038	272	0,95	1088
	9(4)	79	4	2	0		85	26	0,82	104
	8	439	25	9	2		475	125	0,95	500
	Composição médio Interseção (%)	92,5%	5,3%	1,8%	0,4%					
INT-2	2	53	53	18	6	desde: 09:15 a 10:15	1123	305	0,9	1220
	7	640	33	11	4		687	183	0,9	732
	Composição médio Interseção (%)	93,1%	4,8%	1,6%	0,6%					
INT-3	2	1407	75	24	8	desde: 09:15 a 10:15	1514	396	0,96	1584
	9(4)	23	1	0	0		25	9	0,69	36
	8	206	11	4	1		222	61	0,91	244
	Composição médio Interseção (%)	93,0%	4,9%	1,6%	0,5%					
INT-4	2	1150	89	28	6	desde: 09:15 a 10:15	1273	333	0,96	1332
	Composição médio Interseção (%)	90,3%	7,0%	2,2%	0,5%					

Tabela 4.6 – Resumo do trânsito máximo horário e composição veicular Trecho 3 L2-N

VOLUME MAXIMO HORARIO TRECHO - 3										
INTERSEÇÃO	MOVIMENTO	CARROS P/U	ÔNIBUS	MICRO-ÔNIBUS	CAMINHÕES	OBSERVAÇÃO	VMH (1)	qmax 15 (2)	FHP	Fluxo (2)x4
INT-1	2	667	14	7	13	desde: 10:00 a 11:00	700	201	0,87	804
	7	271	5	3	5		285	101	0,71	404
	Composição médio Interseção (%)	95,2%	1,9%	1,0%	1,8%					
INT-2	2	16	16	10	18	desde: 10:00 a 11:00	718	202	0,89	808
	Composição médio Interseção (%)	93,9%	2,2%	1,4%	2,5%					
INT-3	2	457	12	5	12	desde: 10:00 a 11:00	486	132	0,92	528
	8	231	6	3	6		246	76	0,81	304
	9(2)	213	6	2	5		226	91	0,62	364
	Composição médio Interseção (%)	94,1%	2,5%	1,0%	2,4%					
INT-4	2	676	25	11	22	desde: 10:00 a 11:00	734	190	0,97	760
	Composição médio Interseção (%)	92,1%	3,4%	1,5%	3,0%					
INT-5	2	307	16	11	15	desde: 10:00 a 11:00	349	98	0,89	392
	Composição médio Interseção (%)	88,0%	4,6%	3,2%	4,3%					

Tabela 4.7 – Resumo do trânsito máximo horário e composição veicular Trecho 4 L2-S

VOLUME MAXIMO HORARIO - TRECHO 4										
INTERSEÇÃO	MOVIMENTO	CARROS P/U	ÔNIBUS	MICRO-ÔNIBUS	CAMINHÕES	OBSERVAÇÃO	VMH (1)	qmax 15 (2)	FHP	Fluxo (2)x4
INT-1	1	1193	25	13	11	desde: 03:30 a 04:30	1242	326	0,95	1304
	Composição médio Interseção (%)	96,1%	2,0%	1,0%	0,9%					
INT-2	1	25	25	11	17	desde: 03:30 a 04:30	1701	450	0,95	1800
	Composição médio Interseção (%)	96,9%	1,5%	0,6%	1,0%					
INT-3	1	1492	26	11	15	desde: 03:30 a 04:30	1544	400	0,97	1600
	Composição médio Interseção (%)	96,6%	1,7%	0,7%	1,0%					
INT-4	1	1092	26	11	10	desde: 03:30 a 04:30	1139	308	0,92	1232
	Composição médio Interseção (%)	95,9%	2,3%	1,0%	0,9%					

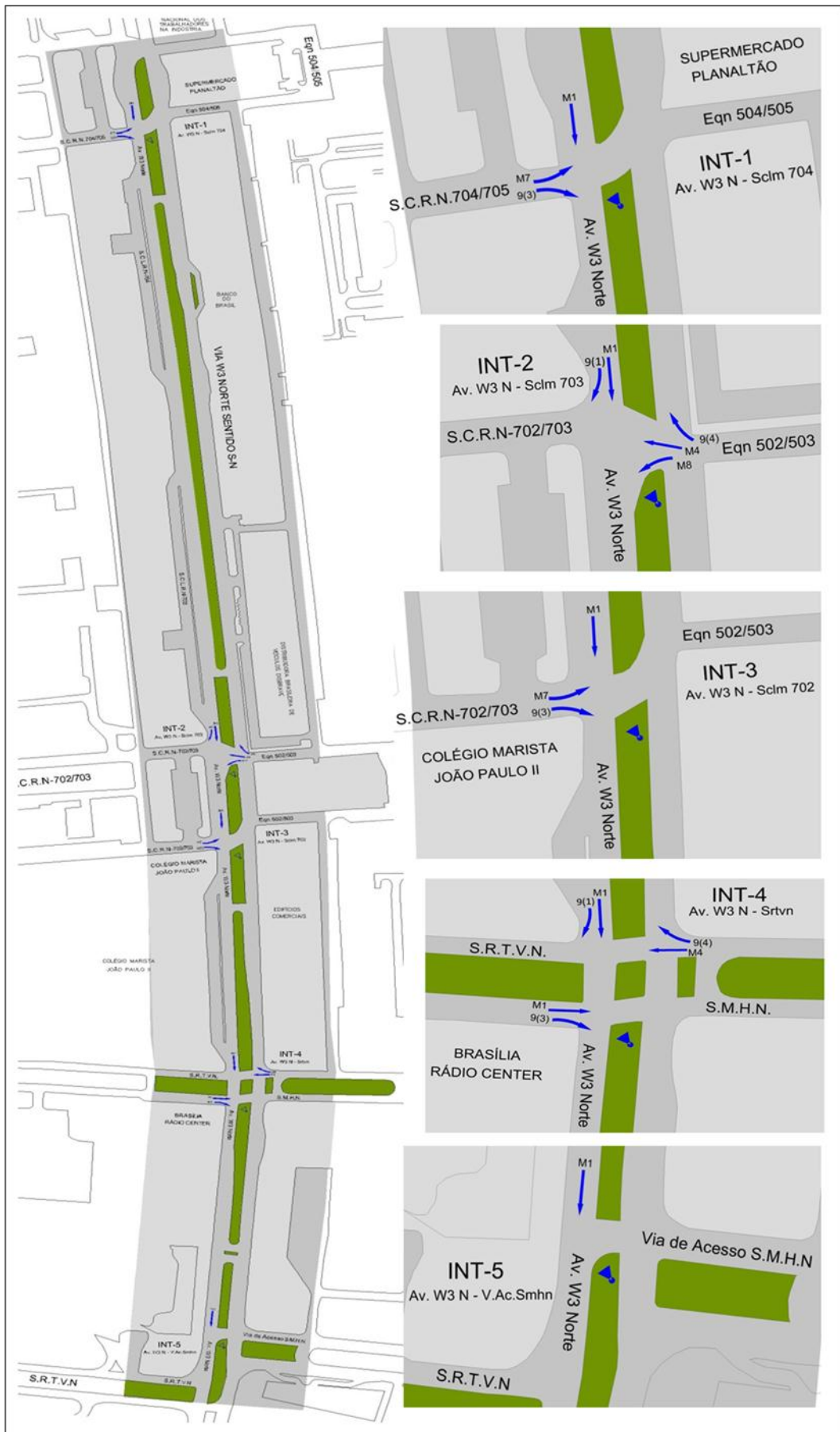


Figura 4.13 - Movimentos registrados no Trecho 1

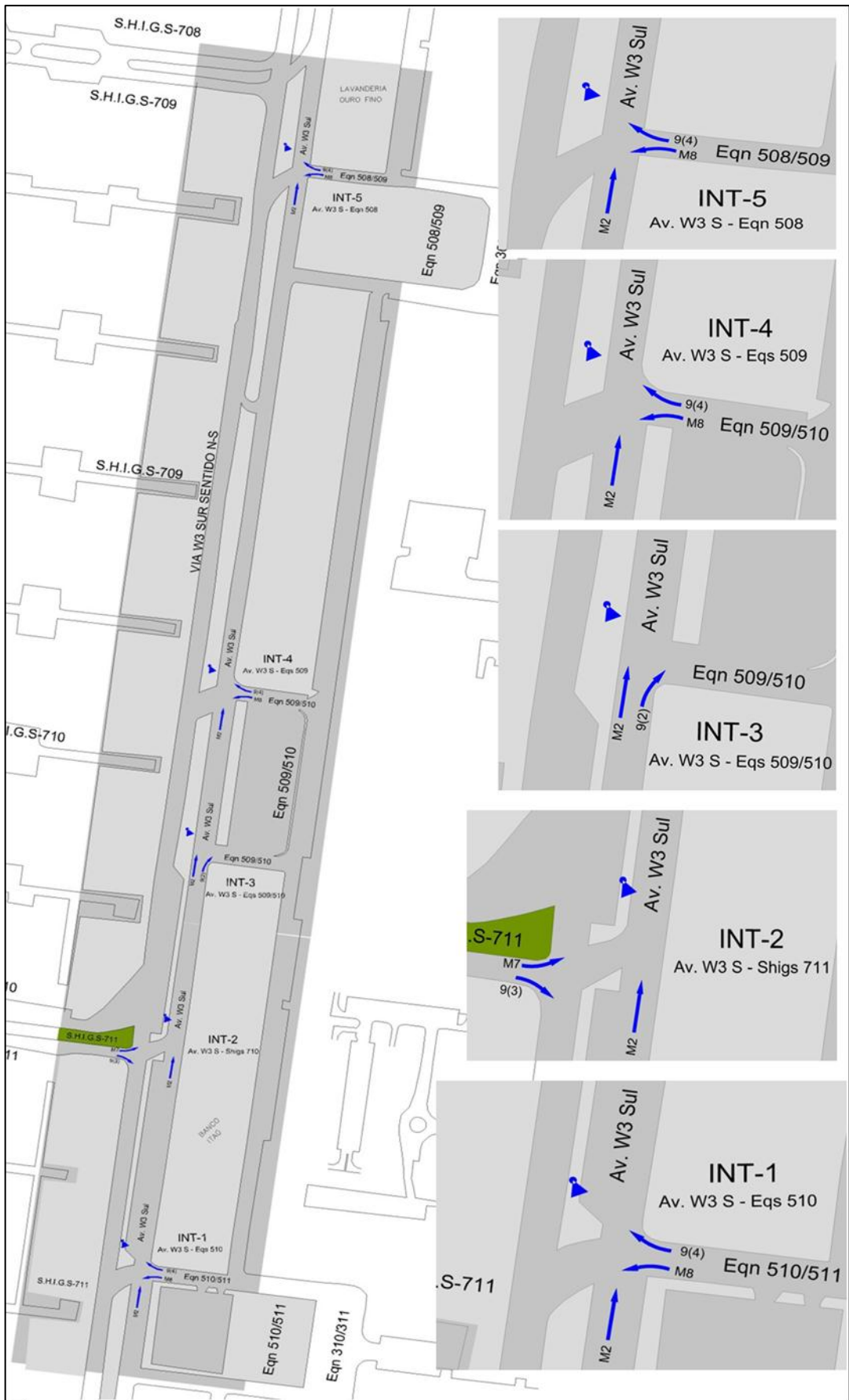


Figura 4.14 - Movimentos registrados no Trecho 2

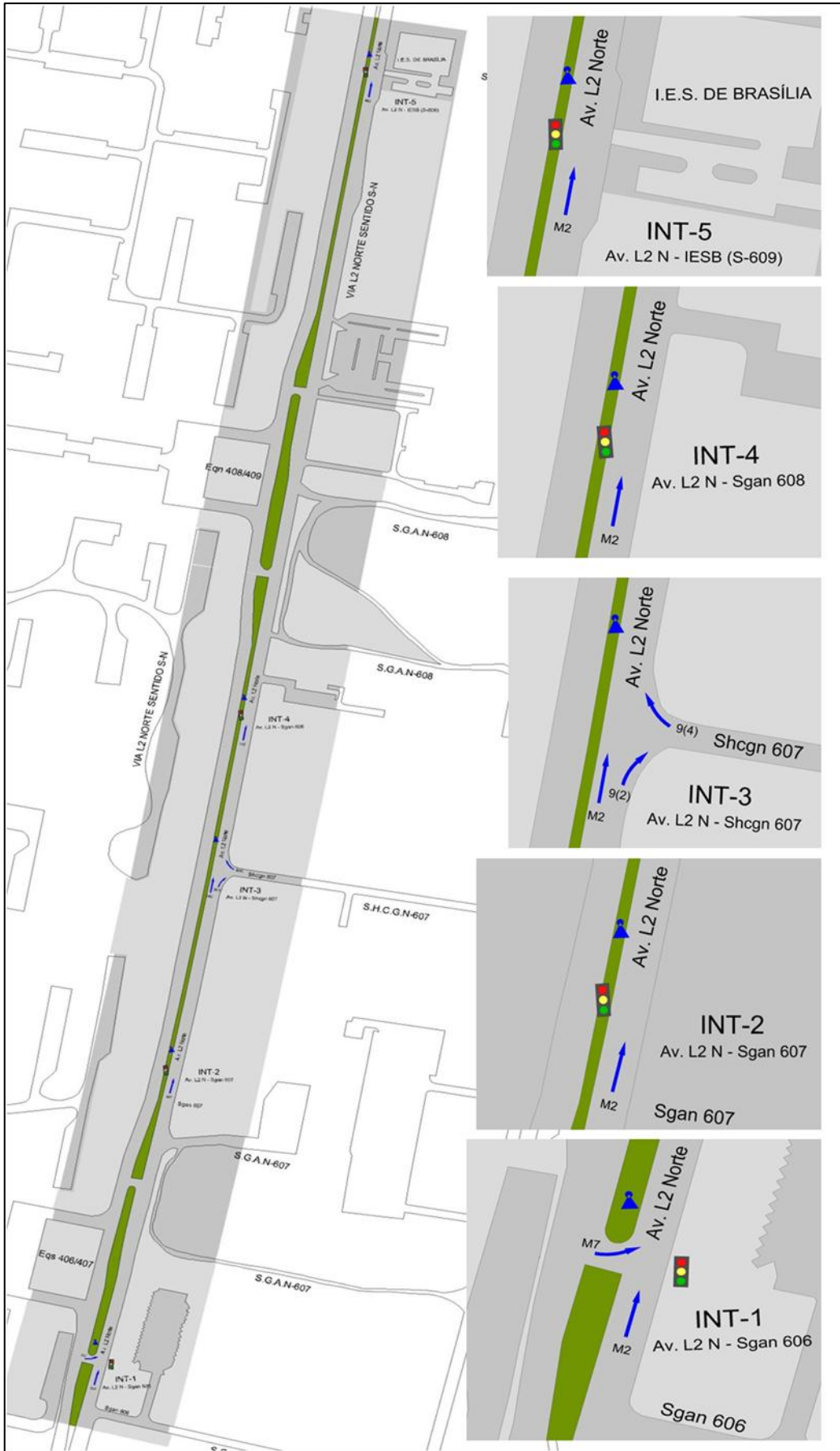


Figura 4.15 - Movimentos registrados no Trecho 3

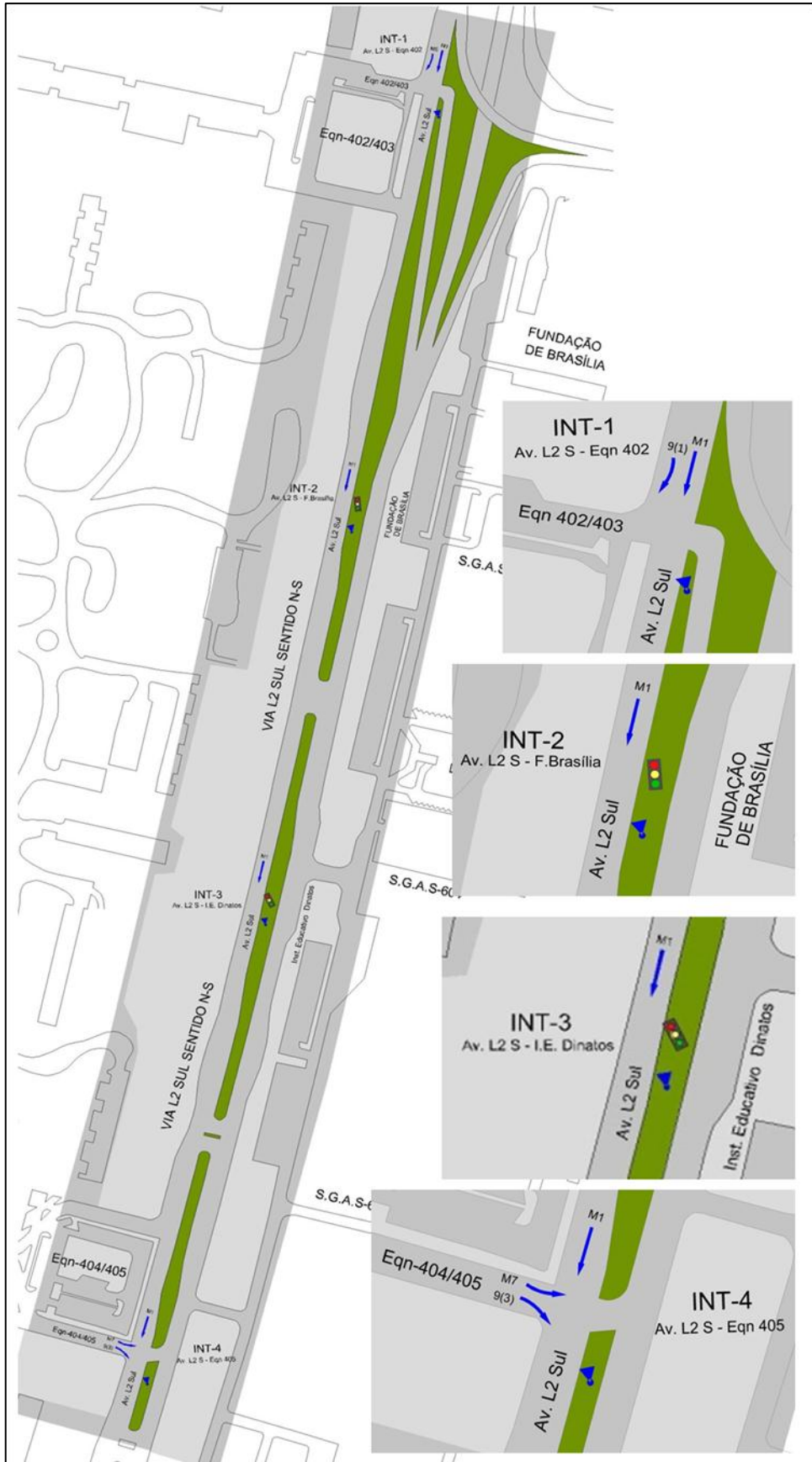


Figura 4.16 - Movimentos registrados no Trecho 4

4.3 – ESTUDO DE VELOCIDADE E RETARDAMENTO

Um dos indicadores mais utilizados para medir a eficiência de um sistema viário é a velocidade dos veículos. Em um sistema rodoviário, a velocidade que os motoristas podem desenvolver indica a qualidade do sistema, ao contrário dos sistemas viários urbanos, onde a qualidade do sistema viário é determinada pelos atrasos e interrupções, que reduzem a velocidade dos usuários (TRB, 2010).

A velocidade de percurso é o resultado da relação entre a extensão percorrida por um veículo, desde o início ao final da viagem, e o tempo gasto para percorrê-lo (TRB, 2010). O tempo total de percurso inclui todas as demoras operacionais devidas a reduções de velocidade e paradas apresentadas na via devido ao trânsito e aos dispositivos de controle.

Para todos os veículos ou grupo de veículos, a velocidade média de percurso se calcula dividindo a soma de suas extensões percorridas pela soma dos tempos totais de percurso. Se todos os grupos de veículos percorrem a mesma extensão, a velocidade média de percurso se obtém dividindo a extensão percorrida pela média dos tempos empregados. Portanto, a velocidade média de percurso é uma velocidade média no espaço, com base na extensão.

De acordo com o parágrafo anterior, para o propósito do estudo é necessário determinar a velocidade média de percurso dos veículos que circulam pelas vias escolhidas. Estes dados permitirão analisar a qualidade do serviço que está sendo proporcionada aos usuários bem como verificar sua determinação em campo visando realizar o respectivo diagnóstico. Desta forma é necessário conhecer as velocidades dos veículos que circulam pela via. Para este propósito foi utilizado o *software HOLUX Tour for Logger* de georreferenciamento de coordenadas, que determinou a localização dos percursos feitos no Plano Piloto, o cálculo dos tempos e as velocidades de percurso. A Figura 4.17 mostra a localização dos percursos feitos no Plano Piloto que foram georreferenciada pelo *software*.

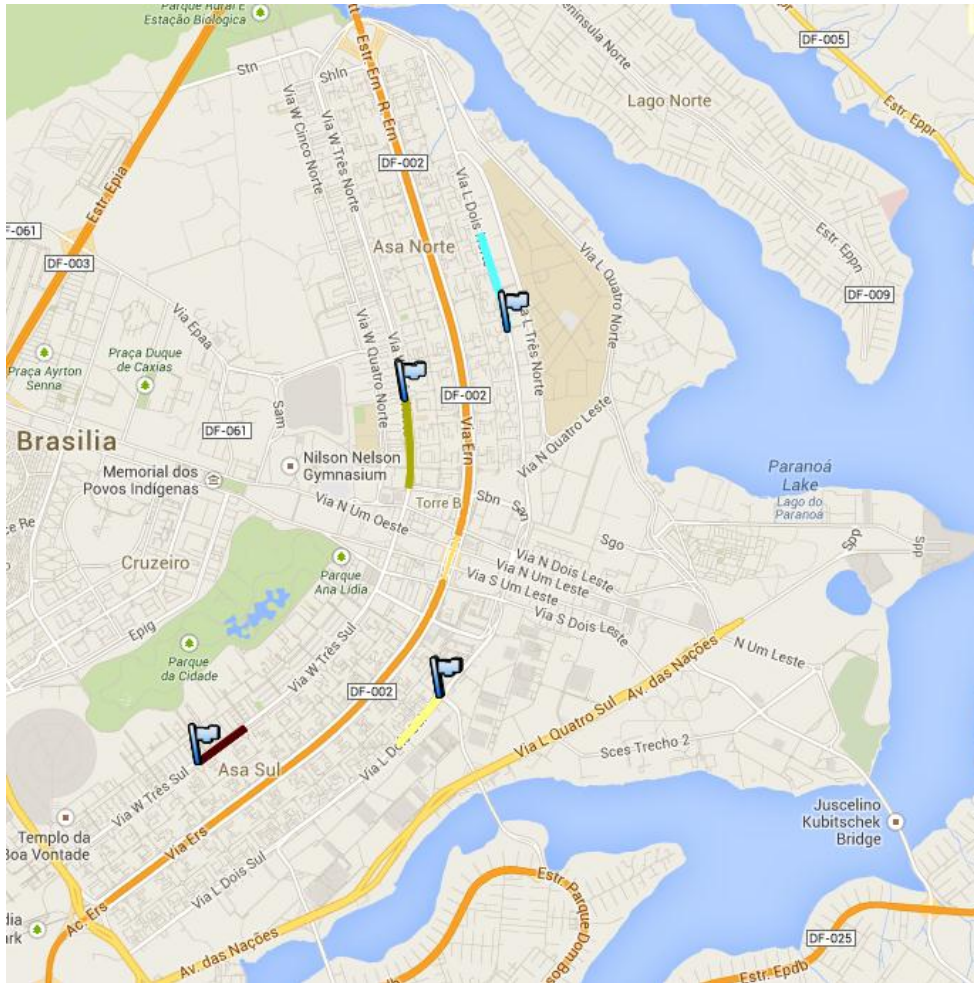


Figura 4.17 - Localização dos trechos analisados via GPS

O estudo de velocidade e retardamento permite conhecer o comportamento do trânsito sob as condições atuais das vias. Com este estudo se estabelece, dentre outros aspectos a velocidade de percurso, a velocidade de cruzeiro (“*Running speed*”), o tempo perdido em paradas, as causas das paradas, e os tempos de percurso, com o objetivo de avaliar a qualidade da mobilidade veicular ao longo de um trajeto e determinar a localização, tipo e magnitude dos atrasos do trânsito.

A VMP encontrada no estudo é um dos parâmetros mais representativos na avaliação do estado e do comportamento do fluxo de veículos, além da sua importância para a avaliação da metodologia do HCM 2010, no cálculo da capacidade e nível de serviço.

Além de calcular a VMP, foi determinada a velocidade de cruzeiro, pela razão entre o comprimento do trecho e o tempo de deslocamento efetivo em percorrê-lo, incluindo apenas os tempos em que os veículos estão em movimento.

A determinação das velocidades anteriormente mencionadas foi calculada mediante o emprego de aparelhos GPS, que captam informação do veículo teste durante o tempo de viagem no percurso para cada um dos trechos analisados. O tipo de variáveis que este tipo de aparelho captura pode ser observado na Tabela 4.8. Esses dados são necessários para a determinação da VMP e a velocidade de cruzeiro, além dos tempos de atraso e da sua localização ao longo do trecho mediante perfis de velocidade que o software permite elaborar.

Tabela 4.8 – Dados coletados por GPS.

No.	Data	Hora local	Latitude	Longitude	Altitude	Velocidade
1	24/9/2013	10:21:12	15,775250	47,888298	1087,22131	40,32
2	24/9/2013	10:21:13	15,775363	47,888290	1084,50256	41,183998
3	24/9/2013	10:21:14	15,775478	47,888275	1085,65881	42,119999

A Figura 4.18 representa o perfil de velocidade do primeiro percurso no trecho 1, onde se observa o atraso apresentado no trecho percorrido que ocasiona a redução da velocidade de percurso, calculado em 23 seg. Este atraso está representado no intervalo das duas linhas vermelhas, onde a velocidade diminui a 0 km/h. Considera-se que este tipo de atraso pode indicar uma parada total do veículo por sinais de controle como semáforos, sinais de pare ou outro tipo de causas. Na Figura 4.19 pode-se observar o perfil de velocidade em função da extensão do trecho, representando a velocidade praticada em cada um dos 5 segmentos que o compõe.

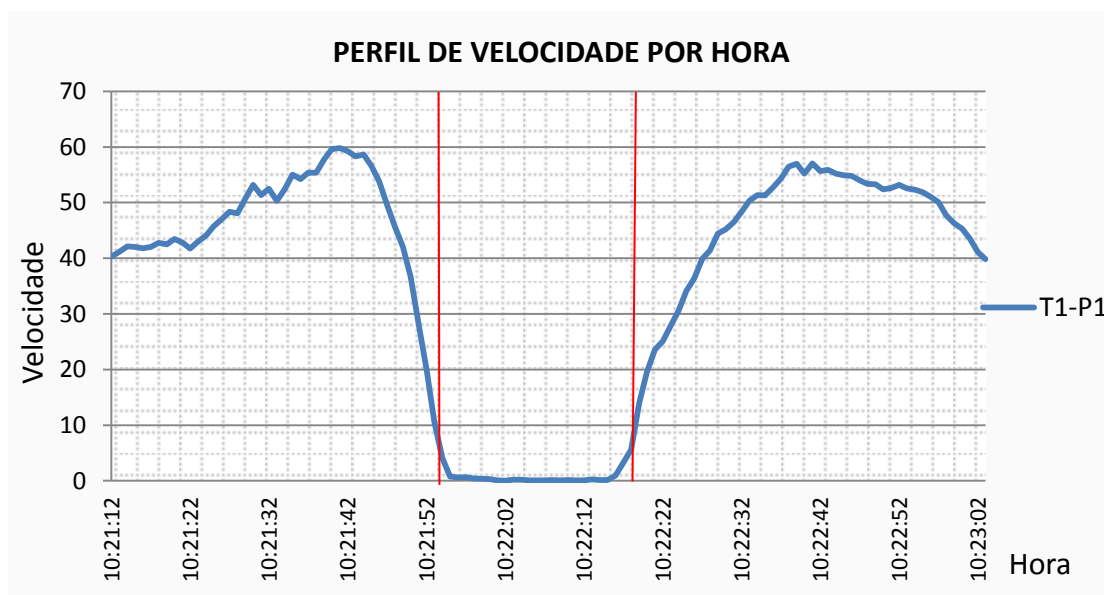


Figura 4.18 - Perfil de velocidade por hora - Trecho 1

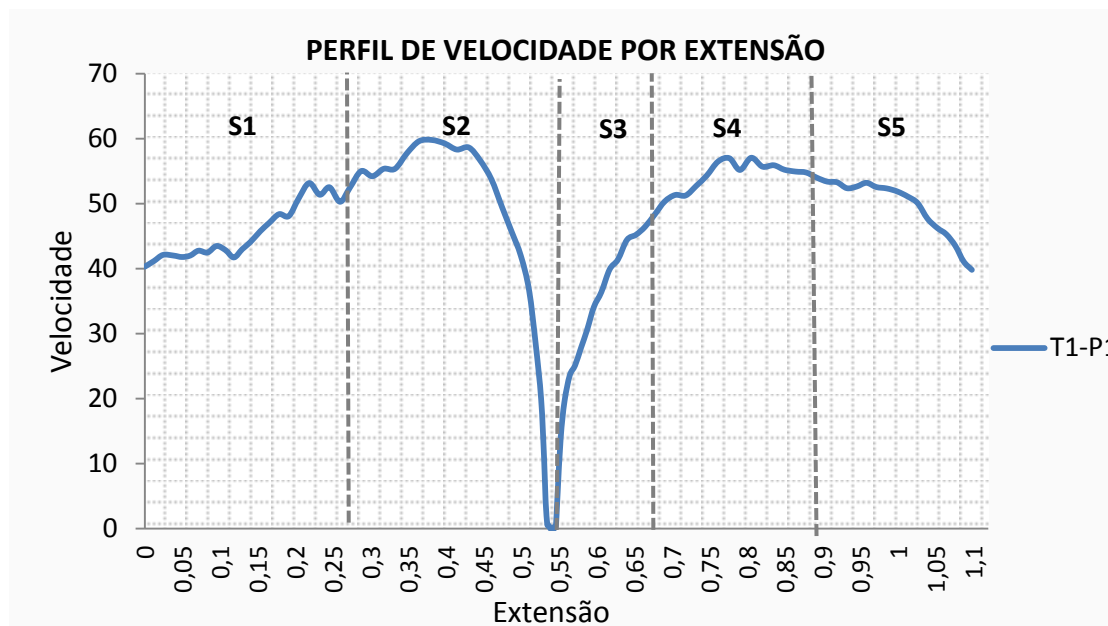


Figura 4.19 - Perfil de velocidade por extensão – Trecho 1

Além do tipo de atraso em que o veículo sofre uma parada total, o manual HCM 2010 também considera os atrasos gerados por sinais de controle, conversões ou eventos no percurso que produzam reduções de velocidade entre 0.0 e 8.0 km/h (5.0 milhas/h). Estes atrasos representam uma variável de entrada na metodologia, que devem ser determinados, classificados e calculados neste estudo.

Além dos atrasos mencionados anteriormente, foram determinadas as seguintes variáveis:

- extensão do trecho;
- tempo de percurso;
- tempo de atraso; e
- causas das paradas.

No Anexo C, apresenta-se toda a informação dos percursos em cada um dos trechos, os perfis de velocidade e a determinação das variáveis medidas no estudo de velocidade anteriormente mencionado.

Na Tabela 4.9, apresenta-se um resumo dos resultados da velocidade média de percurso e de cruzeiro para cada trecho de via analisada. Nos locais onde a atividade é mais comercial, o número de sinais de controle é maior e o fluxo de pedestre é constante, foram

os locais onde se registraram as menores velocidades e onde houve grande diferença entre as velocidades média de percurso e de cruzeiro. As principais causas de paradas e demoras nos percursos realizados foram: cruzamentos nas interseções semaforizadas e nos cruzamentos de pedestres.

Tabela 4.9 – Resultado de Velocidades:(a)Trecho 1, (b)Trecho 2, (c)Trecho 3, (d)Trecho 4

Percurso	Velocidade de percurso (Km/h)	Velocidade de cruzeiro (Km/h)
1	36,22	46,11
2	28,32	40,45
3	53,67	53,67
4	48,88	48,88
5	42,56	43,40
6	30,76	32,80

(a)

Percurso	Velocidade de percurso (Km/h)	Velocidade de cruzeiro (Km/h)
1	26,18	38,10
2	44,92	44,92
3	50,13	50,13
4	41,59	41,59
5	30,29	40,06
6	24,24	29,42
7	22,20	34,26

(b)

Percurso	Velocidade de percurso (Km/h)	Velocidade de cruzeiro (Km/h)
1	52,02	52,02
2	52,85	52,85
3	52,41	52,34
4	43,59	50,86
5	52,87	52,87
6	50,17	50,17

(c)

Percurso	Velocidade de percurso (Km/h)	Velocidade de cruzeiro (Km/h)
1	51,97	51,97
2	54,26	54,26
3	51,88	51,88
4	50,19	50,19
5	58,08	58,08
6	52,80	52,80
7	51,40	51,40

(d)

Na Tabela 4.10 é apresentado o resumo da avaliação da velocidade média de percurso nos quatro trechos analisados, apresentando a extensão dos trechos e os tempos de percurso. Os trechos da avenida W-3 apresentam velocidades de percursos menores, comparadas com as velocidades de percurso da avenida L-2, consequência do número de sinais de controle que interrompem o fluxo de trânsito e o maior volume de veículos e pedestres reunidos pela concentração de escritórios de trabalho e locais comerciais.

A avenida L-2 apresenta velocidades maiores que a avenida W-3, aproximando-se da velocidade regulamentada para este tipo de via, com poucas interrupções de sinais controlados e maior número de pontos de fiscalização eletrônica de velocidade. Esta via é

utilizada para intercomunicação entre as Asas do Plano Piloto, como via de acesso a setores residenciais com poucas interrupções e baixo potencial de gerar atrasos.

Tabela 4.10 – Avaliação da velocidade média de percurso

Trechos	Variáveis		
	Extensão do trecho (m)	Tempo de percurso (s)	VMP (km/h)
1.W-3 Norte	1144	106	38,85
2.W-3 Sul	719	81	31,96
3. L-2 Norte	1243	85	52,64
4. L-2 Sul	851	57	53,75

Nas Figuras 4.20 – 4.23 são apresentados os percursos dos trechos das avenidas W-3 Norte, Avenida W-3 Sul, Avenida L-2 Norte e Avenida L-2 Sul.

4.4 – TEMPOS DE SEMAFORO E TAXAS DE FLUXOS

Na avaliação dos trechos, deve se considerar a análise das interseções semaforizadas atuais, mediante a determinação dos diagramas de fases, duração do ciclo, tempos de sinal verde, intervalos de troca e a identificação do seu sistema de funcionamento (controlada por tempo fixo ou acionados pelo tráfego). Esses dados são necessários para fazer a análise operacional, que resulta na determinação da capacidade e nível de serviço para cada grupo de faixas e toda a interseção, em função da demora média por veículo. Essas variáveis são medidas em campo nas interseções de cada um dos segmentos que formam parte do trecho.

O procedimento de análise operacional das interseções leva em conta os acessos e grupos de faixas individuais dentro das vias, determinando se estas são compartilhadas ou exclusivas para conversão, além de analisar o grau de saturação, o padrão de chegada durante o ciclo do semáforo e a formação de filas na interseção.

Outro parâmetro importante é a determinação do fluxo de saturação mediante a contagem de veículos em fila, por cada ciclo do semáforo desde o início do verde até o fim deste.



Figura 4.20 - Percurso Trecho 1- Avenida W-3 Norte



Figura 4.21 - Percurso Trecho 2- Avenida W-3 Sul

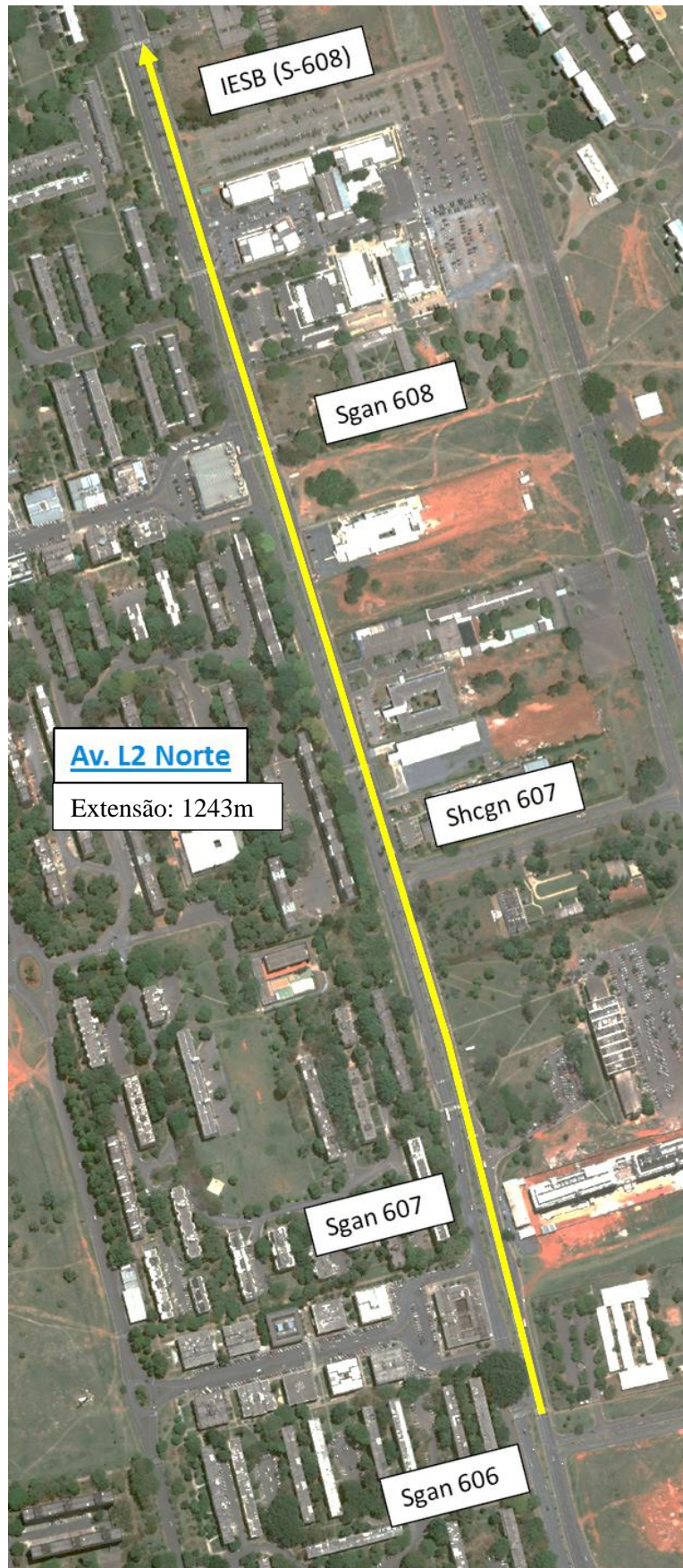


Figura 4.22 - Percurso Trecho 3- Avenida L-2 Norte

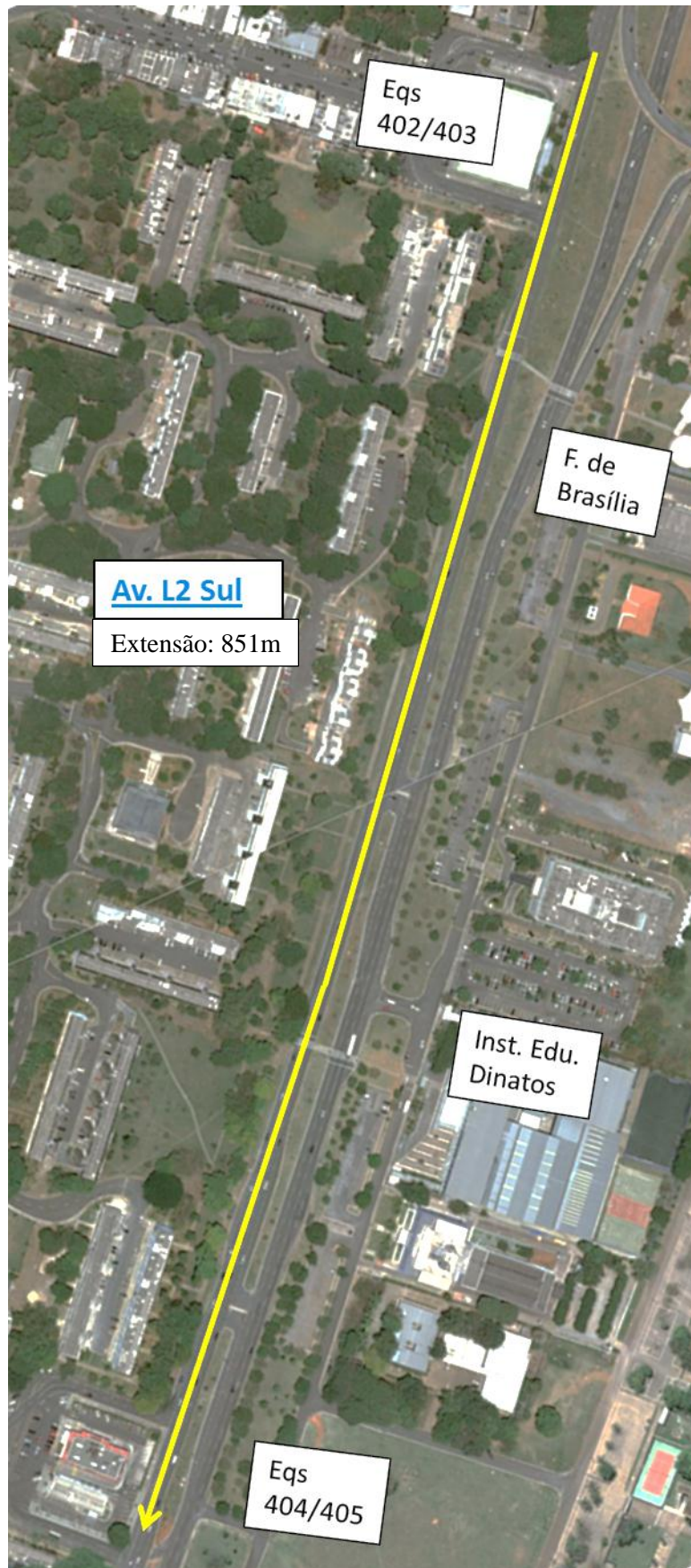


Figura 4.23 - Percurso Trecho 4- Avenida L-2 Sul

O fluxo de saturação é definido como o fluxo de veículos por hora que podem circular por um grupo de faixas, supondo que a fase verde do semáforo está sempre disponível para o grupo. Quando existe a possibilidade de obter estes dados locais para condições específicas de geometria e demanda em cada aproximação de uma interseção, a taxa de fluxo de saturação pode ser estimada com maior precisão (TRB, 2010a).

Porem definiu-se o valor da taxa de fluxo de saturação conforme o adotado pelo HCM, para vias urbanas segundo a Equação 4.1, que ajusta o fluxo de saturação a partir de um valor base ideal de veículos por faixa de 1900 cp/h/faixa (carros de passeio), que pode aumentar ou diminuir, conforme a velocidade de aproximação utilizada na análise de interseções. Adota-se esta equação por ter como objetivo de pesquisa a adequação da metodologia do HCM para vias urbanas brasileiras.

$$S = S_o(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb}) \quad (4.1)$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} \quad (4.2)$$

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} \quad (4.3)$$

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} \quad (4.4)$$

Onde:

S = ajuste da taxa de fluxo de saturação (vei/h/faixa);

S_o = taxa de saturação base (c.p/h/faixa);

f_w = fator de ajuste da largura da faixa, largura de faixa $\geq 3.0 - 3.9$ metros, $f_w = 1.0$;

f_{HV} = fator de ajuste por veículos pesados;

P_{HV} = Porcentagens de veículos pesados (%);

E_T = Numero equivalente de carros de passeio para veículos pesados = 2.0;

f_g = fator de ajuste por inclinação do acesso;

f_p = fator de ajuste pela existência de faixa de estacionamento;

f_{bb} = fator de ajuste pelo efeito de obstrução de ônibus;

f_a = fator de ajuste pelo tipo de área, é 0.90 para áreas comerciais e 1.0 para todas as outras áreas;

f_{LU} = fator de ajuste pela utilização da faixa, quando só ha uma faixa exclusiva é igual 1.0;

f_{RT} = fator de ajuste por conversões veiculares à direita no grupo de faixas;

E_R = Numero equivalente de carros de passeio para proteção de um veículo que vira à direita = 1.18;

f_{LT} = fator de ajuste por conversões veiculares à esquerda no grupo de faixas;

E_L = Numero equivalente de carros de passeio para proteção de um veículo que vira à esquerda = 1.05;

f_{Lpb} = fator de ajuste de pedestres para os movimentos que viram à esquerda; e

f_{Rpb} = fator de ajuste de pedestres para os movimentos que viram à direita.

Foi empregado este método pois, no momento de utilizar o fluxo de saturação observado em campo e ao compará-lo com o estimado pelo manual, a determinação do nível de serviços dos trechos mostrou-se diferente, razão pela qual buscou-se reduzir esta diferença utilizando o ajuste de fluxo de saturação.

4.5 – ANÁLISE DE CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO

A partir da informação coletada em campo nos trechos pesquisados, foram feitas análises da situação atual dos segmentos, avaliando a possível diferença que pode existir na determinação do nível de serviço, apresentando discussões sobre as situações observadas em campo e o que o HCM não contempla. Foram discutidas as diferenças encontradas entre os resultados obtidos nas coletas de dados e os apresentados pelo HCM e, ainda, foram apresentadas sugestões a serem seguidas para a elaboração de procedimentos que adequar a metodologia do HCM à realidade das vias urbanas.

Foram feitas análises para cada via, mediante a elaboração de planilhas para sua caracterização, com os seguintes parâmetros:

- o comprimento do trecho e dos segmentos;
- o tempo de percurso entre as interseções semaforizadas;
- o atraso de controle nessas interseções;
- a velocidade média de percurso; e
- o nível de serviço.

A metodologia para a análise de vias urbanas propostas pelo HCM, apresentadas no Capítulo 2, foi a mesma utilizada para a elaboração das planilhas de avaliação da capacidade e nível de serviço para cada trecho (Anexo D). Essas planilhas servem para estimar o nível de serviço empregando o modelo de estimação do manual, para posteriormente comparar com os resultados observados em campo.

A determinação do nível de serviço mediante o método de estimação do manual e o método de observação em campo, resumidos na Tabela 4.15, apresenta a avaliação da qualidade de tráfego nos quatro trechos analisados. Pode-se observar que a determinação dos níveis de serviço nos trechos 2 e 3 têm avaliações diferentes por cada método, mantendo resultados muito próximos, que podem gerar soluções superestimadas ou subestimadas em relação ao que acontece na realidade.

Tabela 4.11 – Avaliação do nível de serviço

Trechos	Nível de serviço (NS)	
	Est.	Obs.
1. W-3 Norte	C	C
2. W-3 Sul	C	D
3. L-2 Norte	A	B
4. L-2 Sul	B	B

Na Tabela 4.16 apresenta-se o resumo das variáveis coletadas em campo por cada segmento que compõem os trechos analisados, a saber: o comprimento médio dos segmentos, o tempo de percurso, o atraso médio total nas interseções semaforizadas e a velocidade média de percurso. Pode-se observar que existe uma diferença entre os valores das variáveis, pois não apresentam homogeneidade nos resultados. A VMP apresenta uma diferença (Dif.) entre os valores estimados e observados, o que indica a necessidade de uma adequação a ser feita no manual para empregar a metodologia nas vias brasileiras. Vale destacar que o valor de VMP apresentado foi calculado tirando a média das VMP em cada segmento, que por sua vez foram obtidos dos dados de GPS, não devendo ser confundido com o valor da VMP média de todo o trecho da via analisado.

Tabela 4.12 – Avaliação do nível de serviço por segmento

No.	Seg.	Variáveis							
		Comp. Médio (m)	Tempo de Percurso (s)		VMP (km/h)			Nível de serviço (NS)	
			Est.	Obs.	Est.	Obs.	Dif.	Est.	Obs.
Trecho 1 W3 Norte	1	269	19,25	25	50,31	38,74	11,57	B	C
	2	318	21,89	39	52,30	29,35	22,94	B	D
	3	94	13,61	9	24,86	37,60	-12,74	E	C
	4	217	17,51	15	44,61	52,08	-7,47	C	B
	5	246	18,81	18	47,08	49,20	-2,12	B	B
Trecho 1					45,22	38,85	6,37	C	C
Trecho 2 W3 Sul	1	151	15,31	18	35,51	30,20	5,31	C	D
	2	123	13,94	11	31,76	40,25	-8,49	D	C
	3	109	14,13	20	27,77	19,62	8,15	D	F
	4	336	22,38	32	54,05	37,80	16,25	B	C
Trecho 2					39,36	31,96	7,41	C	D
Trecho 3 L2 Norte	1	273	18,74	21	52,44	46,80	5,64	B	B
	2	307	20	21	55,26	52,63	2,63	B	B
	3	663	36,72	43	65,00	55,51	9,49	A	B
Trecho 3					59,30	52,64	6,66	A	B
Trecho 4 L2 Sul	1	165	14,54	11	40,85	54,00	-13,15	C	B
	2	396	25,05	26	56,91	54,83	2,08	B	B
	3	290	20,05	20	52,07	52,20	-0,13	B	B
Trecho 4					51,37	53,75	-2,38	B	B

A não homogeneidade dos resultados dos tempos de percurso e da VMP, obedece ao método de estimativa que emprega o manual, o qual deve ser calibrado, devido ao fato que o manual utiliza a velocidade de fluxo livre para estimar os tempos de deslocamento efetivo e posteriormente calcular a velocidade média de percurso. Ao fazer a avaliação dos trechos, comparando a VMP com os valores de velocidade de percurso observados em campo, obtiveram-se resultados próximos, onde o método do manual estima tempos de percurso diferentes aos observados em campo que variam entres os segmentos.

Desta forma pode-se afirmar que o modelo empregado pelo manual estima corretamente a velocidade de percurso por trecho, mas precisa ser adaptado para a determinação do nível de serviço nas vias brasileiras, por ter diferenças de VMP por segmentos bastante elevadas.

O trecho da avenida W-3 Norte, com uma extensão de 1144 m, foi dividido em 5 segmentos para sua análise (Tabela 4.17). As viagens registradas nos trechos desta via mostram que as velocidades de percurso são influenciadas pelos atrasos causados pela fase

de sinal vermelho das interseções semaforizadas, apresentando velocidades diferentes aos do manual. O segmento 2 apresenta a maior variação do trecho, em quanto o segmento 3 tem uma variação elevada justificada por ter um comprimento de 94 m (o manual esclarece que esta metodologia de estimativa da VMP não pode ser empregada em segmentos menores de 122 metros). As velocidades médias de percurso nos segmentos tiveram uma variação entre 29 – 52 km/h conforme as velocidades observadas e entre 24 – 52 km/h conforme as velocidades estimadas (Figura 4.24).

Tabela 4.13 – Trecho 1 - Via Arterial W-3 Norte

Sentido Norte-Sul (Entre SCLRN 704 e V. AC. SCN - SMHN – 1144 m)			
Segmento	Início	Fim	Extensão (m)
1	SCRN 704	SCRN 703/704	269
2	SCRN 703/704	SCRN 703	318
3	SCRN 703	SCRN 702	94
4	SCRN 702	SRTVN	217
5	SRTVN	V.AC. SCN–SMHN	246

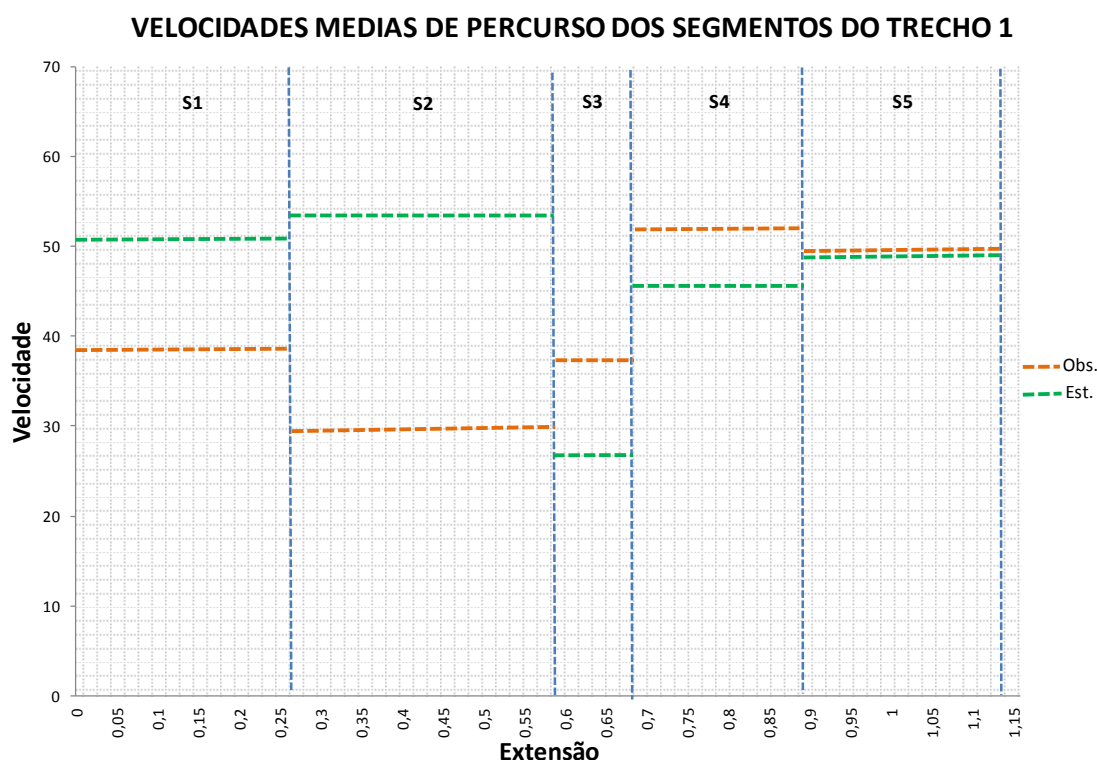


Figura 4.24 - Velocidades médias de percurso dos segmentos do Trecho 1

O trecho da avenida W-3 Sul, com uma extensão de 718 m, foi dividido, em campo, em 4 segmentos para sua análise (Tabela 4.18). As viagens registradas nos trechos desta via

mostram que a velocidade de percurso são diferentes aos do manual, sendo este trecho o que apresenta a maior diferença entre VMP. O segmento 2 tem uma extensão de 122 m muito próxima à extensão mínima permitida pelo manual, e o segmento 4 tem uma extensão elevada, por esta razão nos dois casos o manual estima uma velocidade de percurso maior que a realidade. As velocidades médias de percurso nos segmentos tiveram uma variação entre 19 – 37 km/h conforme as velocidades observadas e entre 27 – 55 km/h conforme as velocidades estimadas (Figura 4.25).

Tabela 4.14 – Trecho 2 - Via Arterial W-3 Sul
Sentido Sul - Norte (Entre EQS 508 e EQS 510 – 718 m)

Segmento	Início	Fim	Extensão (m)
1	EQS 510	SHIGS 711	151
2	SHIGS 711	EQS 509/510	123
3	EQS 509/510	EQS 509	109
4	EQS 509	EQS 508	336

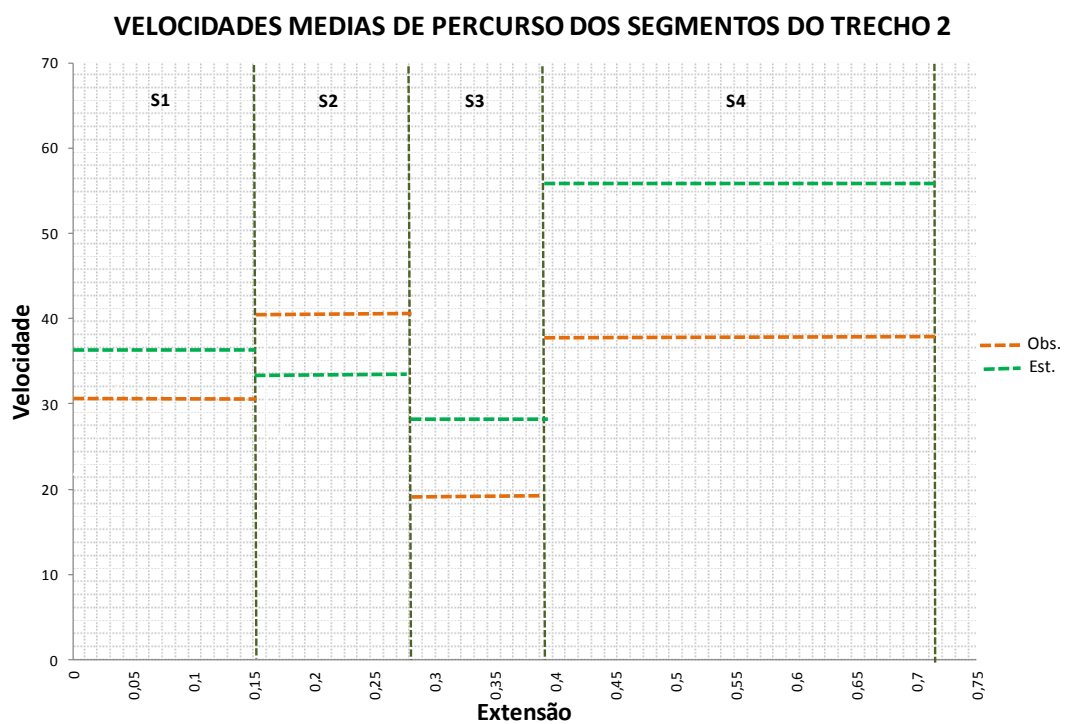


Figura 4.25 - Velocidades médias de percurso dos segmentos do Trecho 2

O trecho da avenida L2 Norte, com uma extensão de 1242 m, foi dividido, em campo, em 3 segmentos para sua análise (Tabela 4.19). As viagens registradas nos trechos desta via mostram que a velocidade de percurso é influenciada pelos locais de fiscalização eletrônica de velocidades mais que pelos atrasos causados pelas interseções semaforizadas uma vez

que durante o trecho percorrido, o veículo seguiu a onda de sinais verdes que evitou esses atrasos. As velocidades registradas em campo são menores que as velocidades estimadas pelo manual, pois este estima valores de VMP próximos à velocidade de fluxo livre de 60 km/h, registrando 65 km/h no segmento 3, justificado pela extensão do segmento de 663 metros. As velocidades médias de percurso nos segmentos tiveram uma variação entre 46 – 55 km/h conforme as velocidades observadas e as velocidades estimadas pelo manual entre 52 – 65 km/h (Figura 4.26).

Tabela 4.15 – Trecho 3 - Via Arterial L-2 Norte
Sentido Sul - Norte (Entre SGAN 606 e IESDB S-609 – 1242 m)

Segmento	Início	Fim	Extensão (m)
1	SGAN 606	SGAN 607	273
2	SGAN 607	SGAN 608	307
3	SGAN 608	IESB (S-609)	663

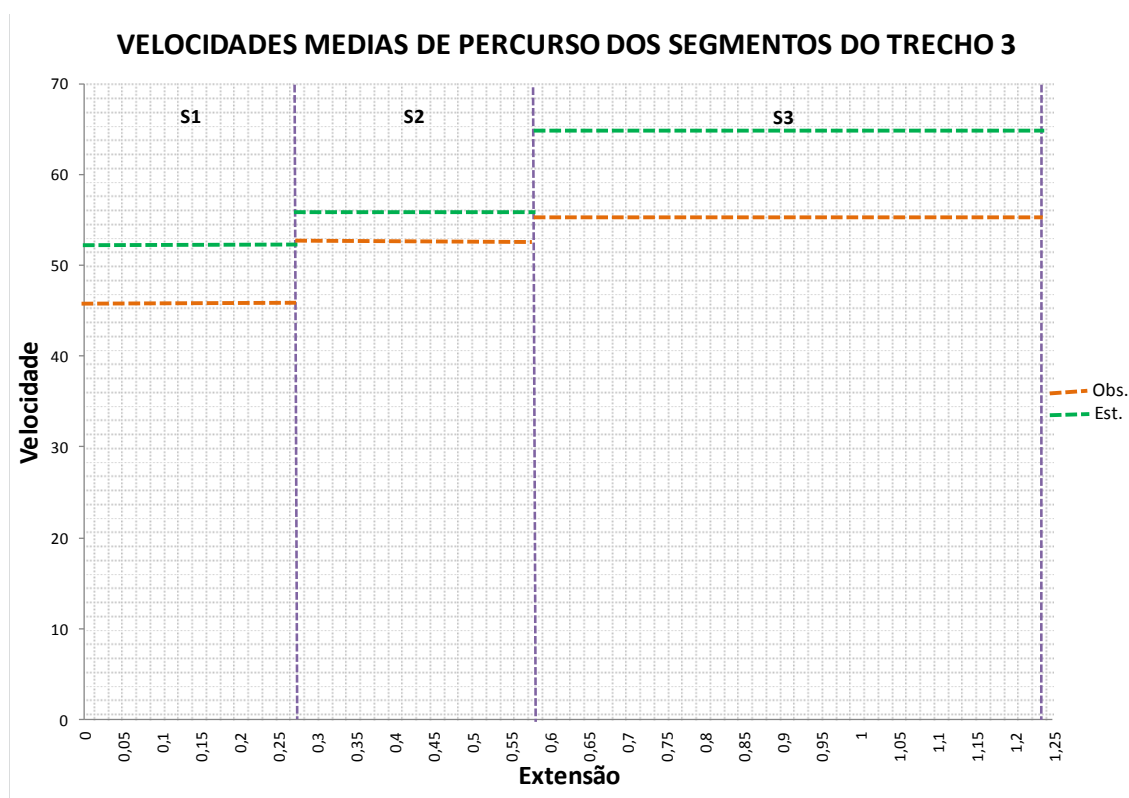


Figura 4.26 - Velocidades médias de Percurso dos segmentos do Trecho 3

O trecho da avenida L-2 Sul, com uma extensão de 851 m, foi dividido, em campo, em 3 segmentos para sua análise (Tabela 4.20). As viagens nos trechos desta via mostram que a velocidade de percurso está influenciada pelos locais de fiscalização eletrônica de velocidades mais do que pelos atrasos causados nas interseções semaforizadas. Os dados

de VMP obtidos neste trecho mostram que, as estimações de velocidade feitas pelo manual HCM podem apresentar valores acima ou abaixo dos valores observados em campo. As velocidades médias de percurso nos segmentos tiveram uma variação nas velocidades observadas entre 52 – 55 km/h e nas velocidades estimadas entre 40 – 57 km/h (Figura 4.27).

Tabela 4.16 – Trecho 4 - Via Arterial L-2 Sul

Sentido Norte - Sul (Entre EQS 402 e EQS 405 – 851 m)			
Segmento	Início	Fim	Extensão (m)
1	EQS 402	Fundação de Brasília	165
2	Fundação de Brasília	Inst. Edu. Dinatos	396
3	Inst. Edu. Dinatos	EQS 405	290

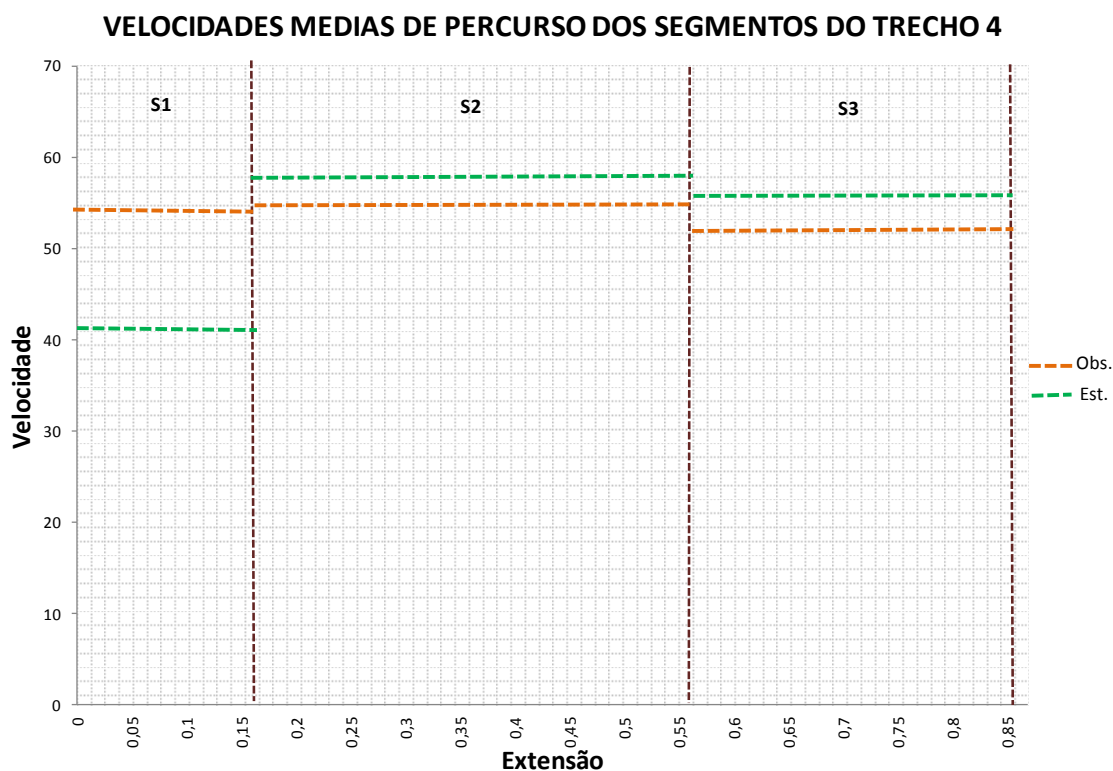


Figura 4.27 - Velocidades médias de Percurso dos segmentos do Trecho 4

4.6 – ANÁLISE DE RESULTADOS PRELIMINARES

Por meio deste estudo se pode analisar que muitas considerações adotadas pelo HCM são incompatíveis para uma avaliação operacional adequada das vias urbanas brasileiras, uma

vez que a geometria das vias arteriais brasileiras e o modo operacional de trânsito são diferentes dos Estados Unidos, país para o qual foi calibrado o manual.

A nova versão do manual HCM 2010 permite, em sua metodologia de determinação de nível de serviço em vias urbanas a inclusão de tempos de atraso por conversões a pontos de acesso e tempos perdidos na saída de veículos, além dos tempos de retardamento ocasionados por sinais de controle de tráfego (semáforos, sinais de pare e dê preferência). Esses tipos de tempos não são suficientes para estimar situações que acontecem normalmente na realidade.

Os segmentos com cruzamento de pedestres serviram para ser considerados como dois segmentos distintos, de modo que o cruzamento marca os pontos de fim e início desses segmentos. Essa divisão permite obter resultados mais próximos à realidade, se comparado aos resultados obtidos pelo método recomendado pelo manual, o que constitui uma possível causa da divergência nos resultados das comparações das velocidades estimadas e observadas em campo.

Ao comparar os resultados da VMP observada em campo e as velocidades estimadas pelo manual, se observam valores por trecho próximos. Entretanto as VMP e tempos de viagem por segmento deram resultados diferentes, devido ao fato do modelo de estimativa de velocidade média de percurso empregado pelo manual se baseia na velocidade de fluxo livre fazendo menores estimativas de tempo de percurso e maiores tempos de atraso.

O HCM emprega a velocidade de fluxo livre para estimar a VMP, devido ao fato de que esta considera todos os parâmetros geométricos das vias com que são projetadas, cujos valores são muito próximos às velocidades de regulamentação da via analisada. Por meio dessa velocidade o manual estima o tempo de deslocamento efetivo do segmento, que somado a um tempo de controle de atraso pelas interseções semaforizadas determina a VMP do segmento de forma indireta.

Conforme o parágrafo anterior, este cálculo indireto da VMP estima tempos de deslocamento efetivo alto e taxas de controle de atrasos muito pequenos, diferente do observado em campo onde os atrasos têm valores consideráveis. Por esta razão não é possível fazer uma comparação direta destes valores dada suas diferenças.

Na etapa seguinte deste trabalho utilizam-se os dados observados para verificar a adequação da metodologia do HCM 2010 para a análise de vias urbanas brasileiras mediante modelos de regressão. Após essa verificação, realizam-se as adaptações julgadas necessárias para a determinação das VMP que possam ser utilizadas com confiabilidade para as vias arteriais de Brasília.

5. – ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DA VMP

A análise estatística está fundamentada na coleta de dados dos veículos observados em cada um dos trechos escolhidos e na caracterização dos dados mediante o cálculo do tamanho da amostra e posterior análise dos resultados encontrados. A seguir apresenta-se a metodologia utilizada e a análise estatística feita com o emprego de um modelo de regressão e correlação que ajuda a interpretar o que está ocorrendo na realidade em relação à VMP comparada com os dados do manual HCM 2010.

5.1 – METODOLOGIA UTILIZADA

5.1.1 – Escolha dos trechos

A metodologia desenvolve uma técnica de estudo por segmento, utilizada para medir os eventos do tráfego e os controles de interseções semaforizadas. Estes controles influenciam na velocidade de percurso dos veículos, empregando como limites do segmento os tipos de controles de tráfego presentes nos trechos analisados. Os limites de cada via e o número de segmentos por trecho são apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Amostra das vias em estudo e número de segmentos analisados

Via	Trecho	Extensão (m)	Nº de segmentos	Sentido
W-3 Norte	Entre SCLRN 704 e V. Ac. SCN – SMHN.	1144	5	Norte – Sul
W-3 Sul	Entre EQS 508 e EQS 510	718	4	Sul – Norte
L-2 Norte	Entre SGAN 606 e IESDB (S-609)	1242	3	Sul – Norte
L-2 Sul	Entre EQS 402 e EQS 405	851	3	Norte – Sul

5.1.2 – Gravação e edição dos vídeos

O método para obtenção de dados buscou determinar o tempo de deslocamento efetivo (T_R) por segmento e para isso realizou um levantamento de tempos por meio de análise das imagens das câmeras instaladas nas vias para a contagem de tráfego, que permitiram obter o tempo dos veículos passantes nos trechos sem incluir os atrasos dos semáforos.

Inicialmente foi utilizado o *software Microsoft Expression Encoder 6*, que possui recursos de avanço frame a frame, e aplicações de análise de múltiplos vídeos que permitem registrar o avanço dos veículos e a determinação dos tempos de percurso. (Figura 5.1).

Os dados obtidos a partir da reprodução dos vídeos mostram as variações dos tempos de deslocamento efetivo dos veículos por segmento, os quais foram armazenados no *software Microsoft Office Excel 2010* e analisados estatisticamente no *software Minitab* para avaliação da representatividade da realidade.

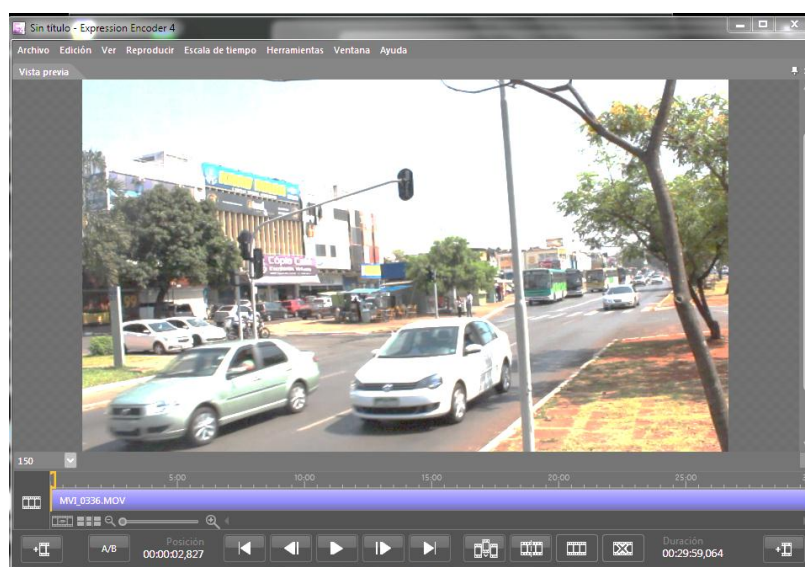


Figura 5.1 - Layout do programa Microsoft Expression Encoder 6.0.

5.1.3 – Cálculo da velocidade média de percurso

Com os dados obtidos a partir da reprodução dos vídeos, foi possível calcular a velocidade média de percurso dividindo a extensão do segmento pelo tempo de percurso, sendo o tempo de percurso a soma dos tempos de deslocamento efetivo (coletados por filmagens) e os atrasos gerados pelas interseções de controle estimadas pelo manual.

Os dados de tempos de deslocamento efetivo foram obtidos rastreando os carros que passavam ao longo do segmento da via durante os 60 minutos em que foram filmados cada um dos trechos. Dessa forma, foi registrada a travessia de 100 veículos por segmento. Não se levou em conta os tempos de atraso devido a semáforos e veículos que entravam num ponto de acesso ou que saíam do segmento. Portanto, a base de dados inclui só os veículos que atravessam todo o segmento.

5.2 – DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO

Para determinar a VMP num segmento de via urbana, mediu-se o tempo de deslocamento efetivo em cada segmento com o emprego de filmagens e foram calculados os atrasos gerados pelas interseções semaforizadas por meio da Equação 5.1 do manual HCM.

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad (5.1)$$

Onde:

d = atraso de controle nas interseções semaforizadas, (s/vei);

d_1 = atraso uniforme, (s/vei);

d_2 = atraso incremental, (s/vei); e

d_3 = atraso da fila inicial pelos veículos remanescentes do ciclo anterior que não puderam ser atendidos pelo tempo de verde, (s/vei).

Uma vez concluído o levantamento pode-se obter a velocidade de percurso dividendo a extensão dos segmentos pelo tempo de deslocamento efetivo e os atrasos das interseções semaforizadas. A velocidade de percurso é calculada por meio da Equação 5.2:

$$S = 3600 \frac{E}{T_R + d} \quad (5.2)$$

Onde:

S = velocidade de percurso, (km/h);

T_R = tempo de deslocamento efetivo, (s); e

d = atraso de controle nas interseções semaforizadas, (s/vei).

A velocidade média de percurso é calculada com a Equação 5.3:

$$VMP = \frac{(3600 NE)}{\sum T} \quad (5.3)$$

Onde:

VMP = velocidade média de percurso, (km/h);

E = extensão do segmento, (km);

$\sum T$ = soma dos tempos de percurso de todas as corridas de testes, (s); e

N = número de medidas.

Antes de determinar as velocidades de percurso utilizando as equações anteriores, foi necessário fazer uma análise de confiabilidade dos dados de tempo de deslocamento efetivo obtidos, representados na Figura 5,2. Para isso, foram eliminados os valores que se mostraram afastados da média em mais de três desvios padrões na distribuição normal dos resultados. Para obter resultados provenientes de amostras com distribuição de probabilidade normal foi utilizado o *software Minitab* realizando o teste de Anderson-Darling, apresentados no Apêndice E. Na Figura 5.3, apresentam-se os resultados dos tempos de deslocamento que ficaram dentro do nível de confiabilidade anteriormente definido os quais foram determinados de uma amostra de 100 veículos coletados em campo.

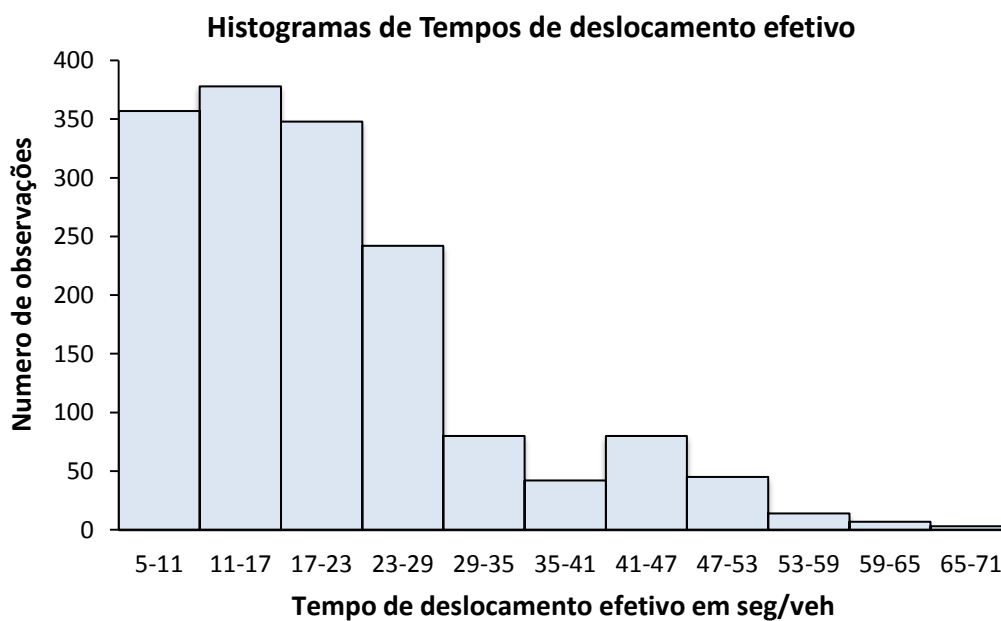


Figura 5.2- Histograma de dados de tempo de deslocamento efetivo coletados nos quatro trechos

Foi feito para cada um dos segmentos da amostra uma análise estatística das observações registradas, escolhendo-se os veículos aleatoriamente. A Tabela 5.2 mostra um exemplo dos tempos de deslocamento escolhidos, depois de serem eliminados os dados que estão afastados da média.

Para poder apreciar melhor as variações do tempo de deslocamento, os valores foram reunidos em classes, definidas por intervalos, como indicado na Tabela 5.3. Estes quadros mostram respectivamente o intervalo, o valor médio, o número de valores no intervalo, a frequência relativa, a frequência acumulada e parâmetros auxiliares $f_i x_i$ e $f_i x_i^2$.

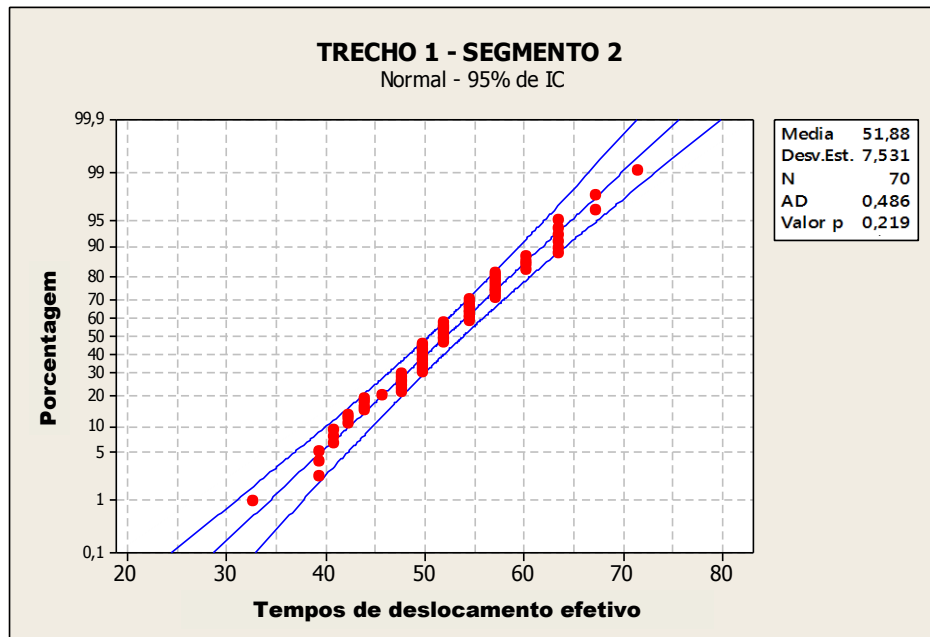


Figura 5.3 - Layout do programa Minitad, gráfico de confiabilidade de 95%.

Com os dados definidos por classes foram determinados os parâmetros estatísticos como média, desvio padrão, variância da amostra, intervalo e nível de confiança de 95% da amostra (Tabela 5.4).

Tabela 5.2 – Tempos de deslocamento efetivo registradas (s) no Trecho 1 - Segmento 2

Tempos de deslocamentos efetivos registradas no Trecho 1 - Segmento 2									
Obs.	Tr.	Obs.	Tr.	Obs.	Tr.	Obs.	Tr.	Obs.	Tr.
1	22	15	20	29	26	43	26	57	16
2	17	16	26	30	21	44	23	58	19
3	17	17	26	31	19	45	25	59	20
4	19	18	19	32	18	46	24	60	21
5	29	19	20	33	22	47	22	61	28
6	24	20	21	34	23	48	29	62	18
7	28	21	28	35	21	49	29	63	18
8	23	22	18	36	21	50	24	64	20
9	27	23	20	37	23	51	24	65	20
10	23	24	20	38	27	52	23	66	22
11	21	25	22	39	23	53	21	67	23
12	23	26	20	40	27	54	21	68	22
13	24	27	21	41	24	55	23	69	20
14	22	28	22	42	23	56	22	70	35

Tabela 5.3 – Tempos de deslocamento efetivo agrupadas em intervalos e parâmetros estatísticos Trecho 1 – Segmento 2

Classe de tempo. (s)	Valor Médio (s) X1	Número de Obs. F1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	F1*X1	F1*X1 ²
16-19	17,5	11	16	16%	16%	192,50
19-22	20,5	27	39	39%	54%	553,50
22-25	23,5	18	26	26%	80%	423,00
25-28	26,5	10	14	14%	94%	265,00
28-31	29,5	3	4	4%	99%	88,50
31-34	32,5	0	0	0%	99%	0,00
34-37	35,5	1	1	1%	100%	35,50
Total	-	70	100%	-	1558,00	35549,5
Média x =			23			

Tabela 5.4 – Resumo dos resultados Estatísticos Trecho 1 – Segmento 2

Estatística descritiva T1-S2			
Média	22,54	Intervalo	19
Erro padrão	0,411	Mínimo	16
Mediana	22	Máximo	35
Modo	23	Contagem	70
Desvio padrão	3,441	Soma	1578
Variância da amostra	11,845	N. de confiança (95,0%)	0,82

5.3 – APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS DE VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO

Os resultados representam valores somente de veículos do tipo automóveis, distribuídos em função da extensão de cada trecho. Foi observado um total de 1031 automóveis nos quatro trechos abordados, onde as distribuições de frequência simples e acumuladas das VMP observados são mostradas nas Figuras 5.4 e 5.5, respectivamente.

Os resultados apresentados na Figura 5.6 representam o intervalo de velocidades escolhidos pelos motoristas para percorrer cada um dos quatro trechos. Os trechos da avenida W-3 apresentam velocidades de percurso menores, comparadas com as velocidades da avenida L-2, consequência do maior número de sinais de controle que interrompem o fluxo de trânsito e o maior volume de veículos e pedestres concentrados pela concorrência de escritórios de trabalho e locais comerciais.

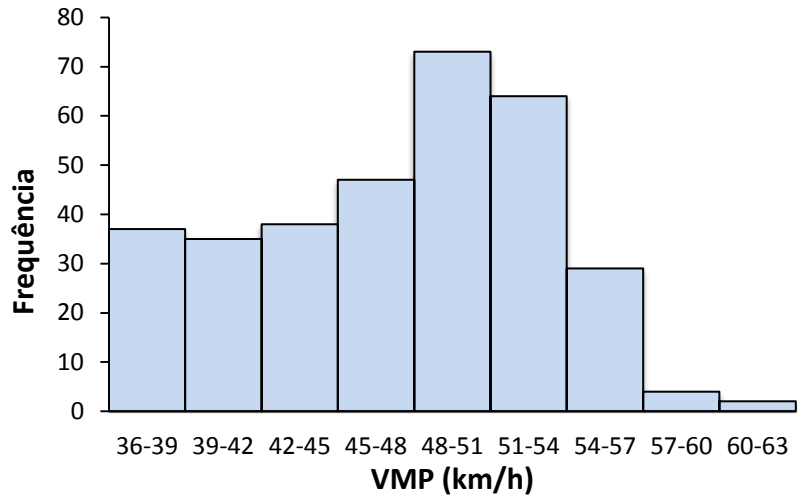


Figura 5.4 - Frequência da velocidade média de percurso em todos os Trechos

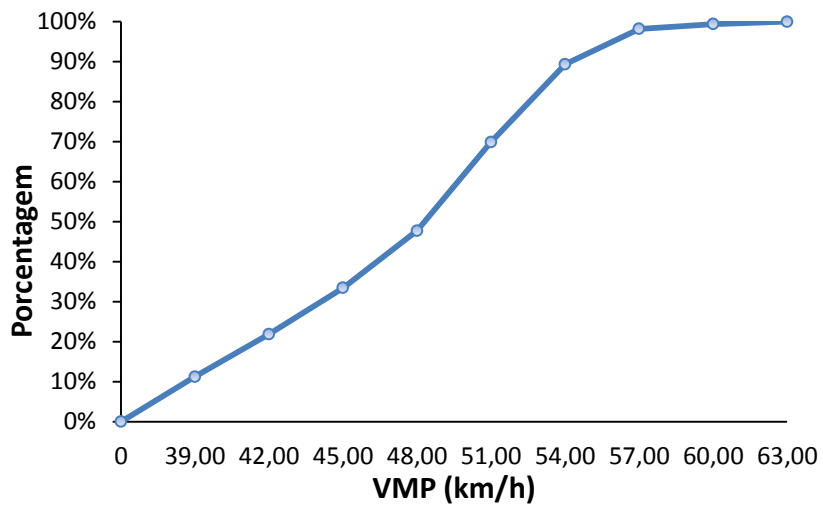


Figura 5.5 - Frequência acumulada da VMP em todos os trechos

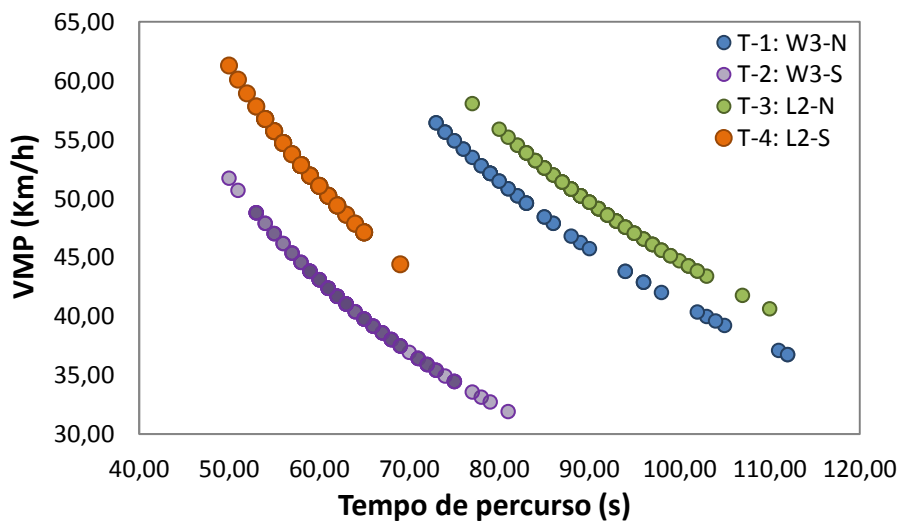


Figura 5.6 - Distribuição de VMP em todos os trechos.

A avenida L-2 apresenta velocidades maiores que a avenida W-3, essas velocidades são muito próximas às velocidades regulamentadas para este tipo de via, com poucas interrupções por sinais de controle e maior número de locais de fiscalização viária. A avenida L-2 é utilizada para intercomunicação dos setores de Asas do Plano Piloto, como via de acesso a setores residenciais com poucas interrupções que gerem atrasos.

Os principais valores obtidos de velocidade média de percurso em campo se resumem na Tabela 5.5. A estatística representa os valores médios que se produziram durante o período de estudo de uma hora. O valor da VMP coluna 3 se calcula como uma velocidade espacial, ou seja, a extensão do segmento dividido pelo tempo médio de percurso.

Tabela 5.5 – Principais resultados encontrados para a VMP dos automóveis.

Trechos	Amostra	VMP
1. W-3 Norte	282	45,90
2. W-3 Sul	239	37,82
3. L-2 Norte	279	48,04
4. L-2 Sul	231	47,55

A determinação do nível de serviço foi realizada mediante o método de estimativa do manual e o método de observação em campo levando em consideração os atrasos de interseções semaforizadas estimados pelo manual, resumidos na Tabela 5.6. Nesta tabela se apresenta a avaliação da qualidade do tráfego nos quatro trechos arteriais analisados. Pode-se observar que a determinação dos níveis de serviço em três dos quatro trechos tem avaliações iguais por cada método, mantendo resultados muito próximos por trecho e obtendo uma mesma avaliação de nível de serviço. Mas no momento de avaliar cada segmento que conforma esses trechos, essas avaliações são diferentes.

Tabela 5.6 – Avaliação do nível de serviço nos trechos analisados

Trechos	Nível de serviço (LOS)	
	Est.	Obs.
1.W-3 Norte	C	C
2.W3- Sul	C	C
3.L-2 Norte	A	B
4. L-2 Sul	B	B

O resumo das variáveis coletadas em campo para cada segmento que formam os trechos analisados, compostos pelo comprimento médio dos segmentos, o tempo de percurso e a velocidade média de percurso são apresentados na Tabela 5.7 e serve para observar a diferença dos demais indicadores que não mostram uma homogeneidade nos resultados.

As diferenças nos parâmetros utilizados para a determinação da VMP são justificadas pela adequação que precisa ser feita no manual para ser empregado nas vias brasileiras. Essas diferenças nos demais indicadores obedecem ao método estimativo que emprega o manual e está baseado na velocidade de fluxo livre para a estimativa dos tempos de deslocamento incluindo os atrasos e posterior cálculo da velocidade média de percurso.

Tabela 5.7 – Resumo das variáveis em cada segmento que formam os trechos analisados

No.	Segmento	Variáveis						
		Comp. Médio (m)	Tempo de percurso (s)		VMP (km/h)		Nível de serviço (NS)	
			Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.
Trecho 1 W-3 Norte	1	269	19,25	17,64	50,31	54,90	B	B
	2	318	21,89	24,21	52,30	47,29	B	B
	3	94	13,61	10,3	24,86	32,85	E	D
	4	217	17,51	17,3	44,61	45,16	C	C
	5	246	18,81	20,27	47,08	43,69	B	C
Trecho 1					45,22	45,90	C	C
Trecho 2 W-3 Sul	1	151	15,31	13,66	35,51	39,80	C	C
	2	123	13,94	13,49	31,76	32,82	D	D
	3	109	14,13	11,39	27,77	34,45	D	D
	4	336	22,38	29,9	54,05	40,45	B	C
Trecho 2					39,36	37,83	C	C
Trecho 3 L-2 Norte	1	273	18,74	23,63	52,44	41,59	B	C
	2	307	20,00	23,43	55,26	47,17	B	B
	3	663	36,72	46,08	65,00	51,80	A	B
Trecho 3					59,30	48,04	A	B
Trecho 4 L-2 Sul	1	165	14,54	13,46	40,85	44,13	C	C
	2	396	25,05	28,93	56,91	49,28	B	B
	3	290	20,05	22,04	52,07	47,37	B	B
Trecho 4					51,37	47,55	B	B

A diferença de VMP calculadas pelos dois métodos cresce quando os valores de extensão do segmento são menores que 100 m e maiores que 200 m. Desta forma, esses dois valores convertem-se num intervalo ideal para obter estimativas de velocidade mais precisas neste tipo de via. Segundo Prassas (1998), a velocidade média de tráfego aumenta em segmentos

mais longos onde o efeito da extensão do segmento na velocidade é independente do volume.

5.4 – ADEQUAÇÃO DA VMP POR MEIO DA ESTIMAÇÃO DO TEMPO DE DESLOCAMENTO EFETIVO

5.4.1 – Diferenças entre VMP Estimadas pelo Manual e Observadas em campo

Os valores dos tempos de percurso (tempo total de viagem, incluindo atrasos) e VMP observados em campo deram resultados tanto acima quanto abaixo dos valores obtidos pelo método de estimativa do manual. A Equação 5.4 foi utilizada para o cálculo da variação porcentual entre os valores estimados e os observados em campo (DNIT, 2006), a fim de determinar a margem de erro.

$$\Delta\% = \left[\frac{\text{Estimado}}{\text{Observado}} - 1 \right] * 100 \quad (5.4)$$

Os resultados obtidos para os quatro trechos de vias são mostrados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Resultados das VMP dos quatro trechos de vias analisadas.

No.	Seg.	Comp. Médio (m)	Tempo de percurso (s)		VMP (km/h)		Δ(%)	
			Est.	Obs.	Est.	Obs.	T. M.	VMP
Trecho 1 W-3 Norte	1	269	19,25	17,64	50,31	54,90	9,13	-8,36
	2	318	21,89	24,21	52,30	47,29	-9,58	10,60
	3	94	13,61	10,3	24,86	32,85	32,14	-24,32
	4	217	17,51	17,3	44,61	45,16	1,21	-1,20
	5	246	18,81	20,27	47,08	43,69	-7,20	7,76
Trecho 2 W-3 Sul	1	151	15,31	13,66	35,51	39,80	12,08	-10,78
	2	123	13,94	13,49	31,76	32,82	3,34	-3,23
	3	109	14,13	11,39	27,77	34,45	24,06	-19,39
	4	336	22,38	29,9	54,05	40,45	-25,15	33,60
Trecho 3 L-2 Norte	1	273	18,74	23,63	52,44	41,59	-20,69	26,09
	2	307	20	23,43	55,26	47,17	-14,64	17,15
	3	663	36,72	46,08	65,00	51,80	-20,31	25,49
Trecho 4 L-2 Sul	1	165	14,54	13,46	40,85	44,13	8,02	-7,43
	2	396	25,05	28,93	56,91	49,28	-13,41	15,49
	3	290	20,05	22,04	52,07	47,37	-9,03	9,93

Ao avaliar a variação porcentual dos valores do tempo de percurso e das velocidades médias de percurso dos trechos, encontrou-se que os resultados estão acima e abaixo dos valores estimados pelo manual. Portanto, é difícil ajustar a fórmula de VMP do manual pelo erro encontrado, pois não se tem certeza de uma tendência para superestimar ou subestimar o valor real.

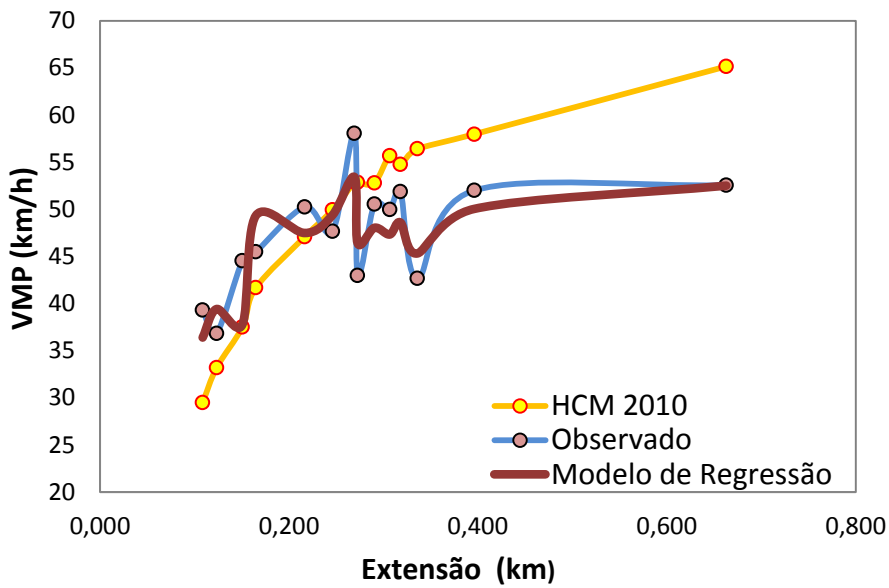
Recomenda-se realizar uma adaptação da metodologia do HCM 2010 para as vias urbanas brasileiras, utilizando os dados observados em campo nos simuladores (*TRANSYT-7F* e *CORSIM*) usados no desenvolvimento do referido manual, obtendo desta forma índices que refletem a realidade do Brasil.

5.4.2 – Modelo de regressão empregado para estimação de tempos de deslocamento efetivo

A análise concentra-se inicialmente num modelo de regressão que inclua o efeito de todas as variáveis coletadas em campo como: os dados de tráfego (volume de entrada, volume que continua no segmento), a extensão do segmento, o número de acessos, a velocidade de fluxo livre, a porcentagem de conversões veiculares, a geometria da via, os tempos de deslocamento efetivo (T_R) e os atrasos (estimados pelo manual) para estimar a velocidade média de percurso.

A análise indicou que a utilização de todas as variáveis não gera um efeito significativo para a estimação da VMP. Deste modo se determinou escolher as variáveis mais importantes que representem a VMP; algumas das variáveis testadas são apresentadas na Tabela 5.9, estimadas para cada uma das interseções dos trechos analisados num sentido da marcha de cada segmento durante o estudo de campo.

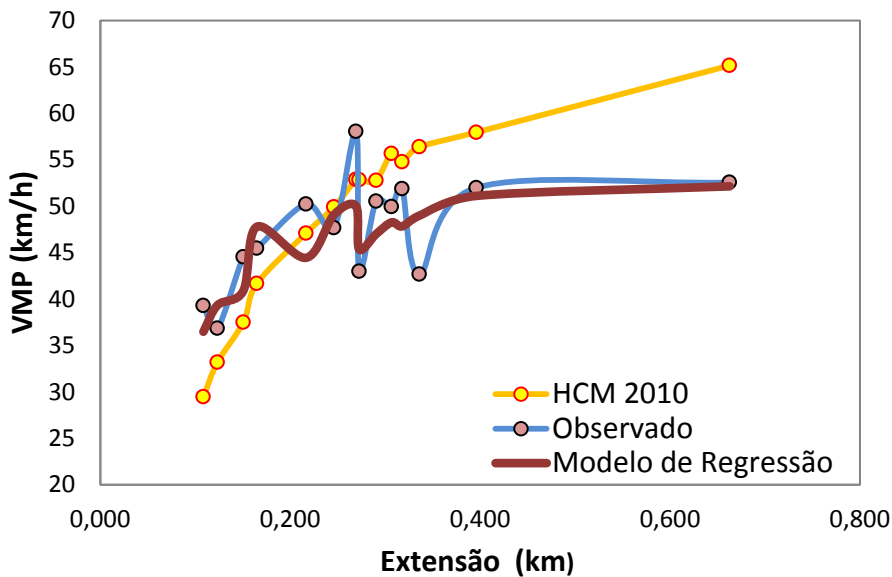
Empregaram-se modelos de regressão para estabelecer se existe uma relação significativa entre as variáveis coletadas em campo, tentando fazer uma previsão da estimação da velocidade média de percurso o mais próxima ao observada na realidade. As Figuras 5.7 (a) a 5.7 (c) apresentam o tipo de variáveis testadas e o número de dados empregados para cada modelo de regressão, comprovando que quanto maior o número de variáveis menos o modelo se ajusta ao comportamento observado na realidade, devido à porcentagem de erro e à pouca influência das variáveis.



(a)

R^2 : 0,91
 Erro típico: 2,87
 Obs.: 1031

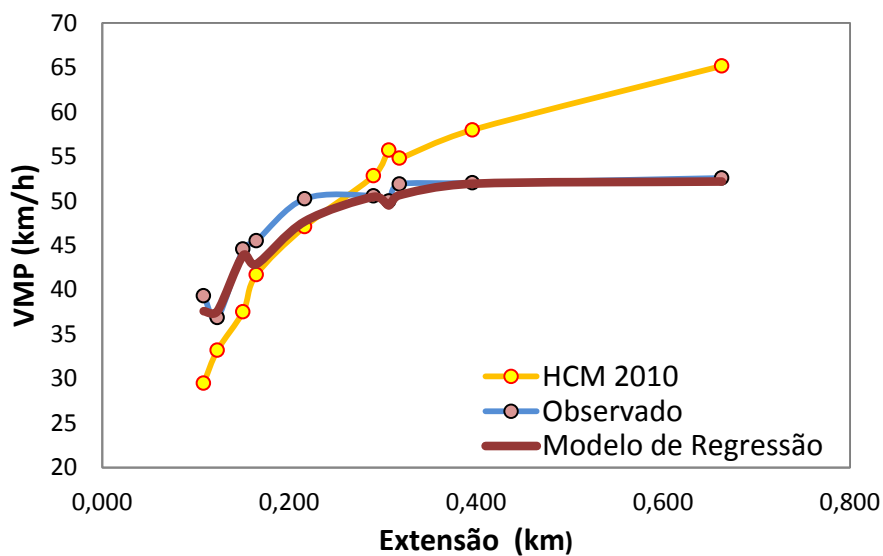
Coefficientes
 Interseção: -8,90
 Ext: 54,35
 VM.E: 0,0035
 VM.C: -0,0045
 P.A: -1,222
 VFLB: 0,295



(b)

R^2 : 0,90
 Erro típico: 2,96
 Obs.: 1031

Coefficientes
 Interseção: 10,0
 Ext: 62,34
 VM.E: 0,0023
 VM.C: -0,0032
 VFLB: -0,0911



(c)

R^2 : 0,93
 Erro típico: 2,69
 Obs.: 764

Coefficientes
 Interseção: 12,9
 Ext: 66,84
 VFLB: -0,1699
 Atraso: -1,0344

Figura 5.7- Modelos de regressão empregados: (a) 5 variaves, (b) 4 variaves, (c) 3 variaves

Tabela 5.9 – Principais resultados encontrados para a VMP dos automóveis.

No	Seg.	Ext. (m)	Volume de entrada (vei/h)	Volume que continua (vei/h)	Pontos de acesso	Num. de faixas	VFL (km/h)	VMP (km/h)	T_R (s)	Atraso d_t (s)
Trecho 1 W-3 Norte	1	269	1604	1735	3	2	61,5	54,90	17	0,64
	2	318	1735	1320	3	2	62,9	47,29	23	1,21
	3	94	1496	1496	0	2	51,5	32,85	9	1,30
	4	217	1596	1340	3	2	59,4	45,16	16	1,30
	5	246	1464	1616	2	2	60,8	43,69	19	1,27
Trecho 2 W-3 Sul	1	151	1192	1220	0	2	55,2	39,80	12	1,66
	2	123	1952	1952	0	2	51,7	32,82	13	0,49
	3	109	1584	1584	0	2	51,5	34,45	10	1,39
	4	336	1620	1332	1	2	63,5	40,45	29	0,90
Trecho 3 L-2 Norte	1	273	1208	808	3	3	61,7	41,59	23	0,63
	2	307	808	760	2	3	62,8	47,17	23	0,43
	3	663	760	392	2	3	67,1	51,80	46	0,08
Trecho 4 L-2 Sul	1	165	1302	1800	1	3	56,4	44,13	13	0,46
	2	396	1800	1600	2	3	64,6	49,28	28	0,93
	3	290	1600	1232	3	3	62,2	47,37	21	1,04

Considera-se que a VMP está em função de quatro fatores importantes que incidem em sua determinação: a extensão do segmento, a velocidade de fluxo livre, o tempo de deslocamento efetivo e os atrasos. Porém, raciocina-se que o tempo de percurso representa de alguma forma a soma das três componentes que determinam a VMP, devido ao fato de que a extensão do segmento se relaciona com a velocidade escolhida pelo motorista para realizar sua viagem (quanto maior a extensão maior é a velocidade). O segundo componente, a VFL, representa a circulação livre dos veículos, que é influenciada pelo limite de velocidade, pela densidade dos pontos de acesso, pelo tipo de seção transversal e pela extensão do segmento para determinar os tempos de descolamento efetivo. A terceira componente, os atrasos, que representam o retardamento causado por veículos que viram em interseções semaforizadas. Todas estas componentes tratam de explicar os outros fatores que poderiam fazer com que um motorista incorresse em demoras ao longo de uma viagem.

Conforme dito, no modelo proposto de estimativa de VMP no Plano Piloto de Brasília, escolheu-se o tempo de deslocamento efetivo como a variável dependente para a calibração do modelo que, somado com os atrasos estimados pelo manual, determina o tempo de

percurso. Com este valor calcula-se a velocidade média de percurso. A análise se concentrou inicialmente no fato de incluir o efeito da velocidade de fluxo livre, e a extensão do segmento, para estimar o tempo de deslocamento efetivo.

Foi utilizado o procedimento de regressão multivariada para estimar o coeficiente de regressão que melhor se ajuste. Este procedimento utiliza um método de procura iterativa para ajustar coeficientes do modelo. A estatística relacionada com o modelo proposto se apresenta na Tabela 5.10, onde se mostram as variáveis transformadas e o modelo de regressão para estimar o tempo de deslocamento efetivo. Os valores dos coeficientes calibrados e a equação apresentada no final da tabela podem ser utilizados para estimar a velocidade média de percurso e determinar os níveis de serviço em vias urbanas de Brasília do tipo arterial a partir da determinação dos tempos de deslocamento efetivo e os atrasos estimados pelo manual. O R^2 para o modelo é de 0,94, o que indica que 94% da variabilidade dos dados são explicadas pelo modelo e os 6% faltantes são considerados como a margem do erro dele. O erro padrão estimado do modelo é de 2,7 segundos.

Tabela 5.10 – Modelo Estatístico do Tempo de deslocamento efetivo

Estatística de regressão		Valores		
	R^2 :	0,939388842		
	Observações n_o :	764 (1031 veículos)		
	Erro padrão e_p :	± 2,70 segundos		
Intervalo do Modelo de Variáveis				
Variável	Nome da Variável	Unidade	Mínimo	Máximo
T_R	Tempo de deslocamento efetivo	Seg.	6	53
E_S	Extensão do segmento	km	0,094	0,663
$VFLB$	Velocidade de fluxo livre-base	km/h	55,5	67,1
Calibração dos Coeficientes				
Variável	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	Valor-P
Interseção	14,1725862	2,0961973	6,76109351	2,727E-11
Variável E_S	69,3427257	1,3079079	53,0180475	1,00E-257
Variável $VFLB$	-0,2153163	0,0406298	-5,29945572	1,522E-07
Modelo para Estimativa do Tempo de deslocamento efetivo (T_R)				

$$T_R = 14,173 + 69,343 * (E_S) - 0,215 * (VFLB)$$

Os coeficientes de regressão para o modelo calibrado se enumeram nas últimas filas da Tabela 5.10. Os coeficientes de *Interseção*, E_s , e *VFLB* indicam o tempo de deslocamento efetivo para cada um dos quatro trechos.

Uma forma de avaliar o ajuste do modelo é por meio de uma comparação gráfica dos valores observados com os valores estimados de tempos de deslocamento efetivo. Esta comparação se apresenta na Figura 5.8. A linha de tendência no gráfico representa a linha de melhor ajuste, pois quando os dados se encontram nesta linha é sinal de que as estimativas do modelo equivalem exatamente aos dados observados. O agrupamento dos dados em torno desta linha indica que o modelo é capaz de prever a velocidade em movimento efetiva (*running speed*) com precisão.

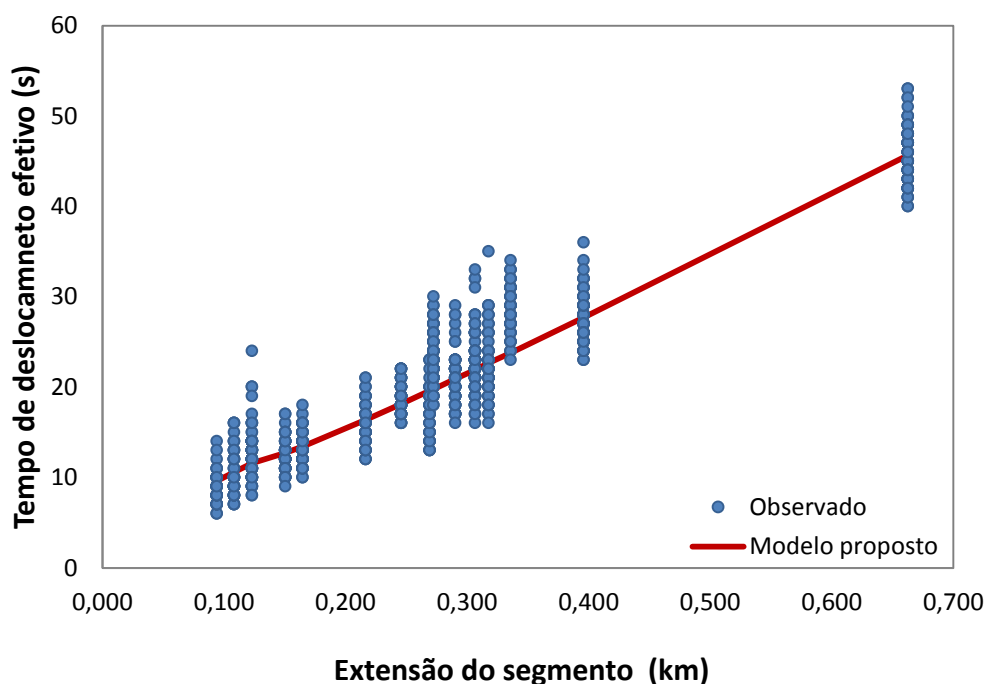
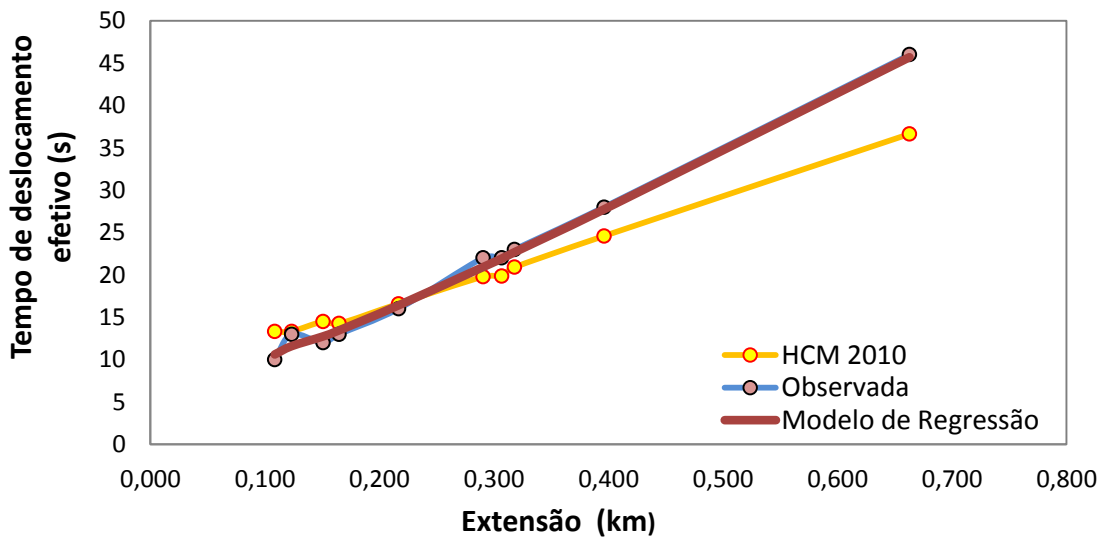


Figura 5.8 - Valores observados por Valores ajustados a partir de modelo de regressão.

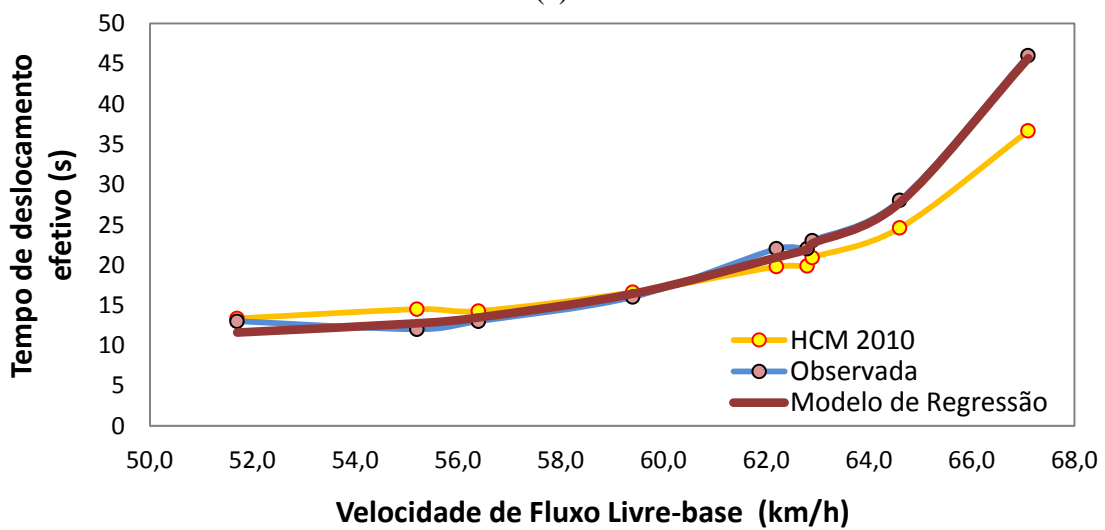
Uma série de análises de regressão demonstrou que a velocidade de fluxo livre-base e a extensão do segmento são as variáveis que tiveram efeitos estatisticamente significativos na determinação do tempo de deslocamento efetivo. Uma correlação com os atrasos estimados pelo manual foi feito em uma avaliação gráfica dos dados e o coeficiente de regressão correspondente não foi estatisticamente significativo. Pensou-se que a base de dados dos quatro trechos era pequena para uma estimativa adequada dos efeitos dos atrasos na estimativa de tempos de percurso, para serem incluídos no modelo proposto. Assim,

foram levados em conta os atrasos estimados pelo manual, utilizando as atuais equações para sua determinação e posterior cálculo dos tempos de percurso.

Os efeitos da densidade dos pontos de acesso, o fluxo de tráfego e o número de faixas não foram estatisticamente significativos. Por essas razões não foram incluídos no modelo. O modelo serve para relacionar a VMP dos motoristas com os tempos de percurso que estes gastam para fazer suas viagens, permitindo determinar o tempo de deslocamento efetivo em função da velocidade de fluxo livre-base e a extensão do segmento, tendo em conta os atrasos estimados pelo manual. As relações destas duas variáveis que permitem ajustar o modelo são apresentadas nas figuras 5.9 (a) e 5.9 (b).



(a)



(b)

Figura 5.9 - Relação do modelo de estimativa do manual HCM com dados observados em campo e com o modelo proposto de estimativa de tempo de deslocamento efetivo: (a), Tempo de deslocamento efetivo x Extensão, (b) Tempo de deslocamento x VFLB.

Os ajustes do modelo calibrado para VMP observadas nos quatro segmentos se apresentam na Figura 5.10. Encontraram-se tendências similares para os quatros locais, cada ponto de dados representa a VMP estimada pelo modelo proposto para estimativa do tempo de deslocamento efetivo. Todos os quatro trechos apresentados indicam um aumento da velocidade com um aumento da extensão do segmento. As avaliações do nível de serviço de cada segmento que formam os quatro trechos se apresentam na Tabela 5.11, por meio dos três métodos de avaliação, o estimado pelo Manual, o observado em campo e o gerado pelo modelo proposto, sendo o último o que permite ter avaliações mais próximas a realidade de Brasília, tornando-se uma fonte importante de avaliação deste tipo de vias na cidade e uma fonte de referência para adequação do manual HCM 2010 para Brasil.

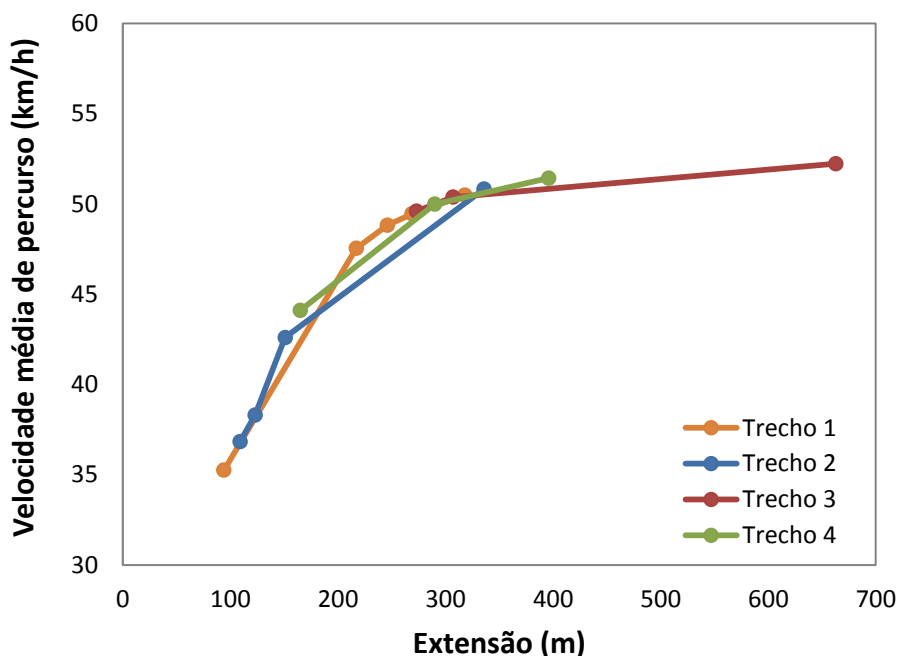


Figura 5.10 – Velocidade de percurso obtida pelo Modelo Proposto

É importante esclarecer que o modelo proposto não leva em conta os atrasos gerados nas viagens de forma direta, sendo utilizado apenas sua forma indireta por meio dos valores estimados pelo manual para a determinação do tempo de percurso. As análises dos parâmetros de atrasos geram maiores números de variáveis que dificultam a correlação do modelo, além da necessidade de estudos específicos sobre atrasos não feitos nesta pesquisa. O modelo proposto tenta fazer uma adequação do manual no nível de análise de velocidades e tempos de percurso por segmento, que gera resultados muito próximos à realidade brasileira.

Tabela 5.11 – Relação de resultados dos metodos Estimado, Observado e o Modelo Proposto

No	Seg.	Ext. (m)	VFLB (km/h)	Tempo de percurso (s)			VMP (km/h)			Nível de serviço (NS)		
				Est.	Obs.	M.P.	Est.	Obs.	M.P.	Est.	Obs.	M.P.
Trecho 1 W-3 Norte	1	269	61,5	19,25	17,64	20,24	50,31	54,90	47,85	B	B	B
	2	318	62,9	21,89	24,21	23,91	52,30	47,29	47,88	B	B	B
	3	94	51,5	13,61	10,3	10,92	24,86	32,85	30,99	E	D	D
	4	217	59,4	17,51	17,3	17,75	44,61	45,16	44,01	C	C	C
	5	246	60,8	18,81	20,27	19,43	47,08	43,69	45,58	B	C	C
Trecho 2 W-3 Sul	1	151	55,2	15,31	13,66	14,44	35,51	39,80	37,65	C	C	C
	2	123	51,7	13,94	13,49	12,08	31,76	32,82	36,66	D	D	C
	3	109	51,5	14,13	11,39	12,05	27,77	34,45	32,56	D	D	D
	4	336	63,5	22,38	29,9	24,72	54,05	40,45	48,93	B	C	B
Trecho 3 L-2 Norte	1	273	61,7	18,74	23,63	20,47	52,44	41,59	48,01	B	C	B
	2	307	62,8	20	23,43	22,39	55,26	47,17	49,36	B	B	B
	3	663	67,1	36,72	46,08	45,8	65,00	51,80	52,11	A	B	B
Trecho 4 L-2 Sul	1	165	56,4	14,54	13,46	13,95	40,85	44,13	42,58	C	C	C
	2	396	64,6	25,05	28,93	28,67	56,91	49,28	49,72	B	B	B
	3	290	62,2	20,05	22,04	21,95	52,07	47,37	47,56	B	B	B

6. – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo permitiu adequar o procedimento para a determinação da velocidade de percurso dos veículos em vias urbanas do manual HCM 2010, para análise da capacidade e nível de serviço nas vias arteriais L-2 e W-3 da cidade de Brasília - DF. Assim, a partir de análises de informações primárias coletadas sobre as vias arteriais, se conseguiu propor um modelo que adequa a metodologia do manual para que possa ser utilizado com confiabilidade nas vias urbanas de Brasília.

Foi possível caracterizar as vias arteriais L-2 e W-3 de Brasília, que serviram como base para o desenvolvimento de um novo procedimento para a estimativa da VMP através do estudo das variáveis: tempo de deslocamento efetivo, atraso e velocidade fluxo livre-base.

O trabalho de campo permitiu verificar que o modelo estimado da Velocidade média de Percurso utilizado pelo manual, com relação aos dados coletados em campo, devia ser ajustado para ser utilizado nas vias arteriais Brasileiras, devido ao fato que se encontrou uma diferença considerável nos resultados dos segmentos analisados.

Desta forma, a partir dos resultados obtidos em campo, se propõe adequar o procedimento para a determinação da velocidade de percurso mediante uma análise matemática de regressões multivariáveis que permite estimar valores ajustados mais próximos à realidade destas vias arteriais. Porém é necessário para projetos futuros conferir a adequabilidade do modelo proposto mediante o uso de modelos de simulação e desta forma ter uma melhor calibração.

6.1 – CONCLUSÕES GERAIS

A metodologia HCM para análise de vias urbanas possui uma estrutura base que tem melhorado com cada uma das atualizações do manual. Todas essas atualizações permitem que o manual seja ajustado para representar as características viárias, o mais próximas à realidade que acontece nas vias, permitindo melhorar a precisão do modelo para a determinação dos níveis de serviço e a estimativa da velocidade média de percurso.

Por meio deste estudo se pode analisar que muitas considerações adotadas pelo HCM são incompatíveis para uma avaliação operacional adequada das vias urbanas brasileiras.

- A utilização dos pontos de cruzamento de pedestres para fazer a divisão dos segmentos permite obter índices de N.S mais próximos aos observados em campo.
- Ao comparar os resultados de VMP observados em campo e as velocidades estimadas pelo manual, nota-se valores por trecho muito próximos, sendo alguns maiores e outros menores dos valores reais. Isso se deve ao fato de que o modelo de estimativa de velocidade média de percurso empregado pelo manual se baseia na velocidade de fluxo livre, resultando em maiores estimativas de tempo de deslocamento efetivo e menores tempos de atraso.
- Conclui-se que muitas considerações adotadas pelo HCM são incompatíveis com uma avaliação operacional adequada das vias urbanas brasileiras, considerando que a geometria e o modo operacional do trânsito em Brasília, são diferentes dos Estados Unidos (país para o qual foi criado o manual). Como é de uso comum nesta cidade a utilização de fiscalização de velocidade (radares) que limita a velocidade dos motoristas, não é possível gerar velocidades muito altas como o especificado no manual, à razão de 40 km/h e 90 km/h.
- A variável que mais afeta a determinação da VMP é a extensão do segmento, pois se comprovou que variações menores que 100 m e superiores a 200 m fazem com que as diferenças de velocidades pelos dois métodos, estimado e observado, sejam maiores, recomendando fazer escolhas de segmentos neste intervalo de comprimento.
- Analisando os resultados em campo, encontrou-se que a extensão do segmento e a velocidade de fluxo livre são os fatores que mais influenciam no modelo proposto. A velocidade de fluxo livre é uma das variáveis importantes de entrada na metodologia HCM para vias urbanas.

- Os tempos de deslocamento efetivo estimados pelo manual HCM são mais baixos com relação aos observados em campo e aos estimados pelo modelo proposto, especialmente para extensões de segmentos mais longos. Encontrou-se, nos gráficos de tempo de deslocamento efetivo por segmento, que ao aumentarem a extensão do segmento os valores de T_R são maiores que os dados pelo manual.
- O tempo de percurso é sensível à taxa de velocidade de fluxo livre apresentada no segmento, sendo que o modelo proposto calibra o modelo de estimativa de tempo de deslocamento efetivo do manual HCM.
- Os procedimentos do modelo proposto são destinados a melhorar a precisão na estimativa de níveis de serviço operacional das vias de Brasília em função da calibração de tempos de percurso obtidos para estas vias.

A metodologia para a determinação do nível de serviço de uma via urbana do manual HCM 2010 deve ser entendida como uma metodologia que estima os efeitos de tráfego das vias e, com base nestas simulações, calcula indicadores de desempenho das vias. Por esta razão essa metodologia não deve ser utilizada como uma regra para a avaliação das vias, mas deve ser empregada como uma guia de cálculo que deve ser ajustada e modificada para cada tipo de condições.

6.2 – RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

O manual determina a VMP em função da velocidade de fluxo livre, parâmetro que foi difícil ser medido em campo por sua complexidade de coleta, dificultando fazer comparações diretas das velocidades pelos dois métodos. Portanto, recomenda-se que ao calibrar o manual sejam utilizados modelos de simulação de tráfego que representem a velocidade dos motoristas, para determinar os parâmetros que aproximem aos reais que influenciam a velocidade e assim poder compará-los com os estimados pelo manual.

Recomenda-se, para estudos futuros, avaliar a precisão do modelo proposto mediante medidas de desempenho obtidas a partir de modelos de simulação de tráfego, incorporando ao modelo proposto, estudos de atrasos que representem as demoras por cruzamentos de pedestres, manobras de estacionamento, e interseções semaforizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONNESON J.A., PRATT M.P. e VANDEHEY M.A., (2008). *Predicting the Performance of Automobile Traffic on Urban Streets*. Final Reporte. NCHRP Project 3-79. Transportation Research Board, National research Council, Washington, D.C.

BOX P.C. e OPPENLANDER J.C. (1976). *Manual of Traffic Engineering Studies*, Institute of Transportation Engineers.

CAL R., SPINDOLA M.R. e GRISALES J.C. (2011). *Ingeniería de Tránsito*. Alfa omega Grupo Editor, S.A. de C.V. Pitagoras No. 1139 Col. Del Valle, Benito Juárez, C.P. 03311, México, D.F.

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego (1982). *Pesquisas e levantamentos de tráfego*. Boletim Técnico n.º 31. São Paulo.

CTB – Código de Tránsito Brasileiro. (2008). Instituído pela Lei Nº 9.503, de 23-9-97 - 3ª edição, DENATRAN, 232 p, Brasília.

DEMARCHI, S. H., LOUREIRO, C. F. G. e SETTI, J. R. A. (2004) *Desenvolvimento de Planilha Eletrônica para Classificação de Vias Urbanas Brasileiras segundo o Método do HCM 2000*. Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Florianópolis, SC.

DNIT (2010). *Manual de projeto geométrico de travessias Urbanas*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR-740, 392 p, Rio de Janeiro.

DNIT (2006). *Manual de estudos de tráfego*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR-723, 384p, Rio de Janeiro.

DUEÑAS-RUIZ, D. E. e DÍAZ-MARQUEZ, S. E. (1998) *Propuesta metodológica para el cálculo de La capacidad e niveles de servicio em carreteras colombianas de dos carriles*. In: X Congresso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte. Actas del X Congresso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte. Santander, Espanha, p. 597-604.

EGAMI, C. Y. (2006) *Adaptação do HCM-2000 para determinação do nível de serviço em rodovias de pista simples sem faixas adicionais no Brasil*, 240 páginas. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

ESCOBAR F. A. C. (1996). *Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*. ISBN, Vol. 2, pág.: 1 - 50, Ed. Universidad del Cauca

FAMBRO, D. B. e ROUPHAIL, N. M. (1996). *Generalized delay model for signalized intersections and arterial streets*. In Transportation Research Record 1572, TRB, Nacional Research Council, Washington, D.C., pp.112-121.

GARBER N. J. e HOEL L. A. (2001). *Trafico and Highway Engineering – 3rd edition*. PART II: TRAFFIC OPERATIONS, Traffic Engineering Studies, p. 117.

GALARRAGA J., HERZ M., ALBRIEU L. e DEPIANTE V. (2001). *El Manual de Capacidad 2000 y la estimación de capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas para condiciones argentinas*. XIII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, C1-180, Buenos Aires.

GASPARINI, R., (2002). *Análise da Adequabilidade do HCM para o Estudo de Vias Urbanas*. Dissertação de Mestrado, Publicação TU.DM-05 A/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 94 p.

KITTELSON, W. K. (2000). *Historical Overview of the Committee on Highway Capacity and Quality of Service*. Transportation Research Board - TRB, National Research Council - transportation Research Circular EC018: 4th International Symposium on Highway Capacity, Maui, Hawaii June 27 – July 1.

LOUREIRO, C. F. G. e PAULA, F. S. M.(2004). *Discussão conceitual sobre a metodologia do hcm2000 para Análise de vias urbanas considerando o cenário nacional*. Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza – AMC.

LOUREIRO, C. F. G., PAULA, F. S. M., SOUZA, D. D. DE M. R. e MAIA, F. V. B. (2004) *Avaliação da Qualidade do Tráfego nas Vias Arteriais de Fortaleza utilizando o Highway Capacity Manual 2000*. Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Florianópolis SC, Comunicações Técnicas.

MTC (1996). *Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de Dos Carriles*. 2a. ed. Ministerio de Transporte de Colombia, Popayán.

OZKUL S., WASHBURN S. e MCLEOD D. S. (2012). *A Revised Version of the HCM 2010 Urban Streets Automobile LOS Methodology*. Submitted for Publication in the Journal of the Transportation Research Record Transportation Research Board. JRR, vol. 2395, Washington, D.C, p. 66–72.

PAULA, F. S. M. (2006). *Proposta de Adaptação da Metodologia do Highway Capacity Manual 2000 para Análise de Vias Arteriais Urbanas em Fortaleza*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 158 fl.

PDOT (2009). *Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal*. Normas viárias do Distrito Federal, Decreto nº. 26.048, de 20.07.2005.

PDTU (2010). *Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade do Distrito Federal e Entorno*. Relatório de Andamento Nº 7 Revisão das Alternativas Propostas. Secretaria de Transportes.

PRASSAS, E. S. (1999). *Improving the Running Time in Highway Capacity Manual Table 11-4; Related Observations on Average Travel Speed*. Transportation Research Record 1678, TRB, National Research Council, Washington, D.C, p. 9–17.

PRASSAS, E.S. (1998). *Investigation of an Improved Running Time Table and Related Observations on Average Travel Speed*. Final Report. Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida.

PUPPI, I.C. (1988). *Estruturação Sanitária das Cidades*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná/São Paulo, CETESB.

TARKO A.P. (2000). *Analyzing Arterial Streets in Near-Capacity or Overflow Conditions*. *Transportation Research Record 1710*. Transportation Research Board, Washington, DC,

TRB (2000). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C.

TRB (2005). *Transportation Research Circular E-C081*, Transportation Research Board. National Academies, Washington, D.C.

TRB (2008a). Transportation Research Board. *NCHRP Report 616: Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets*. National research Council, Washington, D.C.

TRB (2008b). Transportation Research Board. *NCHRP Project 3-79: Predicting the Performance of Automobile Traffic on Urban Streets*. National research Council, Washington, D.C.

TRB (2010a). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C.

TRB (2010b). DOWLINH R, FLANNERY A, RYUS P, PETRISCH T, LAUDIS B, ROUPHAIL N. Transportation Research Board. *NCHRP Project 3-70: Field Test Results of the Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets*. National Research Council, Washington, D.C.

WASHBURN S. S. e COURAGE K. G. (2003), *Facility Performance Model Enhancements for Multimodal Systems Planning Part I*. Transportation Research Center, Department of Civil and Coastal Engineering, University of Florida, Florida.

**ANEXO A – QUESTIONÁRIOS DE COLETA DE INFORMAÇÃO DE
CAMPO**

Tabela A.1 - Questionário de Contagem Volumétrica Classificatória



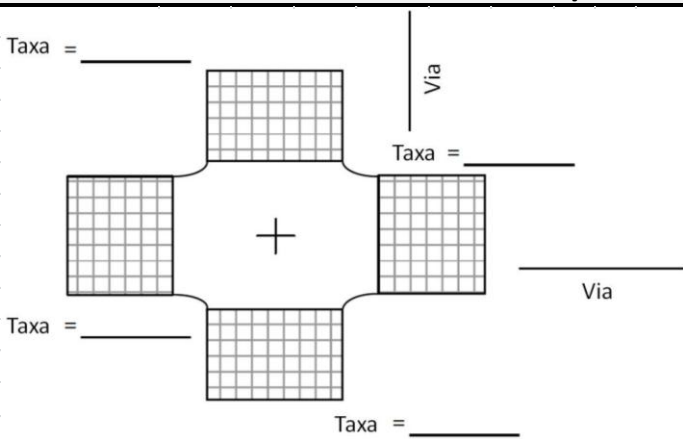
		CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA						VERSÃO No:
								Folha:
Local:		Croquis:						
Data:								
Pesquisador:								
Sentido:								
Tempo:								
MOVIMENTO	Período	Carros de passeio e utilitários	Ônibus	Micro-ônibus	Caminhões			
					2C	3C	>=4C	
TOTAL								

Tabela A.3 - Questionário de Controle de Retardamento em Interseções

Informações Gerais		Informações do Local							
				Analista	Interseção				
Empresa	Jurisdição								
Data	Ano do análise								
Período de análise	Direção do viagem								
Parâmetros de Entrada									
Numero de faixas, N		Total de veículos que chegam, V_{tot}							
Velocidade de aproximação, V_a (km/h)		Contagem de veiculos parados, V_{stop}							
Intervalo de contagem, I (s)		Duração do ciclo, C (s)							
Dados de Campo									
HORA	Número de Ciclo	Número de veículos na fila							
		Intervalo de contagem							
		1	2	3	4	5	6	7	8
TOTAL									
Cálculos									
Total de veículos em fila, $\sum V_i =$		veí	Número de ciclos pesquisados, $N_c =$						
Tempo em fila por veículo $d_{vq} = \left(I \frac{\sum V_i}{V_{tot}} \right) 0.9$		s/veí	Fração de veículos de parada, $FVS = \frac{V_{stop}}{V_{tot}}$						
Nº de veículos parados / pista / ciclo $= \frac{V_{stop}}{(N_c * N)}$		veí/faixa	Correção de atraso de aceleração – desaceleração, $d_{ad} = FVS * CF$						
Fator de correção Aceleração – desaceleração, CF		s/veí	Controle de atraso, $d = d_{vq} + d_{ad}$						

Tabela A.4 – Questionário para Estudo de taxa de Saturação

		Estudo de taxa de fluxo de saturação		Versão No: _____ Folha: _____	
Informações Gerais			Informações do Local		
Analista: _____ Empresa: _____ Data: _____ Período de análise: _____			Interseção: _____ Jurisdição: _____ Ano do análise: _____		
Movimentos na Interseção					
				Movimentos admitidos De frente <input type="checkbox"/> vire à direita <input type="checkbox"/> virar à esquerda <input type="checkbox"/> Identificar todos os movimentos das faixas	
Taxa = _____	Taxa = _____	Taxa = _____	Taxa = _____		
Glossário e Notas					
VP =	Veículos pesados (veículos com mais de 4 pneus no pavimento)				
Giro =	Giro de veículos (E=Esquerda, D=Direita)				
Pedestres e ônibus que interrompem os veiculos devem ser preenchidos com o tempo					
P12 =	Pedestre interrompe o tráfego por 12s				
O15 =	Ônibus interrompe por 15s				

ANEXO B – CONTAGEM VEICULAR DOS QUATRO TRECHOS

Tabela B.1. Contagem veicular – Trecho 1, Interseção 1 Avenida W3 Norte com Sclrn 704,
Movimentos: M 1, M 7, M 9(3)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA - TRECHO 1										
INTERSEÇÃO 1 - AVENIDA W3 NORTE COM SCLRN 704 - MOV. 1										
Data (D-M-A):		24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Sclrn 704					
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 1					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00									0
	10:15	310	30	4	2				2	346
	10:30	286	23	5	1				1	315
	10:45	324	25	5	2				2	356
	11:00	326	39	5	3				3	373
TOTAL 1 HORA		1246	117	19	8	0	0	0	8	1390
COMP VEH %		89,6%	8,4%	1,4%					0,6%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		373								
INTERSEÇÃO 1 - AVENIDA W3 NORTE COM SCLRN 704 - MOV. 7										
Data (D-M-A):		24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Sclrn 704					
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 7					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00									0
	10:15	75			3				3	78
	10:30	81			1				1	82
	10:45	79			1			1	2	81
	11:00	81			1			1	2	83
TOTAL 1 HORA		316	0	0	6	0	0	2	8	324
COMP VEH %		97,5%	0,0%	0,0%					2,5%	
COMP VEH %					75,0%	0,0%	0,0%	25,0%		
V15max		83								
INTERSEÇÃO 1 - AVENIDA W3 NORTE COM SCLRN 704 - MOV. 9(3)										
Data (D-M-A):		24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Sclrn 704					
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 9(3)					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00									0
	10:15	26			2				2	28
	10:30	23			2				2	25
	10:45	24			1				1	25
	11:00	19							0	19
TOTAL 1 HORA		92	0	0	5	0	0	0	5	97
COMP VEH %		94,8%	0,0%	0,0%					5,2%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		28								

Tabela B.2. Contagem veicular – Trecho 1, Interseção 2 Avenida W3 Norte com Sclrn 703,
Movimentos: M 1,M 4, M 9(1)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA - TRECHO 1											
INTERSEÇÃO 2 - AVENIDA W3 NORTE COM SCLRN 703 - MOV. 1											
Data (D-M-A):			24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Sclrn 703					
Sentido do trânsito:			N-S			Movimento M 1					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4			
	10:00									0	0
	10:15	260	25	4	5					5	294
	10:30	295	28	5	2					2	330
	10:45	290	29	3	2					2	324
	11:00	286	27	8	4					4	325
TOTAL 1 HORAS		1131	109	20	13	0	0	0		13	1273
COMP VEH %		88,8%	8,6%	1,6%						1,0%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
V15max		330									
INTERSEÇÃO 2 - AVENIDA W3 NORTE COM SCLRN 703 - MOV. 4											
Data (D-M-A):			24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Sclrn 703					
Sentido do trânsito:			N-S			Movimento M 4					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4			
	10:00									0	0
	10:15	41				1				1	42
	10:30	22			1	2				3	25
	10:45	26								0	26
	11:00	42			1					1	43
TOTAL 1 HORAS		131	0	0	2	3	0	0		5	136
COMP VEH %		96,3%	0,0%	0,0%						3,7%	
COMP VEH %					40,0%	60,0%	0,0%	0,0%			
V15max		43									
INTERSEÇÃO 2 - AVENIDA W3 NORTE COM SCLRN 703 - MOV. 9(1)											
Data (D-M-A):			24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Sclrn 703					
Sentido do trânsito:			N-S			Movimento M 9(1)					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4			
	10:00									0	0
	10:15	37								0	37
	10:30	36			1					1	37
	10:45	40			1					1	41
	11:00	32								0	32
TOTAL 1 HORAS		145	0	0	2	0	0	0		2	147
COMP VEH %		98,6%	0,0%	0,0%						1,4%	

Tabela B.3. Contagem veicular – Trecho 1, Interseção 2 Avenida W3 Norte com Sclrn 703,
Movimentos: M 8.

INTERSEÇÃO 2 - AVENIDA W3 NORTE COM SCLRN 703 - MOV. 8										
Data (D-M-A):			24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Sclrn 703				
Sentido do trânsito:			N-S			Movimento M 8				
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	33							0	33
	10:30	27							0	27
	10:45	26							0	26
	11:00	35				1			1	36
TOTAL 1 HORA		121	0	0	0	1	0	0	1	122
COMP VEH %		99,2%	0,0%	0,0%					0,8%	
COMP VEH %					0,0%	100,0%	0,0%	0,0%		
V15max		36								

Tabela B.4. Contagem veicular – Trecho 1, Interseção 3 Avenida W3 Norte com Scrn 702,
Movimentos: M 1, M 7.

INTERSEÇÃO 3 - AVENIDA W3 NORTE COM SCR N 702 - MOV. 1										
Data (D-M-A):			24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Sclrn 702				
Sentido do trânsito:			N-S			Movimento M 1				
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	285	35	4	3				3	327
	10:30	307	22	4	5				5	338
	10:45	315	25	5	1				1	346
	11:00	330	34	6	3	1			4	374
TOTAL 1 HORA		1237	116	19	12	1	0	0	13	1385
COMP VEH %		89,3%	8,4%	1,4%					0,9%	
COMP VEH %					92,3%	7,7%	0,0%	0,0%		
V15max		374								

INTERSEÇÃO 3 - AVENIDA W3 NORTE COM SCR N 702 - MOV. 7										
Data (D-M-A):			24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Sclrn 702				
Sentido do trânsito:			N-S			Movimento M 7				
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	43			1				1	44
	10:30	22			1				1	23
	10:45	44			3				3	47
	11:00	44							0	44
TOTAL 1 HORA		153	0	0	5	0	0	0	5	158
COMP VEH %		96,8%	0,0%	0,0%					3,2%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		47								

Tabela B.5. Contagem veicular – Trecho 1, Interseção 3 Avenida W3 Norte com Scrn 702,
Movimentos: M 9(3).

INTERSEÇÃO 3 - AVENIDA W3 NORTE COM SCR 702 - MOV. 9(3)											
Data (D-M-A):		24/set/13			Local: Av. W3 Norte com Scrn 702						
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 9(3)						
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4			
	10:00									0	0
	10:15	23								0	23
	10:30	12								0	12
	10:45	22								0	22
	11:00	23			1	1				2	25
TOTAL 1 HORA		80	0	0	1	1	0	0		2	82
COMP VEH %		97,6%	0,0%	0,0%						2,4%	
COMP VEH %					50,0%	50,0%	0,0%	0,0%			
V15max		25									

Tabela B.6. Contagem veicular – Trecho 1, Interseção 4 Avenida W3 Norte com Srtvn,
Movimentos: M 1, M 3.

INTERSEÇÃO 4 - AVENIDA W3 NORTE COM SRTVN - MOV. 1											
Data (D-M-A):		24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Srtvn						
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 1						
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4			
	10:00									0	0
	10:15	282	31	4	2					2	319
	10:30	297	28	5	3					3	333
	10:45	297	28	6	2					2	333
	11:00	302	25	5	2	1				3	335
TOTAL 1 HORA		1178	112	20	9	1	0	0		10	1320
COMP VEH %		89,2%	8,5%	1,5%						0,8%	
COMP VEH %					90,0%	10,0%	0,0%	0,0%			
V15max		335									

INTERSEÇÃO 4 - AVENIDA W3 NORTE COM SRTVN - MOV. 3											
Data (D-M-A):		24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Srtvn						
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 3						
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4			
	10:00									0	0
	10:15	48			2					2	50
	10:30	72			2					2	74
	10:45	65				3				3	68
	11:00	64			1					1	65
TOTAL 1 HORA		249	0	0	5	3	0	0		8	257
COMP VEH %		96,9%	0,0%	0,0%						3,1%	
COMP VEH %					62,5%	37,5%	0,0%	0,0%			
V15max		74									

Tabela B.7. Contagem veicular – Trecho 1, Interseção 4 Avenida W3 Norte com Srtvn,
Movimentos: M 4, M 9(1), M 9(3).

INTERSEÇÃO 4 - AVENIDA W3 NORTE COM SRTVN - MOV. 3										
Data (D-M-A):		24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Srtvn					
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 3					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	48			2				2	50
	10:30	72			2				2	74
	10:45	65				3			3	68
	11:00	64			1				1	65
TOTAL 1 HORA		249	0	0	5	3	0	0	8	257
COMP VEH %		96,9%	0,0%	0,0%					3,1%	
COMP VEH %					62,5%	37,5%	0,0%	0,0%		
V15max		74								
INTERSEÇÃO 4 - AVENIDA W3 NORTE COM SRTVN - MOV. 4										
Data (D-M-A):		24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Srtvn					
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 4					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	91			3	1	1		5	96
	10:30	97			1				1	98
	10:45	79			3				3	82
	11:00	95			2				2	97
TOTAL 1 HORA		362	0	0	9	1	1	0	11	373
COMP VEH %		97,1%	0,0%	0,0%					2,9%	
COMP VEH %					81,8%	9,1%	9,1%	0,0%		
V15max		98								
INTERSEÇÃO 4 - AVENIDA W3 NORTE COM SRTVN - MOV. 9(1)										
Data (D-M-A):		24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Srtvn					
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 9(1)					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	34							0	34
	10:30	31			1				1	32
	10:45	45			1				1	46
	11:00	38							0	38
TOTAL 1 HORA		148	0	0	2	0	0	0	2	150
COMP VEH %		98,7%	0,0%	0,0%					1,3%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		46								

Tabela B.8. Contagem veicular – Trecho 1, Interseção 5 Avenida W3 Norte com Scn-Smhn, Movimentos: M 1.

INTERSEÇÃO 5 - AVENIDA W3 NORTE COM V.AC. SCN-SMHN - MOV. 1										
Data (D-M-A):			24-sep-13			Local: Av. W3 Norte com Scn-Smhn				
Sentido do trânsito:			N-S			Movimento M 1				
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	308	29	3	3	1			4	344
	10:30	323	29	4	2				2	358
	10:45	360	28	8	3				3	399
	11:00	363	29	7	4	1			5	404
TOTAL 1 HORA		1354	115	22	12	2	0	0	14	1505
COMP VEH %		90,0%	7,6%	1,5%					0,9%	
COMP VEH %					85,7%	14,3%	0,0%	0,0%		
V15max		404								

Tabela B.9. Contagem veicular – Trecho 2, Interseção 1 Avenida W3 Sul com Eqs 510,
Movimentos: M 2, M 9(4), M 8.

CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA - TRECHO 2										
INTERSEÇÃO 1 - AVENIDA W3 SUL COM EQS 510 - MOV. 2										
Data (D-M-A):		26-sep-13			Local: Av. W3 Sul com Egn 510					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 2					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES					TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4	TOTAL	
	09:15									0
	09:30	213	24	9						0
	09:45	230	22	8	1					1
	10:00	237	17	4	1					1
	10:15	239	21	8	3	1				4
TOTAL 1 HORA		919	84	29	5	1	0	0		6
COMP VEH %		88,5%	8,1%	2,8%						0,6%
COMP VEH %					83,3%	16,7%	0,0%	0,0%		
V15max		272								
INTERSEÇÃO 1 - AVENIDA W3 SUL COM EQS 510 - MOV. 9(4)										
Data (D-M-A):		26-sep-13			Local: Av. W3 Sul com Egn 510					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 9(4)					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES					TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4	TOTAL	
	09:15									0
	09:30	24								0
	09:45	17								0
	10:00	18								0
	10:15	26								0
TOTAL 1 HORA		85	0	0	0	0	0	0		0
COMP VEH %		100,0%	0,0%	0,0%						0,0%
COMP VEH %					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
V15max		26								
INTERSEÇÃO 1 - AVENIDA W3 SUL COM EQS 510 - MOV. 8										
Data (D-M-A):		26-sep-13			Local: Av. W3 Sul com Egn 510					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 8					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES					TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4	TOTAL	
	09:15									0
	09:30	121			1					1
	09:45	112								0
	10:00	125								0
	10:15	116								0
TOTAL 1 HORA		474	0	0	1	0	0	0		1
COMP VEH %		99,8%	0,0%	0,0%						0,2%
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		125								

Tabela B.10. Contagem veicular – Trecho 2, Interseção 2 Avenida W3 Sul com Shigs 710,
Movimentos: M 2, M 7.

INTERSEÇÃO 2 - AVENIDA W3 SUL COM SHIGS 710 - MOV. 2										
Data (D-M-A):		26-sep-13			Local: Av. W3 Sul com Shigs 710					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 2					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	09:15								0	0
	09:30	216	25	9					0	250
	09:45	256	22	8					0	286
	10:00	259	19	3	1				1	282
	10:15	273	20	9	2	1			3	305
TOTAL 1 HORA		1004	86	29	3	1	0	0	4	1123
COMP VEH %		89,4%	7,7%	2,6%					0,4%	
COMP VEH %					75,0%	25,0%	0,0%	0,0%		
V15max		305								
INTERSEÇÃO 2 - AVENIDA W3 SUL COM SHIGS 710 - MOV. 7										
Data (D-M-A):		26-sep-13			Local: Av. W3 Sul com Shigs 710					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 7					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	09:15								0	0
	09:30	178			1				1	179
	09:45	161			2				2	163
	10:00	180			3				3	183
	10:15	162							0	162
TOTAL 1 HORA		681	0	0	6	0	0	0	6	687
COMP VEH %		99,1%	0,0%	0,0%					0,9%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		183								

Tabela B.11. Contagem veicular – Trecho 2, Interseção 3 Avenida W3 Sul com Eqs 509,
Movimentos: M 2.

INTERSEÇÃO 3 - AVENIDA W3 SUL COM EQS 509 - MOV. 2										
Data (D-M-A):		26-sep-13			Local: Av. W3 Sul com Egn 509					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 2					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	09:15								0	0
	09:30	324	24	8	1				1	357
	09:45	363	24	8	1				1	396
	10:00	355	17	4	2				2	378
	10:15	349	22	8	3	1			4	383
TOTAL 1 HORA		1391	87	28	7	1	0	0	8	1514
COMP VEH %		91,9%	5,7%	1,8%					0,5%	
COMP VEH %					87,5%	12,5%	0,0%	0,0%		
V15max		396								

Tabela B.12. Contagem veicular – Trecho 2, Interseção 3 Avenida W3 Sul com Eqs 509,
Movimentos: M 9(4), M 8.

INTERSEÇÃO 3 - AVENIDA W3 SUL COM EQS 509 - MOV. 9(4)										
Data (D-M-A):			26-sep-13			Local: Av. W3 Sul com Eqn 509				
Sentido do trânsito:			S-N			Movimento M 9(4)				
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	09:15								0	0
	09:30	6							0	6
	09:45	5							0	5
	10:00	5							0	5
	10:15	9							0	9
TOTAL 1 HORA		25	0	0	0	0	0	0	0	25
COMP VEH %		100,0%	0,0%	0,0%					0,0%	
COMP VEH %					#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!		
V15max		9								
INTERSEÇÃO 3 - AVENIDA W3 SUL COM EQS 509 - MOV. 8										
Data (D-M-A):			26-sep-13			Local: Av. W3 Sul com Eqn 509				
Sentido do trânsito:			S-N			Movimento M 8				
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	09:15								0	0
	09:30	44							0	44
	09:45	58			1				1	59
	10:00	58							0	58
	10:15	61							0	61
TOTAL 1 HORA		221	0	0	1	0	0	0	1	222
COMP VEH %		99,5%	0,0%	0,0%					0,5%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		61								

Tabela B.13. Contagem veicular – Trecho 2, Interseção 4 Avenida W3 Sul com Eqs 508,
Movimentos: M 2.

INTERSEÇÃO 4 - AVENIDA W3 SUL COM EQS 508 - MOV. 2										
Data (D-M-A):			26-sep-13			Local: Av. W3 Sul com Eqn 508				
Sentido do trânsito:			S-N			Movimento M 2				
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	09:15								0	0
	09:30	282	24	8	1				1	315
	09:45	276	19	7					0	302
	10:00	303	24	5	1				1	333
	10:15	289	22	8	3	1			4	323
TOTAL 1 HORA		1150	89	28	5	1	0	0	6	1273
COMP VEH %		90,3%	7,0%	2,2%					0,5%	
COMP VEH %					83,3%	16,7%	0,0%	0,0%		
V15max		333								

Tabela B.14. Contagem veicular – Trecho 3, Interseção 1 Avenida L2 Norte com Sgan 606, Movimentos: M 2, M 7.

CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA - TRECHO 3										
INTERSEÇÃO 1 - AVENIDA L2 NORTE COM SGAN 606 - MOV. 2										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Norte com Sgan 606					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 2					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	194	3	4					0	201
	10:30	155	8	3	4				4	170
	10:45	142	4	1	5				5	152
	11:00	165	4	2	6				6	177
TOTAL 1 HORA		656	19	10	15	0	0	0	15	700
COMP VEH %		93,7%	2,7%	1,4%					2,1%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		201								
INTERSEÇÃO 1 - AVENIDA L2 NORTE COM SGAN 606 - MOV. 7										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Norte com Sgan 606					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 7					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	100			1				1	101
	10:30	59			2				2	61
	10:45	77							0	77
	11:00	46							0	46
TOTAL 1 HORA		282	0	0	3	0	0	0	3	285
COMP VEH %		98,9%	0,0%	0,0%					1,1%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		101								

Tabela B.15. Contagem veicular – Trecho 3, Interseção 2 Avenida L2 Norte com Sgan 607, Movimentos: M 2.

INTERSEÇÃO 2 - AVENIDA L2 NORTE COM SGAN 607 - MOV. 2										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Norte com Sgan 607					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 2					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	195	2	4	1				1	202
	10:30	162	6	3	6				6	177
	10:45	165	4		6				6	175
	11:00	152	4	3	5				5	164
TOTAL 1 HORA		674	16	10	18	0	0	0	18	718
COMP VEH %		93,9%	2,2%	1,4%					2,5%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		202								

Tabela B.16. Contagem veicular – Trecho 3, Interseção 3 Avenida L2 Norte com Shcgn 607, Movimentos: M 2, M 8, M 9(2)

INTERSEÇÃO 3 - AVENIDA L2 NORTE COM SHCGN 607 - MOV. 2										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Norte com Shcgn 607					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 2					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	110	2	4					0	116
	10:30	107	6	3	7				7	123
	10:45	106	3		5	1			6	115
	11:00	121	3	3	5				5	132
TOTAL 1 HORA		444	14	10	17	1	0	0	18	486
COMP VEH %		91,4%	2,9%	2,1%					3,7%	
COMP VEH %					94,4%	5,6%	0,0%	0,0%		
V15max		132								
INTERSEÇÃO 3 - AVENIDA L2 NORTE COM SHCGN 607 - MOV. 8										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Norte com Shcgn 607					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 8					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	72	3			1			1	76
	10:30	51			1				1	52
	10:45	52	3		1				1	56
	11:00	59	2		1				1	62
TOTAL 1 HORA		234	8	0	3	1	0	0	4	246
COMP VEH %		95,1%	3,3%	0,0%					1,6%	
COMP VEH %					75,0%	25,0%	0,0%	0,0%		
V15max		76								
INTERSEÇÃO 3 - AVENIDA L2 NORTE COM SHCGN 607 - MOV. 9(2)										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Norte com Shcgn 607					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 9(2)					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	10:00								0	0
	10:15	90			1				1	91
	10:30	48							0	48
	10:45	50	1						0	51
	11:00	35	1						0	36
TOTAL 1 HORA		223	2	0	1	0	0	0	1	226
COMP VEH %		98,7%	0,9%	0,0%					0,4%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		91								

Tabela B.17. Contagem veicular – Trecho 3, Interseção 4 Avenida L2 Norte com Sgan 608, Movimentos: M 2.

CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA - TRECHO 3										
INTERSEÇÃO 4 - AVENIDA L2 NORTE COM SGAN 608 - MOV. 2										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Norte com Sgan 608					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 2					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		TOTAL
	10:00								0	0
	10:15	167	6	3	5				5	181
	10:30	176	6	2	5	1			6	190
	10:45	166	7	1	7				7	181
	11:00	167	6	5	4				4	182
TOTAL 1 HORA		676	25	11	21	1	0	0	22	734
COMP VEH %		92,1%	3,4%	1,5%					3,0%	

Tabela B.18. Contagem veicular – Trecho 3, Interseção 5 Avenida L2 Norte Frente o IESB (609), Movimentos: M 2.

INTERSEÇÃO 5 - AVENIDA L2 NORTE FRENTE O IESB - MOV. 2										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Norte frente o IESB					
Sentido do trânsito:		S-N			Movimento M 2					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		TOTAL
	10:00								0	0
	10:15	68	2	4	2				2	76
	10:30	76	6	3	4	1			5	90
	10:45	88	5		5				5	98
	11:00	75	3	4	3				3	85
TOTAL 1 HORA		307	16	11	14	1	0	0	15	349
COMP VEH %		88,0%	4,6%	3,2%					4,3%	
COMP VEH %					93,3%	6,7%	0,0%	0,0%		
V15max		98								

Tabela B.19. Contagem veicular – Trecho 4, Interseção 1 Avenida L2 Sul com Eqs 402,
Movimentos: M 1.

CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA - TRECHO 4										
INTERSEÇÃO 1 - AVENIDA L2 SUL COM EQS 402 - MOV. 1										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Sul com Eqn 402					
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 1					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	03:30								0	0
	03:45	277	6	5	1	1			2	290
	04:00	320	3		1				1	324
	04:15	312	4	5	5				5	326
	04:30	284	12	3	2	1			3	302
TOTAL 1 HORA		1193	25	13	9	2	0	0	11	1242
COMP VEH %		96,1%	2,0%	1,0%					0,9%	
COMP VEH %					81,8%	18,2%	0,0%	0,0%		
V15max		326								

Tabela B.20. Contagem veicular – Trecho 4, Interseção 2 Avenida L2 Sul Frente a
Fundação de Brasília, Movimentos: M 1.

INTERSEÇÃO 2 - AVENIDA L2 SUL FRENTE A FUNDAÇÃO DE BRASÍLIA - MOV. 1										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Sul frente a Fundação de Brasília					
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 1					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	TOTAL
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4		
	03:30								0	0
	03:45	411	7	4	5				5	427
	04:00	419	4	2	2				2	427
	04:15	437	4	2	7				7	450
	04:30	381	10	3	3				3	397
TOTAL 1 HORA		1648	25	11	17	0	0	0	17	1701
COMP VEH %		96,9%	1,5%	0,6%					1,0%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		450								

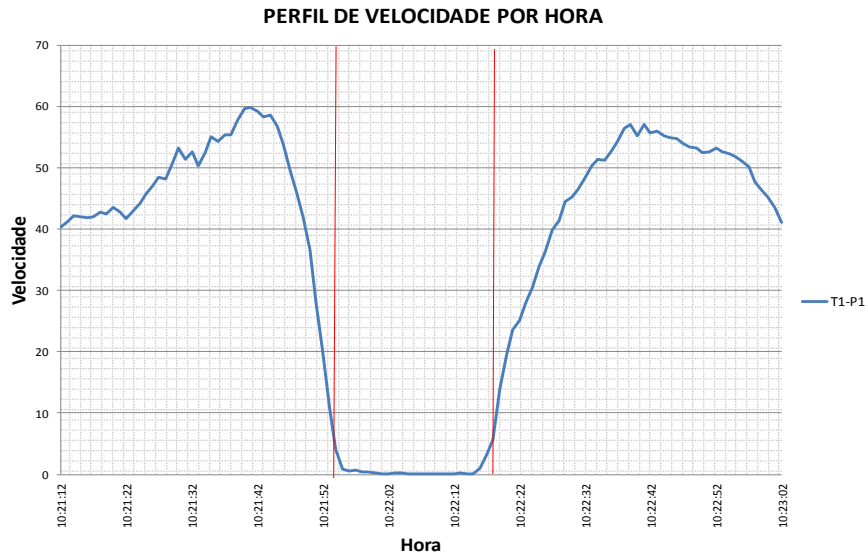
Tabela B.21. Contagem veicular – Trecho 4, Interseção 3 Avenida L2 Sul Frente a Instituição Educativa DINATOS , Movimentos: M 1.

INTERSEÇÃO 3 - AVENIDA L2 SUL FRENTE A INSTITUIÇÃO EDUCATIVA DINATOS - MOV. 1										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Sul frente a I. E. Dinatos					
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 1					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL (1/4h)	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4	TOTAL	A,B,C
	03:30								0	0
	03:45	371	8	4	4				4	387
	04:00	361	3	2	2				2	368
	04:15	387	5	2	6				6	400
	04:30	373	10	3	3				3	389
TOTAL 1 HORA		1492	26	11	15	0	0	0	15	1544
COMP VEH %		96,6%	1,7%	0,7%					1,0%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		400								

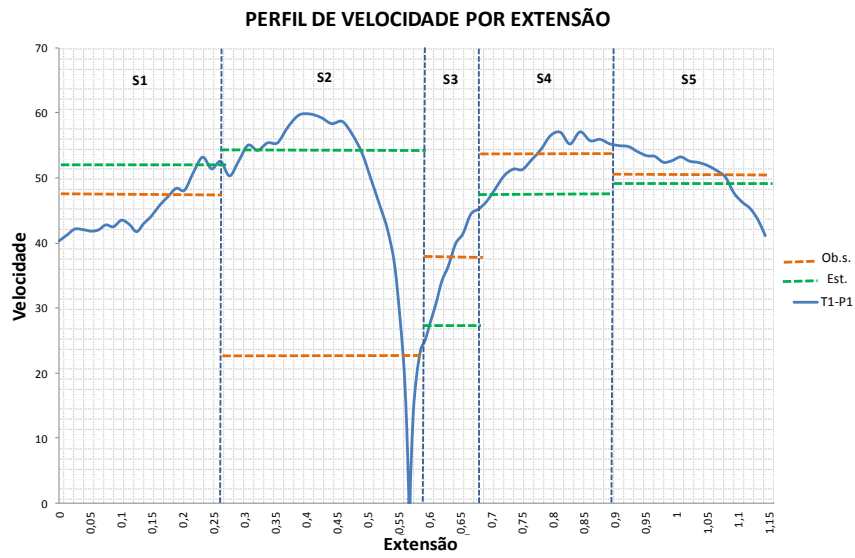
Tabela B.22. Contagem veicular – Trecho 4, Interseção 4 Avenida L2 Sul com Eqs 405, Movimentos: M 1.

INTERSEÇÃO 4 - AVENIDA L2 SUL COM EQS 405 - MOV. 1										
Data (D-M-A):		25-sep-13			Local: Av. L2 Sul com Eqn 405					
Sentido do trânsito:		N-S			Movimento M 1					
DIA	PERIODO	CARROS P/U	ÔNIBUS		CAMINHÕES				TOTAL	
			2C	Micro	2C	3C	4C	>C4	TOTAL	
	03:30								0	0
	03:45	268	7	4	3				3	282
	04:00	252	4	2	2				2	260
	04:15	297	5	2	4				4	308
	04:30	275	10	3	1				1	289
TOTAL 1 HORA		1092	26	11	10	0	0	0	10	1139
COMP VEH %		95,9%	2,3%	1,0%					0,9%	
COMP VEH %					100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
V15max		308								

ANEXO C – PERFIS DE VELOCIDADE DOS QUATRO TRECHOS

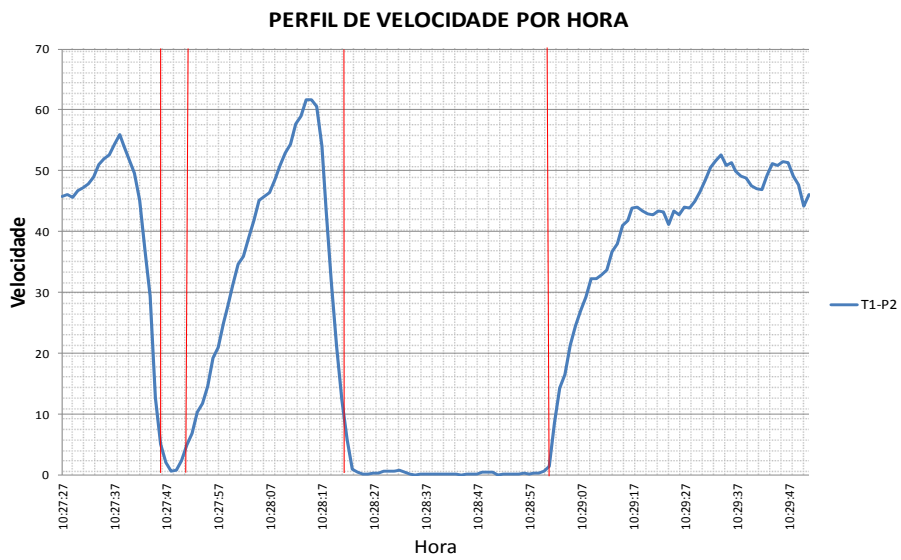


(a)

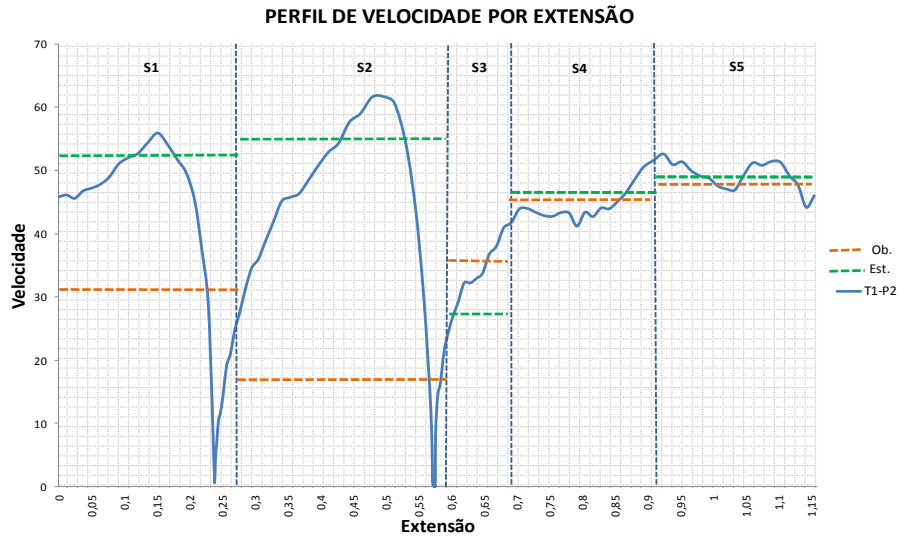


(b)

Figura C.1. Perfis de Velocidade Trecho 1- Percorrido 1: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

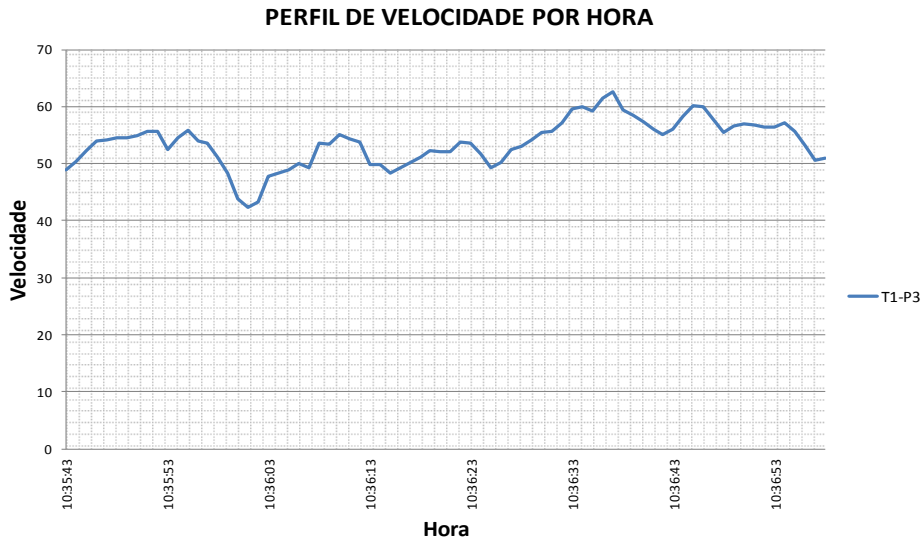


(a)

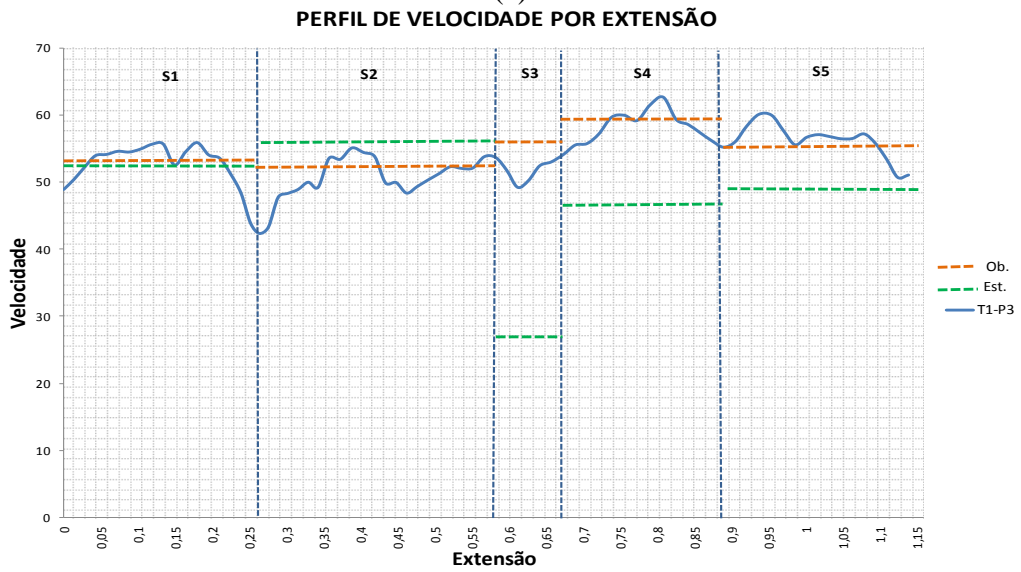


(b)

Figura C.2. Perfis de Velocidade Trecho 1- Percorrido 2: (a) por Hora ,(b) por Extensão.



(a)



(b)

Figura C.3. Perfis de Velocidade Trecho 1- Percorrido 3: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

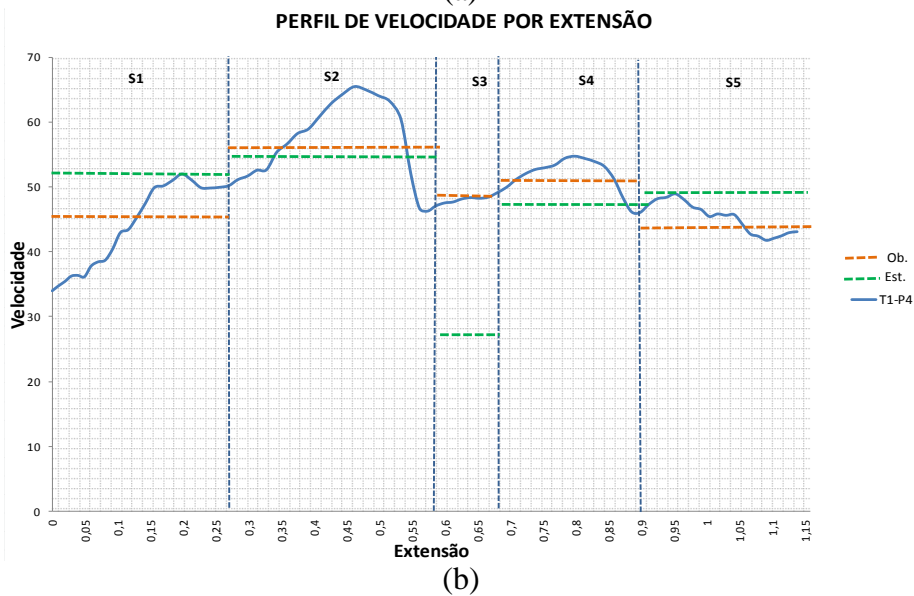
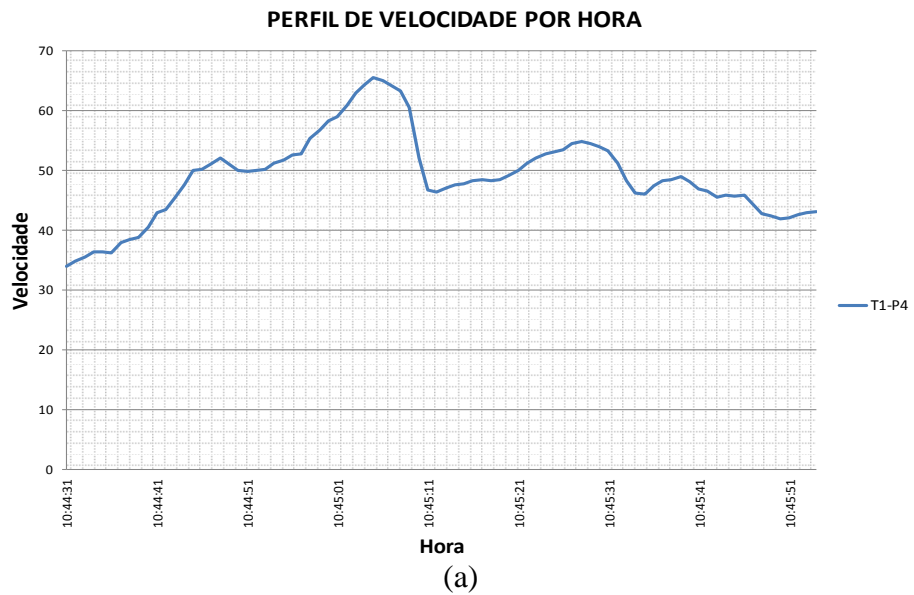
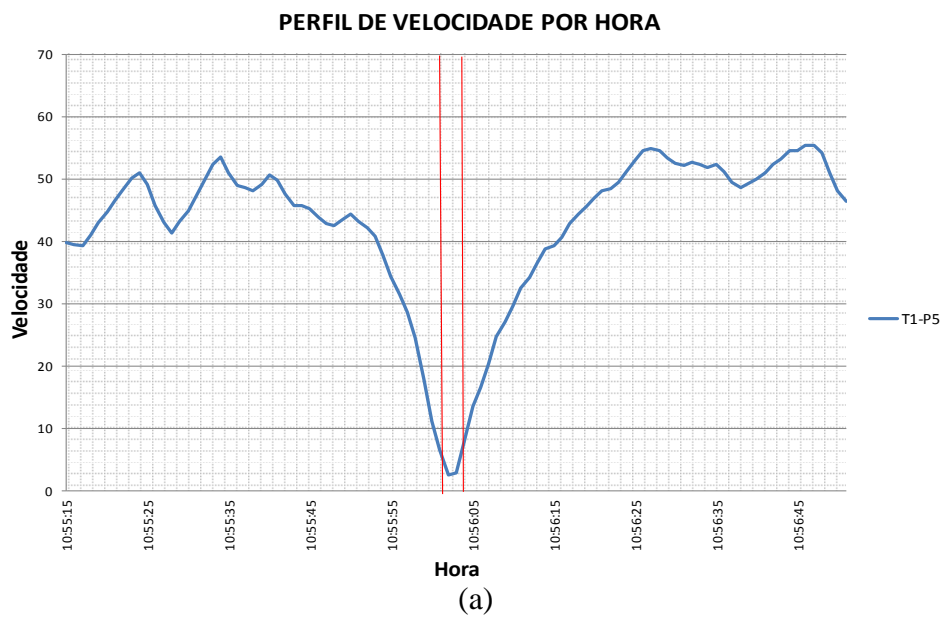


Figura C.4. Perfis de Velocidade Trecho 1- Percorrido 4: (a) por Hora ,(b) por Extensão.



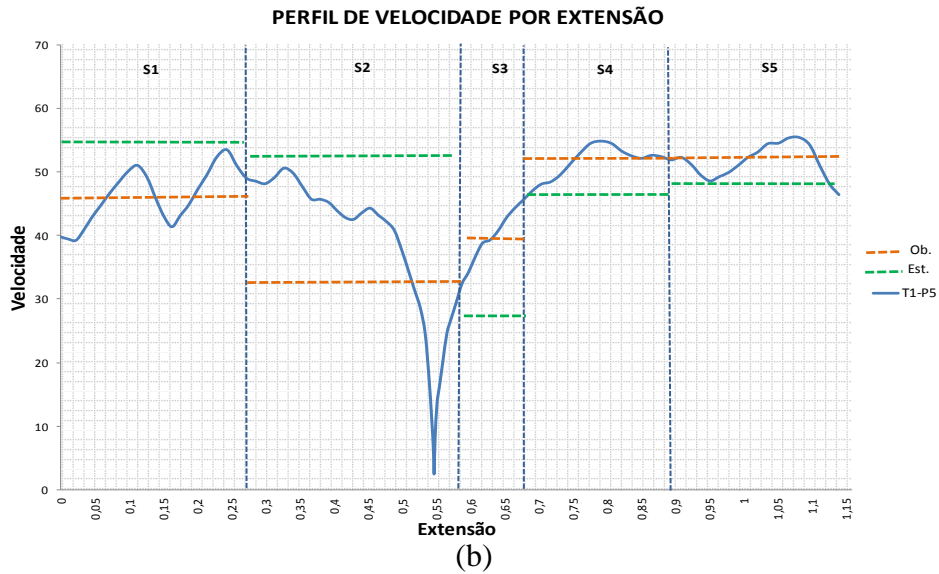


Figura C.5. Perfis de Velocidade Trecho 1- Percorrido 5: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

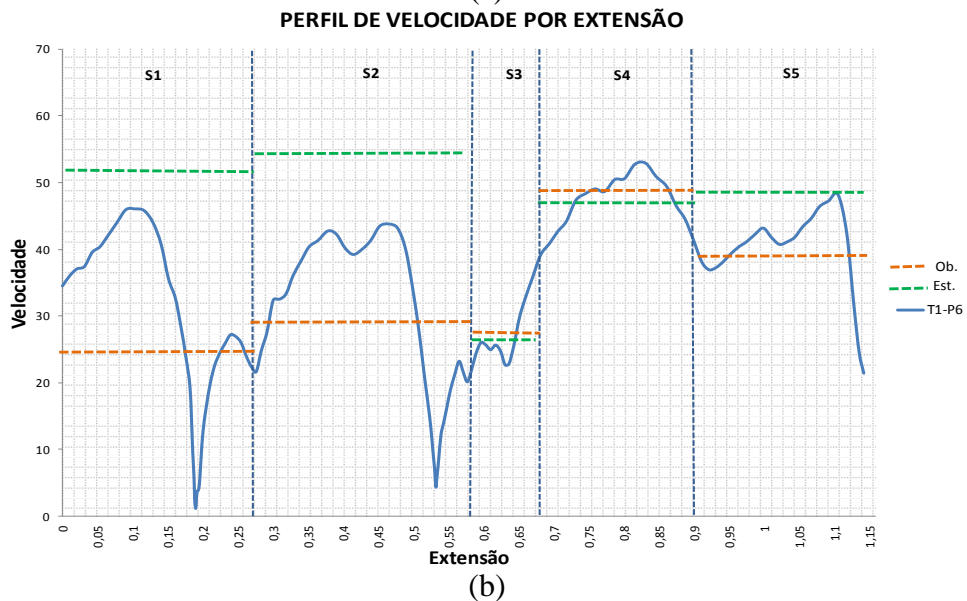
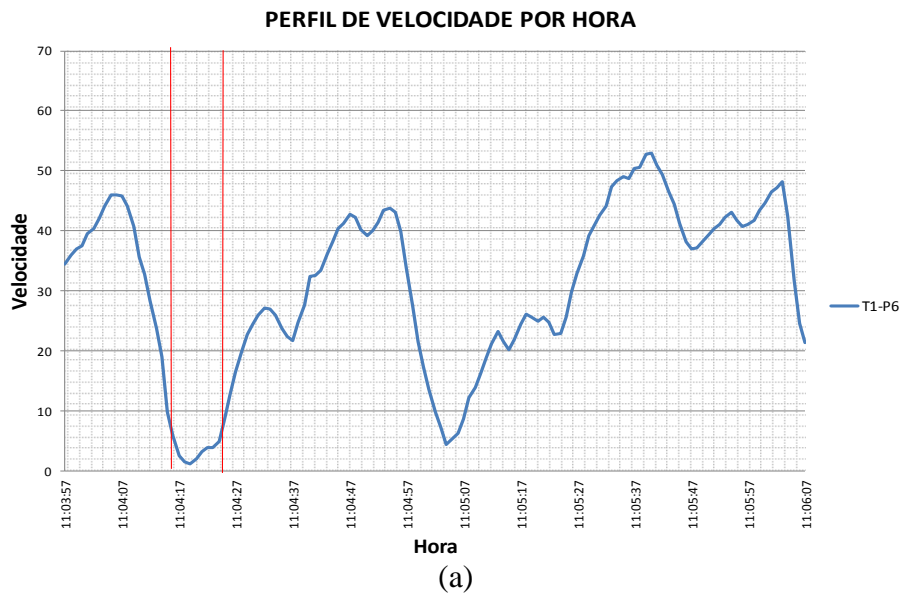


Figura C.6. Perfis de Velocidade Trecho 1- Percorrido 6: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

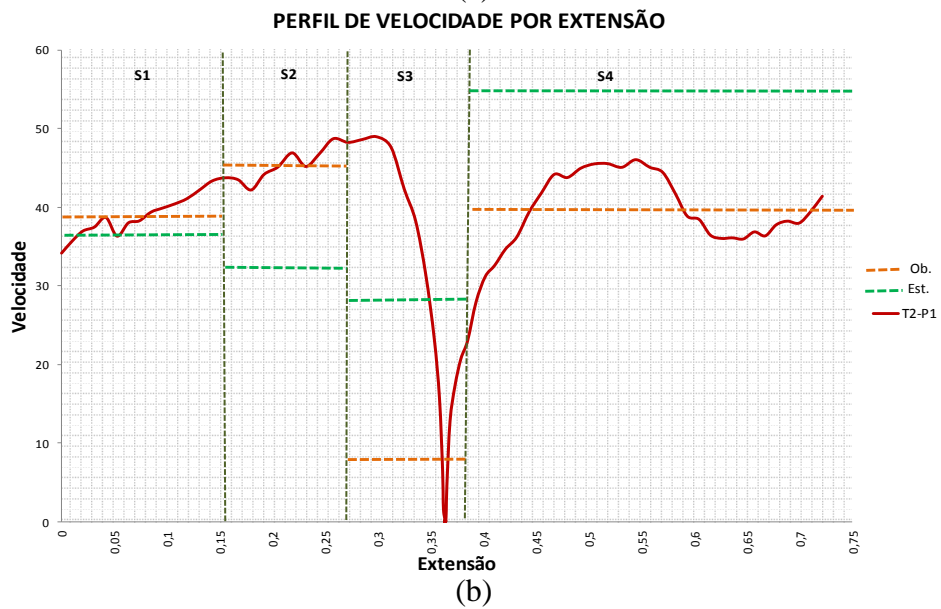
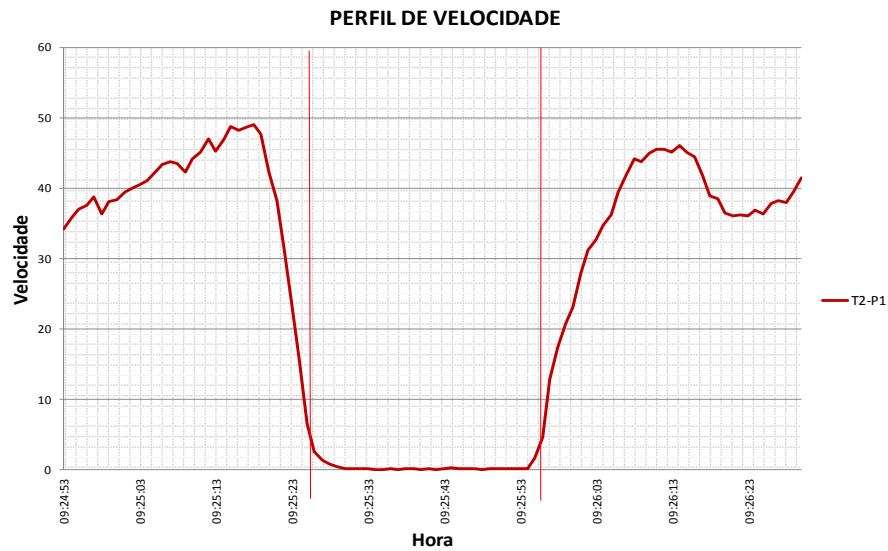
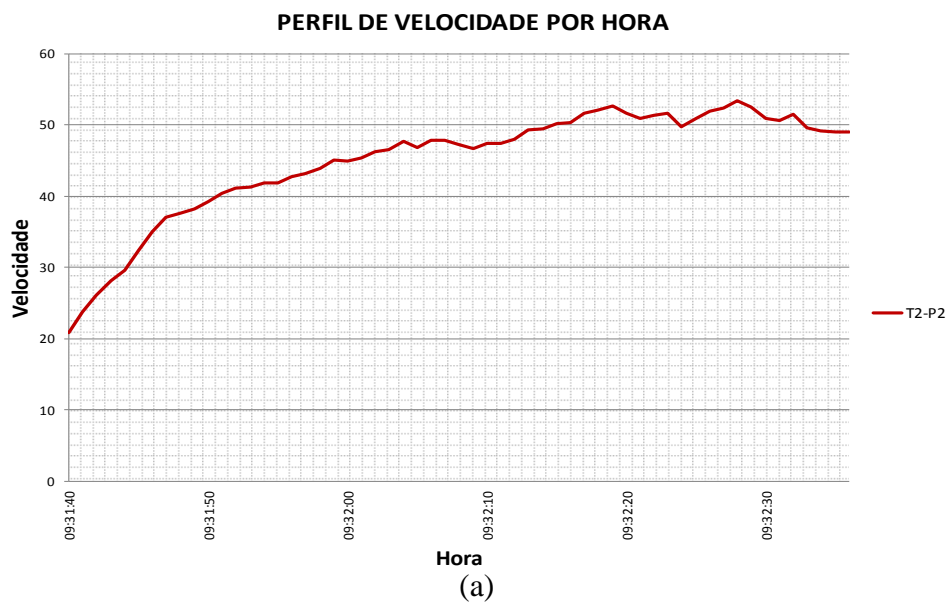


Figura C.7. Perfis de Velocidade Trecho 2- Percorrido 1: (a) por Hora ,(b) por Extensão.



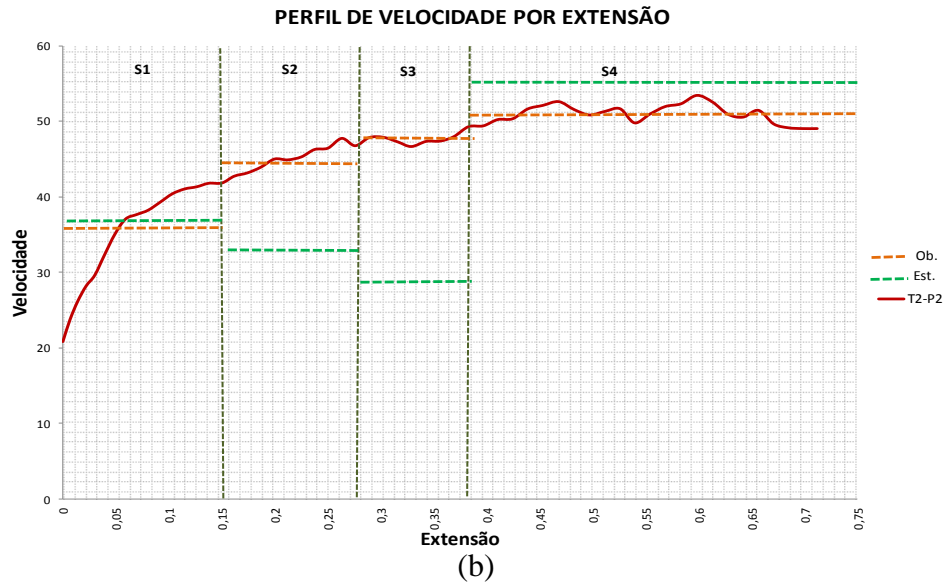


Figura C.8. Perfis de Velocidade Trecho 2- Percorrido 2: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

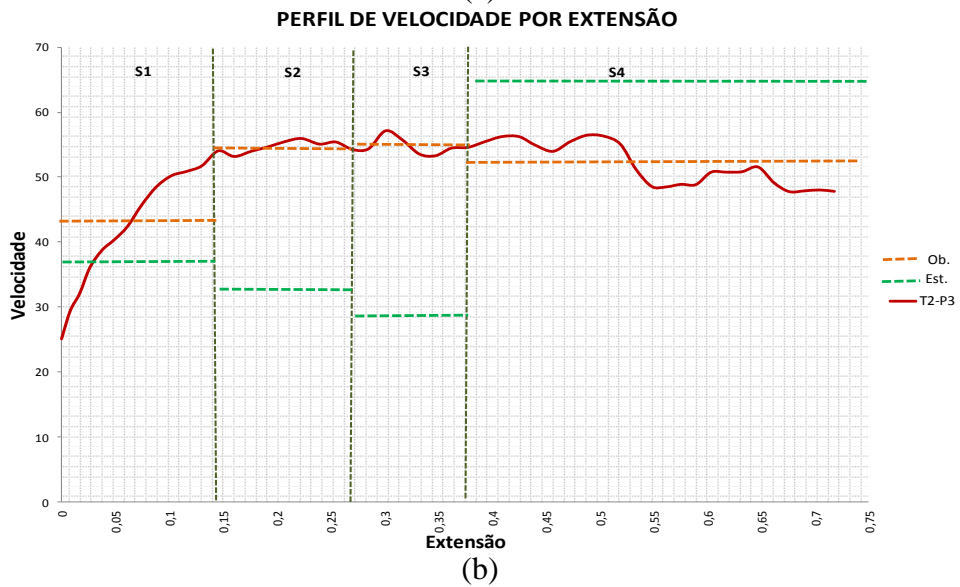
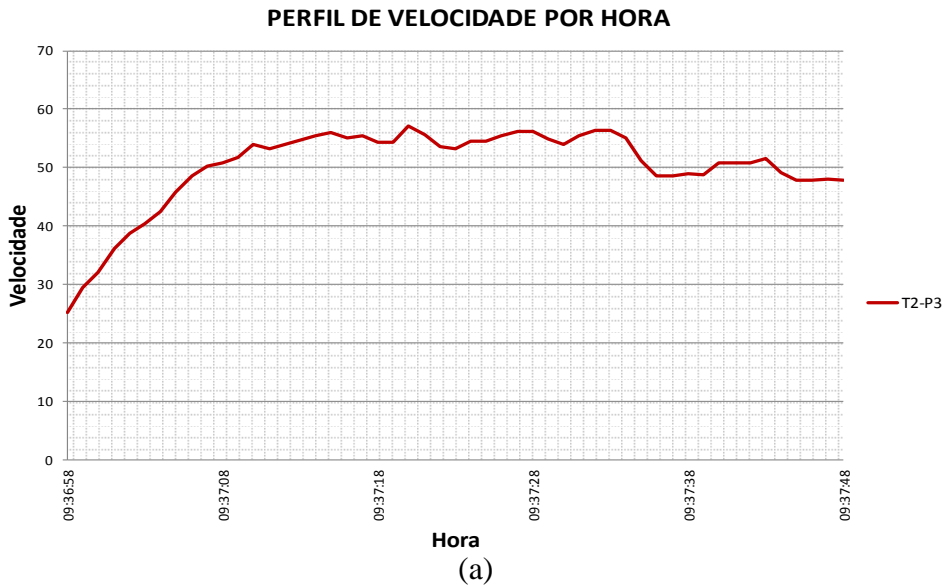
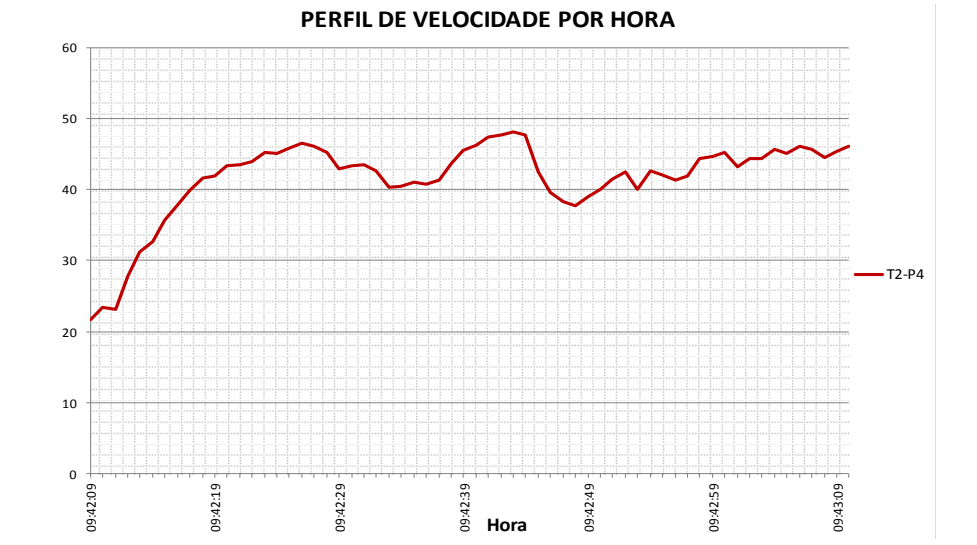
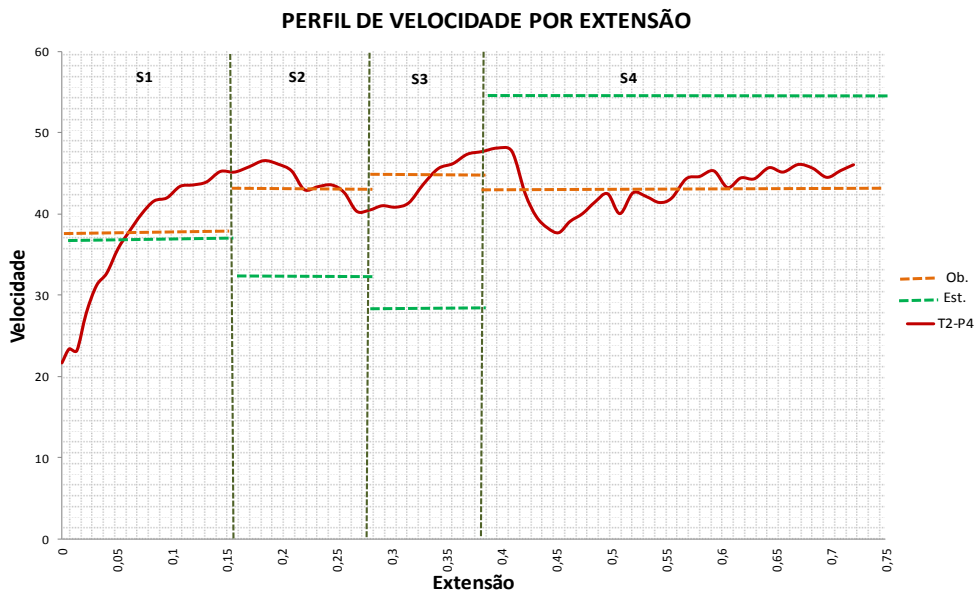


Figura C.9. Perfis de Velocidade Trecho 2- Percorrido 3: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

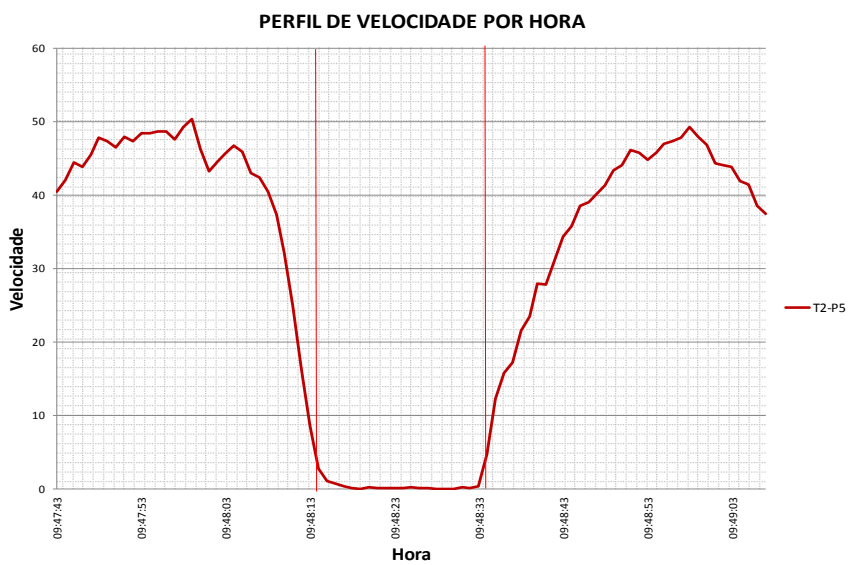


(a)



(b)

Figura C.10. Perfis de Velocidade Trecho 2- Percorrido 4: (a) por Hora ,(b) por Extensão.



(a)

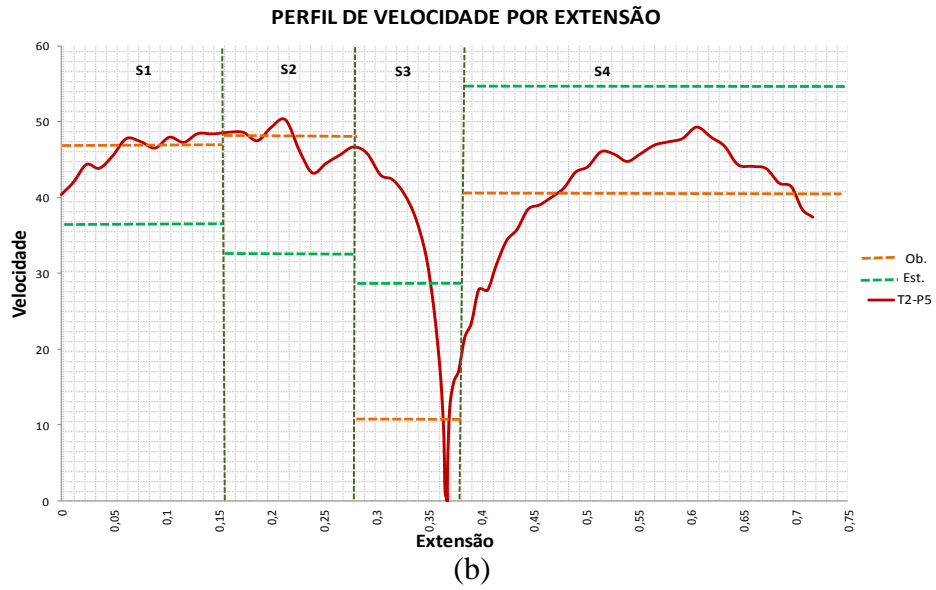


Figura C.11. Perfis de Velocidade Trecho 2- Percurso 5: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

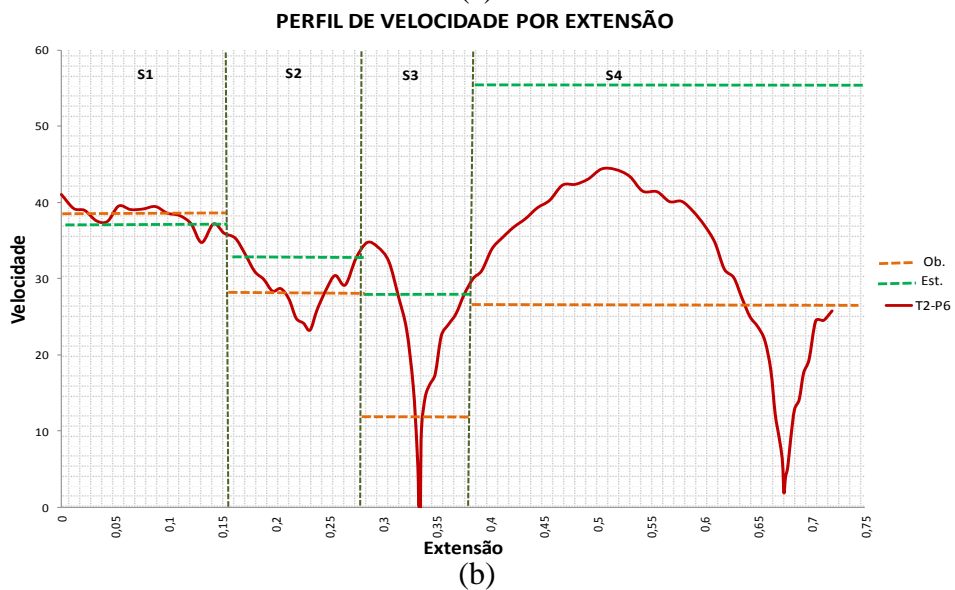
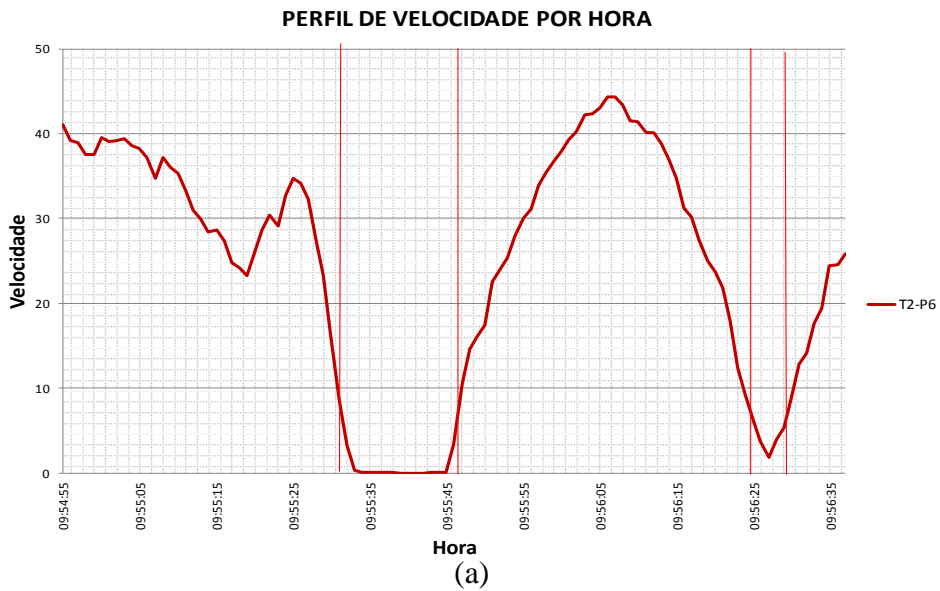


Figura C.12. Perfis de Velocidade Trecho 2- Percurso 6: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

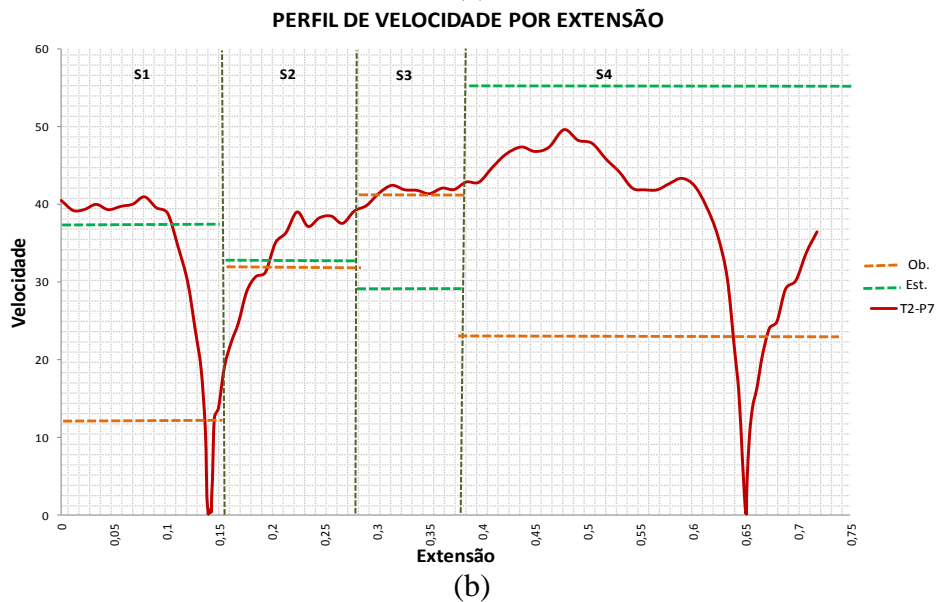
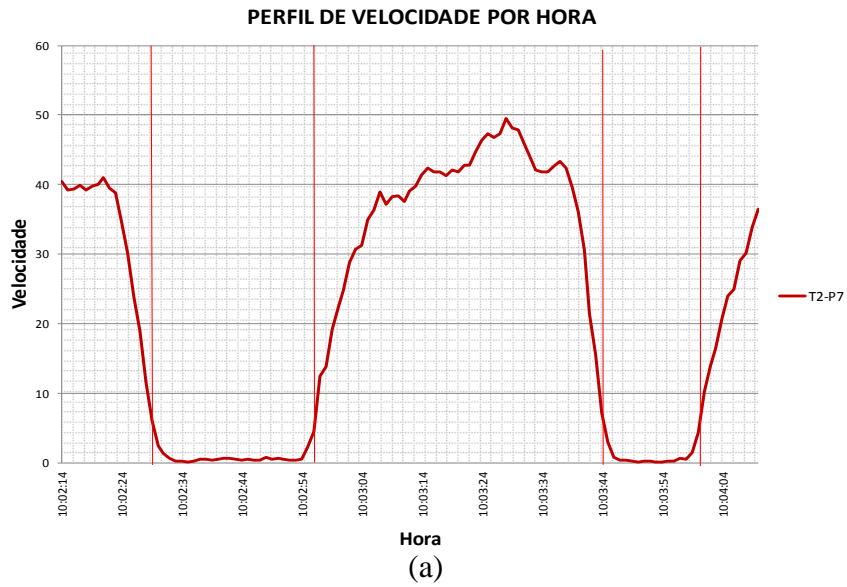
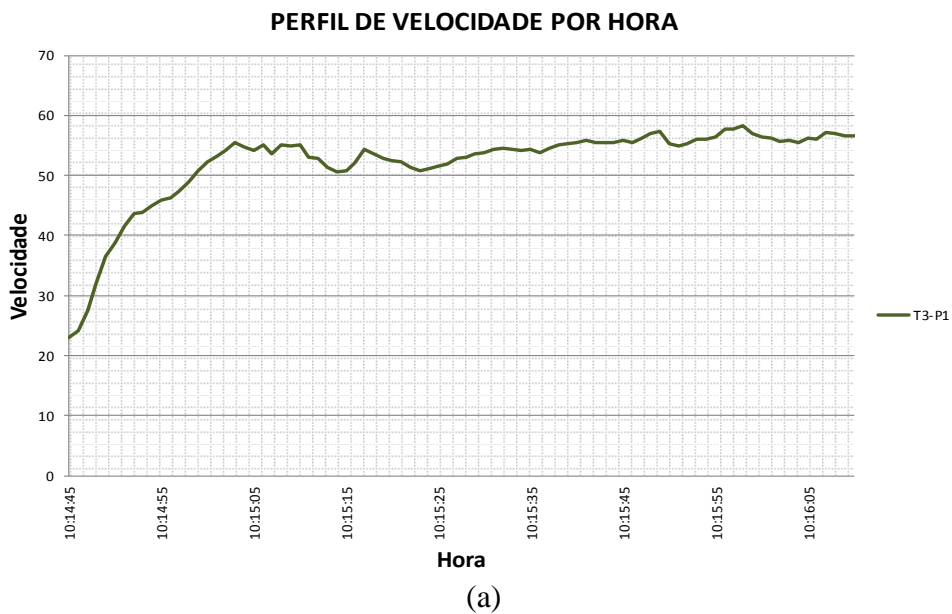
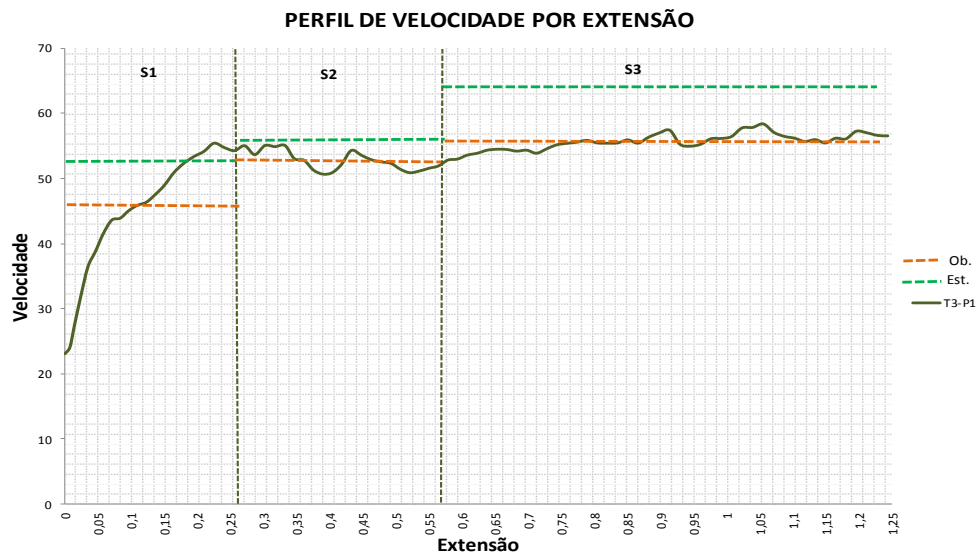


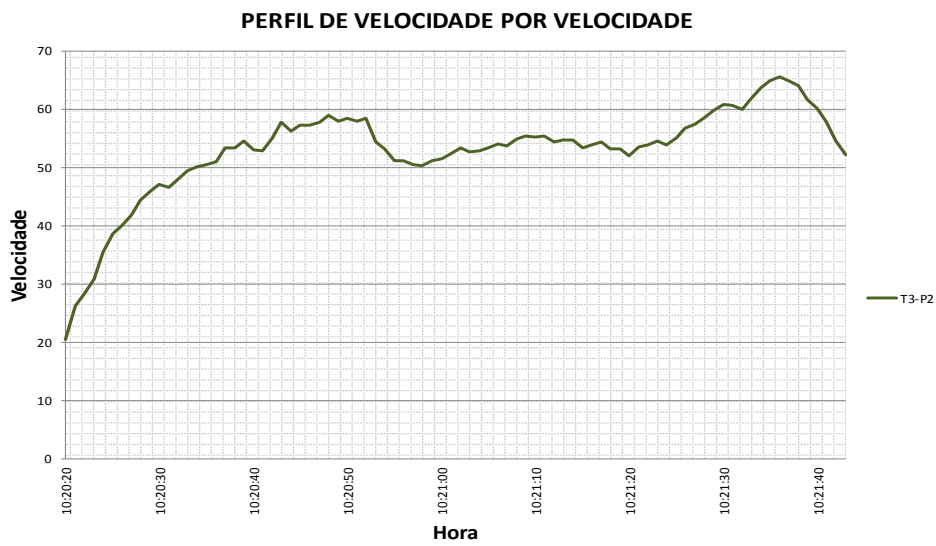
Figura C.13. Perfis de Velocidade Trecho 2- Percorrido 7: (a) por Hora ,(b) por Extensão.



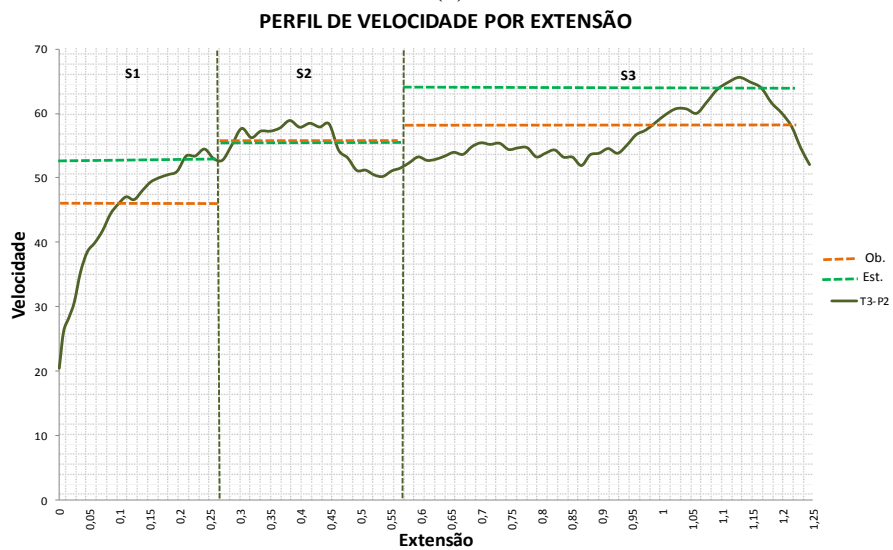


(b)

Figura C.14. Perfis de Velocidade Trecho 3- Percorrido 1: (a) por Hora ,(b) por Extensão.



(a)



(b)

Figura C.15. Perfis de Velocidade Trecho 3- Percorrido 2: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

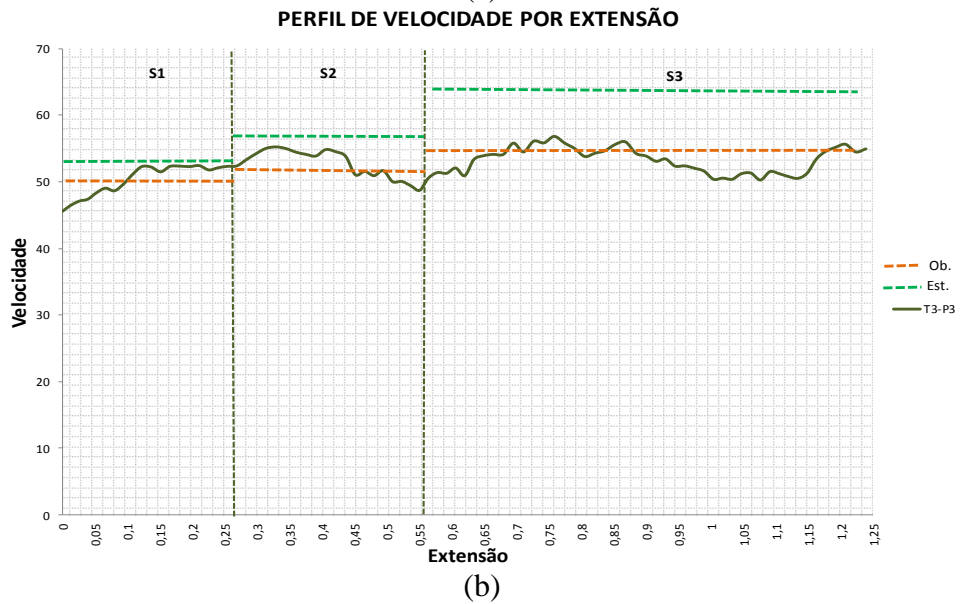
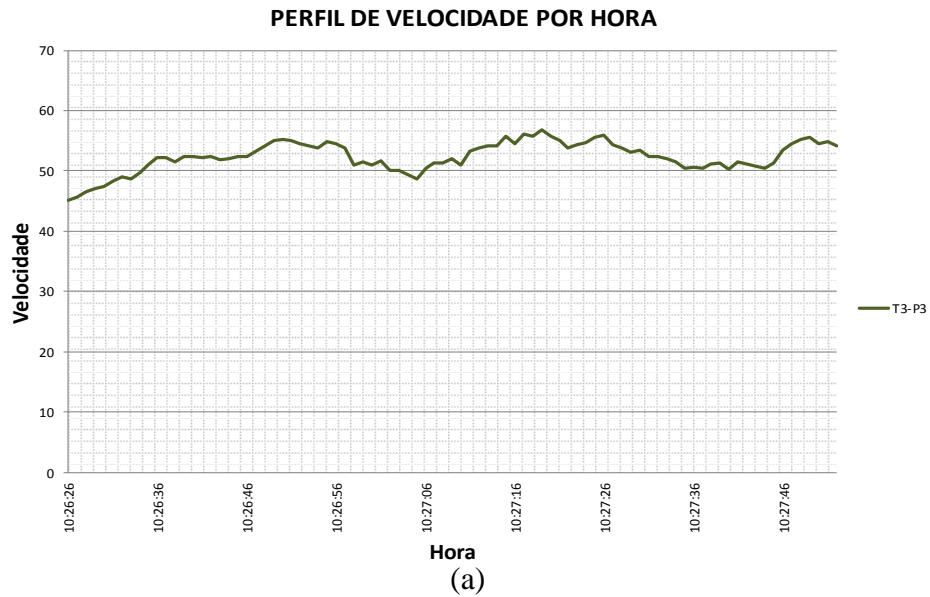
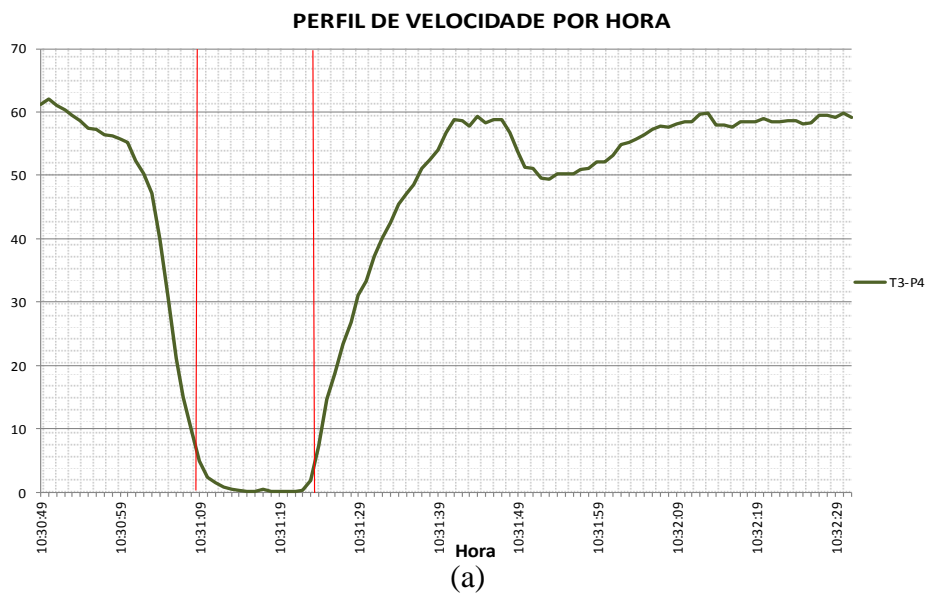
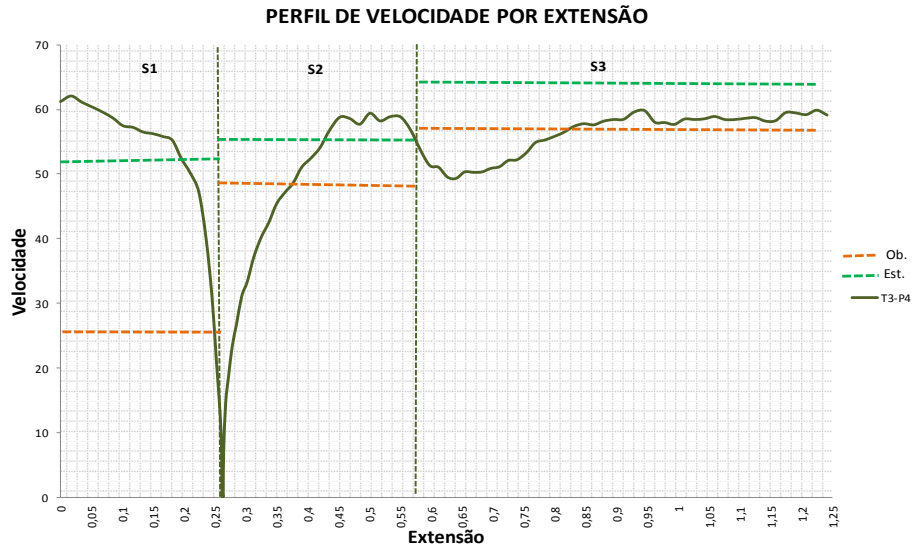


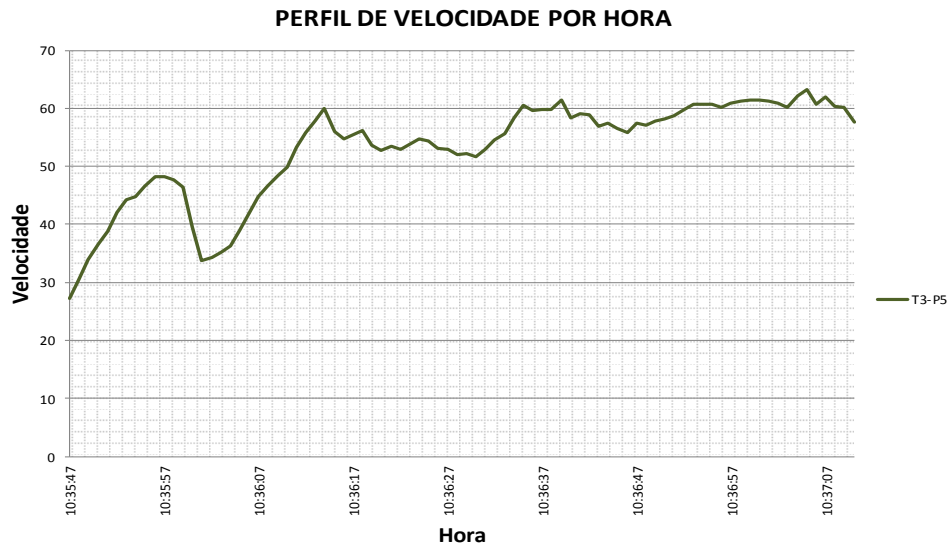
Figura C.16. Perfis de Velocidade Trecho 3- Percurso 3: (a) por Hora ,(b) por Extensão.



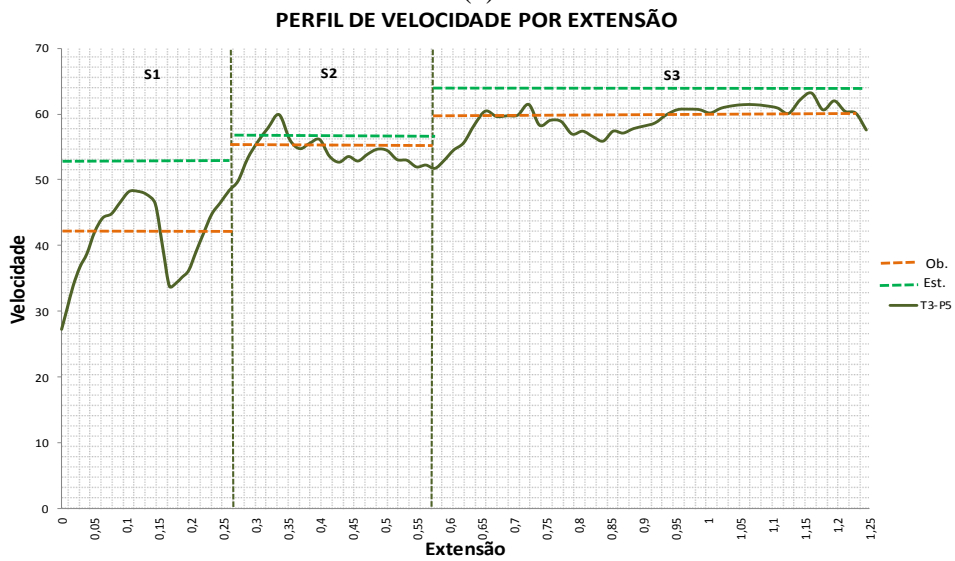


(b)

Figura C.17. Perfis de Velocidade Trecho 3- Percorrido 4: (a) por Hora ,(b) por Extensão.



(a)



(b)

Figura C.18. Perfis de Velocidade Trecho 3- Percorrido 5: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

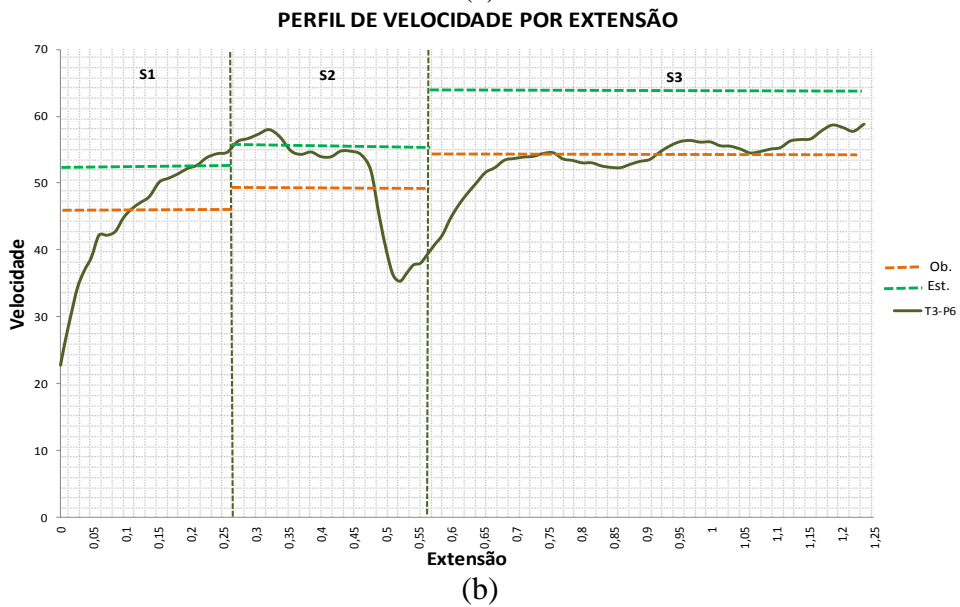
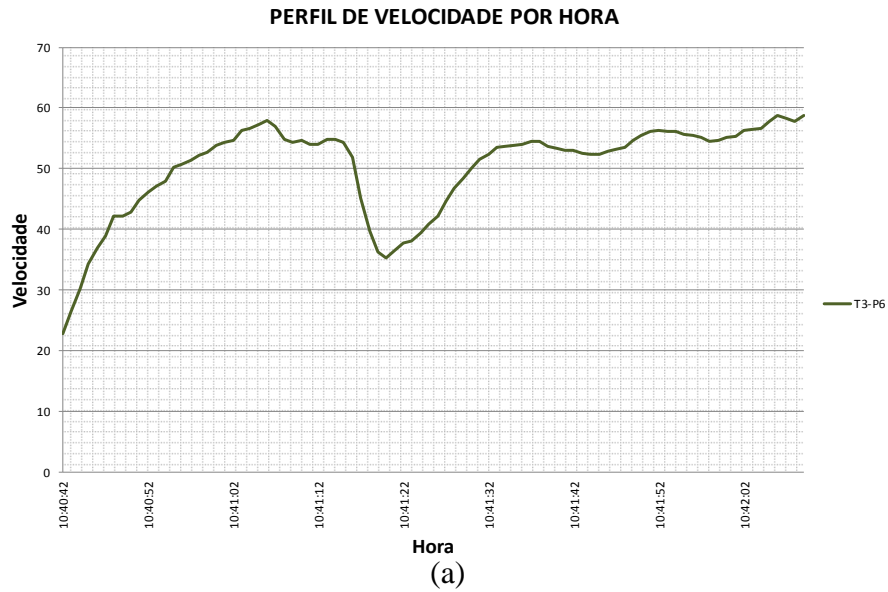
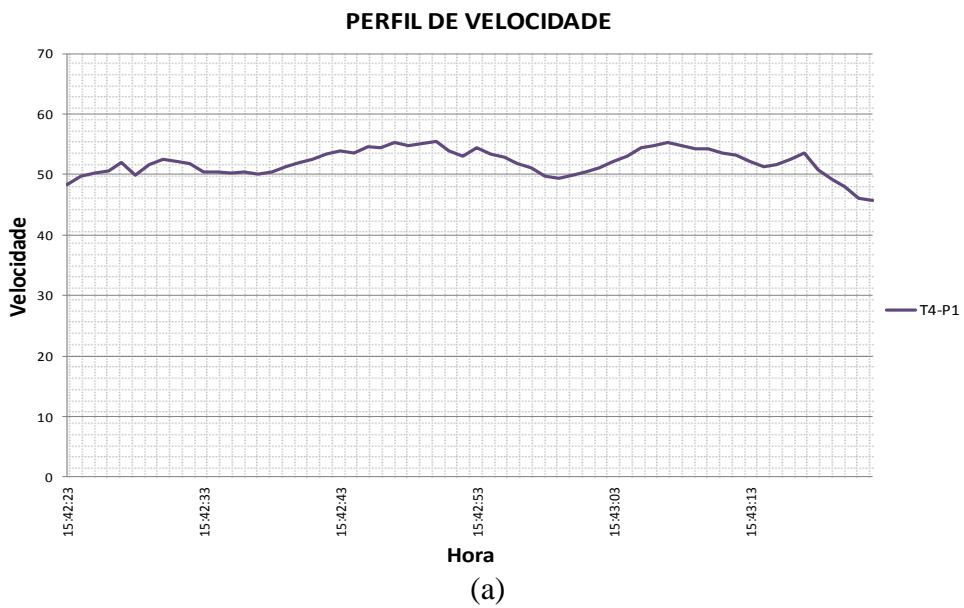
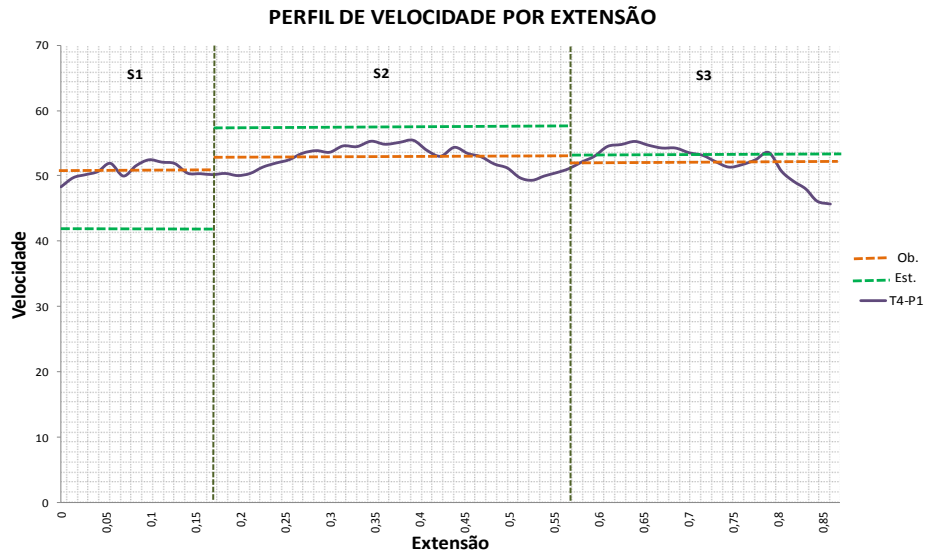


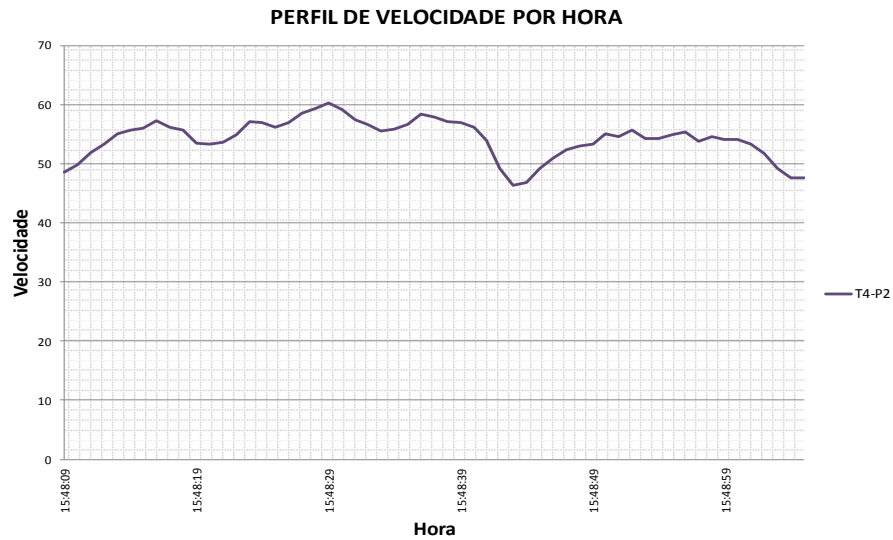
Figura C.19. Perfis de Velocidade Trecho 3- Percorrido 6: (a) por Hora ,(b) por Extensão.



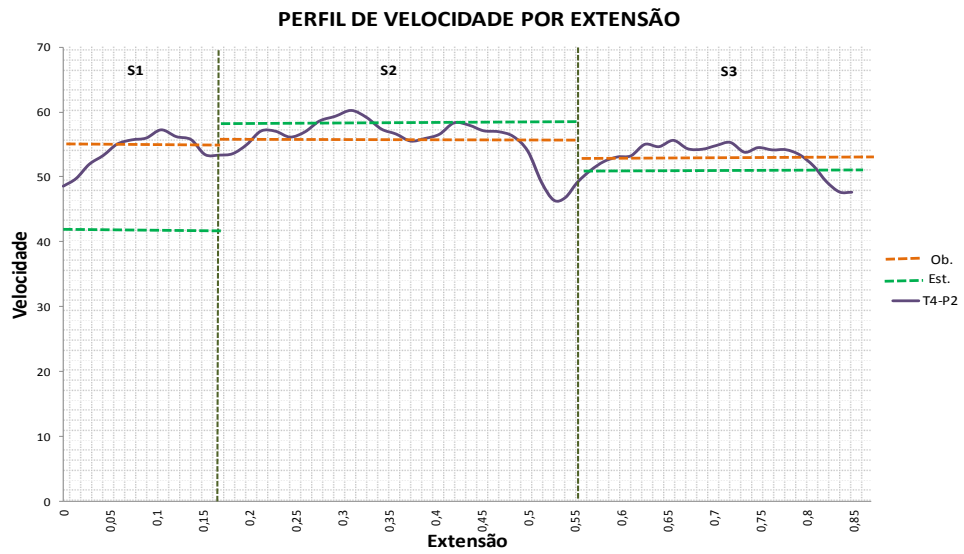


(b)

Figura C.20. Perfis de Velocidade Trecho 4- Percorrido 1: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

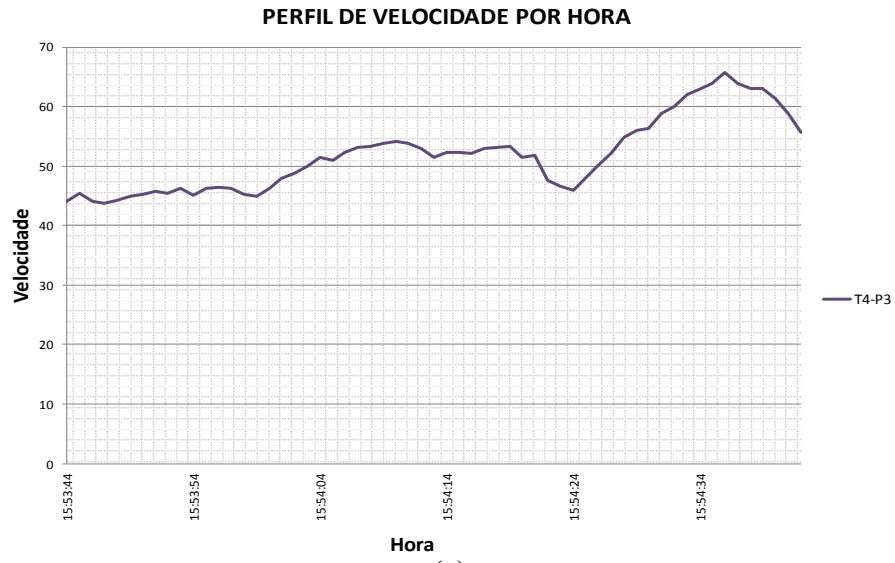


(a)

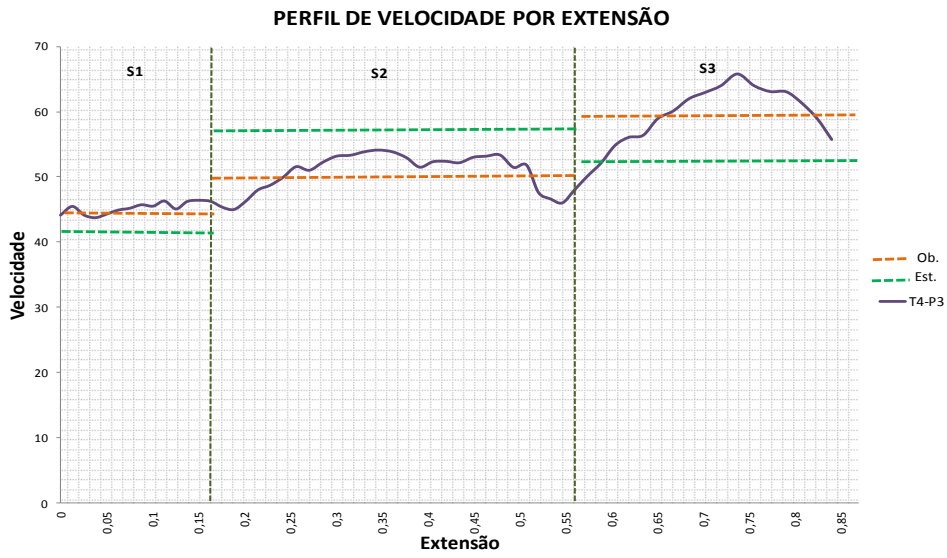


(b)

Figura C.21. Perfis de Velocidade Trecho 4- Percorrido 2: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

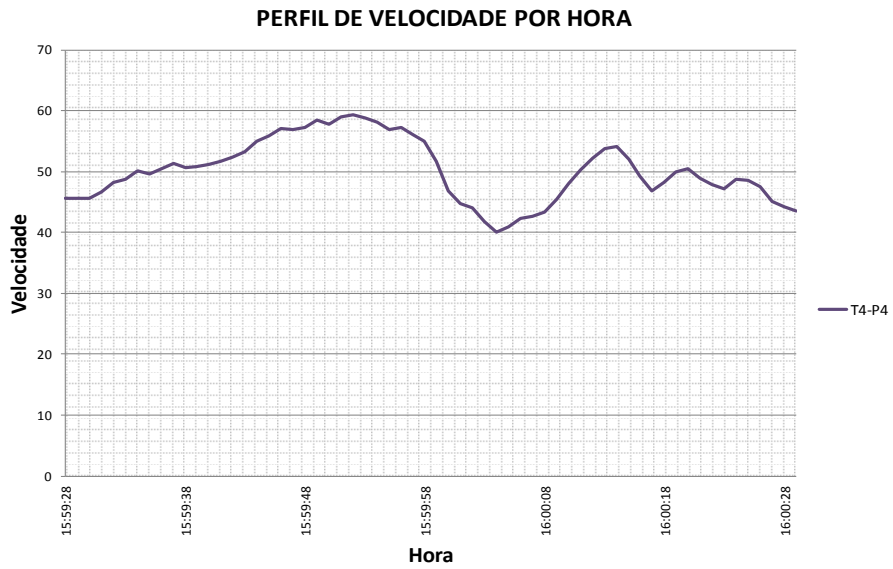


(a)



(b)

Figura C.22. Perfis de Velocidade Trecho 4- Percorrido 3: (a) por Hora ,(b) por Extensão.



(a)

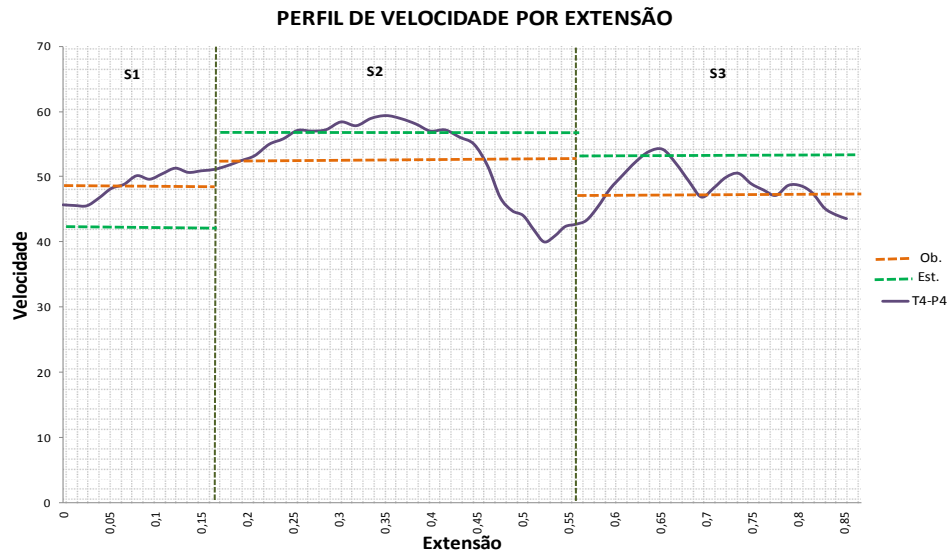


Figura C.23. Perfis de Velocidade Trecho 4- Percurso 4: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

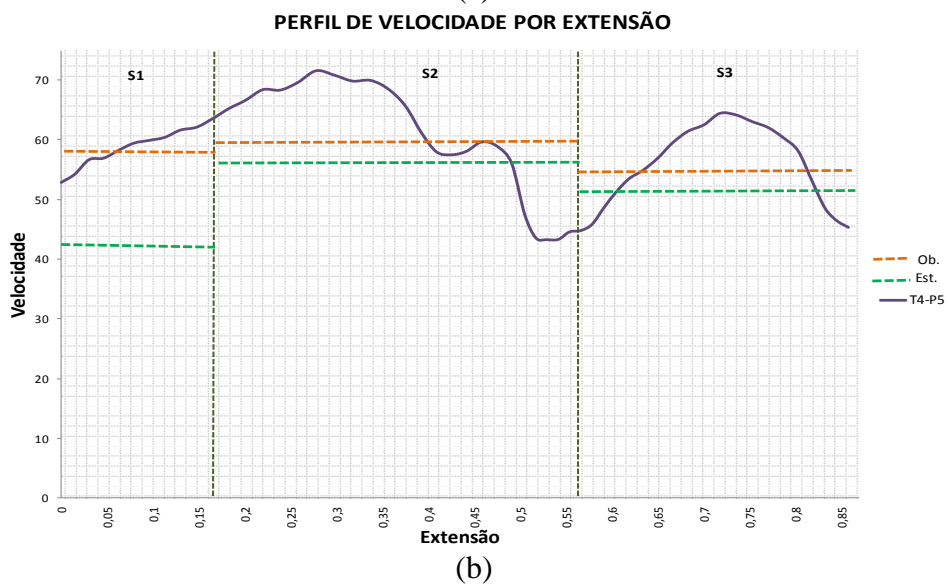
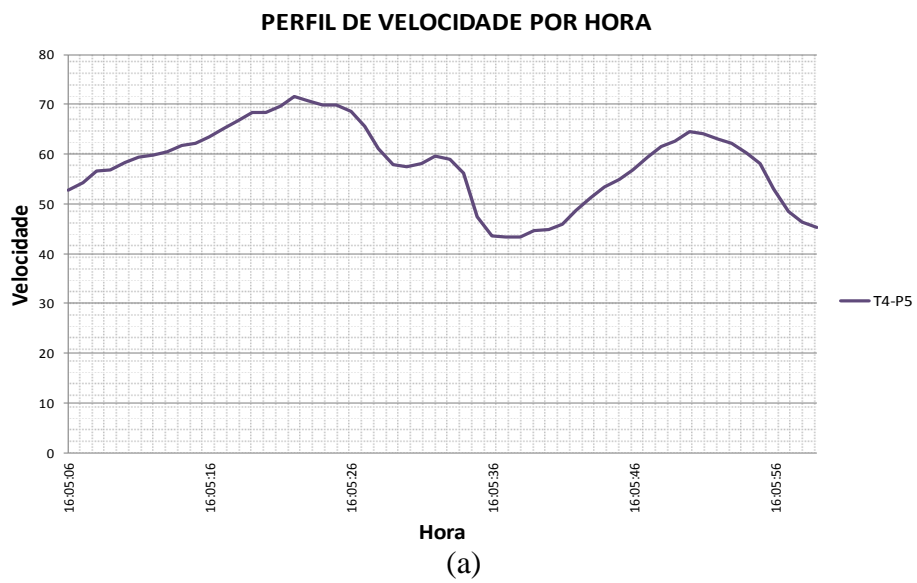


Figura C.24. Perfis de Velocidade Trecho 4- Percurso 5: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

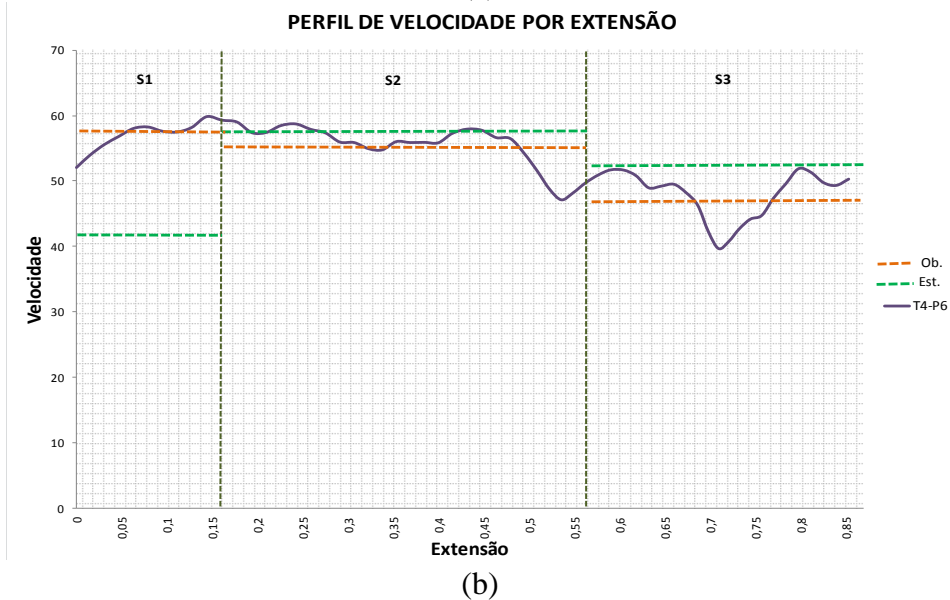
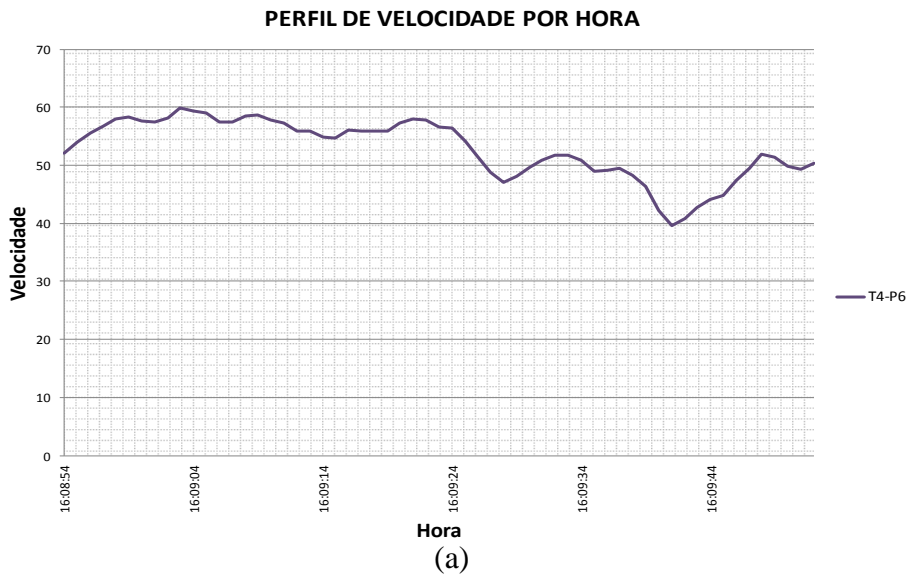
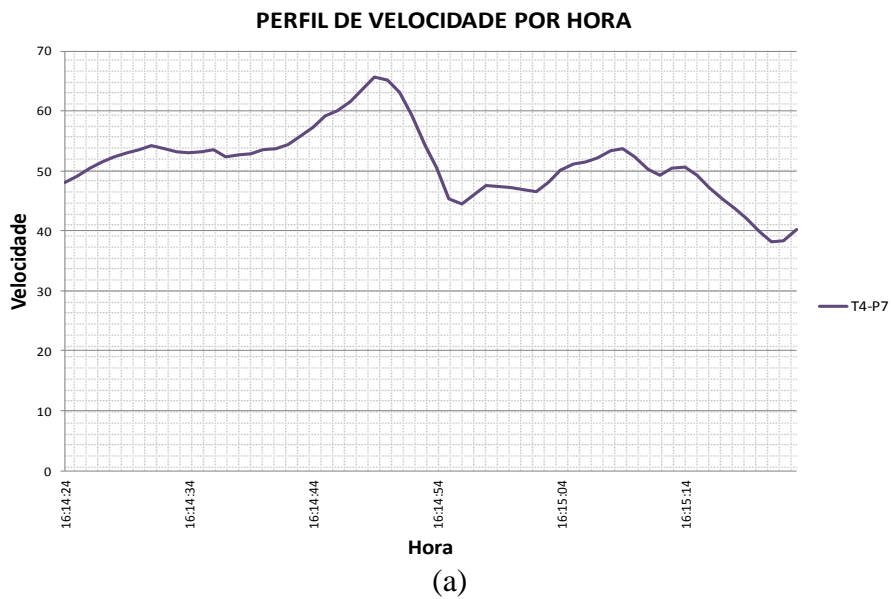


Figura C.25. Perfis de Velocidade Trecho 4- Percorrido 6: (a) por Hora ,(b) por Extensão.



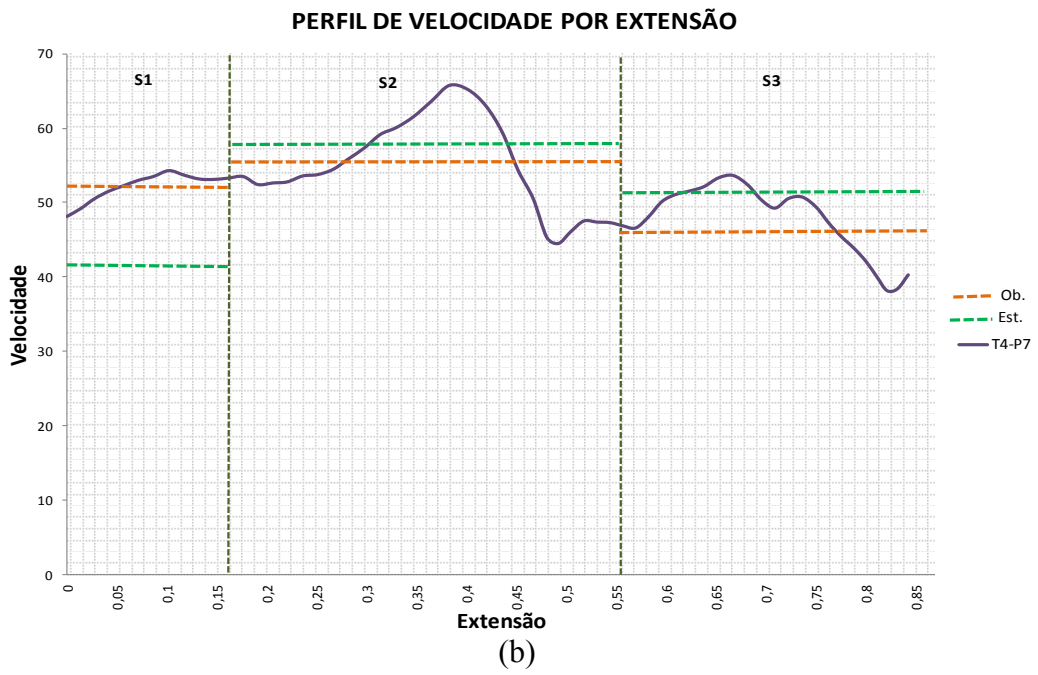


Figura C.26. Perfis de Velocidade Trecho 4- Percorrido 7: (a) por Hora ,(b) por Extensão.

ANEXO D – ANÁLISE DE CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO

Tabela D.1. Tempo de Percorrido – Trecho 1

TEMPO DE PERCORRIDO - TRECHO 1											
Informações Gerais						Informações do Local					
Analista	Andres Felipe Idrobo Samboni					Via	Avenida W3 Norte				
Empresa	Universidade de Brasília					Jurisdição	Plano Piloto DF				
Data	21 de Outubro de 2013					Ano do análise	2013				
Período análise	1 hora					Nível de análise	Operacional				
Dados de Entrada											
	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		Segmento 5		
Direção de viagem	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	
Dados do Segmento											
Numero de faixas que atravessam o segmento (N_{th}), f	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Limite de velocidade (S_{pl}), mi/h	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	
Volume de segmento médio (V_m), veí/h	1604	1604	1320	1320	1496	1496	1340	1340	1616	1616	
Atraso total devido a giros nos pontos de acesso ($\sum d_{pa}$), s/veí	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
Atraso devido a outras fontes de no segmento (d_{ou}), s/veí											
Extensão do segmento (E), ft	883	883	1043	1043	308	308	712	712	807	807	
Largura da interseção de entrada (W_i), ft	43	43	0	0	46	46	52	52	108	108	
Extensão do segmento, com uma média restritiva (L_{mr}), ft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tempo perdido na saída do veículo (l_1), seg	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Dados do Acesso											
Porcentagem de acessos na via ao lado direito (p_{curb})	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Numero de pontos de acesso no lado direito (N_{pa})	2	1	2	1	0	0	2	1	0	2	
Calculo do Tempo de Percorrido											
Ajuste da extensão do segmento (E_{adj}), m $E_{adj} = E - W_i$	840	840	1043	1043	262	262	659	659	699	699	
Proporção da extensão do segmento, com média restritiva (p_{mr}), $p_{mr} = L_{mr}/E_{adj}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Velocidade Constante (S_0), mi/h $S_0 = 25.6 + 0.47 S_{pl}$	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
Ajuste por seção (f_{cs}), mi/h $f_{cs} = 1.5 p_{mr} - 0.47 p_{curb} - 3.7 p_{curb} p_{mr}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Densidade de pontos de acesso (D_a), p. acesso/mi $D_a = 5280 (N_{pa,E/N} + N_{pa,W/S}) / E_{adj}$	18,8595	18,8595	15,18249	15,18249	0	0	24,02006	24,02006	15,11121	15,11121	
Ajuste por pontos de acesso (f_A), mi/h $F_a = -0.078 D_a / N_{th}$	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	0,0	0,0	-0,9	-0,9	-0,6	-0,6	
Velocidade de fluxo livre - base (VFLB), mi/h $VFLB = S_0 + f_{cs} + F_a$	42,4	42,4	42,5	42,5	43,1	43,1	42,2	42,2	42,5	42,5	
Fator de ajuste de comprimento do segmento (f_L) $f_L = 1.02 - 4.7(VFLB - 19.5)/\max(E,400) \leq 1.0$	0,90	0,90	0,92	0,92	0,74	0,74	0,87	0,87	0,89	0,89	
Velocidade de fluxo livre (VFL), mi/h $VFL = VFLB * f_L$	38,1	38,1	39,0	39,0	32,0	32,0	36,7	36,7	37,7	37,7	
Fator de ajuste de proximidade (f_v) $f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{V_m}{52.8 N_{th} S_f}\right)^{0.21}}$	1,05	1,05	1,04	1,04	1,06	1,06	1,04	1,04	1,05	1,05	
Tempo de Percorrido (t_R), seg $t_R = \frac{6.0 - l_1}{0,0025 L} f_x + \frac{3,600 L}{5,280 VFL} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{outras}$	18,61	18,61	20,68	20,68	12,31	12,31	16,21	16,21	17,54	17,54	

Tabela D.2. Proporção de Chegada Durante o Verde e Controle de Atrasos – Trecho 1

PROPORÇÃO DE CHEGA DURANTE O VERDE- TRECHO 1											
Informações Gerais											
Descrição do Projeto	Avenida W3 Norte										
Dados de Entrada											
Direção de viagem	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		Segmento 5		
	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	
Dados de tempo dos sinais											
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)	0,95	0,95	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Dados de tráfego											
Relação do pelotão (R _p)	1,33	1,33	1	1	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
Proporção Chegando Durante o Verde											
Proporção chega durante verde (P) P = R _p (g/C)	1,26	1,26	0,89	0,89	1,18	1,18	1,18	1,18	1,19	1,19	1,19
CONTROLE DE ATRASO - TRECHO 1											
Informações Gerais											
Descrição do Projeto	Avenida W3 Norte										
Dados de Entrada											
Período de análise (T), h: 1 hora	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		Segmento 5		
Direção de viagem	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	
Dados de tempo dos sinais											
Duração do Ciclo (C), seg	219	219	104	104	98	98	96	96	102	102	
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)	0,95	0,95	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	
Dados de tráfego											
Volume da faixa de frente (V _{th}), veí/h	1604	1604	1320	1320	1496	1496	1340	1340	1616	1616	
Taxa de fluxo de saturação (S), veí/h/faixa	1673	1673	1668	1668	1737	1737	1670	1670	1670	1670	
Proporção chega durante verde (P)	1,26	1,26	0,89	0,89	1,18	1,18	1,18	1,18	1,19	1,19	
Relação volume/capacidade (X _u) dos mov. Ascendentes	0,96	0,96	0,79	0,79	0,86	0,86	0,80	0,80	0,97	0,97	
Dados plano geométrico											
Número de faixas de frente (N _{th}), faixas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Calculo do atraso											
Capacidade (c), veí/h c = N _{th} S g/C	3178	3178	2983	2983	3084	3084	2957	2957	2980	2980	
Relação volume/capacidade (X) X = V _{th} /c	0,50	0,50	0,44	0,44	0,49	0,49	0,45	0,45	0,54	0,54	
Atraso uniforme (d ₁), s/veí $d_1 = \frac{0.5C(1 - g/C)^2}{1 - [\min(1, X) g/C]}$	0,53	0,53	0,96	0,96	1,08	1,08	1,05	1,05	1,15	1,15	
Fator de ajuste interseção de entrada (I) $I = 1.0 - 0.91 X_u^{2.68} \geq 0.090$	0,19	0,19	0,51	0,51	0,39	0,39	0,50	0,50	0,17	0,17	
Atraso incremental (d ₂), s/veí $d_2 = 900 T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{4IX}{cT}} \right]$	0,11	0,11	0,25	0,25	0,21	0,21	0,25	0,25	0,12	0,12	
Controle de Atraso (d), s/veí d = d ₁ + d ₂	0,64	0,64	1,21	1,21	1,30	1,30	1,30	1,30	1,27	1,27	

Tabela D.3. Taxa de Parada – Trecho 1

TAXA DE PARADA - TRECHO 1												
Informações Gerais												
Descrição do Projeto	Avenida W3 Norte											
Dados de Entrada												
Período de análise (T), h: 1 hora			Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		Segmento 5	
Direção de viagem			E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S
Dados de tempo dos sinais												
Duração do Ciclo (C), seg			219	219	104	104	98	98	96	96	102	102
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)			0,95	0,95	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Dados de tráfego												
Volume da faixa de frente (V_{th}), veí/h			1604	1604	1320	1320	1496	1496	1340	1340	1616	1616
Taxa de fluxo de saturação (S), veí/h/faixa			1673	1673	1668	1668	1737	1737	1670	1670	1670	1670
Proporção chega durante verde (P)			1,26	1,26	0,89	0,89	1,18	1,18	1,18	1,18	1,19	1,19
Limite de velocidade (S_{pl}), mi/h			37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28
Atraso incremental (d2), s/veí			0,11	0,11	0,25	0,25	0,21	0,21	0,25	0,25	0,12	0,12
Dados plano geométrico												
Número de faixas de frente (N_{th}), faixas			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Calculo de Taxa de parada												
Tempo de verde efetivo (g), seg $g = C(g/C)$			208	208	93	93	87	87	85	85	91	91
Tempo de vermelho efetivo (r), seg $r = C - g$			11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Capacidade (c), veí/h $c = N_{th} S g/C$			3178	3178	2983	2983	3084	3084	2957	2957	2980	2980
Relação volume/capacidade (X) $X = V_{th}/c$			0,50	0,50	0,44	0,44	0,49	0,49	0,45	0,45	0,54	0,54
Velocidade Constante (S_o), mi/h $S_o = 25.6 + 0.47 S_{pl}$			43,12	43,12	43,12	43,12	43,12	43,12	43,12	43,12	43,12	43,12
Velocidade percurso (S_a), mi/h $= 0.90 (25.6 + 0.47 S_{pl})$	S_a		38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81
Intervalo de atraso de aceleração-desaceleração, s $(1-P)gX$			-27,63	-27,63	4,35	4,35	-7,63	-7,63	-6,84	-6,84	-9,21	-9,21
Atraso de aceleração-desaceleração (d_a), seg $d_a = 0.393 (S_a - 5.0)^2 / S_a$			11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58
Taxa de parada determinista (h_1), parada/veh $h_1 = \frac{1 - P(1 + d_a/g)}{1 - PX}$: Se $d_a \leq (1 - P)gX$ $h_1 = \frac{(1 - P)(r - d_a)}{r - (1 - P)gX}$: Se $d_a > (1 - P)gX$			0,003922	0,003922	-0,00916	-0,00916	0,005585	0,005585	0,005731	0,005731	0,005315	0,005315
Tamanho de fila no segundo tempo (Q_2), veí/faixa $= c d_2 / (3600 N_{th})$	Q_2		0,048	0,048	0,102	0,102	0,092	0,092	0,103	0,103	0,049	0,049
Taxa de Parada total (h), parada/veí $h_1 + 3600 N_{th} Q_2 / (V_{th} C)$	$h =$		0,005	0,005	-0,004	-0,004	0,010	0,010	0,011	0,011	0,007	0,007

Tabela D.4. Velocidade Média de Percurso, Taxa de Parada Espacial e Nível de Serviço – Trecho 1

VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO E TAXA DE PARADA ESPACIAL - TRECHO 1																																		
Informações Gerais																																		
Descrição do Projeto	Avenida W3 Norte																																	
Dados de Entrada																																		
	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		Segmento 5																									
Direção de viagem	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S																								
Extensão do segmento (L), ft	883	883	1043	1043	308	308	712	712	807	807																								
Velocidade de fluxo livre - base ($VFLB$), mi/h	42,4	42,4	42,5	42,5	43,1	43,1	42,2	42,2	42,5	42,5																								
Tempo de Percorrido (t_R), seg	18,61	18,61	20,68	20,68	12,31	12,31	16,21	16,21	17,54	17,54																								
Controle de Atraso (d), s/veí	0,64	0,64	1,21	1,21	1,30	1,30	1,30	1,30	1,27	1,27																								
Taxa de Parada total (h), parada/veí	0,005	0,005	-0,004	-0,004	0,010	0,010	0,011	0,011	0,007	0,007																								
Taxa de parada total devido a outras fontes no segmento (h_{ou}), paradas/veí	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																								
Calculo do Tempo de Velocidade Percurso																																		
Tempo de viagens (T_t), seg $Tt = t_R + d$	19,25	19,25	21,89	21,89	13,61	13,61	17,51	17,51	18,80	18,80																								
Velocidad média de Percuso (VMP), mi/h $VMP = \frac{3600 L}{5280 T_t}$	31,25	31,25	32,50	32,50	15,45	15,45	27,72	27,72	29,26	29,26																								
Calculo de Taxa de parada espacial																																		
Taxa de parada total (h_T), paradas/veh $h_T = h + h_{ou}$	0,005	0,005	-0,004	-0,004	0,010	0,010	0,011	0,011	0,007	0,007																								
Taxa de parada espacial (H_{seg}), paradas/mi $H_{seg} = \frac{5280 h_t}{L}$	0,03	0,03	-0,02	-0,02	0,17	0,17	0,09	0,09	0,05	0,05																								
Calculo de nível de Serviço																																		
Velocidade média de Percurso como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base (R) $R = 100 VMP/VFLB$	73,7	73,7	76,4	76,4	35,8	35,8	65,7	65,7	68,8	68,8																								
Nível de Serviço	B	B	B	B	E	E	C	C	B	B																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2" style="width: 30%;">Velocidade média de Percurso como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base (%)</td> <td colspan="2">Nível de serviço pela relação de volume com capacidade</td> </tr> <tr> <td style="width: 35%; text-align: center;">≤1.0</td> <td style="width: 35%; text-align: center;">>1.0</td> </tr> <tr> <td>>85</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">F</td> </tr> <tr> <td>>67-85</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">F</td> </tr> <tr> <td>>50-67</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">F</td> </tr> <tr> <td>>40-50</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">F</td> </tr> <tr> <td>>30-40</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">F</td> </tr> <tr> <td>≤30</td> <td style="text-align: center;">F</td> <td style="text-align: center;">F</td> </tr> </table>												Velocidade média de Percurso como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base (%)	Nível de serviço pela relação de volume com capacidade		≤1.0	>1.0	>85	A	F	>67-85	B	F	>50-67	C	F	>40-50	D	F	>30-40	E	F	≤30	F	F
Velocidade média de Percurso como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base (%)	Nível de serviço pela relação de volume com capacidade																																	
	≤1.0	>1.0																																
>85	A	F																																
>67-85	B	F																																
>50-67	C	F																																
>40-50	D	F																																
>30-40	E	F																																
≤30	F	F																																

Tabela D.5. Tempo de Percorrido – Trecho 2

TEMPO DE PERCORRIDO - TRECHO 2												
Informações Gerais					Informações do Local							
Analista	Andres Felipe Idrobo Samboni				Via	Avenida W3 Sul						
Empresa	Universidade de Brasília				Jurisdição	Plano Piloto DF						
Data	22 de Outubro de 2013				Ano do análise	2013						
Período análise	1 hora				Nível de análise	Operacional						
Dados de Entrada												
Direção de viagem					Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4	
					E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S
Dados do Segmento												
Numero de faixas que atravessam o segmento (N_{th}), f	2		2		2		2		2			
Limite de velocidade (S_{pl}), mi/h	37,28		37,28		37,28		37,28		37,28			
Volume de segmento médio (V_m), veí/h	1220		1220		1952		1952		1584			
Atraso total devido a giros nos pontos de acesso ($\sum d_{pa}$), s/veí	0,15		0,15		0,15		0,15		0,15			
Atraso devido a outras fontes de no segmento (d_{ou}), s/veí												
Extensão do segmento (E), ft	495		495		404		404		358			
Largura da interseção de entrada (W_i), ft	52		52		43		43		39			
Extensão do segmento, com uma média restritiva (L_{mr}), ft	0		0		0		0		0			
Tempo perdido na saída do veículo (I_1), seg	2		2		2		2		2			
Dados do Acessos												
Porcentagem de acessos na via ao lado direito (p_{curb})	0		0		0		0		0			
Numero de pontos de acesso no lado direito (N_{pa})	0		0		0		0		1			
Calculo do Tempo de Percorrido												
Ajuste da extensão do segmento (E_{adj}), m $E_{adj} = E - W_i$	443		443		361		361		318			
Proporção da extensão do segmento, com média restritiva (p_{mr}), $p_{mr} = L_{mr}/E_{adj}$	0		0		0		0		0			
Velocidade Constante (S_0), mi/h $S_0 = 25.6 + 0.47 S_{pl}$	43		43		43		43		43			
Ajuste por seção (f_{cs}), mi/h $f_{cs} = 1.5 p_{mr} - 0.47 p_{curb} - 3.7 p_{curb} p_{mr}$	0		0		0		0		0			
Densidade de pontos de acesso (D_a), p. acesso/mi $D_a = 5280 (N_{pa,E/N} + N_{pa,W/S}) / E_{adj}$	0		0		0		0		10,0584			
Ajuste por pontos de acesso (f_A), mi/h $F_a = -0.078 D_a / N_{th}$	0,0		0,0		0,0		0,0		-0,4			
Velocidade de fluxo livre - base (VFLB), mi/h $VFLB = S_0 + f_{cs} + F_a$	43,1		43,1		43,1		43,1		42,7			
Fator de ajuste de comprimento do segmento (f_L) $f_L = 1.02 - 4.7(VFLB - 19.5)/\max(E, 400) \leq 1.0$	0,80		0,80		0,74		0,74		0,92			
Velocidade de fluxo livre (VFL), mi/h $VFL = VFLB * f_L$	34,3		34,3		32,1		32,1		39,4			
Fator de ajuste de proximidade (f_v) $f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{V_m}{52.8 N_{th} S_f}\right)^{0.21}}$	1,04		1,04		1,09		1,09		1,07			
Tempo de Percorrido (t_R), seg $t_R = \frac{6.0 - I_1}{0,0025 L} f_x + \frac{3,600 L}{5,280 VFL} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{outras}$	13,65		13,65		13,45		13,45		12,74			

Tabela D.6. Proporção de Chegada Durante o Verde e Controle de Atrasos – Trecho 2

PROPORÇÃO DE CHEGA DURANTE O VERDE - TRECHO 2									
Informações Gerais									
Descrição do Projeto	Avenida W3 Sul								
Dados de Entrada									
Direção de viagem	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		
	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	
Dados de tempo dos sinais									
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)	0,84	0,84	0,94	0,94	0,88	0,88	0,93	0,93	
Dados de tráfego									
Relação do pelotão (R_p)	1,33	1,33	1	1	1,33	1,33	1,33	1,33	
Proporção Chegando Durante o Verde									
Proporção chega durante verde (P) $P = R_p (g/C)$	1,12	1,12	0,94	0,94	1,17	1,17	1,23	1,23	
CONTROLE DE ATRASO - TRECHO 2									
Informações Gerais									
Descrição do Projeto	Avenida W3 Sul								
Dados de Entrada									
Período de análise (T), h: 1 hora	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		
Direção de viagem	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	
Dados de tempo dos sinais									
Duração do Ciclo (C), seg	70	70	172	172	92	92	148	148	
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)	0,84	0,84	0,94	0,94	0,88	0,88	0,93	0,93	
Dados de tráfego									
Volume da faixa de frente (V_{th}), veí/h	1220	1220	1952	1952	1584	1584	1332	1332	
Taxa de fluxo de saturação (S), veí/h/faixa	1673	1673	1673	1673	1742	1742	1665	1665	
Proporção chega durante verde (P)	1,12	1,12	0,94	0,94	1,17	1,17	1,23	1,23	
Relação volume/capacidade (X_u) dos mov. Ascendentes	0,73	0,73	1,17	1,17	0,91	0,91	0,80	0,80	
Dados plano geométrico									
Número de faixas de frente (N_{th}), faixas	2	2	2	2	2	2	2	2	
Calculo do atraso									
Capacidade (c), veí/h $c = N_{th} S g/C$	2820	2820	3132	3132	3067	3067	3083	3083	
Relação volume/capacidade (X) $X = V_{th}/c$	0,43	0,43	0,62	0,62	0,52	0,52	0,43	0,43	
Atraso uniforme (d_1), s/veí $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1,X) g/C]}$	1,36	1,36	0,84	0,84	1,21	1,21	0,68	0,68	
Fator de ajuste interseção de entrada (I) $I = 1.0 - 0.91 X_u^{2.68} \geq 0.090$	0,61	0,61	-0,38	-0,38	0,29	0,29	0,50	0,50	
Atraso incremental (d_2), s/veí $d_2 = 900 T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4IX}{cT}} \right]$	0,30	0,30	-0,36	-0,36	0,18	0,18	0,22	0,22	
Controle de Atraso (d), s/veí $d = d_1 + d_2$	1,66	1,66	0,49	0,49	1,39	1,39	0,90	0,90	

Tabela D.7. Taxa de Parada – Trecho 2

TAXA DE PARADA - TRECHO 2												
Informações Gerais												
Descrição do Projeto	Avenida W3 Sul											
Dados de Entrada												
Período de análise (T), h: 1 hora					Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4	
Direção de viagem					E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S
Dados de tempo dos sinais												
Duração do Ciclo (C), seg					70	70	172	172	92	92	148	148
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)					0,84	0,84	0,94	0,94	0,88	0,88	0,93	0,93
Dados de tráfego												
Volume da faixa de frente (V_{th}), veí/h					1220	1220	1952	1952	1584	1584	1332	1332
Taxa de fluxo de saturação (S), veí/h/faixa					1673	1673	1673	1673	1742	1742	1665	1665
Proporção chega durante verde (P)					1,12	1,12	0,94	0,94	1,17	1,17	1,23	1,23
Limite de velocidade (S_{pl}), mi/h					37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28
Atraso incremental (d_2), s/veí					0,30	0,30	-0,36	-0,36	0,18	0,18	0,22	0,22
Dados plano geométrico												
Número de faixas de frente (N_{th}), faixas					2	2	2	2	2	2	2	2
Calculo de Taxa de parada												
Tempo de verde efetivo (g), seg $g = C(g/C)$					59	59	161	161	81	81	137	137
Tempo de vermelho efetivo (r), seg $r = C - g$					11	11	11	11	11	11	11	11
Capacidade (c), veí/h $c = N_{th} S g/C$					2820	2820	3132	3132	3067	3067	3083	3083
Relação volume/capacidade (X) $X = V_{th}/c$					0,43	0,43	0,62	0,62	0,52	0,52	0,43	0,43
Velocidade Constante (S_o), mi/h $S_o = 25.6 + 0.47 S_{pl}$					43,12	43,12	43,12	43,12	43,12	43,12	43,12	43,12
Velocidade percurso (S_a), mi/h $= 0.90 (25.6 + 0.47 S_{pl})$					38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81
Intervalo de atraso de aceleração-desaceleração, s $(1-P)gX$					-3,09	-3,09	6,42	6,42	-7,15	-7,15	-13,68	-13,68
Atraso de aceleração-desaceleração (d_a), seg $d_a = 0.393 (S_a - 5.0)^2 / S_a$					11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58
Taxa de parada determinista (h_1), parada/veh $h_1 = \frac{1 - P(1 + d_a/g)}{1 - PX}$: Se $d_a \leq (1 - P)gX$ $h_1 = \frac{(1 - P)(r - d_a)}{r - (1 - P)gX}$: Se $d_a > (1 - P)gX$					0,004944	0,004944	-0,00803	-0,00803	0,005422	0,005422	0,00539	0,00539
Tamanho de fila no segundo tempo (Q_2), veí/faixa $= c d_2 / (3600 N_{th})$					Q ₂							
Taxa de Parada total (h), parada/veí $h_1 + 3600 N_{th} Q_2 / (V_{th} C)$					h							
					0,015	0,015	-0,011	-0,011	0,009	0,009	0,009	0,009

Tabela D.8. Velocidade Média de Percurso, Taxa de Parada Espacial e Nível de Serviço – Trecho 2

VELOCIDADE MÉDIA DE PERCORRIDO E TAXA DE PARADA ESPACIAL - TRECHO 2										
Informações Gerais										
Descrição do Projeto	Avenida W3 Sul									
Dados de Entrada										
			Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4	
Direção de viagem			E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S
Extensão do segmento (L), ft			495	495	404	404	358	358	1102	1102
Velocidade de fluxo livre - base (VFLB), mi/h			43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	42,7	42,7
Tempo de Percorrido (t _R), seg			13,65	13,65	13,45	13,45	12,74	12,74	21,48	21,48
Controle de Atraso (d), s/veí			1,66	1,66	0,49	0,49	1,39	1,39	0,90	0,90
Taxa de Parada total (h), parada/veí			0,015	0,015	-0,011	-0,011	0,009	0,009	0,009	0,009
Taxa de parada total devido a outras fontes no segmento (h _{ou}), paradas/veí			0	0	0	0	0	0	0	0
Calculo do Tempo de Velocidade Percurso										
Tempo de viagens (T _t), seg	$Tt = t_R + d$		15,30	15,30	13,94	13,94	14,14	14,14	22,38	22,38
Velocidad média de Percuso (VMP), mi/h	$VMP = \frac{3600 L}{5280 T_t}$		22,07	22,07	19,74	19,74	17,25	17,25	33,59	33,59
Calculo de Taxa de parada espacial										
Taxa de parada total (h _T), paradas/veh	$h_T = h + h_{ou}$		0,015	0,015	-0,011	-0,011	0,009	0,009	0,009	0,009
Taxa de parada espacial (H _{seg}), paradas/mi	$H_{seg} = \frac{5280 h_t}{L}$		0,16	0,16	-0,15	-0,15	0,14	0,14	0,04	0,04
Calculo de nível de Serviço										
Velocidade média de Percurso como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base (R)	$R = 100 VMP/VFLB$		51,2	51,2	45,8	45,8	40,0	40,0	78,6	78,6
Nível de Serviço			C	C	D	D	D	D	B	B
Velocidade média de Percurso como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base (%)			Nível de serviço pela relação de volume com capacidade							
			≤1.0			>1.0				
	>85		A			F				
	>67-85		B			F				
	>50-67		C			F				
	>40-50		D			F				
	>30-40		E			F				
	≤30		F			F				

Tabela D.9. Tempo de Percorrido – Trecho 3

TEMPO DE PERCORRIDO - TRECHO 3									
Informações Gerais					Informações do Local				
Analista	Andres Felipe Idrobo Samboni				Via	Avenida L2 Norte			
Empresa	Universidade de Brasília				Jurisdição	Plano Piloto DF			
Data	22 de Outubro de 2013				Ano do análise	2013			
Período análise	1 hora				Nível de análise	Operacional			
Dados de Entrada									
Direção de viagem	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		
	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	
Dados do Segmento									
Numero de faixas que atravessam o segmento (N_{th}), f	3	3	3	3	3	3			
Limite de velocidade (S_{pl}), mi/h	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28			
Volume de segmento médio (V_m), veí/h	808	808	760	760	392	392			
Atraso total devido a giros nos pontos de acesso ($\sum d_{pa}$), s/veí	0,15	0,15	0,15	0,15	0,09	0,09			
Atraso devido a outras fontes de no segmento (d_{ou}), s/veí									
Extensão do segmento (E), ft	896	896	1007	1007	2175	2175			
Largura da interseção de entrada (W_i), ft	39	39	0	0	0	0			
Extensão do segmento, com uma média restritiva (L_{mr}), ft	0	0	0	0	0	0			
Tempo perdido na saída do veículo (l_s), seg	2	2	2	2	2	2			
Dados do Acessos									
Porcentagem de acessos na via ao lado direito (p_{curb})	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0			
Numero de pontos de acesso no lado direito (N_{pa})	1	2	2	0	0	2			
Calculo do Tempo de Percorrido									
Ajuste da extensão do segmento (E_{adj}), m $E_{adj} = E - W_i$	856	856	1007	1007	2175	2175			
Proporção da extensão do segmento, com média restritiva (p_{mr}), $p_{mr} = L_{mr} / E_{adj}$	0	0	0	0	0	0			
Velocidade Constante (S_0), km/h $S_0 = 25.6 + 0.47 S_{pl}$	43	43	43	43	43	43			
Ajuste por seção (f_{cs}), mi/h $f_{cs} = 1.5 p_{mr} - 0.47 p_{curb} - 3.7 p_{curb} p_{mr}$	0	0	0	0	0	0			
Densidade de pontos de acesso (D_a), p.acesso/mi $D_a = 5280 (N_{pa,E/N} + N_{pa,W/S}) / E_{adj}$	18,49821	18,49821	10,48433	10,48433	4,854733	4,854733			
Ajuste por pontos de acesso (f_A), mi/h $f_A = -0.078 D_a / N_{th}$	-0,5	-0,5	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1			
Velocidade de fluxo livre - base (VFLB), mi/h $VFLB = S_0 + f_{cs} + f_A$	42,6	42,6	42,9	42,9	43,0	43,0			
Fator de ajuste de comprimento do segmento (f_L) $f_L = 1.02 - 4.7(VFLB - 19.5) / \max(E, 400) \leq 1.0$	0,90	0,90	0,91	0,91	0,97	0,97			
Velocidade de fluxo livre (VFL), mi/h $VFL = VFLB * f_L$	38,3	38,3	39,0	39,0	41,7	41,7			
Fator de ajuste de proximidade (f_v) $f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{V_m}{52.8 N_{th} S_f}\right)^{0.21}}$	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01			
Tempo de Percorrido (t_R), seg $t_R = \frac{6.0 - l_s}{0.0025 L} f_x + \frac{3.600 L}{5.280 VFL} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{outras}$	18,11	18,11	19,57	19,57	36,64	36,64			

Tabela D.10. Proporção de Chegada Durante o Verde e Controle de Atrasos – Trecho 3

PROPORÇÃO DE CHEGA DURANTE O VERDE - TRECHO 3									
Informações Gerais									
Descrição do Projeto	Avenida L2 Norte								
Dados de Entrada									
Direção de viagem	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		
	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	
Dados de tempo dos sinais									
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)	0,92	0,92	0,94	0,94	0,99	0,99			
Dados de tráfego									
Relação do pelotão (R _p)	1	1	1	1	1	1			
Proporção Chegando Durante o Verde									
Proporção chega durante verde (P) P = R _p (g/C)	0,92	0,92	0,94	0,94	0,99	0,99			
CONTROLE DE ATRASO- TRECHO 3									
Informações Gerais									
Descrição do Projeto	Avenida L2 Norte								
Dados de Entrada									
Período de análise (T), h: 1 hora	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		
Direção de viagem	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	
Dados de tempo dos sinais									
Duração do Ciclo (C), seg	131	131	196	196	1467	1467			
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)	0,92	0,92	0,94	0,94	0,99	0,99			
Dados de tráfego									
Volume da faixa de frente (V _{th}), veí/h	808	808	760	760	392	392			
Taxa de fluxo de saturação (S), veí/h/faixa	1646	1646	1636	1636	1591	1591			
Proporção chega durante verde (P)	0,92	0,92	0,94	0,94	0,99	0,99			
Relação volume/capacidade (X _u) dos mov. Ascendentes	0,49	0,49	0,46	0,46	0,25	0,25			
Dados plano geométrico									
Número de faixas de frente (N _{th}), faixas	3	3	3	3	3	3			
Calculo do atraso									
Capacidade (c), veí/h c = N _{th} S g/C	4523	4523	4633	4633	4737	4737			
Relação volume/capacidade (X) X = V _{th} /c	0,18	0,18	0,16	0,16	0,08	0,08			
Atraso uniforme (d ₁), s/veí $d_1 = \frac{0.5C(1 - g/C)^2}{1 - [\min(1, X) g/C]}$	0,55	0,55	0,37	0,37	0,04	0,04			
Fator de ajuste interseção de entrada (I) $I = 1.0 - 0.91 X_u^{2.68} \geq 0.090$	0,86	0,86	0,88	0,88	0,98	0,98			
Atraso incremental (d ₂), s/veí $d_2 = 900 T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{4IX}{cT}} \right]$	0,07	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03			
Controle de Atraso (d), s/veí d = d ₁ + d ₂	0,63	0,63	0,43	0,43	0,08	0,08			

Tabela D.11. Taxa de Parada – Trecho 3

TAXA DE PARADA- TRECHO 3												
Informações Gerais												
Descrição do Projeto	Avenida L2 Norte											
Dados de Entrada												
Período de análise (T), h: 1 hora					Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4	
Direção de viagem					E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S
Dados de tempo dos sinais												
Duração do Ciclo (C), seg					131	131	196	196	1467	1467		
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)					0,92	0,92	0,94	0,94	0,99	0,99		
Dados de tráfego												
Volume da faixa de frente (V_{th}), veí/h					808	808	760	760	392	392		
Taxa de fluxo de saturação (S), veí/h/faixa					1646	1646	1636	1636	1591	1591		
Proporção chega durante verde (P)					0,92	0,92	0,94	0,94	0,99	0,99		
Limite de velocidade (S_{pl}), mi/h					37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28		
Atraso incremental (d_2), s/veí					0,07	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03		
Dados plano geométrico												
Número de faixas de frente (N_{th}), faixas					3	3	3	3	3	3		
Calculo de Taxa de parada												
Tempo de verde efetivo (g), seg $g = C(g/C)$					120	120	185	185	1456	1456		
Tempo de vermelho efetivo (r), seg $r = C - g$					11	11	11	11	11	11		
Capacidade (c), veí/h $c = N_{th} S g/C$					4523	4523	4633	4633	4737	4737		
Relação volume/capacidade (X) $X = V_{th}/c$					0,18	0,18	0,16	0,16	0,08	0,08		
Velocidade Constante (S_o), mi/h $S_o = 25.6 + 0.47 S_{pl}$					43,12	43,12	43,12	43,12	43,12	43,12		
Velocidade percurso (S_a), mi/h $= 0.90 (25.6 + 0.47 S_{pl})$					38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81		
Intervalo de atraso de aceleração-desaceleração, s $(1-P)gX$					1,80	1,80	1,70	1,70	0,90	0,90		
Atraso de aceleração-desaceleração (d_a), seg $d_a = 0.393 (S_a - 5.0)^2 / S_a$					11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58		
Taxa de parada determinista (h_1), parada/veh $h_1 = \frac{1 - P(1 + d_a/g)}{1 - PX}$: Se $d_a \leq (1 - P)gX$ $h_1 = \frac{(1 - P)(r - d_a)}{r - (1 - P)gX}$: Se $d_a > (1 - P)gX$					-0,00525	-0,00525	-0,00348	-0,00348	-0,00043	-0,00043		
Tamanho de fila no segundo tempo (Q_2), veí/faixa $= c d_2 / (3600 N_{th})$	Q ₂				0,031	0,031	0,029	0,029	0,015	0,015		
Taxa de Parada total (h), parada/veí $h_1 + 3600 N_{th} Q_2 / (V_{th} C)$	h =				-0,002	-0,002	-0,001	-0,001	0,000	0,000		

Tabela D.12. Velocidade Média de Percurso, Taxa de Parada Espacial e Nível de Serviço – Trecho 3

VELOCIDADE MÉDIA DE PERCORRIDO E TAXA DE PARADA ESPACIAL - TRECHO 3										
Informações Gerais										
Descrição do Projeto	Avenida L2 Norte									
Dados de Entrada										
			Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4	
Direção de viagem			E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S
Extensão do segmento (L), ft			896	896	1007	1007	2175	2175		
Velocidade de fluxo livre - base (VFLB), mi/h			42,6	42,6	42,9	42,9	43,0	43,0		
Tempo de Percorrido (t _R), seg			18,11	18,11	19,57	19,57	36,64	36,64		
Controle de Atraso (d), s/veí			0,63	0,63	0,43	0,43	0,08	0,08		
Taxa de Parada total (h), parada/veí			-0,002	-0,002	-0,001	-0,001	0,000	0,000		
Taxa de parada total devido a outras fontes no segmento (h _{ou}), paradas/veí			0	0	0	0	0	0		
Calculo do Tempo de Velocidade Percurso										
Tempo de viagens (T _t), seg $Tt = t_R + d$			18,74	18,74	20,00	20,00	36,72	36,72		
Velocidad média de Percuso (VMP), mi/h $VMP = \frac{3600 L}{5280 T_t}$			32,59	32,59	34,33	34,33	40,39	40,39		
Calculo de Taxa de parada espacial										
Taxa de parada total (h _T), paradas/veh $h_T = h + h_{ou}$			-0,002	-0,002	-0,001	-0,001	0,000	0,000		
Taxa de parada espacial (H _{seg}), paradas/mi $H_{seg} = \frac{5280 h_t}{L}$			-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00		
Calculo de nível de Serviço										
Velocidade média de Percurso como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base (R) $R = 100 VMP/VFLB$			76,4	76,4	80,1	80,1	93,9	93,9		
Nível de Serviço			B	B	B	B	A	A		
Velocidade média de Percurso como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base (%)			Nível de serviço pela relação de volume com capacidade							
			≤1.0			>1.0				
	>85		A			F				
	>67-85		B			F				
	>50-67		C			F				
	>40-50		D			F				
	>30-40		E			F				
	≤30		F			F				

Tabela D.13. Tempo de Percorrido – Trecho 4

TEMPO DE PERCORRIDO - TRECHO 4									
Informações Gerais					Informações do Local				
Analista	Andres Felipe Idrobo Samboni				Via	Avenida L2 Sul			
Empresa	Universidade de Brasília				Jurisdição	Plano Piloto DF			
Data	22 de Outubro de 2013				Ano do análise	2013			
Período análise	1 hora				Nível de análise	Operacional			
Dados de Entrada									
Direção de viagem	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		
	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	
Dados do Segmento									
Numero de faixas que atravessam o segmento (N_{th}), f	3	3	3	3	3	3			
Limite de velocidade (S_{pl}), mi/h	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28			
Volume de segmento médio (V_m), veí/h	1800	1800	1600	1600	1232	1232			
Atraso total devido a giros nos pontos de acesso ($\sum d_{pa}$), s/veí	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15			
Atraso devido a outras fontes de no segmento (d_{ou}), s/veí									
Extensão do segmento (E), ft	541	541	1299	1299	951	951			
Largura da interseção de entrada (W_i), ft	36	36	0	0	0	0			
Extensão do segmento, com uma média restritiva (L_{mr}), ft	0	0	0	0	0	0			
Tempo perdido na saída do veículo (l_1), seg	2	2	2	2	2	2			
Dados do Acessos									
Porcentagem de acessos na via ao lado direito (p_{curb})	0	0	0	0	0	0			
Numero de pontos de acesso no lado direito (N_{pa})	1	0	0	2	1	2			
Calculo do Tempo de Percorrido									
Ajuste da extensão do segmento (E_{adj}), m $E_{adj} = E - W_i$	505	505	1299	1299	951	951			
Proporção da extensão do segmento, com média restritiva (p_{mr}), $p_{mr} = L_{mr}/E_{adj}$	0	0	0	0	0	0			
Velocidade Constante (S_0), km/h $S_0 = 25.6 + 0.47 S_{pl}$	43	43	43	43	43	43			
Ajuste por seção (f_{cs}), mi/h $f_{cs} = 1.5 p_{mr} - 0.47 p_{curb} - 3.7 p_{curb} p_{mr}$	0	0	0	0	0	0			
Densidade de pontos de acesso (D_a), p.acesso/mi $D_a = 5280 (N_{pa,E/N} + N_{pa,W/S}) / E_{adj}$	10,45029	10,45029	8,128	8,128	16,64839	16,64839			
Ajuste por pontos de acesso (f_a), mi/h $f_a = -0.078 D_a / N_{th}$	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,4	-0,4			
Velocidade de fluxo livre - base (VFLB), mi/h $VFLB = S_0 + f_{cs} + f_a$	42,9	42,9	42,9	42,9	42,7	42,7			
Fator de ajuste de comprimento do segmento (f_L) $f_L = 1.02 - 4.7(VFLB - 19.5)/\max(E, 400) \leq 1.0$	0,82	0,82	0,94	0,94	0,91	0,91			
Velocidade de fluxo livre (VFL), mi/h $VFL = VFLB * f_L$	35,0	35,0	40,1	40,1	38,7	38,7			
Fator de ajuste de proximidade (f_v) $f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{V_m}{52.8 N_{th} S_f}\right)^{0.21}}$	1,04	1,04	1,03	1,03	1,02	1,02			
Tempo de Percorrido (t_R), seg $t_R = \frac{6.0 - l_1}{0,0025 L} f_x + \frac{3,600 L}{5,280 VFL} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{outras}$	14,08	14,08	24,12	24,12	19,01	19,01			

Tabela D.14. Proporção de Chegada Durante o Verde e Controle de Atrasos – Trecho 4

PROPORÇÃO DE CHEGA DURANTE O VERDE - TRECHO 4									
Informações Gerais									
Descrição do Projeto	Avenida L2 Sul								
Dados de Entrada									
Direção de viagem	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		
	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	
Dados de tempo dos sinais									
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)	0,94	0,94	0,89	0,89	0,87	0,87			
Dados de tráfego									
Relação do pelotão (R _p)	1	1	1	1	0,333	0,333			
Proporção Chegando Durante o Verde									
Proporção chega durante verde (P) P = R _p (g/C)	0,94	0,94	0,89	0,89	0,29	0,29			
CONTROLE DE ATRASO - TRECHO 4									
Informações Gerais									
Descrição do Projeto	Avenida L2 Sul								
Dados de Entrada									
Período de análise (T), h: 1 hora	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4		
Direção de viagem	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	
Dados de tempo dos sinais									
Duração do Ciclo (C), seg	197	197	100	100	85	85			
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)	0,94	0,94	0,89	0,89	0,87	0,87			
Dados de tráfego									
Volume da faixa de frente (V _{th}), veí/h	1800	1800	1600	1600	1232	1232			
Taxa de fluxo de saturação (S), veí/h/faixa	1683	1683	1681	1681	1678	1678			
Proporção chega durante verde (P)	0,94	0,94	0,89	0,89	0,29	0,29			
Relação volume/capacidade (X _u) dos mov. Ascendentes	1,07	1,07	0,95	0,95	0,73	0,73			
Dados plano geométrico									
Número de faixas de frente (N _{th}), faixas	3	3	3	3	3	3			
Calculo do atraso									
Capacidade (c), veí/h c = N _{th} S g/C	4767	4767	4488	4488	4383	4383			
Relação volume/capacidade (X) X = V _{th} /c	0,38	0,38	0,36	0,36	0,28	0,28			
Atraso uniforme (d ₁), s/veí $d_1 = \frac{0.5C(1 - g/C)^2}{1 - [\min(1, X) g/C]}$	0,48	0,48	0,89	0,89	0,94	0,94			
Fator de ajuste interseção de entrada (I) $I = 1.0 - 0.91 X_u^{2.68} \geq 0.090$	-0,09	-0,09	0,20	0,20	0,60	0,60			
Atraso incremental (d ₂), s/veí $d_2 = 900 T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{4IX}{cT}} \right]$	-0,02	-0,02	0,05	0,05	0,10	0,10			
Controle de Atraso (d), s/veí d = d ₁ + d ₂	0,46	0,46	0,93	0,93	1,04	1,04			

Tabela D.15. Taxa de Parada – Trecho 4

TAXA DE PARADA - TRECHO 4												
Informações Gerais												
Descrição do Projeto	Avenida L2 Sul											
Dados de Entrada												
Período de análise (T), h: 1 hora					Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4	
Direção de viagem					E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S
Dados de tempo dos sinais												
Duração do Ciclo (C), seg					197	197	100	100	85	85		
Relação do verde efetivo com extensão do ciclo (g/C)					0,94	0,94	0,89	0,89	0,87	0,87		
Dados de tráfego												
Volume da faixa de frente (V _{th}), veí/h					1800	1800	1600	1600	1232	1232		
Taxa de fluxo de saturação (S), veí/h/faixa					1683	1683	1681	1681	1678	1678		
Proporção chega durante verde (P)					0,94	0,94	0,89	0,89	0,29	0,29		
Limite de velocidade (S _{pl}), mi/h					37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28		
Atraso incremental (d ₂), s/veí					-0,02	-0,02	0,05	0,05	0,10	0,10		
Dados plano geométrico												
Número de faixas de frente (N _{th}), faixas					3	3	3	3	3	3		
Calculo de Taxa de parada												
Tempo de verde efetivo (g), seg $g = C(g/C)$					186	186	89	89	74	74		
Tempo de vermelho efetivo (r), seg $r = C - g$					11	11	11	11	11	11		
Capacidade (c), veí/h $c = N_{th} S g/C$					4767	4767	4488	4488	4383	4383		
Relação volume/capacidade (X) $X = V_{th}/c$					0,38	0,38	0,36	0,36	0,28	0,28		
Velocidade Constante (S _o), mi/h $S_o = 25.6 + 0.47 S_{pl}$					43,12	43,12	43,12	43,12	43,12	43,12		
Velocidade percurso (S _a), mi/h $= 0.90 (25.6 + 0.47 S_{pl})$					38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81		
Intervalo de atraso de aceleração-desaceleração, s (1-P)gX					3,92	3,92	3,49	3,49	14,77	14,77		
Atraso de aceleração-desaceleração (d _a), seg $d_a = 0.393 (S_a - 5.0)^2 / S_a$					11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58		
Taxa de parada determinista (h ₁), parada/veh $h_1 = \frac{1 - P(1 + d_a/g)}{1 - PX}$: Se $d_a \leq (1 - P)gX$ $h_1 = \frac{(1 - P)(r - d_a)}{r - (1 - P)gX}$: Se $d_a > (1 - P)gX$					-0,00454	-0,00454	-0,00843	-0,00843	0,723726	0,723726		
Tamanho de fila no segundo tempo (Q ₂), veí/faixa $= c d_2 / (3600 N_{th})$	Q ₂				-0,009	-0,009	0,019	0,019	0,039	0,039		
Taxa de Parada total (h), parada/veí $h_1 + 3600 N_{th} Q_2 / (V_{th} C)$	h =				-0,005	-0,005	-0,007	-0,007	0,728	0,728		

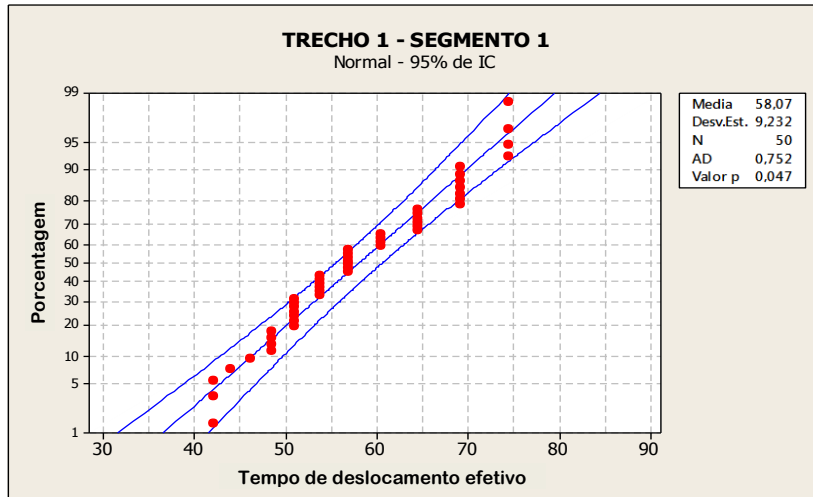
Tabela D.16. Velocidade Média de Percurso, Taxa de Parada Espacial e Nível de Serviço – Trecho 4

VELOCIDADE MÉDIA DE PERCORRIDO E TAXA DE PARADA ESPACIAL - TRECHO 4										
Informações Gerais										
Descrição do Projeto	Avenida L2 Sul									
Dados de Entrada										
			Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4	
Direção de viagem			E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S	E/N	W/S
Extensão do segmento (L), ft			541	541	1299	1299	951	951		
Velocidade de fluxo livre - base (VFLB), mi/h			42,9	42,9	42,9	42,9	42,7	42,7		
Tempo de Percorrido (t _R), seg			14,08	14,08	24,12	24,12	19,01	19,01		
Controle de Atraso (d), s/veí			0,46	0,46	0,93	0,93	1,04	1,04		
Taxa de Parada total (h), parada/veí			-0,005	-0,005	-0,007	-0,007	0,728	0,728		
Taxa de parada total devido a outras fontes no segmento (h _{ou}), paradas/veí			0	0	0	0	0	0		
Calculo do Tempo de Velocidade Percurso										
Tempo de viagens (T _t), seg $Tt = t_R + d$			14,54	14,54	25,06	25,06	20,05	20,05		
Velocidad média de Percuso (VMP), mi/h $VMP = \frac{3600 L}{5280 T_t}$			25,39	25,39	35,35	35,35	32,36	32,36		
Calculo de Taxa de parada espacial										
Taxa de parada total (h _τ), paradas/veh $h\tau = h + h_{ou}$			-0,005	-0,005	-0,007	-0,007	0,728	0,728		
Taxa de parada espacial (H _{seg}), paradas/mi $H_{seg} = \frac{5280 h_t}{L}$			-0,05	-0,05	-0,03	-0,03	4,04	4,04		
Calculo de nível de Serviço										
Velocidade média de Percurso como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base (R) $R = 100 VMP/VFLB$			59,3	59,3	82,4	82,4	75,8	75,8		
Nível de Serviço			C	C	B	B	B	B		
Velocidade média de Percurso como uma porcentagem da velocidade de fluxo livre-base (%)			Nível de serviço pela relação de volume com capacidade							
			≤1.0			>1.0				
	>85		A			F				
	>67-85		B			F				
	>50-67		C			F				
	>40-50		D			F				
	>30-40		E			F				
	≤30		F			F				

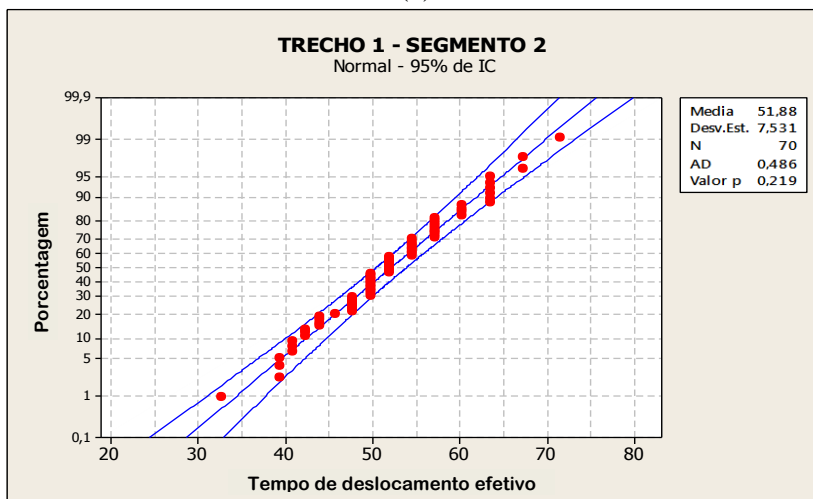
ANEXO E – TESTE DE NORMALIDADE DE ANDERSON-DARLING

ANEXO E-TESTE DE NORMALIDADE DE ANDERSON-DARLING

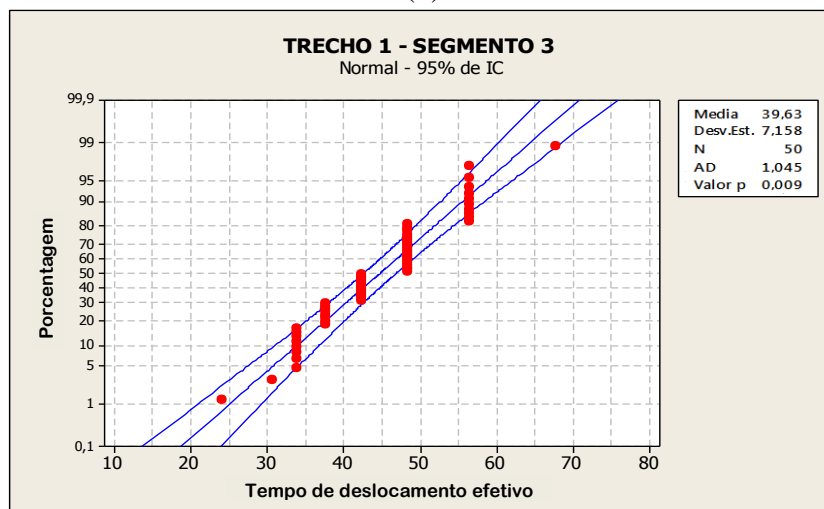
Na sequência se apresenta graficamente o teste realizado nos resultados de tempo de deslocamento efetivo nos quatro trechos de estudo.



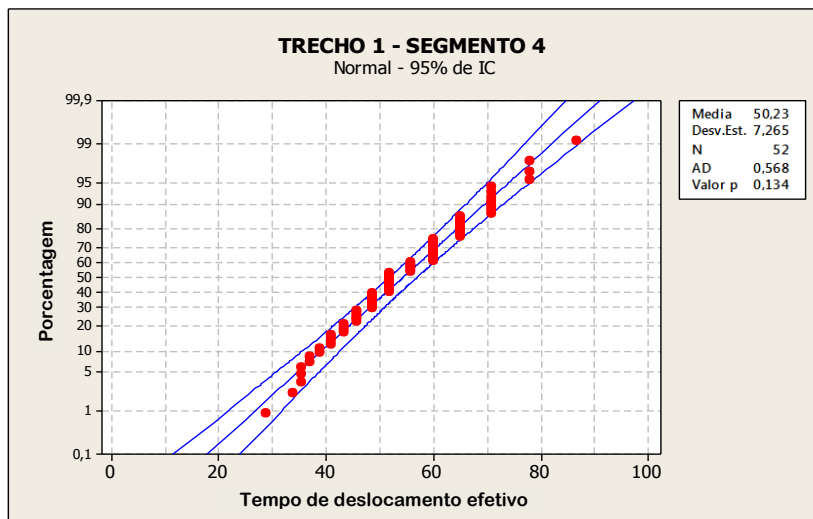
(a)



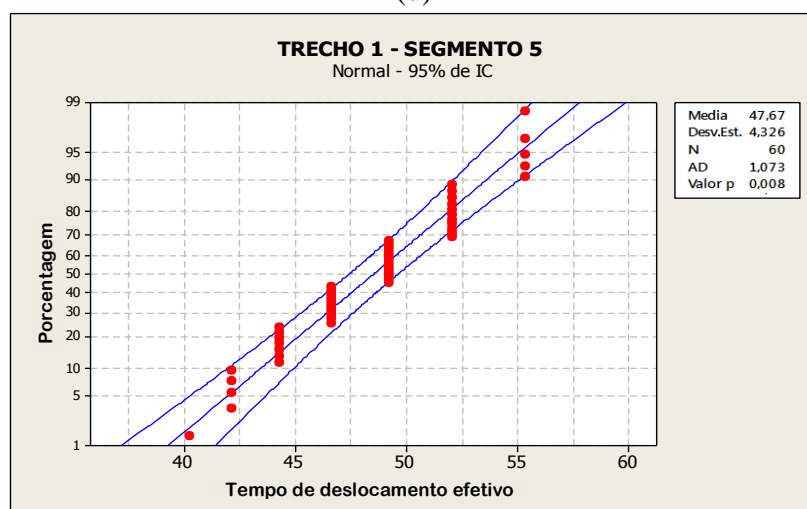
(b)



(c)

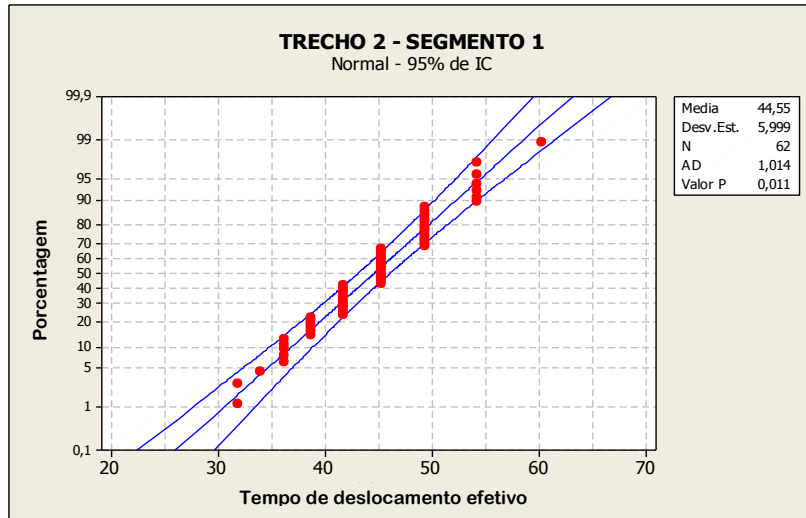


(d)

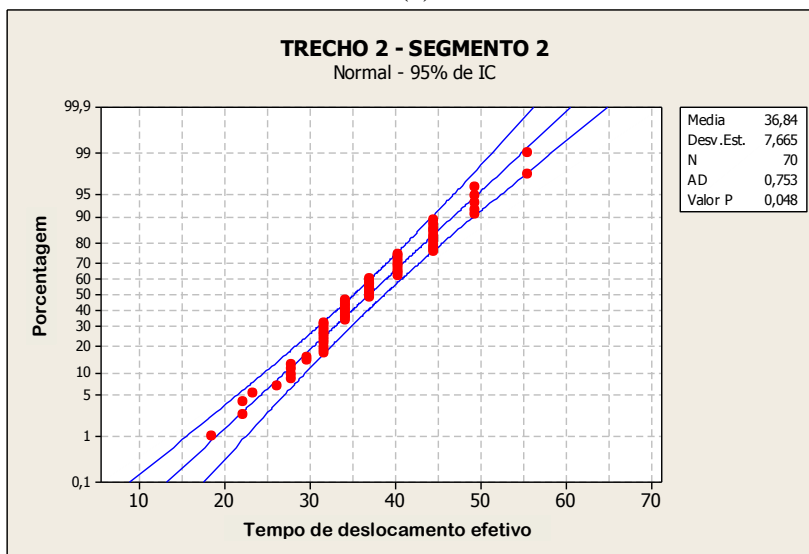


(e)

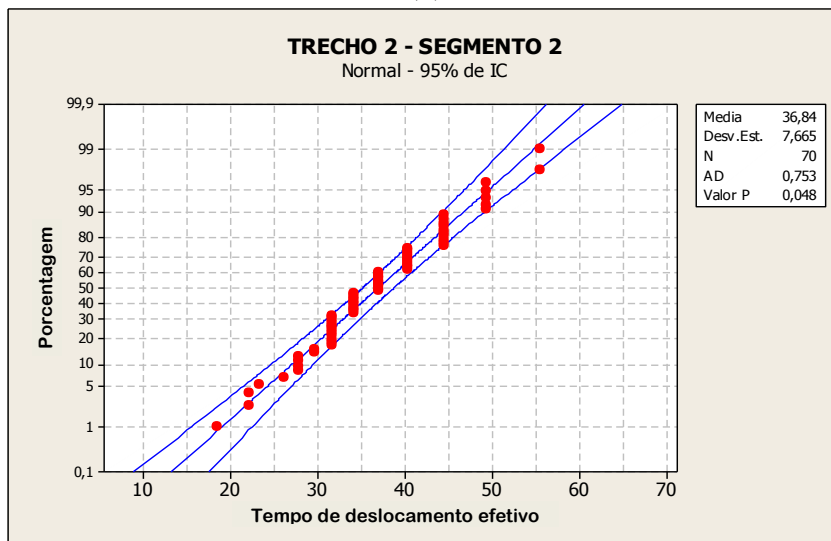
Figura E.1. Gráfico de probabilidade normal dos resultados de velocidades médias de percurso do Trecho 2 (a) Segmento 1, (b) Segmento 2, (c) Segmento 3, (d) Segmento 4, (e) Segmento 5.



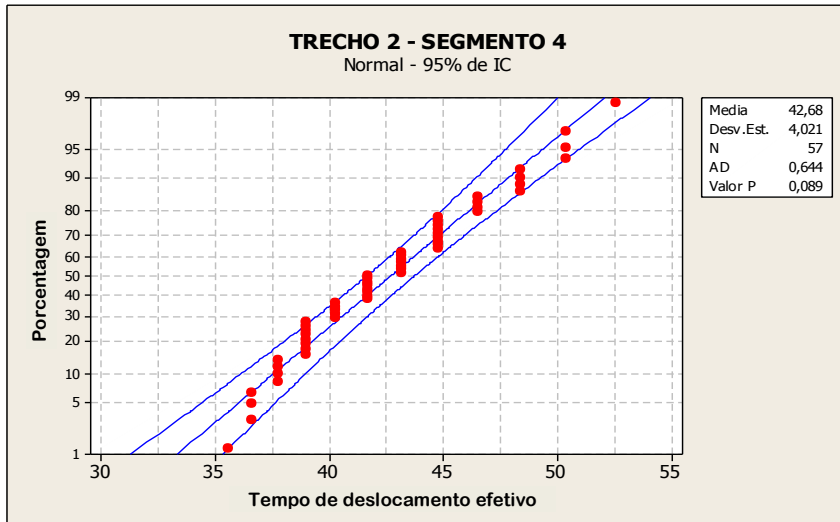
(a)



(b)

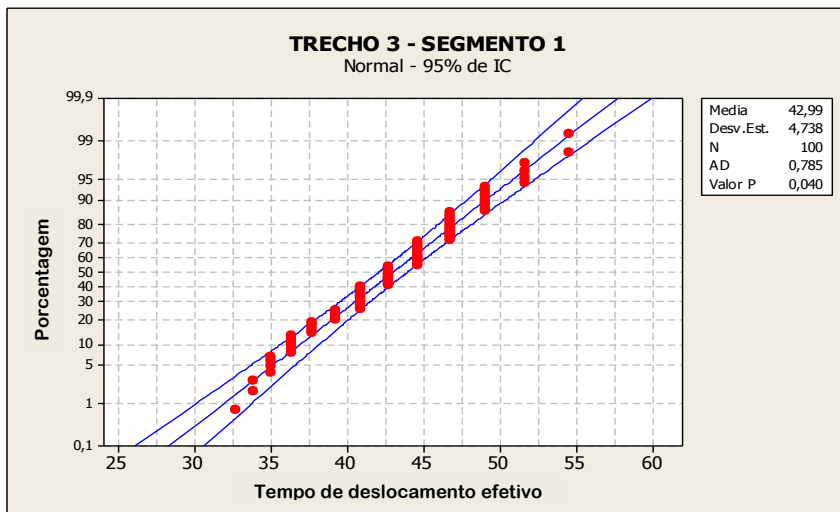


(c)

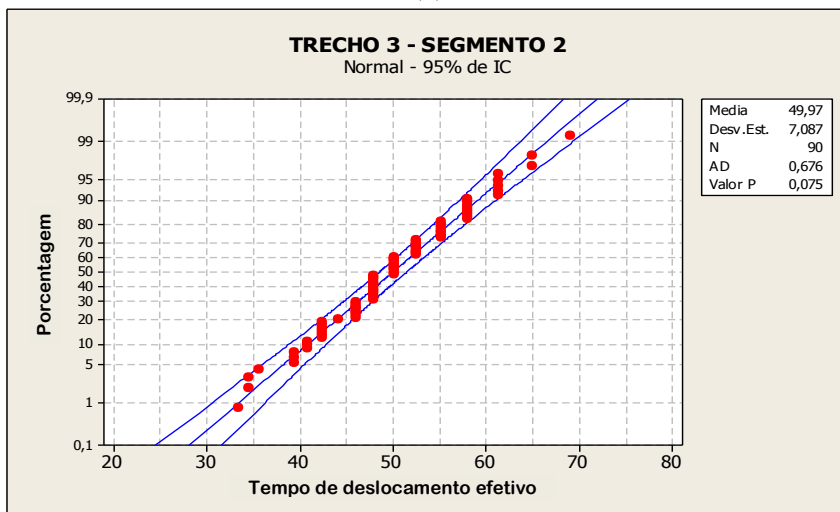


(d)

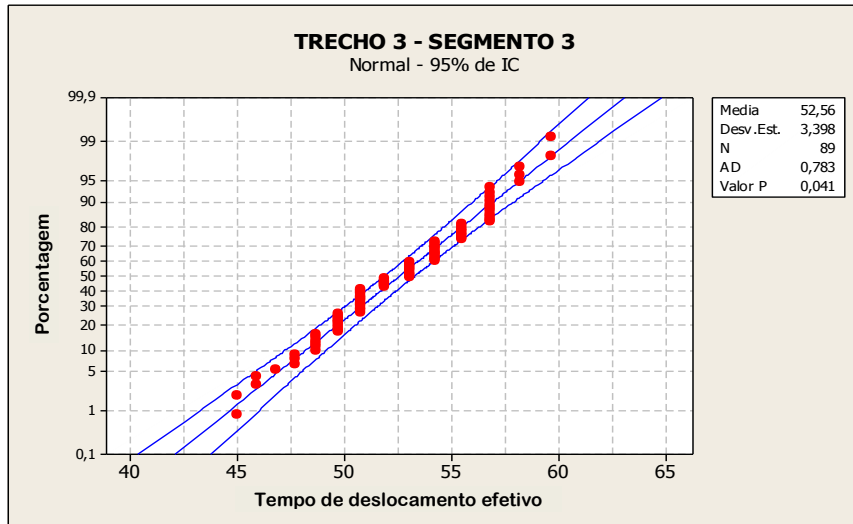
Figura E.2. Gráfico de probabilidade normal dos resultados de velocidades médias de percurso do Trecho 2 (a) Segmento 1, (b) Segmento 2, (c) Segmento 3, (d) Segmento 4.



(a)

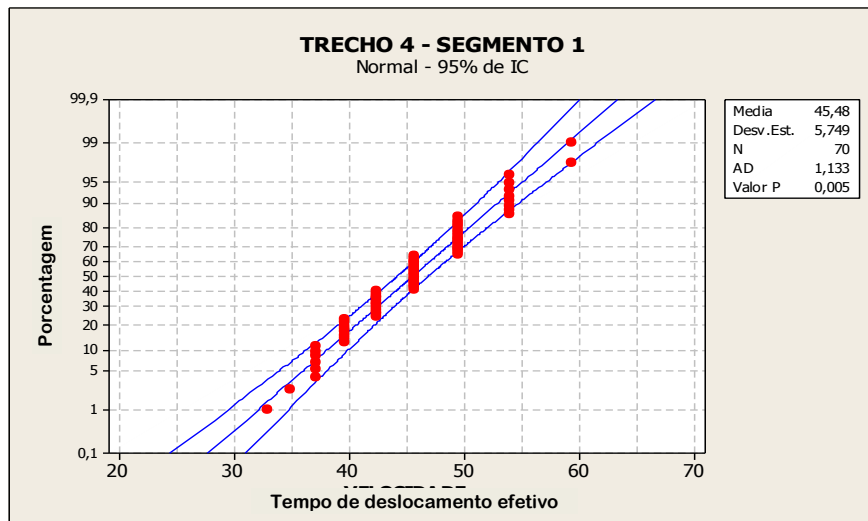


(b)

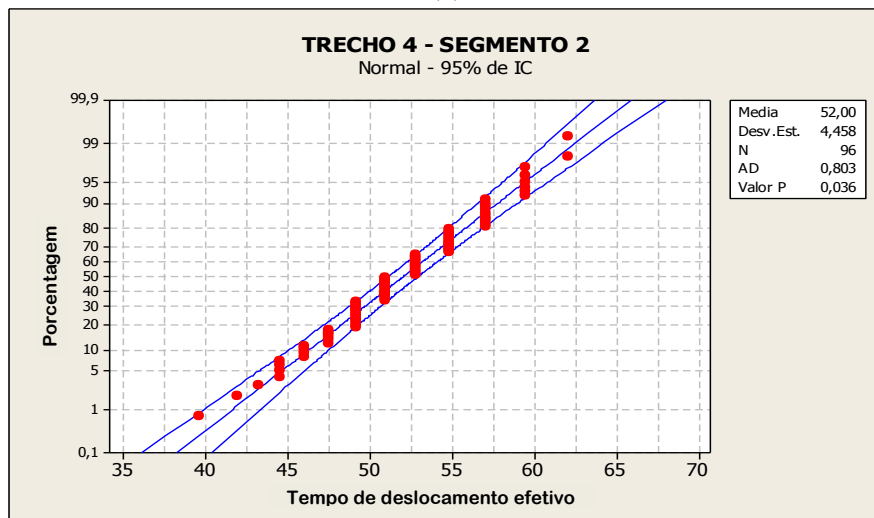


(c)

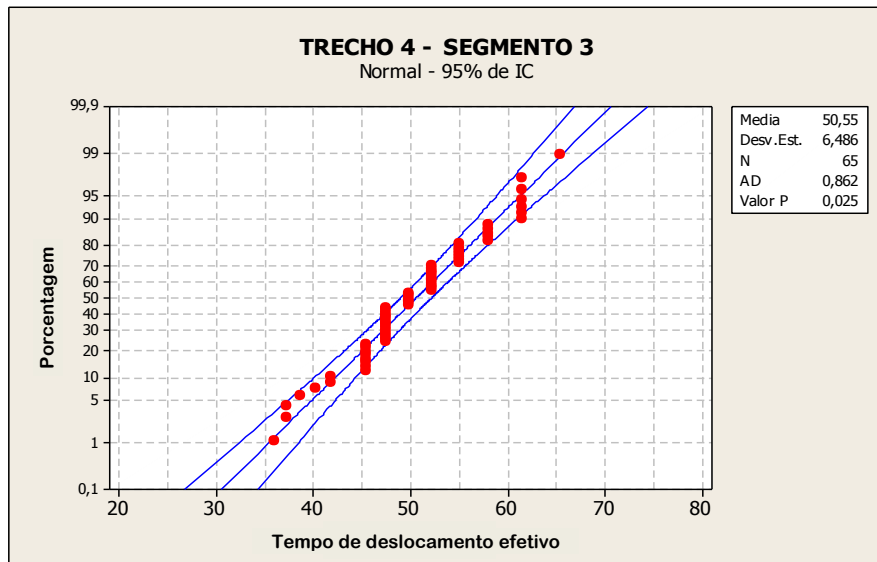
Figura E.3 – Gráfico de probabilidade normal dos resultados de velocidades médias de percurso do Trecho 3: (a) Segmento1, (b) Segmento2, (c) Segmento3.



(a)



(b)



(c)

Figura E.4. Gráfico de probabilidade normal dos resultados de velocidades médias de percurso do Trecho 4: (a) Segmento1, (b) Segmento2, (c) Segmento3.

**ANEXO F – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS OBTIDOS DE
TEMPOS DE DESLOCAMENTO EFETIVO NOS QUATRO
TRECHOS.**

Tabela F.1. Dados de tempo de descolamento efetivo no Segmento 1, Trecho 1

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 1 - Segmento 1					
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	19	18	14	35	19
2	14	19	15	36	23
3	17	20	17	37	18
4	20	21	13	38	18
5	14	22	16	39	16
6	15	23	14	40	17
7	15	24	18	41	20
8	16	25	19	42	18
9	13	26	15	43	19
10	14	27	20	44	19
11	14	28	16	45	23
12	14	29	23	46	17
13	15	30	17	47	20
14	13	31	19	48	18
15	13	32	18	49	22
16	19	33	17	50	21
17	15	34	17	-	-

Tabela F.2. Análise Estatístico dos dados do Segmento 1, Trecho1

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
13-15	14,00	17	34%	34%	238,00	3332
15-17	16,00	11	22%	56%	176,00	2816
17-19	18,00	13	26%	82%	234,00	4212
19-21	20,00	5	10%	92%	100,00	2000
21-23	22,00	4	8%	100%	88,00	1936
Total	-	50	100%	-	836,00	14296
		$x=$	17,12			

Tabela F.3. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 1, Trecho 1

Estatística descritiva T1-S1			
Média	17,12	Intervalo	10
Erro padrão	0,39	Mínimo	13
Mediana	17	Máximo	23
Modo	19	Contagem	50
Desvio padrão	2,76	Soma	856
Variância da amostra	7,62	N. de confiança (95,0%)	0.78

Tabela F.4. Dados de tempo de descolamento efetivo no Segmento 2, Trecho 1

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 1 - Segmento 2							
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	22	19	20	37	23	55	23
2	17	20	21	38	27	56	22
3	17	21	28	39	23	57	16
4	19	22	18	40	27	58	19
5	29	23	20	41	24	59	20
6	24	24	20	42	23	60	21
7	28	25	22	43	26	61	28
8	23	26	20	44	23	62	18
9	27	27	21	45	25	63	18
10	23	28	22	46	24	64	20
11	21	29	26	47	22	65	20
12	23	30	21	48	29	66	22
13	24	31	19	49	29	67	23
14	22	32	18	50	24	68	22
15	20	33	22	51	24	69	20
16	26	34	23	52	23	70	35
17	26	35	21	53	21	71	-
18	19	36	21	54	21	72	-

Tabela F.5. Análise Estatístico dos dados do Segmento 2, Trecho1

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$	
16-19	17,50	11	16%	16%	192,50	3368,75	
19-22	20,50	27	39%	54%	553,50	11346,75	
22-25	23,50	18	26%	80%	423,00	9940,5	
25-28	26,50	10	14%	94%	265,00	7022,5	
28-31	29,50	3	4%	99%	88,50	2610,75	
31-34	32,50	0	0%	99%	0,00	0	
34-37	35,50	1	1%	100%	35,50	1260,25	
Total	-	70	100%	-	1558,00	35549,5	
		$x=$	22,54				

Tabela F.6. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 2, Trecho 1

Estatística descritiva T1-S2			
Média	22,54	Intervalo	19
Erro padrão	0,411	Mínimo	16
Mediana	22	Máximo	35
Modo	23	Contagem	70
Desvio padrão	3,441	Soma	1578
Variância da amostra	11,845	N. de confiança (95,0%)	0,82

Tabela F.7. Dados de tempo de descolamento efetivo no Segmento 3, Trecho 1

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 1 - Segmento 3					
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	14	18	7	35	9
2	8	19	10	36	8
3	6	20	10	37	8
4	12	21	9	38	10
5	9	22	7	39	9
6	8	23	7	40	9
7	8	24	8	41	10
8	6	25	9	42	8
9	7	26	7	43	10
10	7	27	9	44	11
11	10	28	9	45	10
12	7	29	8	46	8
13	11	30	10	47	11
14	8	31	8	48	10
15	9	32	9	49	9
16	7	33	10	50	13
17	7	34	8	-	-

Tabela F.8. Análise Estatístico dos dados do Segmento 3, Trecho1

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
6-8	7,00	23	46%	46%	161,00	1127
8-10	9,00	21	42%	88%	189,00	1701
10-12	11,00	4	8%	96%	44,00	484
12-14	13,00	2	4%	100%	26,00	338
Total	-	50	100%	-	420,00	3650
		$x =$	8,84			

Tabela F.9. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 3, Trecho 1

Estatística descritiva T1-S3			
Média	8,84	Intervalo	8
Erro padrão	0,24	Mínimo	6
Mediana	9	Máximo	14
Modo	8	Contagem	50
Desvio padrão	1,67	Soma	442
Variância da amostra	2,79	N. de confiança (95,0%)	0,47

Tabela F.10. Dados de tempo de descolamento efetivo no Segmento 4, Trecho 1

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 1 - Segmento 4					
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	17	19	15	37	12
2	14	20	15	38	12
3	15	21	15	39	19
4	16	22	16	40	19
5	16	23	14	41	16
6	16	24	17	42	18
7	17	25	17	43	13
8	18	26	16	44	13
9	15	27	13	45	17
10	14	28	12	46	20
11	19	29	16	47	13
12	15	30	18	48	21
13	15	31	18	49	14
14	19	32	20	50	17
15	15	33	21	51	13
16	15	34	13	52	16
17	14	35	15	-	-
18	14	36	16	-	-

Tabela F.11. Análise Estatístico dos dados do Segmento 4, Trecho1

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
12-14	13,00	15	29%	29%	195,00	2535
14-16	15,00	19	37%	65%	285,00	4275
16-18	17,00	10	19%	85%	170,00	2890
18-20	19,00	6	12%	96%	114,00	2166
20-22	21,00	2	4%	100%	42,00	882
Total	-	52	100%	-	806,00	12748
		$x=$	15,85			

Tabela F.12. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 4, Trecho 1

Estatística descritiva T1-S4			
Média	15,84	Intervalo	9
Erro padrão	0,32	Mínimo	12
Mediana	16	Máximo	21
Modo	15	Contagem	52
Desvio padrão	2,32	Soma	824
Variância da amostra	5,39	N. de confiança (95,0%)	0,65

Tabela F.13. Dados de tempo de descolamento efetivo no Segmento 5, Trecho 1

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 1 - Segmento 5					
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	18	21	16	41	22
2	18	22	17	42	17
3	22	23	16	43	21
4	21	24	18	44	20
5	16	25	17	45	17
6	16	26	17	46	18
7	20	27	17	47	18
8	19	28	20	48	19
9	19	29	19	49	19
10	20	30	18	50	18
11	20	31	17	51	21
12	19	32	17	52	19
13	17	33	19	53	18
14	18	34	20	54	18
15	21	35	18	55	20
16	22	36	22	56	18
17	20	37	19	57	18
18	17	38	21	58	19
19	18	39	21	59	17
20	16	40	19	60	22

Tabela F.14. Análise Estatístico dos dados do Segmento 5, Trecho1

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
16-17	16,50	16	27%	27%	264,00	4356
17-18	17,50	14	23%	50%	245,00	4287,5
18-19	18,50	11	18%	68%	203,50	3764,75
19-20	19,50	8	13%	82%	156,00	3042
20-21	20,50	6	10%	92%	123,00	2521,5
21-22	21,50	5	8%	100%	107,50	2311,25
Total	-	60	100%	-	1099,00	20283
		$x =$	18,73			

Tabela F.15. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 5, Trecho 1

Estatística descritiva T1-S5			
Média	18,733	Intervalo	6
Erro padrão	0,2228	Mínimo	16
Mediana	18,5	Máximo	22
Modo	18	Contagem	60
Desvio padrão	1,73	Soma	1124
Variância da amostra	2,98	N. de confiança (95,0%)	0,4458

Tabela F.16. Dados de tempo de deslocamento efetivo no Segmento 1, Trecho 2

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 2 - Segmento 1							
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	11	17	13	33	11	49	11
2	12	18	12	34	12	50	10
3	13	19	14	35	12	51	10
4	12	20	13	36	11	52	11
5	12	21	11	37	11	53	17
6	13	22	12	38	15	54	11
7	13	23	12	39	11	55	10
8	12	24	12	40	12	56	14
9	11	25	16	41	13	57	10
10	14	26	14	42	13	58	17
11	12	27	13	43	12	59	9
12	11	28	12	44	14	60	15
13	11	29	11	45	13	61	15
14	13	30	12	46	15	62	-
15	13	31	15	47	14	63	-
16	12	32	13	48	10	64	-

Tabela F.17. Análise Estatístico dos dados do Segmento 1, Trecho2

Classe de tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
9-10	9,50	6	10%	10%	57,00	541,5
10-11	10,50	13	21%	31%	136,50	1433,25
11-12	11,50	16	26%	57%	184,00	2116
12-13	12,50	12	20%	77%	150,00	1875
13-14	13,50	6	10%	87%	81,00	1093,5
14-15	14,50	5	8%	95%	72,50	1051,25
15-16	15,50	1	2%	97%	15,50	240,25
16-17	16,50	2	3%	100%	33,00	544,5
Total	-	61	100%	-	729,50	8895,25
		$x =$	12,45			

Tabela F.18. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 1, Trecho 2

Estatística descritiva T2-S1			
Média	12,44	Intervalo	8
Erro padrão	0,22	Mínimo	9
Mediana	12,0	Máximo	17
Modo	12,0	Contagem	61
Desvio padrão	1,72	Soma	759
Variância da amostra	2,95	N. de confiança (95,0%)	0,44

Tabela F.19. Dados de tempo de deslocamento efetivo no Segmento 2, Trecho 2

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 2 - Segmento 2							
Obs.	Tempo	Obs.	Vel.	Tempo	Vel.	Tempo	Vel.
1	13	19	9	37	11	55	10
2	12	20	13	38	12	56	11
3	11	21	14	39	11	57	10
4	13	22	13	40	10	58	9
5	13	23	11	41	14	59	15
6	12	24	10	42	10	60	16
7	13	25	10	43	9	61	9
8	12	26	16	44	14	62	9
9	11	27	14	45	16	63	17
10	14	28	10	46	11	64	16
11	13	29	14	47	11	65	14
12	13	30	13	48	20	66	10
13	12	31	12	49	19	67	14
14	11	32	14	50	10	68	14
15	20	33	14	51	13	69	8
16	12	34	11	52	12	70	8
17	14	35	10	53	15	71	-
18	12	36	12	54	24	72	-

Tabela F.20. Análise Estatístico dos dados do Segmento 2, Trecho2

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
8-11	9,50	27	39%	39%	256,50	2436,75
11-14	12,50	32	46%	84%	400,00	5000
14-17	15,50	7	10%	94%	108,50	1681,75
17-20	18,50	3	4%	99%	55,50	1026,75
20-23	21,50	0	0%	99%	0,00	0
23-26	24,50	1	1%	100%	24,50	600,25
Total	-	70	100%	-	845,00	10745,5
		$x =$	12,61			

Tabela F.21. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 2, Trecho 2

Estatística descritiva T2-S2			
Média	12,61	Intervalo	16
Erro padrão	0,35	Mínimo	8
Mediana	12,0	Máximo	24
Modo	14,0	Contagem	70
Desvio padrão	2,92	Soma	883
Variância da amostra	8,50	N. de confiança (95,0%)	0,695

Tabela F.22. Dados de tempo de deslocamento efetivo no Segmento 3, Trecho 2

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 2 - Segmento 3					
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	10	18	12	35	9
2	16	19	9	36	8
3	12	20	9	37	12
4	11	21	7	38	8
5	10	22	12	39	8
6	10	23	9	40	8
7	10	24	9	41	8
8	10	25	9	42	8
9	14	26	13	43	8
10	14	27	7	44	9
11	13	28	16	45	9
12	7	29	14	46	8
13	15	30	12	47	9
14	13	31	13	48	10
15	7	32	11	49	16
16	10	33	11	50	12
17	10	34	9	-	-

Tabela F.23. Análise Estatístico dos dados do Segmento 3, Trecho2

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
7-9	8,00	22	44%	44%	176,00	1408
9-11	10,00	11	22%	66%	110,00	1100
11-13	12,00	10	20%	86%	120,00	1440
13-15	14,00	4	8%	94%	56,00	784
15-17	16,00	3	6%	100%	48,00	768
Total	-	50	100%	-	510,00	5500
		$x=$	10,48			

Tabela F.24. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 3, Trecho 2

Estatística descritiva T2-S3			
Média	10,48	Intervalo	9
Erro padrão	0,356	Mínimo	7
Mediana	10	Máximo	16
Modo	9	Contagem	50
Desvio padrão	2,52	Soma	524
Variância da amostra	6,34	N. de confiança (95,0%)	0,715

Tabela F.25. Dados de tempo de deslocamento efetivo no Segmento 4, Trecho 2

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 2 - Segmento 4					
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	32	20	26	39	31
2	31	21	26	40	30
3	32	22	28	41	26
4	31	23	30	42	29
5	29	24	29	43	27
6	24	25	29	44	24
7	27	26	30	45	28
8	31	27	33	46	27
9	29	28	31	47	29
10	31	29	31	48	27
11	29	30	25	49	34
12	29	31	24	50	30
13	32	32	27	51	25
14	27	33	26	52	27
15	28	34	28	53	27
16	30	35	33	54	32
17	31	36	33	55	28
18	28	37	25	56	23
19	25	38	27	57	28

Tabela F.26. Análise Estatístico dos dados do Segmento 4, Trecho 2

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
23-25	24,00	8	14%	14%	192,00	4608
25-27	26,00	13	23%	37%	338,00	8788
27-29	28,00	15	26%	63%	420,00	11760
29-31	30,00	13	23%	86%	390,00	11700
31-33	32,00	7	12%	98%	224,00	7168
33-35	34,00	1	2%	100%	34,00	1156
Total	-	57	100%	-	1598,00	45180
		$x=$	28,58			

Tabela F.27. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 4, Trecho 2

Estatística descritiva T2-S4			
Média	28,58	Intervalo	11
Erro padrão	0,35	Mínimo	23
Mediana	29	Máximo	34
Modo	27	Contagem	57
Desvio padrão	2,64	Soma	1629
Variância da amostra	6,96	N. de confiança(95,0%)	0,70

Tabela F.28. Dados de tempo de deslocamento efetivo no Segmento 1, Trecho 3

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 3 - Segmento 1									
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	23	21	22	41	22	61	23	81	26
2	22	22	24	42	20	62	21	82	22
3	23	23	20	43	22	63	22	83	23
4	26	24	23	44	27	64	24	84	30
5	24	25	23	45	24	65	25	85	23
6	22	26	21	46	20	66	26	86	24
7	24	27	19	47	26	67	19	87	25
8	22	28	28	48	21	68	22	88	26
9	25	29	20	49	28	69	28	89	18
10	26	30	25	50	19	70	23	90	20
11	20	31	27	51	21	71	23	91	21
12	22	32	22	52	24	72	22	92	24
13	27	33	21	53	27	73	20	93	25
14	22	34	23	54	23	74	24	94	20
15	24	35	24	55	29	75	23	95	22
16	21	36	27	56	22	76	21	96	24
17	22	37	22	57	23	77	21	97	28
18	21	38	21	58	24	78	25	98	19
19	18	39	21	59	29	79	21	99	23
20	24	40	24	60	27	80	21	100	21

Tabela F.29. Análise Estatístico dos dados do Segmento 1, Trecho 3

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
18-20	19,00	14	14%	14%	266,00	5054
20-22	21,00	32	32%	46%	672,00	14112
22-24	23,00	29	29%	75%	667,00	15341
24-26	25,00	12	12%	87%	300,00	7500
26-28	27,00	10	10%	97%	270,00	7290
28-30	29,00	3	3%	100%	87,00	2523
Total	-	100	100%	-	2262,00	51820
		$x =$	23,11			

Tabela F.30. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 1, Trecho 3

Estatística descritiva T3-S1			
Média	23,11	Intervalo	12
Erro padrão	0,260	Mínimo	18
Mediana	23	Máximo	30
Modo	22	Contagem	100
Desvio padrão	2,60	Soma	2311
Variância da amostra	6,79	N. de confiança (95,0%)	0,517

Tabela F.31. Dados de tempo de deslocamento efetivo no Segmento 2, Trecho 3

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 3 - Segmento 2									
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	22	19	18	37	24	55	31	73	27
2	26	20	22	38	28	56	22	74	24
3	23	21	20	39	27	57	24	75	21
4	28	22	26	40	26	58	23	76	21
5	26	23	23	41	26	59	20	77	18
6	32	24	23	42	26	60	22	78	16
7	25	25	20	43	23	61	21	79	17
8	23	26	22	44	23	62	19	80	18
9	22	27	22	45	24	63	17	81	21
10	18	28	21	46	22	64	24	82	19
11	23	29	22	47	28	65	19	83	19
12	19	30	24	48	23	66	20	84	19
13	21	31	23	49	19	67	23	85	20
14	23	32	21	50	23	68	21	86	24
15	20	33	19	51	20	69	33	87	18
16	26	34	23	52	24	70	22	88	21
17	23	35	22	53	21	71	23	89	20
18	22	36	24	54	32	72	27	90	20

Tabela F.32. Análise Estatístico dos dados do Segmento 2, Trecho 3

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
16-19	17,50	16	18%	18%	280,00	4900
19-22	20,50	31	34%	52%	635,50	13027,75
22-25	23,50	26	29%	81%	611,00	14358,5
25-28	26,50	13	14%	96%	344,50	9129,25
28-31	29,50	1	1%	97%	29,50	870,25
31-34	32,50	3	3%	100%	97,50	3168,75
Total	-	90	100%	-	1998,00	45454,5
		$x =$	22,56			

Tabela F.33. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 2, Trecho 3

Estatística descritiva T3-S2			
Média	22,56	Intervalo	17
Erro padrão	0,36	Mínimo	16
Mediana	22	Máximo	33
Modo	23	Contagem	90
Desvio padrão	3,38	Soma	2030
Variância da amostra	11,40	N. de confiança (95,0%)	0,707

Tabela F.34. Dados de tempo de deslocamento efetivo no Segmento 3, Trecho 3

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 3 - Segmento 3									
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	44	19	42	37	50	55	52	73	49
2	46	20	49	38	45	56	46	74	47
3	43	21	42	39	47	57	45	75	41
4	47	22	53	40	47	58	47	76	41
5	50	23	45	41	48	59	42	77	47
6	45	24	44	42	42	60	43	78	45
7	45	25	48	43	48	61	44	79	48
8	43	26	45	44	43	62	47	80	44
9	44	27	44	45	47	63	45	81	46
10	47	28	45	46	49	64	51	82	44
11	42	29	40	47	45	65	42	83	44
12	47	30	46	48	46	66	48	84	42
13	48	31	44	49	40	67	42	85	43
14	47	32	43	50	49	68	41	86	42
15	43	33	44	51	49	69	48	87	44
16	42	34	47	52	52	70	47	88	42
17	47	35	43	53	53	71	46	89	44
18	48	36	50	54	49	72	48	90	-

Tabela F.35. Análise Estatístico dos dados do Segmento 3, Trecho 3

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
40-42	41,00	16	18%	18%	656,00	26896
42-44	43,00	20	22%	40%	860,00	36980
44-46	45,00	16	18%	58%	720,00	32400
46-48	47,00	23	26%	84%	1081,00	50807
48-50	49,00	9	10%	94%	441,00	21609
50-52	51,00	3	3%	98%	153,00	7803
52-54	53,00	2	2%	100%	106,00	5618
Total	-	89	100%	-	4017,00	182113
		$x =$	45,60			

Tabela F.36. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 3, Trecho 3

Estatística descritiva T3-S3			
Média	45,60	Intervalo	13
Erro padrão	0,32	Mínimo	40
Mediana	45	Máximo	53
Modo	47	Contagem	89
Desvio padrão	2,99	Soma	4058
Variância da amostra	8,93	N. de confiança (95,0%)	0,629

Tabela F.37. Dados de tempo de deslocamento efetivo no Segmento 1, Trecho 4

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 4 - Segmento 1							
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	13	19	13	37	13	55	11
2	12	20	12	38	16	56	14
3	13	21	14	39	11	57	15
4	14	22	12	40	15	58	13
5	13	23	15	41	14	59	15
6	14	24	13	42	12	60	13
7	12	25	16	43	11	61	16
8	12	26	14	44	13	62	13
9	14	27	13	45	13	63	14
10	17	28	12	46	10	64	15
11	18	29	13	47	13	65	16
12	12	30	13	48	11	66	11
13	12	31	14	49	10	67	11
14	12	32	15	50	11	68	11
15	14	33	12	51	13	69	15
16	15	34	12	52	12	70	16
17	12	35	16	53	12	71	-
18	14	36	14	54	13	72	-

Tabela F.38. Análise Estatístico dos dados do Segmento 1, Trecho 4

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
10-12	11,00	25	36%	36%	275,00	3025
12-14	13,00	29	41%	77%	377,00	4901
14-16	15,00	14	20%	97%	210,00	3150
16-18	17,00	2	3%	100%	34,00	578
Total	-	70	100%	-	896,00	11654
		$x =$	13,26			

Tabela F.39. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 1, Trecho 4

Estatística descritiva T4-S1			
Média	13,26	Intervalo	8
Erro padrão	0,20	Mínimo	10
Mediana	13	Máximo	18
Modo	13	Contagem	70
Desvio padrão	1,70	Soma	928
Variância da amostra	2,89	N. de confiança (95,0%)	0,405

Tabela F.40. Dados de tempo de deslocamento efetivo no Segmento 2, Trecho 4

Tempos de deslocamento efetivo registrado no Trecho 4 - Segmento 2									
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	27	21	28	41	25	61	28	81	27
2	28	22	29	42	25	62	28	82	27
3	27	23	36	43	29	63	28	83	33
4	26	24	25	44	28	64	27	84	29
5	26	25	25	45	29	65	23	85	26
6	28	26	28	46	27	66	26	86	25
7	27	27	29	47	29	67	28	87	26
8	24	28	28	48	28	68	28	88	24
9	25	29	31	49	27	69	27	89	26
10	24	30	29	50	30	70	26	90	29
11	27	31	27	51	29	71	25	91	25
12	28	32	28	52	26	72	31	92	26
13	29	33	27	53	25	73	24	93	26
14	30	34	26	54	30	74	32	94	31
15	34	35	32	55	29	75	26	95	30
16	23	36	29	56	27	76	31	96	29
17	24	37	28	57	30	77	29	97	-
18	27	38	29	58	26	78	32	98	-
19	25	39	24	59	25	79	32	99	-
20	26	40	27	60	28	80	30	100	-

Tabela F.41. Análise Estatístico dos dados do Segmento 2, Trecho 4

Classe de Tempo. (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
23-25	24,00	19	20%	20%	456,00	10944
25-27	26,00	29	30%	50%	754,00	19604
27-29	28,00	31	32%	82%	868,00	24304
29-31	30,00	10	10%	93%	300,00	9000
31-33	32,00	5	5%	98%	160,00	5120
33-35	34,00	1	1%	99%	34,00	1156
35-37	36,00	1	1%	100%	36,00	1296
Total	-	96	100%	-	2608,00	71424
		$x =$	27,63			

Tabela F.42. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 2, Trecho 4

Estatística descritiva T4-S2			
Média	27,63	Intervalo	13
Erro padrão	0,25	Mínimo	23
Mediana	27,5	Máximo	36
Modo	28	Contagem	96
Desvio padrão	2,442	Soma	2652
Variância da amostra	5,963	N. de confiança (95,0%)	0,495

Tabela F.43. Dados de tempo de deslocamento efetivo no Segmento 3, Trecho 4

Velocidades registradas no Trecho 4 - Segmento 3					
Obs.	Tempo	Obs.	Tempo	Obs.	Tempo
1	20	23	30	45	21
2	20	24	17	46	17
3	17	25	22	47	19
4	22	26	22	48	21
5	19	27	19	49	18
6	22	28	22	50	23
7	22	29	23	51	19
8	22	30	21	52	17
9	21	31	23	53	26
10	20	32	19	54	23
11	22	33	20	55	16
12	20	34	23	56	25
13	22	35	28	57	20
14	18	36	29	58	20
15	19	37	23	59	20
16	22	38	23	60	21
17	20	39	20	61	25
18	22	40	22	62	18
19	22	41	18	63	27
20	19	42	17	64	18
21	20	43	21	65	28
22	22	44	17	66	23

Tabela F.44. Análise Estatístico dos dados do Segmento 3, Trecho 4

Classe de Tempo (s)	Valor Médio (s) X_1	Número de Obs. - F_1	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)	$F_1 * X_1$	$F_1 * X_1^2$
16-18	17,00	12	18%	18%	204,00	3468
18-20	19,00	18	27%	45%	342,00	6498
20-22	21,00	20	30%	76%	420,00	8820
22-24	23,00	8	12%	88%	184,00	4232
24-26	25,00	3	5%	92%	75,00	1875
26-28	27,00	3	5%	97%	81,00	2187
28-30	29,00	2	3%	100%	58,00	1682
Total	-	66	100%	-	1364,00	28762
		$x =$	21,17			

Tabela F.42. Resumo de resultados Estatísticos do Segmento 2, Trecho 4

Estatística descritiva T4-S3			
Média	21,17	Intervalo	14
Erro padrão	0,37	Mínimo	16
Mediana	21	Máximo	30
Modo	22	Contagem	66
Desvio padrão	3,00	Soma	1397
Variância da amostra	9,00	N. de confiança (95,0%)	0,738