

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

**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS VIÁRIO-AMBIENTAIS NOS
PARÂMETROS DOS MODELOS MICROSCÓPICOS DE TRÁFEGO**

KÁTIA GÓMEZ DE MATOS

ORIENTADOR: PAULO CÉSAR MARQUES DA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES

PUBLICAÇÃO T.DM - 012 A/2007

BRASÍLIA / DF: OUTUBRO/2007

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

**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS VIÁRIO-AMBIENTAIS NOS
PARÂMETROS DOS MODELOS MICROSCÓPICOS DE FLUXO DE TRÁFEGO**

KÁTIA GÓMEZ DE MATOS

**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 DE GRAU DE MESTRE EM TRANSPORTES**

APROVADA POR:

Prof. Paulo Cesar Marques da Silva, PhD (ENC-UnB)

(Orientador)

Profa. Maria Alice Prudêncio Jacques, PhD (ENC-UnB)

(Examinador interno)

Dr. Sergio Henrique Demarchi (LOGIT – Engenharia Consultiva)

(Examinador externo)

BRASÍLIA, 19 de outubro de 2007.

FICHA CATALOGRÁFICA

MATOS, KÁTIA GÓMEZ DE

Influência das características viário-ambientais nos parâmetros dos modelos microscópicos de fluxo de tráfego. Brasília, 2007.

xiv, 125p. 210 x 297mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transporte, 2007).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MATOS, KÁTIA G. (2007) Influência das características viário-ambientais nos parâmetros dos modelos microscópicos de tráfego. Dissertação de Mestrado, Publicação T.DM-012 A/2007, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, DF, 125p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Kátia Gómez de Matos

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Influência das características viário-ambientais nos parâmetros dos modelos microscópicos de tráfego.

GRAU/ANO: Mestre/2007.

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 desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Kátia Gómez de Matos

SQSW 103, Bloco K, apt. 305

CEP: 70.670-311 – Brasília/DF – Brasil

DEDICATÓRIA

A minha mãe.

Aos anjos que iluminam o meu caminho: Gael e Pablo

AGRADECIMENTOS

Aos professores do programa de pós-graduação. Especialmente a professora Maria Alice, pela clareza nas idéias, pela didática precisa e esclarecedora e pelas contribuições ao trabalho.

Ao meu orientador Professor Paulo César, por me dar liberdade para criar, pensar, discutir e errar. Por me responder, de forma esclarecedora e tranqüilizadora, as minhas dúvidas. Por me ensinar a pesquisar e me fazer acreditar que a pesquisa nunca termina. Por me despertar para o estudo das condições do conhecimento. Pela forma justa de lidar com seus alunos.

Ao Júlio, pela constante disponibilidade e alegria em nos receber no mestrado.

Aos colegas de sala – Gabrielle, Mariana, Clarisse, Alan, Tânia, Sandra, Artur, Giuseppe, Leo, André, Aline, Reverso, Gizelle, Francesca, Rafael, Ângela, Rodrigo, Miguel, Luciany, Evandro, Paulinha, Gil, Michelle e Érica Ramalho – pelas conversas descontraídas, pela troca de sentimentos e experiências. À Paulinha (sempre disposta a ajudar), Michelle (companhia no LABTRAF), Érica Ramalho (Érica do HUTSIM) e Alan, pelo apoio, informações e ajuda na pesquisa.

As amigas do ministério (Luciana, Cláudia e Eugênia), pela força que me deram para eu fazer o mestrado.

Aos amigos boêmios, amigos antigos (VELHOS!): Denis, Josélia, Silvana, Alexandre, Nayana, Priscylla, Dêta, Fábio, Jana, Geórgia, pela alegria, descontração, força, tranqüilidade, pelos papos desconexos, gargalhadas e discussões.

À minha família de Brasília, pelo carinho e apoio.

À minha família de Bogotá, pelo amor sem fronteiras presente em toda a minha vida.

À Ana Amélia, Zé Ivo e Ramiro, pelo lar, amor, família, apoio e compreensão. Especialmente a Dona Ana, pelas inúmeras ajudas, incentivos profissionais e por ser uma

vovó tão amorosa.

À Dona Rosa, pelo apoio, carinho e por ser sempre tão especial com o xodó da Bisa.

Às minhas sobrinhas, Valentina, Beatrix, Catarina (sobrinha torta) e Theodora, pelo amor, alegria, teimosia e criatividade. Por me ensinar a ver a vida em um conto de fadas. Vocês são lindas.

Aos meus irmãos Sérgio e Ricardo, pelo apoio, amor, alegria, bom gosto e sentimento de liberdade que eles sempre me transmitiram. A Weyla, pela alegria nos encontros de família.

Ao meu pai, pelo amor, pelo exemplo, pela inspiração para estudar e fazer mestrado, pelo apoio e compreensão nas minhas decisões.

À minha amiga, baixinha e mãe, pela inspiração, apoio, liberdade e a capacidade de me acalmar em poucas palavras. Pela ética e amor sem tamanho. Você é, para mim, um retrato de pessoa, de mãe, de mulher e de profissional. Você me ensinou a insistir e brigar pelo que acredito. E por ser a vovó tão especial, amorosa e linda. Na casa da vovó, pode tudo!

Ao meu anjo Pablo. Eu não teria conseguido sem você. Você, sem entender do assunto, sempre me orientou, me escutou, me ensinou, sentou ao meu lado e aprendeu junto comigo. Por me fazer ver o conhecimento científico de outras formas. Por ver a vida de uma forma tão linda. Pela calma e paciência de me escutar, desabafando: “vou choraaaaar, desculpe, mas eu vou choraaaaar”. Pelo amor livre e inventado. Pelas brincadeiras diárias, que me descontraíam e me davam calma. Pelos banquetes diários. Pelas noites cuidando do Gael, me permitindo estudar e escrever. Você me faz tão bem que eu também quero fazer isso por você.

Ao meu príncipe Gael, meu pequerrucho, meu curumim encantado, minha beleza, você foi gerado junto com a idéia da dissertação. Cresceram e se desenvolveram juntos. Por me trazer, todos os dias, uma paz, um sorriso, liberdade e confiança. Ouviu meus desabafos e me fez cafuné. Você trouxe uma curiosidade que às vezes acabo esquecendo: mexer e mexer. A vida ficou mais clara, gostosa, livre e confusa depois que você chegou.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS VIÁRIO-AMBIENTAIS NOS PARÂMETROS DOS MODELOS MICROSCÓPICOS DE TRÁFEGO

RESUMO

O trabalho parte da suposição de que características viário-ambientais influenciam no comportamento do motorista, refletindo nos valores dos parâmetros microscópicos de tráfego. O trabalho se propõe a verificar se tal influência pode ser representada por variações nos parâmetros dos modelos de tráfego. Assim, parte-se para a possibilidade de que a consideração das características viário-ambientais no procedimento de calibração torne a simulação mais realística. Ocorre que a calibração dos parâmetros de um modelo é um processo que, em geral, requer equipamentos e tempo para coleta de dados. Assim, ao tempo em que a consideração tornaria mais realística, o processo também seria mais dispendioso. Desta forma, a análise da influência dessas características no valor dos parâmetros contribuiria no processo de calibração, pois permitiria estabelecer uma relação entre as variáveis, que, por sua vez, poderia ser utilizada em trabalhos futuros.

As características analisadas foram definidas com base naquelas que não eram incorporadas pelos modelos de simulação. A influência destas características foi levantada por meio de estudos de comportamento do motorista e, a partir daí, a relação entre determinadas características e os parâmetros dos modelos foi identificada. A relação identificada foi testada através de dados obtidos em seis diferentes tipos de via. Um modelo de simulação foi utilizado para testar a relação encontrada.

A partir dos resultados encontrados, é possível dizer que os valores dos parâmetros dos modelos microscópicos são influenciados pelas características viário-ambientais. A maioria das comparações dos parâmetros definidos – nível de velocidade desejado e taxa de aceleração/desaceleração –, realizadas entre os locais selecionados mostra que os valores foram diferenciados. Já na análise da influência individual de determinada característica, não foi possível estabelecer uma relação direta entre a diferença da velocidade de fluxo livre e as características analisadas pela pesquisa. Em relação à taxa de aceleração, foi possível identificar uma relação entre a proximidade das interseções semaforizadas e a taxa de aceleração/desaceleração.

INFLUENCE OF ROAD ENVIRONMENT FACTORS ON THE MICROSCOPIC TRAFFIC MODELS PARAMETERS

ABSTRACT

The starting point of this work is the supposed influence of road environment factors on drivers' behavior, interfering in the values of the microscopic traffic models parameters. This work aims at verifying the influence between these factors and the drivers' behavior by means of the variations in the parameters of traffic models. Thus, this research investigates for the possibility that taking road environment factors into account in the procedure of calibration makes the simulation more realistic. It occurs that the models' parameters calibration is a process that, generally speaking, needs too much time and equipments for data collection. So, at the time that the consideration of road environment factors would turn the work more realistic, the whole process would be more difficult. This way, the analysis of the influence of these factors in the parameters' values would contribute to the calibration's process because it would allow a relationship between the variables to be established, which could be used in future works.

These analyzed factors were defined based on those which were not incorporated by the simulation models. The influence of these factors were collected studying drivers' behavior, and from that point, the relationship between some specifics factors and the parameters models that were identified. The relationship identified was tested through the data obtained from six different types of road. A simulation model was used for testing the found relationship.

From the found results, it is possible to say that the values of the parameters of microscopic traffic models are influenced by the road environment factors. Most of the comparisons of the defined parameters – desired speed level and acceleration/deceleration rate, made between the selected places – show that the values were different. However, in the analysis of the individual influence of a specific factor, establishing a direct relationship between the difference of the free flow speed and the characteristic analyzed by the research was not possible. Regarding the acceleration rate, identifying a relationship between the closeness of signalized intersections and the acceleration/deceleration rate was possible.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - JUSTIFICATIVA	2
1.2 - CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	3
1.3 - HIPÓTESE DA PESQUISA	4
1.4 - OBJETIVOS DA PESQUISA	4
1.5 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	5
2 - MODELOS MICROSCÓPICOS DE TRÁFEGO	7
2.1 - SISTEMA DE TRÁFEGO E SEUS ELEMENTOS	7
2.2 - MODELOS DE ESTÍMULO-RESPOSTA	10
2.3 - MODELOS DE DISTÂNCIA SEGURA	12
2.4 - MODELOS PSICO-ESPAÇAMENTO	13
2.5 - FATORES QUE INFLUENCIAM NOS MODELOS CAR FOLLOWING	14
2.6 - TÓPICOS CONCLUSIVOS	16
3 - MODELOS DE SIMULAÇÃO	17
3.1 - CONCEITOS GERAIS SOBRE SIMULADORES DE TRÁFEGO	17
3.2 - DEFINIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	19
3.3 - HUTSIM	21
3.3.1 - Características gerais da modelagem do HUTSIM	21
3.3.2 - Representação da Infra-estrutura	22
3.3.3 - Geração do tráfego	23

3.3.4 -	O veículo como objeto -----	24
3.3.5 -	Modelagem do comportamento do motorista no HUTSIM -----	26
3.3.6 -	Regras de controle de velocidade-----	26
3.3.7 -	Determinação da velocidade de fluxo livre ou nível de velocidade desejado-	30
3.4 -	DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS E DADOS DE ENTRADA DO ESTUDO	
	31	
3.4.1 -	Distribuição do nível de velocidade desejado-----	31
3.4.2 -	Taxa média de aceleração-----	31
3.4.3 -	Taxa média de desaceleração-----	32
3.4.4 -	Dados de entrada-----	33
3.5 -	TÓPICOS CONCLUSIVOS -----	33
4 -	CARACTERÍSTICAS VIÁRIO-AMBIENTAIS	
	INTERVENIENTES NO COMPORTAMENTO DO MOTORISTA ----	34
4.1 -	ESTUDOS SOBRE A INTERFERÊNCIA DO AMBIENTE VIÁRIO NO	
	COMPORTAMENTO DO MOTORISTA -----	35
4.2 -	DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE -----	40
4.3 -	TÓPICOS CONCLUSIVOS -----	42
5 -	APLICAÇÃO DO ESTUDO -----	44
5.1 -	APRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS VIÁRIO-AMBIENTAIS	
	ANALISADAS NO TRABALHO -----	44
5.2 -	CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DOS TRECHOS ESTUDADOS-----	47
5.2.1 -	Características viário-ambientais determinantes para definição dos trechos--	47
5.2.2 -	Demais características-----	50
5.3 -	RECONHECIMENTO E DEFINIÇÃO DAS VIAS (INSPEÇÃO TÉCNICA)	
	51	
5.4 -	DESCRIÇÃO DOS LOCAIS ESCOLHIDOS -----	54

5.4.1 - Eixo Rodoviário-----	59
5.4.2 - Eixo Monumental-----	60
5.4.3 - Avenida W3 NORTE-----	62
5.4.4 - Avenida L3 -----	63
5.4.5 - EPTG/DF-085-----	64
5.4.6 - Avenida Hélio Prates -----	65
5.5 - PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS -----	67
5.5.1 - Volume e composição do tráfego-----	69
5.5.2 - Fluxo de pedestres nas travessias -----	70
5.5.3 - Taxa de aceleração e desaceleração -----	70
5.6 - TRATAMENTO DOS DADOS-----	72
5.6.1 - Descrição dos resultados nos locais selecionados -----	75
5.7 - TÓPICOS CONCLUSIVOS -----	89
6 - RELAÇÃO DOS PARÂMETROS ENTRE OS CENÁRIOS SELECIONADOS-----	91
6.1 - EIXO MONUMENTAL/AVENIDA L3 -----	91
6.2 - EIXO RODOVIÁRIO SUL (EIXÃO)/AVENIDA L3 -----	93
6.3 - EIXO RODOVIÁRIO SUL/EPTG -----	96
6.4 - AVENIDA HÉLIO PRATES/AVENIDA W3 -----	99
6.4.1 - Taxa de aceleração/desaceleração -----	100
6.5 - TÓPICOS CONCLUSIVOS -----	102
7 - CALIBRAÇÃO DOS PARÂMETROS -----	104
7.1 - REPRESENTAÇÃO DOS AMBIENTES SIMULADOS NO MODELO DE SIMULAÇÃO-----	104
7.1.1 - Eixo Rodoviário Sul-----	105
7.1.2 - EPTG -----	109

7.2 - TÓPICOS CONCLUSIVOS	110
8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	112
8.1 - LIMITAÇÕES DO TRABALHO	112
8.2 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
BIBLIOGRAFIA CITADA	120
ANEXOS	121
ANEXO I: PLANILHA PARA INSPEÇÃO TÉCNICA E RECONHECIMENTO DAS VIAS	122
ANEXO II: PLANILHA DE OBSERVAÇÕES NO LEVANTAMENTO DOS DADOS	125

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – FORMAS DE ANÁLISE DE UM SISTEMA.....	9
FIGURA 2.2 – FATORES QUE INFLUENCIAM COMPORTAMENTO DOS MODELOS <i>CAR FOLLOWING</i>	15
FIGURA 3.1 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS SEGMENTOS DE VIA NO HUTEDI.....	23
FIGURA 3.2 – A REPRESENTAÇÃO DA SITUAÇÃO DO TRÁFEGO PARA O VEÍCULO OBJETO... ..	25
FIGURA 3.3 – QUATRO PLANOS DE COMPORTAMENTO <i>CAR FOLLOWING</i>	29
FIGURA 4.1 - VALORES DE CORRELAÇÃO PARA CADA GRUPO DE <i>HEADWAY</i>	42
FIGURA 5.1 – TRECHO DE ANÁLISE DO EIXO MONUMENTAL ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
FIGURA 5.2 – TRECHO DE ANÁLISE DA AVENIDA W3 ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
FIGURA 5.3 – TRECHO DE ANÁLISE NA AVENIDA L3..... ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
FIGURA 5.4 – TRECHO DE ANÁLISE NO EIXÃO SUL ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
FIGURA 5.5 – TRECHO DE ANÁLISE NA HÉLIO PRATES..... ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
FIGURA 5.6 – TRECHO DE ANÁLISE NA EPTG ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
FIGURA 5.7 – VISTA DO EIXO RODOVIÁRIO SUL.....	59
FIGURA 5.8 – EIXO RODOVIÁRIO SUL.....	60
FIGURA 5.9 – VISTA DO EIXO MONUMENTAL.....	61
FIGURA 5.10 – EIXO MONUMENTAL.....	61
FIGURA 5.11 – VISTA DA AVENIDA W3.....	62
FIGURA 5.12 – AVENIDA L3.....	63
FIGURA 5.13 – VISTA DA AVENIDA EPTG.....	64
FIGURA 5.14 – VISTA DA AVENIDA HÉLIO PRATES.....	66
FIGURA 5.15 – VISTA DA AVENIDA HÉLIO PRATES (DETALHE PARA O VEÍCULO ESTACIONADO NA FAIXA DA DIREITA).....	66
FIGURA 5.16 – DETECTOR INSTALADO EM CAMPO.....	68
FIGURA 5.17 – COLETA DE DADOS	69
FIGURA 5.18 – PERFIL DE VELOCIDADE DOS MOTORISTAS.....	71
FIGURA 5.19 – <i>HEADWAY</i> E CORRELAÇÃO ENTRE AS VELOCIDADES DE PARES DE VEÍCULOS	74
FIGURA 5.20 – ESBOÇO DO EIXO MONUMENTAL.....	77
FIGURA 5.21 – DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE (EIXO MONUMENTAL).....	78
FIGURA 5.22 - ESBOÇO DA AVENIDA L3.....	80
FIGURA 5.23 – DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE (AVENIDA L3)	81
FIGURA 5.24 – ESBOÇO DO EIXO RODOVIÁRIO SUL.....	82
FIGURA 5.25 – DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE (EIXO RODOVIÁRIO SUL)	823
FIGURA 5.26 – ESBOÇO DA EPTG.....	84
FIGURA 5.27 – DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE (EPTG/DF-085).....	825
FIGURA 5.28 – ESBOÇO DA AVENIDA W3.....	86
FIGURA 5.29 – DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE (AVENIDA W3)	87
FIGURA 5.30 – ESBOÇO DA AVENIDA HÉLIO PRATES	88
FIGURA 5.31 – DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE (AVENIDA HÉLIO PRATES)	89
FIGURA 6.1 - DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE (EIXO MONUMENTAL/L3)..	93
FIGURA 6.2 – DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE (EIXO RODOVIÁRIO SUL/ L3)	95
FIGURA 7.2 – DISTRIBUIÇÃO DAS VELOCIDADES (EFEITO DA VARIAÇÃO DA TAXA DE ACELERAÇÃO/DESACELERAÇÃO).....	108
FIGURA 7.3 – DISTRIBUIÇÃO DAS VELOCIDADES (EFEITO DA VARIAÇÃO DO <i>HEADWAY</i>).....	

MÍNIMO)	108
LISTA DE TABELAS	
TABELA 3.1 - REGRAS DE CONTROLE DE VELOCIDADE-----	28
TABELA 3.2 - TAXAS DE ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO DO ESTUDO DE NIITYMAKI -----	32
TABELA 3.3 - PARÂMETROS GERAIS DO TRABALHO DE NIITYMAKI-----	32
TABELA 4.1 – TIPOS DE VIA ANALISADOS NO TRABALHO DE ERICSSON (2000)-----	36
TABELA 5.1 – INFLUÊNCIA MÉDIA DAS CARACTERÍSTICAS ANALISADAS -----	46
TABELA 5.2 – CARACTERÍSTICAS UTILIZADAS PARA COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS-----	53
TABELA 5.3 – DIMENSÕES BÁSICAS DE VEÍCULOS DE PROJETO -----	73
TABELA 5.4 – VELOCIDADE MÉDIA (EIXO MONUMENTAL) -----	76
TABELA 5.5 – VELOCIDADE MÉDIA (AVENIDA L3)-----	79
TABELA 5.6 – VELOCIDADE MÉDIA (EIXO RODOVIÁRIO SUL)-----	82
TABELA 5.7 – VELOCIDADE MÉDIA (EPTG) -----	83
TABELA 5.8 – VELOCIDADE MÉDIA (AVENIDA W3)-----	85
TABELA 5.9 – VELOCIDADE MÉDIA (AVENIDA HÉLIO PRATES)-----	87
TABELA 6.1 - VELOCIDADE MÉDIA (EIXO MONUMENTAL/AVENIDA L3) -----	92
TABELA 6.2 - VELOCIDADE MÉDIA (EIXO RODOVIÁRIO SUL/AVENIDA L3)-----	94
TABELA 6.3 - VELOCIDADE MÉDIA (EPTG/EIXO RODOVIÁRIO SUL)-----	96
TABELA 6.4 – VELOCIDADE MÉDIA POR HORÁRIO (EIXO RODOVIÁRIO SUL)-----	98
TABELA 6.5 - FLUXO DE TRÁFEGO E VELOCIDADE MÉDIA -----	99
TABELA 6.6 – TAXAS DE ACELERAÇÃO/DESACELERAÇÃO (AVENIDA W3)-----	100
TABELA 6.7 – TAXAS DE ACELERAÇÃO/DESACELERAÇÃO (AVENIDA HÉLIO PRATES) -----	101
TABELA 6.8 – QUANTIDADE DE DADOS PARA CÁLCULO DA TAXA DE ACELERAÇÃO/DESACELERAÇÃO-----	101
TABELA 7.1 – VELOCIDADE MÉDIA (EIXO RODOVIÁRIO SUL)-----	106
TABELA 7.2 – PARÂMETROS TESTADOS NO AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO DAS VELOCIDADES	107
TABELA 7.3 – VELOCIDADE MÉDIA (EPTG) -----	110

1 - INTRODUÇÃO

O processo de gerenciamento da operação viária e a análise do desempenho de sistemas de tráfego, devido a sua grande complexidade, demandam a adoção de um instrumento capaz de apontar soluções e antecipar os impactos causados pela implantação de uma política de tráfego. Nesse sentido, Poyares (2000) considera que a simulação tem se tornado uma ferramenta essencial, pois permite a modelagem do comportamento do fluxo de tráfego dentro da infra-estrutura viária.

A simulação do perfil da corrente de tráfego, segundo Colella *et al.* (2004), requer a utilização de parâmetros que busquem uma melhor representação do comportamento dos veículos. Para Liberman e Rathi (1997), os modelos de simulação oferecem parâmetros com valores *default*, mas cabe ao analista a responsabilidade de identificar valores apropriados à realidade particular modelada.

Ocorre que o comportamento do motorista pode sofrer variações que dependem do local estudado, interferindo nos parâmetros dos modelos de simulação. Para Groeger e Rothengatter (1998), as alterações de comportamento podem resultar de mudanças no estilo de direção dos motoristas locais, alterações na legislação de trânsito ou por campanhas de trânsito local ou ainda, como estudado por Uzzell e Muckle (2005), Cunha (2005) e Cunha (2003), por características da via e do seu ambiente.

A obtenção desses parâmetros é feita através de um processo de calibração que, segundo Houdarkis *et al.* (2003), procura reproduzir os efeitos verificados em campo por meio de um ajuste obtido pela variação dos parâmetros e execução de simulações. A calibração, segundo Araújo *et al.* (2004), é fundamental para o processo de modelagem.

O estudo de Colella *et al.* (2004) observou que as variáveis dos modelos de fluxo de tráfego, ou seja, a relação funcional entre os dados de fluxo, velocidade e densidade sofriam interferência do local em que os dados eram coletados. Os autores identificaram que os dados obtidos próximos às interseções semaforizadas produziram resultados diferenciados em outros

locais da via, tal como uma seção localizada no meio do trecho entre as interseções estudadas.

Por fim, os autores recomendam que a calibração seja realizada para diferentes vias, para efeito da investigação de como os valores dos parâmetros calibrados são alterados em função de variações nas características geométricas, de controle e de tráfego.

1.1 - JUSTIFICATIVA

A suposição de que as características viário-ambientais provocam alterações no comportamento do motorista induz a necessidade de calibração do modelo de simulação para cada arco da rede com dados que representem as características peculiares do local. No entanto, a calibração para cada arco com um conjunto diferente de parâmetros, segundo Colella e Demarchi (2005), embora torne o processo de calibração mais flexível e tenha uma representação mais realística, exigiria uma grande quantidade de recursos humanos, equipamentos e tempo para coleta de dados em campo através de filmagem.

A calibração, em geral, tem se limitado ao que é classificado como especificidades da cidade, desconsiderando o que pode haver de comum nas características da via e do seu ambiente. Assim, a possibilidade de verificação da relação entre características viário-ambientais e os parâmetros dos modelos facilitaria o processo de calibração e tornaria o processo mais realístico, pois permitiria a aplicação dessa relação em trabalhos futuros.

As limitações do alcance do realismo do comportamento do motorista, no entanto, devem ser consideradas. Ranney (1999) observa que as diferentes situações a que o motorista pode estar exposto, incluindo as variações nas características dos veículos e dos próprios motoristas, tornam impraticável a construção de um modelo que represente o comportamento do motorista. Para o autor, é mais adequado o desenvolvimento de um modelo *car following* (modelo microscópico de tráfego que representa o comportamento do veículo seguidor) aplicável para situações bem definidas.

Este trabalho pretende, portanto, contribuir com o procedimento de calibração por meio de um

desmembramento da influência global para características específicas, identificando se os parâmetros dos modelos de simulação são alterados em função dessas características.

Gutowski (2003), por exemplo, fez a diferenciação do valor da velocidade desejada e da distância mínima de segurança em função de características do motorista. Parte-se, então, para a possibilidade de se utilizar o valor desses parâmetros para verificar, não somente variações nas características do próprio motorista, mas variações nas características da via e do ambiente.

A análise da influência das características viário-ambientais sobre o comportamento dos motoristas contribuiria ainda para nortear estudos de projetos viários, pois ajuda a prever a reação dos motoristas frente a determinadas características da via e do ambiente.

1.2 - CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A simulação do perfil de uma corrente de tráfego parte da reprodução do ambiente em que essa corrente está inserida. A caracterização desse ambiente é realizada através da representação de características do tráfego (fluxo, velocidade), dos motoristas e características físicas tanto da via como de sua área lindeira (características viário-ambientais).

Uma vez que as características intervenientes do ambiente forem identificadas, resta aos simuladores o desafio de transformar a presença de cada uma destas características em ações, que por sua vez, vão representar e formar a corrente de tráfego simulada. Para isso, seria necessário, além de identificar todas as características intervenientes no comportamento do motorista, prever a reação do motorista frente a cada uma delas.

Ocorre que há características cuja tradução das reações dos motoristas para o simulador frente a cada uma delas é complexa e por isso, em geral, não é realizada. Por exemplo, enquanto a reação dos motoristas frente a um semáforo vermelho ou a um aclave/declive, ainda que influenciado por diversos outros fatores, é mais previsível, a reação frente a variações no uso e ocupação do solo é mais complexa. Resta aos parâmetros a função de ajustar os modelos

inseridos no simulador para permitir a representação das características que não foram diretamente incorporadas no simulador. Eles terminam de adaptar a simulação à realidade modelada.

Desta forma, considerando que os parâmetros ajustam as características que não foram incorporadas explicitamente pelo simulador, levanta-se a possibilidade de que essas características viário-ambientais tenham uma maior influência no valor desses parâmetros. Além disso, a possível influência das características viário-ambientais nos valores dos parâmetros microscópicos de tráfego exige uma análise mais desagregada dos elementos do sistema de tráfego. Assim, o foco do trabalho foi deslocado para a análise da influência destas características no comportamento do motorista, que por sua vez se refletiria nos parâmetros dos modelos microscópicos de tráfego.

1.3 - HIPÓTESE DA PESQUISA

A calibração de parâmetros, considerando as características viário-ambientais, torna mais realística a representação do fluxo de tráfego em modelos microscópicos de tráfego.

1.4 - OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo geral da pesquisa é verificar a influência das características viário-ambientais nos parâmetros dos modelos microscópicos de fluxo de tráfego.

Como objetivos específicos, apresentam-se os seguintes:

1. Identificação, através da revisão bibliográfica, de características viário-ambientais intervenientes no comportamento do motorista no tráfego;
2. Seleção de um modelo de simulação que permita testar e validar a relação existente entre os seus parâmetros e as características viário-ambientais;

3. Identificação de parâmetros do modelo de simulação selecionado que melhor representem o comportamento afetado pelas características viário-ambientais;

4. Calibração e validação dos parâmetros, utilizando o modelo de simulação microscópico selecionado.

1.5 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente capítulo faz uma introdução à problemática proposta na dissertação, apresentando os seus objetivos, hipótese e justificativa do trabalho.

O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre os modelos microscópicos de tráfego, por meio da qual foi investigado como ocorre a reprodução do comportamento dos veículos nesses modelos. O texto expõe alguns modelos microscópicos e busca apresentar, para cada um deles, fatores e características considerados no processo de representação da relação entre pares de veículos em uma mesma corrente de tráfego. Como essas teorias de comportamento de tráfego formam a base dos modelos de simulação e, inclusive, são responsáveis pela precisão dos resultados obtidos, estudá-las torna-se passo imprescindível para a compreensão dos parâmetros, variáveis e índices de desempenho desses modelos. Ainda nesse capítulo, foram identificados os fatores intervenientes no comportamento do motorista que por sua vez, devem influenciar nos modelos microscópicos de tráfego.

O capítulo 3 investiga os dados de entrada considerados por alguns simuladores de tráfego. Através disto, buscou-se identificar as características viário-ambientais consideradas para cada um destes modelos, visando amparar a definição das características e do modelo de simulação considerado para esta pesquisa. Entre os mencionados, o HUTSIM, disponível no laboratório de pesquisa do programa em que esta pesquisa se realizou, foi escolhido como ferramenta de calibração necessária para o estudo. Com o objetivo de conhecer melhor a sua lógica interna, os dados de entrada necessários e os parâmetros relacionados com o estudo, é apresentada uma descrição detalhada do modelo de simulação definido. A partir daí, os parâmetros analisados neste estudo foram definidos.

O capítulo 4 define as características viário-ambientais utilizadas como base de comparação dos resultados do trabalho. A definição teve como ponto de partida, os fatores incorporados por cada um dos modelos de simulação investigados no capítulo anterior. Em seguida, buscou-se identificar na literatura pesquisas cujo objetivo estivesse relacionado a alterações do comportamento dos veículos em uma corrente de tráfego devido a mudanças do ambiente.

O detalhamento das etapas do trabalho para elaboração da base de dados para a pesquisa é exposto no capítulo 5. Envolve a definição dos trechos e o método de coleta de dados utilizado para o levantamento dos dados necessários para obtenção dos parâmetros do modelo de simulação definido. Ainda neste capítulo, foi apresentada a etapa de tratamento dos dados.

O capítulo 6 apresenta a etapa de identificação da relação existente entre os parâmetros calibrados e as características definidas no estudo. O processo de calibração dos parâmetros e a análise dos resultados deste processo estão apresentados no capítulo 7.

O capítulo 8 finaliza a dissertação, apresentando as principais conclusões obtidas a partir da pesquisa e a algumas recomendações para trabalhos futuros.

2 - MODELOS MICROSCÓPICOS DE TRÁFEGO

Neste capítulo foi investigada a forma como os modelos de tráfego incorporam e reproduzem o comportamento dos veículos, considerados individualmente (modelagem microscópica). A forma de interpretação desses modelos contribui para a compreensão dos resultados da simulação, visto que esses modelos de simulação foram criados a partir destas teorias microscópicas. Então, o capítulo buscou destacar as teorias de comportamento mais utilizadas, identificando para cada uma delas as características incorporadas e a forma de interpretá-las.

Antes de estudar o comportamento do motorista, é preciso esclarecer que o termo motorista já empregado neste trabalho refere-se à junção do termo veículo/motorista. Nesta pesquisa, as características individuais de cada motorista não foram objeto de investigação.

2.1 - SISTEMA DE TRÁFEGO E SEUS ELEMENTOS

O entendimento das formas de incorporação e tradução do comportamento dos veículos pelos modelos microscópicos parte da compreensão do comportamento individual dos usuários em um ambiente de tráfego. O comportamento do usuário em um ambiente de tráfego, segundo Silva (2001a), pode ser analisado como um sistema (indivíduo) que recebe uma entrada (estímulo externo) e processa uma saída (reações do motorista). A saída do sistema depende do estímulo externo e do tempo de reação do usuário (tempo decorrido entre a ocorrência do estímulo e a materialização da reação do usuário), que é fruto do estado do sistema, por sua vez influenciado pelo ambiente de tráfego.

Dentro de um modelo, os parâmetros fazem parte dos dados de entrada e são responsáveis por este estímulo externo. O tempo de reação, para o autor, pode ser caracterizado como uma grandeza de valor variável que depende das características individuais do motorista, do estado do motorista, entre outros fatores. Embora se acredite que o tempo de reação do motorista também sofra interferência do ambiente de tráfego, por simplificação, ele não será estudado de forma direta. Indiretamente, ele será analisado através de variações nos valores dos parâmetros. Além desta simplificação, como mencionado na introdução deste capítulo, o

trabalho desconsiderou as diferenças individuais entre os motoristas, ainda que influentes no comportamento da corrente de tráfego. A pesquisa trata e analisa o comportamento de forma agregada como se fosse uma entidade – veículo/motorista–, embora se utilize somente do termo veículo para expressar o comportamento desse conjunto.

Um sistema, como definido por Schmidt e Taylor (1970, apud Law e Kelton, 2000), é um conjunto de entidades (pessoas ou máquinas) que agem e interagem ao mesmo tempo para realização de algum propósito. Para Law e Kelton (2000), embora caiba essa definição, uma demarcação precisa do conceito e a definição das variáveis necessárias para a sua representação dependem do caso particular que está sendo estudado.

A avaliação de um sistema, segundo os autores, pode ser realizada de distintas formas. A maneira mais direta consiste em experimentos com o próprio sistema real. No entanto, quando isso é possível, geralmente possui um custo alto ou ainda pode ser destrutivo. Daí parte-se para a elaboração de modelos, capazes de atuar como substitutos do mundo real. Esses modelos podem ser físicos (reprodução de uma cabine de avião, por exemplo) ou matemáticos. Os modelos matemáticos representam o sistema através de relações quantitativas entre as variáveis do sistema. As variáveis, por sua vez, podem ser manipuladas ou trocadas a fim de verificar alterações no modelo.

Uma vez construído um modelo matemático, é examinado como ele pode ser usado para responder as questões do sistema estudado. Se as relações que compõem o modelo são simples, é possível utilizar métodos analíticos (cálculo, álgebra e teoria da probabilidade) para obter as informações necessárias. Estas soluções formam os modelos analíticos que foram tratados no presente capítulo. Quando os sistemas são muito complexos para serem avaliados analiticamente, a simulação, assunto abordado no Capítulo 3, é proposta. Embora diferenciados como modelos distintos, Silva (2001b) lembra que a simulação e os modelos analíticos não são exclusivos. Ou seja, um modelo de simulação representa uma complexa rede de relações entre modelos analíticos. A representação dessas formas de estudo está apresentada na Figura 2.1.

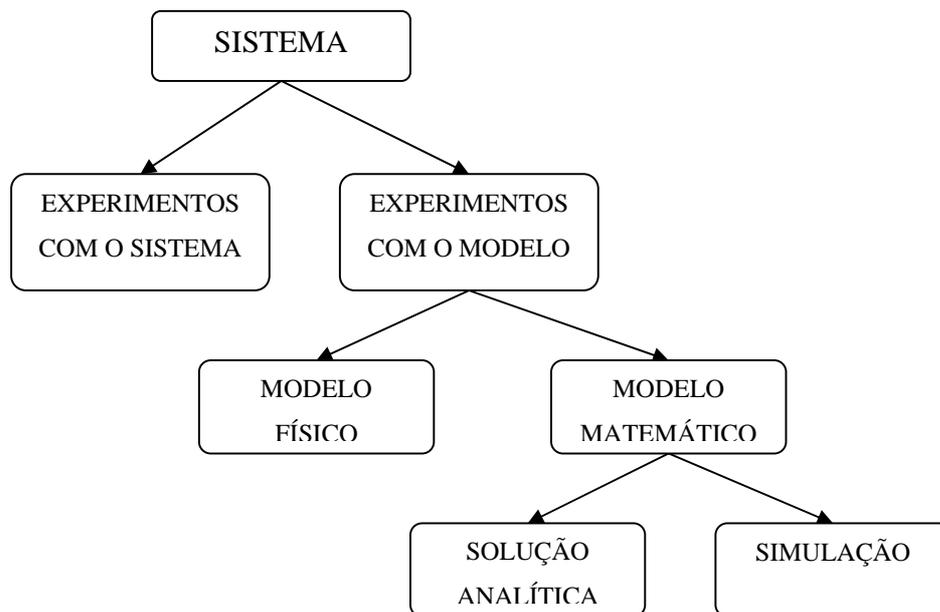


Figura 2.1 – Formas de análise de um sistema

Fonte: Law e Kelton (2000)

Os modelos analíticos de fluxo de tráfego são classificados pelo nível de desagregação em modelos microscópicos, macroscópicos e mesoscópicos. Na análise macroscópica, o fluxo de tráfego é concebido de forma contínua, como um fluido, e a representação é baseada nas leis da hidrodinâmica. A análise desta abordagem, segundo Silva (2001c), exige a definição de três grandezas básicas: fluxo ou volume, concentração ou densidade e velocidade. Conforme o autor, por suas características e considerações, ela pode ser aplicada com sucesso ao estudo do tráfego com grande concentração, mas para as situações de tráfego pouco denso não possuem uma boa aplicação.

A análise mesoscópica ocupa uma posição intermediária entre as outras duas abordagens. Nela, os veículos são agrupados em pelotões e são tratados desta forma quanto ao tamanho, localização, velocidade e aceleração. Para Portugal (2005), os modelos mesoscópicos buscam explicar a deformação destes pelotões ao longo do tempo e do espaço com base na Teoria da Dispersão de Fluxos de Tráfego e geralmente são utilizados para coordenação semafórica.

A análise microscópica do tráfego, conforme Silva (2001c), foi desenvolvida através dos

modelos de ‘perseguição’ ou ‘leis de seqüência’ (*car following*). Esses modelos, segundo o autor, buscam descrever o comportamento do elemento motorista-veículo como resposta a um estímulo recebido.

Os modelos de *car following*, por sua vez, segundo Hoogendoorn e Bovy (2001), podem ser divididos em três tipos: modelos de ‘estímulo-resposta’ (*stimulus-response models*) modelos de ‘distância segura’ (*safe-distance models*), e os modelos ‘psico-espaçamento’ (*psycho-spacing models*). Algumas considerações sobre esses três grupos de modelos, com base nos trabalhos de Brackstone e McDonald (1999), Panwai e Dai (2005), Hoogendoorn e Bovy (2001) são apresentadas nos itens 2.2, 2.3 e 2.4.

2.2 - MODELOS DE ESTÍMULO-RESPOSTA

Os modelos clássicos de perseguição, também conhecidos como modelos de ‘estímulo-resposta’ (*stimulus response models*), desenvolvidos em fim dos anos 50 por Chandler, Herman e Montroll (1958, apud Brackstone e McDonald, 1999) a partir de uma série de experimentos realizados pela General Motors, buscam traduzir a variação da velocidade de um veículo (chamado seguidor) como resposta ao estímulo representado pela velocidade relativa entre ele e o veículo que se desloca a sua frente numa corrente de tráfego – veículo líder. No modelo, considera-se o veículo n seguidor do veículo n-1. Após vários casos estudados, Gazis *et al.* (1961, apud Brackstone e McDonald, 1999) propôs a Equação 2.1 para representação desses modelos:

$$a_n(t) = cv_n^m(t) \frac{\Delta v(t-T)}{\Delta x^l(t-T)} \quad (2.1)$$

onde

$a_n(t)$: aceleração do veículo n no instante t;

v_n : velocidade do veículo n;

Δx : distância entre o veículo n (veículo líder) e o veículo n-1 (veículo seguidor);

Δv : velocidade relativa entre o veículo n e o veículo n-1;

T: tempo de reação do motorista;

l, m e c: constantes.

Os valores l e m são expoentes, cujos valores podem variar conforme o caso estudado. A aplicação do modelo requer que os parâmetros l, m e c sejam calibrados para uma rede particular. Segundo Brackstone e McDonald (1999), a variação entre esses valores pode ser por duas razões. A primeira é que o comportamento do motorista é provavelmente influenciado por variações no tráfego e nas condições do fluxo. Segundo, porque várias dessas pesquisas foram realizadas em lugares com baixas velocidades ou de trânsito lento, que não refletem o comportamento dos modelos de *car following*.

Em relação aos modelos clássicos, Hoogendoorn e Bovy (2001) consideram que a representação do comportamento dos veículos em fluxo livre nos modelos apresenta algumas limitações, descritas a seguir.

- Independentemente da distância entre veículos ser muito grande (*headway*), os motoristas sempre reagem para velocidades diferentes;
- Todos os motoristas, inclusive os motoristas lentos, acompanham os motoristas mais rápidos;
- Os modelos consideram que um caminhão (lento) seguindo um carro de passeio (rápido) aumenta sua velocidade até alcançar a velocidade do veículo líder;
- O tráfego é assumido de forma homogênea, isto é, todos os parâmetros do modelo são iguais para todos os usuários e para todas as faixas da via;
- Os modelos assumem que a resposta do veículo seguidor sempre é zero quando a velocidade relativa é igual a zero, independentemente da distância entre os veículos;
- Não reproduzem o comportamento dos veículos em condições congestionadas.

Também para Aycin e Benekohal (1999), os modelos clássicos apresentam algumas falhas. Primeiro, os veículos não se movem em seqüência no mundo real. Segundo, os intervalos dos tempos de reação dos motoristas são restritos aos passos de tempo de simulação. Por último, a percepção inicial dos motoristas não é considerada nos modelos.

2.3 - MODELOS DE DISTÂNCIA SEGURA

O grupo dos modelos de ‘distância segura’ (safety distance ou collision avoidance) diferem em relação aos modelos clássicos porque o foco principal deixa de ser a reação do seguidor ao comportamento do líder para ser a restrição de que o seguidor deve manter uma distância segura em relação ao líder. Desenvolvidos a partir do trabalho de Kometani e Sasaki (1959, apud Brackstone e McDonald, 1999), esses modelos são baseados na Equação 2.2, que descreve a distância segura para evitar a colisão com o veículo da frente como uma função da velocidade do veículo seguidor e do veículo líder e do tempo de reação do motorista.

$$\Delta x(t-T) = \alpha v_{n-1}^2(t-T) + \beta_1 v_n^2(t) + \beta v_n(t) + b_o \quad (2.2)$$

onde

v_n : velocidade do veículo n ;

v_{n-1} : velocidade do veículo $n-1$;

Δx : distância entre o veículo n e o veículo $n-1$;

T : tempo de reação do motorista;

α , β , β_1 e b_o : constantes de calibração.

O maior desenvolvimento desse modelo, segundo Brackstone e McDonald (1999), foi realizado por Gipps (1981). O modelo de Gipps, segundo Silva (2001c), é resultado da combinação dos modelos collision-avoidance e dos modelos clássicos de perseguição (estímulo-resposta). As equações do modelo de Gipps para a velocidade do seguidor são (Equações 2.3 e 2.4):

$$v_n(t+T) = v_n(t) + 2.5a_n T \left(1 - \frac{v_n(t)}{V_n}\right) \sqrt{0.025 + \frac{v_n(t)}{V_n}} \quad (2.3)$$

e

$$v_n(t+T) = b_n T + \sqrt{b_n^2 T^2 + b_n \{2[x_{n-1}(t) - s_{n-1} - x_n(t)]\} - v_n(t) T - \frac{v_{n-1}(t)^2}{b}} \quad (2.4)$$

onde

a_n é a aceleração máxima que o motorista do veículo n deseja usar;

b_n é a taxa máxima de frenagem que o motorista do veículo n deseja usar;

s_n é o comprimento efetivo do veículo n (incluindo o afastamento guardado pelo seu seguidor quando ambos estão parados);

V_n é a velocidade com que o motorista do veículo n deseja se deslocar;

$X_n(t)$ é a posição do veículo n no instante t ;

t é o tempo de reação, assumido como constante para todos os veículos e

b é uma estimativa da frenagem mais intensa b_{n-1} que o motorista do veículo $(n - 1)$ deseja usar; esta estimativa é necessária porque em condições reais de tráfego o motorista do veículo n não consegue estimar b_{n-1} por observação direta.

O modelo assume que a velocidade do seguidor é dada pelo menor entre os valores produzidos pelas equações 2.3 e 2.4. Se a equação 2.3 produz o valor mínimo, as condições de tráfego favorecem o fluxo livre e a velocidade do seguidor é ajustada para que este alcance a velocidade desejada pelo motorista. Se a equação 2.4 produz o menor valor, a velocidade do seguidor é ajustada para que seja mantida uma distância de segurança em relação ao seu líder de modo a evitar uma colisão no caso deste último frear bruscamente (Silva, 2001c).

2.4 - MODELOS PSICO-ESPAÇAMENTO

O terceiro grupo dos modelos *car following*, os modelos ‘psico-espaçamento’ (psycho-spacing models), foram desenvolvidos para mostrar que os motoristas estão sujeitos a certos limites de percepção do estímulo ao qual eles respondem (Todosiev e Barbosa, 1964, apud Hoogendoorn e Bovy, 2001). Esse modelo, segundo Hoogendoorn e Bovy (2001), assume que em grandes distâncias, o motorista não é influenciado pelas velocidades diferentes. Além disso, ainda segundo ao autor, ele não considera que em pequenas distâncias, qualquer combinação de velocidade relativa produza uma resposta no motorista seguidor, porque o movimento relativo é pequeno.

Panwai e Dia (2005) sintetizam o modelo desenvolvido por Michaels (1963) descrevendo que

ele baseia-se na suposição de que o motorista desenvolve a ação quando um 'limite' (*threshold*) é alcançado. O modelo busca incorporar o limite da percepção do motorista. Por exemplo, para veículos muito próximos (*headways* pequenos), a distância entre eles deve variar a partir de um determinado valor para que qualquer mudança de velocidade seja perceptível. Embora o modelo busque incorporar esses limites de percepção, segundo Panwai e Dia (2005), a capacidade para estimar e perceber diferenças de velocidade varia muito entre os motoristas, dificultando a estimativa e calibração desses 'limites' individuais associados com o modelo.

2.5 - FATORES QUE INFLUENCIAM NOS MODELOS CAR FOLLOWING

As relações entre as variáveis dos modelos de *car following*, como são reflexos do comportamento individual do motorista, sofrem influência das características que interferem nesse comportamento. Características individuais do motorista, dos veículos, do ambiente e da via são fatores que, ao provocar mudanças de comportamento, determinam alterações nas relações entre as variáveis desses modelos.

Embora não verificado empiricamente, o comportamento dos modelos de *car following* para Rockwell (1972, apud Ranney, 1999), pode ser influenciado por características como os objetivos da viagem, a curvatura da via e a velocidade da corrente.

As relações verificadas nos modelos de *car following*, segundo Ranney (1999), ocorrem em níveis intermediários de serviço (conforme mostra a zona 2 na Figura 2.2). Para a zona 1, o autor analisa que a influência do *car following* somente ocorre se os motoristas escolhem manter pequenos *headways*, ou seja, dirigir próximo ao veículo da frente.

Vogel (2002), no sentido de determinar o limite dessa influência, buscou determinar o valor do *headway* em que o motorista poderia ser considerado livre. Ou seja, determinar a partir de que valor, a velocidade do veículo seguidor não é mais influenciada pela velocidade do veículo líder. O *headway* representa o intervalo de tempo ou a distância entre a passagem de um mesmo ponto de referência de dois veículos consecutivos. Neste trabalho, *headway* sempre

fará referência ao intervalo de tempo, exceto quando mencionado que se trata do *headway* de distância.

Já para a zona 3, Ranney (1999) define que nessa situação resta uma pequena escolha para o motorista em seguir o veículo da frente. Para o autor, dentro da área 2, o modelo *car following* é determinado por uma combinação de condições impostas por outros veículos, como fatores individuais do motorista e ainda por fatores do ambiente, e que a relativa contribuição desses fatores difere em função do tráfego congestionado.

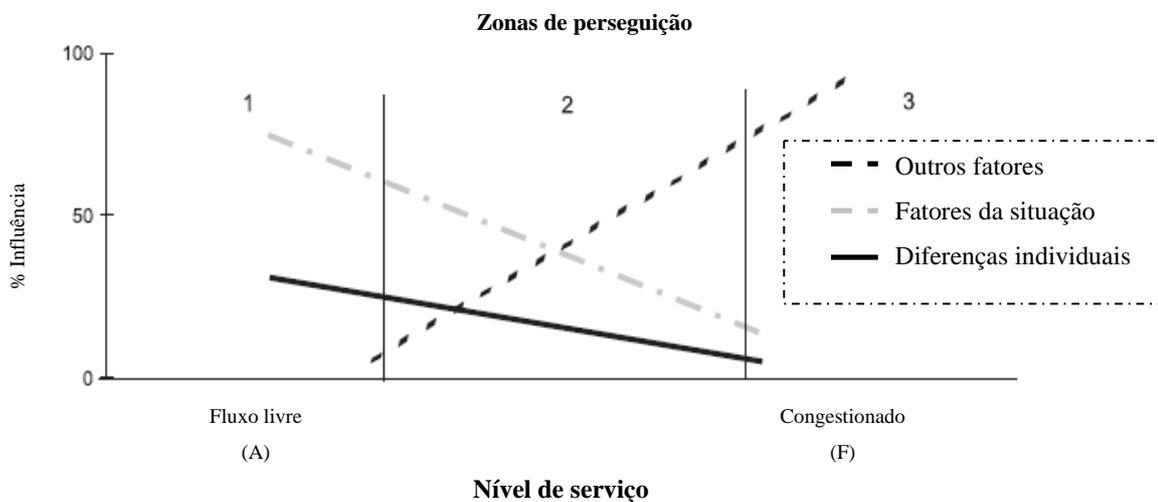


Figura 2.2 – Fatores que influenciam comportamento dos modelos *car following*

Fonte: Ranney (1999)

Os fatores de situação (*situational factors*) indicados na Figura 2.2, conforme referido no trabalho do autor, são relativos aos fatores do ambiente (período do dia, dia da semana, condições atmosféricas e condições da via) e fatores momentâneos do motorista (pressa, distração, álcool, drogas, estresse, fadiga e propósito da viagem). Já as diferenças individuais se referem às diferenças do elemento motorista/veículo como idade, habilidade e propensão a riscos do motorista, tamanho do veículo e características dos veículos. O gráfico descrito na Figura 2.2 relata o grau de influência desses fatores no comportamento dos modelos de *car following*, considerando o nível de serviço.

Segundo Ranney (1999), em condições próximas ao nível de serviço A, os motoristas possuem

uma maior liberdade, proporcionando diferentes relações nos modelos de *car following*. No entanto, se a densidade do tráfego aumenta, o motorista passa gradualmente de uma condição independente para uma condição forçada, ocorrendo um aumento nas ações ditadas pelo veículo líder. Já perto do nível de serviço F, o autor observa que as condições de tráfego são predominantes, fazendo com que as contribuições dos fatores do ambiente sejam mínimas.

Segundo as observações levantadas por Ranney, pode-se perceber que a condição do fluxo de tráfego é um fator interveniente nas relações entre as variáveis dos modelos de *car following*. Dessa forma, o estudo deve tomar por base apenas a região 1 e a região 2. Na região 3, a influência dos fatores é incipiente e por isso, esta não será considerada nos levantamentos e análises dessa pesquisa.

2.6 - TÓPICOS CONCLUSIVOS

Neste capítulo, foram identificados três tipos de modelos microscópicos de tráfego. Os modelos estímulo-resposta, conhecidos como modelos clássicos de perseguição, buscam explicar a variação de velocidade de um veículo (veículo seguidor) como se fosse uma resposta a variação do veículo imediatamente a sua frente (veículo líder).

No segundo grupo, os modelos de distância segura buscam estimar a distância mantida pelo veículo seguidor até o veículo líder a partir da restrição de que o segundo veículo deva manter uma distância segura do veículo líder. Para isso, se utilizam da velocidade dos dois veículos e do tempo de reação do motorista. O terceiro grupo procura incorporar limites de percepção do motorista nos resultados do modelo, argumentando que o motorista somente reage dentro de determinadas circunstâncias.

Por fim, foi identificada a influência de determinadas características no comportamento do motorista relacionando esta influência com o nível de serviço obtido em campo. O fluxo de veículos intenso, que proporciona um nível de serviço F, não proporciona a liberdade ao motorista necessária para desenvolver a sua velocidade desejada. Desta forma, condições de tráfego de fluxo instável não podem ser consideradas nesta pesquisa.

3 - MODELOS DE SIMULAÇÃO

O capítulo apresenta os dados de entrada considerados por alguns simuladores de tráfego e procura identificar as características viário-ambientais consideradas para cada um destes modelos. A verificação das características incorporadas contribuiu para identificar quais características seriam utilizadas para verificar a relação entre os parâmetros. Além disso, serviu para amparar a determinação do modelo de simulação utilizado nesta pesquisa. Após a apresentação do funcionamento geral dos modelos de simulação, é feita uma descrição detalhada do modelo de simulação selecionado.

3.1 - CONCEITOS GERAIS SOBRE SIMULADORES DE TRÁFEGO

A simulação é baseada, segundo Law e Kelton (2000), em um modelo matemático computadorizado utilizado para efetuar experimentos sobre o sistema através da alteração dos dados de entrada (estímulos externos) e verificação de alterações das medidas de desempenho do sistema.

A atualização das variáveis em cada um dos experimentos pode ser realizada de duas formas: baseada em eventos (*event-scanning*) ou no tempo (*time-scanning*). Na primeira, o sistema somente é atualizado quando existe um evento. A ordem da lista de eventos deve ser mantida e os tempos dos próximos eventos devem ser previstos. No outro tipo de categoria, o ciclo é atualizado baseado em incrementos de tempo. Logo, a cada passo de tempo, todos os eventos previstos para o período irão ocorrer.

Antes da definição do simulador e da análise de suas características, são levantadas algumas considerações sobre a utilização, aplicação e adequação dos simuladores. Uma das tarefas árduas da simulação, segundo Portugal (2005), consiste em determinar se o modelo escolhido retrata com fidedignidade o sistema em estudo. Dentro desse contexto é que se insere a necessidade do ajuste de novos parâmetros, capazes de representar as peculiaridades do sistema analisado. Segundo o autor, a análise dos resultados de um simulador deve considerar as possíveis discrepâncias entre o modelo e o sistema real representado. Essas diferenças,

caracterizadas como erros, podem ser classificadas em duas categorias (Seco e Vasconcelos, 2004; Vasconcelos, 2004 apud Portugal, 2005):

- Erros não controláveis pelo usuário final do simulador: contemplam os erros de especificação e os computacionais;
- Erros controláveis pelo usuário final do simulador: estes se dividem ainda em erros de simplificação (resultado da necessidade de reduzir a complexidade do sistema devido à disponibilidade de recursos) e erros de quantificação (ocorrem devido a imprecisões no estabelecimento das variáveis utilizadas no modelo).

Em relação aos erros controláveis, Portugal (2005) recomenda a observação de três preceitos básicos: verificação, validação e implementação de confiabilidade. A verificação consiste no conjunto de ações utilizadas para certificar se a forma conceitual, adotada no modelo, foi transcrita corretamente ao utilizar-se das linguagens de programação ou de simulação.

A validação, segundo o autor, são as ações utilizadas para analisar se um dado modelo representa o sistema em estudo com fidedignidade. Ela pode ser categorizada em estatística e subjetiva. A estatística consiste no emprego de ferramentas como análise de variância, determinação de um intervalo de confiança, testes de hipóteses, ajustamento de curvas, análises de regressão e análises de séries temporais. Já a subjetiva, é recomendada quando não há a possibilidade de se realizar explorações aprofundadas sobre o sistema. Neste caso, uma das recomendações do autor é o Teste de Turing, que consiste na exposição das informações geradas pelo modelo e das obtidas do sistema real em um mesmo formato a um conjunto de especialistas. O modelo é considerado válido quando os especialistas não conseguirem distinguir os dois resultados.

Por fim, a obtenção final de modelos validados e confiáveis, ou seja, a confiabilidade e credibilidade do usuário em relação aos resultados obtidos, segundo a literatura pesquisada por Portugal (2005), deve englobar os seguintes princípios: (i) constatar os termos técnicos usuais, (ii) coletar dados relevantes a serem utilizados no desenvolvimento do modelo, (iii) utilizar

teorias existentes relativas ao sistema em estudo, (iv) analisar outros modelos desenvolvidos anteriormente, (v) dotar de experiência e intuição na formulação do modelo, (vi) testar as considerações empíricas utilizadas através de análise de sensibilidade (verificação de mudanças nos resultados por meio de alterações nos valores das variáveis de entrada e parâmetros do sistema) e (vii) determinar quanto os dados gerados são representativos.

3.2 - DEFINIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

Os simuladores de tráfego, de forma análoga aos modelos analíticos, se dividem em macroscópicos, mesoscópicos e microscópicos. A forma de representação das entidades (agregada ou individualizada) consiste, segundo Maiolino e Portugal (2001) em um dos primeiros aspectos a serem considerados para a definição do modelo de simulação. A partir daí, a escolha do simulador, segundo os autores, entre outros fatores, deve ser função das especificidades da aplicação e considerar fundamentalmente as entradas requeridas devido à modelagem e as saídas disponibilizadas pelo programa.

Com base nisto e visando amparar a definição das características viário-ambientais consideradas para este trabalho, foram investigadas as entradas consideradas pelos simuladores de tráfego AIMSUN2, CORSIM, DRACULA, INTEGRATION, PARAMICS, VISSIM e HUTSIM.

As entradas consideradas por estes simuladores de tráfego, retiradas do trabalho de Maiolino e Portugal (2001) foram confrontadas com as características viário-ambientais compiladas no estudo de Cunha (2005). A partir daí, buscou-se identificar quais das características levantadas por Cunha (2005) eram representativas no ambiente de simulação dos modelos mencionados.

A definição das características viário-ambientais analisadas no estudo de Cunha (2005) foi baseada em informações levantadas por Nodari e Lindau (2003). Os autores levantaram 297 itens e os submeteram a avaliação de profissionais que atuam na área de planejamento, construção, operação e manutenção de rodovias no Brasil e no exterior. Os profissionais julgaram 36 itens como sendo os mais relevantes nos acidentes viários.

Assim, com base nestes itens e considerando o componente viário-ambiental, a autora elaborou um instrumento de coleta de dados, analisando, de forma geral, o impacto das seguintes características:

- Características geométricas dos segmentos e interseções;
- Condições de sinalização para controle de tráfego;
- Paradas e operações de ônibus, como faixas exclusivas;
- Uso de equipamentos de fiscalização eletrônica da velocidade veicular;
- Uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras;
- Presença de pedestres e ciclistas circulando nas margens da via e/ou efetuando operações de travessia;
- Presença de veículos nas laterais da via, tanto para embarque e desembarque de passageiros quanto para estacionamentos;
- Elementos de publicidade instalados às margens da via.

Então, a partir da revisão feita por Maiolino e Portugal (2001) e Portugal (2005), foi possível observar, de forma geral, que as seguintes características não são consideradas como dados de entrada dos modelos mencionados: uso e ocupação do solo das áreas lindeiras, elementos de publicidade instalados as margens da via e a presença de pedestres e ciclistas nas margens da via. Ou seja, as características localizadas às margens da via e mais relacionadas ao ambiente visual do sistema não são consideradas pelos modelos de simulação mencionados. A revisão permitiu verificar que as características incorporadas pelos modelos estudados se limitam a representação de características geométricas da via e de controle de tráfego.

Entre estes modelos, o HUTSIM (Kosonen, 1999), disponível no laboratório onde esta pesquisa tem lugar, apresenta um tipo de modelagem orientada ao objeto, que lhe confere uma flexibilidade de se adaptar aos mais diversos estudos de simulação. Esta característica faz com que o HUTSIM seja capaz de representar significativamente os ambientes simulados, incorporando diversas características viário-ambientais. Isto fez, segundo Oliveira (2006a), com que a sua primeira concepção, originalmente concentrada na análise de controladores

semafóricos, fosse ampliada para permitir novas aplicações do simulador em situações mais abrangentes do tráfego urbano. Assim, devido ao detalhamento dos dados de entrada e à disponibilidade no programa de pós-graduação, o HUTSIM foi escolhido para esta pesquisa.

3.3 - HUTSIM

O HUTSIM foi desenvolvido na Finlândia pela *Helsinki University of Technology* como resultado da tese de doutorado de Kosonen (1999). Assim, a partir do trabalho de Kosonen (1999), foram levantadas características gerais sobre o modelo, incluindo a representação da infra-estrutura, a geração do tráfego, a modelagem do comportamento do motorista (regras de controle da velocidade, e definição da velocidade de fluxo livre. Por fim, são apresentados os parâmetros gerais de um estudo de calibração do HUTSIM.

3.3.1 - Características gerais da modelagem do HUTSIM

A modelagem orientada ao objeto incorporada pelo HUTSIM (*object-oriented modeling - OOM*) propõe uma divisão do sistema real em entidades distintas com identidades próprias, chamadas de objetos. Os objetos, responsáveis pela representação do comportamento reacional e intencional dos motoristas, incorporam as características e funções dos elementos do ambiente físico e ainda podem ser associados com as características, propriedades e conexões com outros objetos.

O sistema de objetos do HUTSIM é responsável, portanto, pela representação da infra-estrutura, pelo controle do tráfego e comportamento do motorista e, a partir dele, Kosonen (1999) considera que as interações básicas (veículo-veículo, veículo-controlador e veículo-ambiente) possam ser modeladas em detalhes.

Após a definição dos objetos e suas interações, parte-se para a descrição do processo interno de participação dos objetos. O processo interno determina como os objetos procedem e reagem a qualquer estímulo externo, ou seja, corresponde ao mapeamento entre o estímulo e a resposta e pode ser implementado de várias formas.

No HUTSIM, o comportamento dos objetos é definido através de regras e usado principalmente para controle da velocidade, mudança de faixa, orientação e plano de controle semafórico. Demais aplicações, segundo Kosonen (1999), podem ser incorporadas através da adição de novas regras ou pela troca de regras já existentes.

A atualização dos eventos no HUTSIM é baseada no tempo: *time-scanning*. A escolha da atualização, segundo Kosonen (1999), teve dois pontos principais. O primeiro é que, devido ao detalhamento da modelagem, a frequência de eventos é alta comparada a um passo de tempo aceitável. Por isto, um grande número de interações nesse tipo de simulação provavelmente resultaria em soluções muito complexas. Segundo, o princípio baseado em incrementos de tempo é mais adequado em procedimentos como o sistema de regras incorporado pelo HUTSIM.

3.3.2 - Representação da infra-estrutura

Para representação da infra-estrutura do HUTSIM, Kosonen (1999) considera fundamental definir todas as possibilidades de movimento (manobras) dentro do ambiente de tráfego. Uma pequena modificação dessas definições pode modificar significativamente as possibilidades de detalhamento do ambiente de tráfego. Por exemplo, o HUTSIM, devido a uma impossibilidade de modelar ultrapassagem, levando em conta o fluxo no sentido oposto, não pode representar uma via simples com duas faixas e ultrapassagem permitida.

Kosonen (1999), no intuito de obter uma modelagem que incorporasse as diversas possibilidades de direção para vários tipos de ambientes de tráfego, definiu um tipo de objeto abstrato: *lane segment object*. Também chamado de *pipe*, corresponde a uma seção simples da via por onde os usuários poderão trafegar (motoristas, pedestres, ciclistas). Ele atua como se fosse um tubo, onde o primeiro veículo que entra será o primeiro a sair (FIFO – *first in, first out*). Por isso, casos de ultrapassagem dentro de uma mesma *pipe*, no sentido oposto, não são permitidos. Os *pipes* possuem direção, sentido e tamanho definidos.

A construção de um ambiente de tráfego parte da definição das próprias *pipes* (estrutura básica do sistema de tráfego do HUTSIM) e conexões existentes entre elas. Através das *pipes* e suas conexões são definidos os pontos de saída das faixas, os possíveis pontos de conflito e as possibilidades de passagem de uma *pipe* para outra. As mudanças de faixas podem ser modeladas através de pontos (conexões) previamente definidos entre duas *pipes*.

A modelagem das rotas e de equipamentos de um sistema de tráfego como controladores semafóricos e sinais de trânsito ao longo da via são combinados aos objetos *pipe*. Dentro de uma *pipe*, é possível agregar diversas características do ambiente que interfiram no comportamento do motorista. A inclusão de um limite de velocidade, como de um equipamento de fiscalização eletrônica, por exemplo, pode ser realizada através da adição de limitações de velocidade dentro daquele trecho (*pipe*).

A representação dos objetos *pipe* no HUTSIM é realizada utilizando um editor gráfico, chamado HUTEDI. Através dele, como descrito por Oliveira (2006b) no Manual do Usuário, estarão disponíveis as ferramentas de desenho e de inserção dos diversos tipos de elementos que compõem a simulação. Como exemplificação, a Figura 3.1 mostra uma representação dos segmentos de via no HUTEDI.

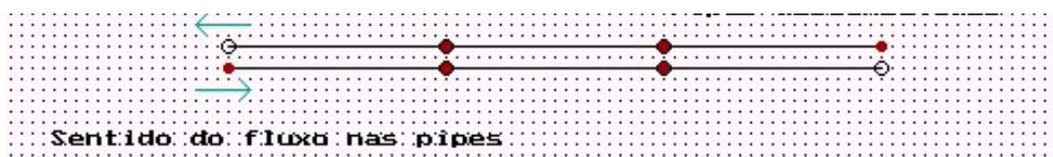


Figura 3.1 – Representação Gráfica dos Segmentos de Via no HUTEDI.

Fonte: Oliveira (2006b)

3.3.3 - Geração do tráfego

Os geradores de tráfego (*traffic generator*) são responsáveis por inserir os veículos objetos individuais a partir das médias conhecidas das propriedades do fluxo de tráfego de entrada: volume de tráfego, distribuição do *headway*, da velocidade e do tipo de veículo. Em geral, é utilizado um único gerador para cada entrada de uma seqüência de *pipes*. Ou seja, um único

gerador para cada faixa da simulação.

No HUTSIM, os outros tipos de características (destino, velocidade e tipo de veículo) são modelados com distribuições discretas. O tipo de veículo, especificado para cada veículo gerado, define o tamanho do veículo e a taxa de aceleração e desaceleração. O programa possui dez tipos de veículos disponíveis que são inseridos com percentuais de frequência no tráfego. O nível de velocidade desejado do veículo/motorista é iniciado através de uma distribuição discreta.

De maneira off-line, qualquer tipo de processo de partida dos veículos pode ser programado. A entrada programada pode ser realizada, por exemplo, através de dados coletados em campo inseridos em um arquivo de entrada. Dessa forma, para cada veículo, podem ser especificados o tempo de chegada, o destino, o tipo do veículo e o nível de velocidade desejado.

Ainda é possível estabelecer um terceiro tipo de processo de chegada através da mudança dos atributos em função do horário. Desta forma, novos parâmetros (volume, velocidade e tipos de veículos) podem ser obtidos, por exemplo, em função do horário de pico. Além do gerador básico, ainda podem ser colocados geradores para pedestres e ciclistas.

3.3.4 - O veículo como objeto

O objeto veículo do HUTSIM é o tipo de objeto central na simulação de tráfego e geralmente é usado para representar o objeto combinado veículo/motorista. Embora exista no HUTSIM uma possibilidade de separação dessas duas entidades (veículo/motorista), para este trabalho, somente foi utilizada a opção combinada.

Ele desenvolve a viagem da sua origem ao destino, obedecendo às regras e à lógica do modelo de simulação. Através dele, as interações básicas do processo de tráfego (veículo-veículo, veículo-controlador e veículo-ambiente) são realizadas e os eventos são gravados e submetidos como dados de saída da simulação. Ele contém as propriedades básicas atribuídas durante o processo de chegada (número de identificação, tipo de veículo, nível de velocidade e

destino), o valor das variáveis e todos os métodos (funções e procedimentos) necessários para a simulação. Então, a partir da determinação do processo de chegada, o gerador inicia o objeto-veículo com essas propriedades básicas e permanece com elas até que algum objeto possa modificá-las.

Durante a viagem e através do modelo *pipe*, o objeto-veículo pesquisa obstáculos em potencial próximos ao veículo (outros veículos, semáforos e outros sinais de trânsito). Assim, as posições e as velocidades dos objetos ao longo da via são pesquisadas. Para exemplificação, é apresentada uma situação de tráfego típica (Figura 3.2) retirada do trabalho de Kosonen (1999).

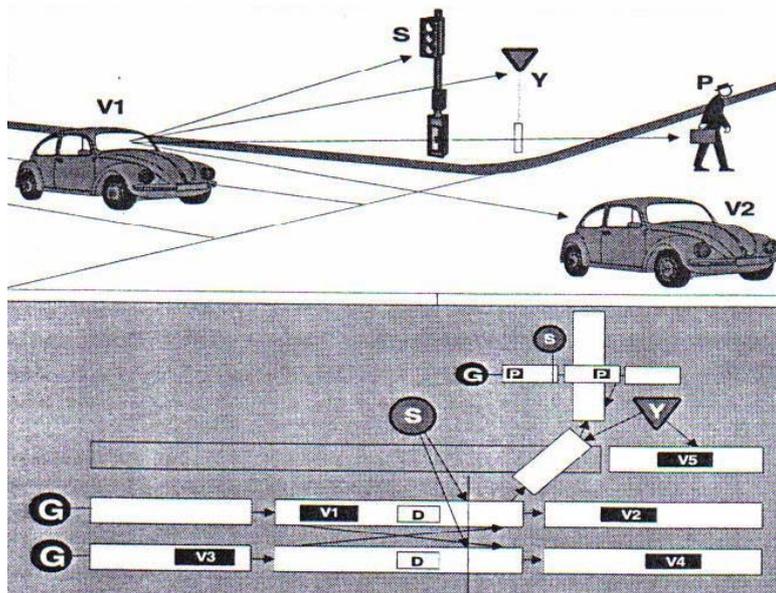


Figura 3.2 – A representação da situação do tráfego para o veículo objeto.

Fonte: Kosonen (1999)

Inicialmente, a trajetória da direção do veículo V1 é examinada. Se o veículo for dobrar a esquerda, os seguintes obstáculos são observados: semáforo (S), a placa de trânsito (Y) e a faixa de pedestres (P). Se ele for em frente, o veículo irá observar somente o semáforo e o veículo da frente (V2). Se a mudança de faixa é pretendida, então o veículo também tomará cuidado com os veículos da faixa adjacente (V3 e V4). Os principais estágios da atualização dos veículos no HUTSIM são apresentados:

- A rota é analisada;
- A *pipe* é selecionada de acordo com essa rota;
- Os obstáculos potenciais são pesquisados, incluindo os fixos e em movimento próximos ao veículo objeto;
- Uma nova velocidade é decidida, considerando os obstáculos à frente;
- A fase de movimento é mostrada na simulação;
- Os arquivos com os dados de saída são atualizados.

3.3.5 - Modelagem do comportamento do motorista no HUTSIM

A representação do comportamento do motorista em um modelo de simulação envolve basicamente a definição de como o veículo/motorista se comportará em relação ao controle da velocidade (acelerador, freio e embreagem) e controle da direção (volante). Em virtude do objetivo do trabalho, somente foi analisado como o HUTSIM considera o controle da velocidade.

O controle da velocidade no HUTSIM é representado através dos modelos ‘estímulo-resposta’ (*stimulus-response models*), mas incorpora algumas limitações que o diferem do modelo clássico. A primeira é que em vez de considerar que o motorista pode observar a velocidade e, em alguns casos, a aceleração do veículo precedente, o modelo assume que somente a variável distância é observada diretamente para o veículo. Em seguida, a velocidade e aceleração são observadas indiretamente através da distância. As variações na distância, por sua vez, devem se enquadrar dentro de certo limite para serem reconhecidas. Assim, no modelo HUTSIM, somente a distância é usada como dado de entrada do sistema e a velocidade e diferença de velocidade podem existir apenas indiretamente como parâmetros do sistema.

3.3.6 - Regras de controle de velocidade

O HUTSIM, ainda que utilize as equações do modelo *car following*, também considera que, dependendo da situação do tráfego, outras equações ou regras devem ser incorporadas. Para cobrir as demais situações, limitadas quando utilizada uma simples equação (*car following*),

foi definido um sistema baseado em regras para controle da velocidade e outras decisões do motorista.

A básica idéia do sistema é a de ‘perseguição’ (*following*), onde o veículo tende a acelerar em direção à velocidade desejada até que essa tendência seja anulada por interações com outros objetos como veículos, pedestres, semáforos e placas. Os motoristas, com base nesse sistema, possuem três possibilidades de escolha (acelerar, frear ou manter o nível de velocidade desejada) e podem ser enquadrados em três regimes distintos de comportamento: ‘área livre’ (*free area*), ‘área estável’ (*stable area*) ou ‘área proibida’ (*forbidden area*). O efeito do obstáculo (escolha do motorista) dependerá do regime em que o veículo está enquadrado. A descrição detalhada dos conceitos de área estável, área proibida e área livre estão apresentados juntamente com a apresentação da Figura 3.3.

As regras do controle de velocidade do veículo objeto, retiradas do trabalho de Kosonen (1999), estão representadas na Tabela 3.1. Se mais de uma regra incidir, a última regra sempre anulará as primeiras. O *headway* mínimo de seguimento estável apresentado na Tabela 3.1 como distância mínima de segurança representa o afastamento mínimo que o modelo mantém entre dois veículos consecutivos, ou seja, indica o menor intervalo de tempo entre a passagem de um ponto do veículo líder e o mesmo ponto do veículo seguidor. O valor área de seguimento estável serve para caracterizar o momento em que o veículo seguidor tenta manter a mesma velocidade do veículo líder. A soma da área de seguimento estável com o *headway* mínimo tem como resultado o *headway* de seguimento estável.

O valor da área de seguimento estável, segundo Oliveira (2006), pode variar entre zero até o valor do parâmetro. Quando o valor adotado é zero, o veículo persegue o veículo à sua frente a uma distância equivalente ao *headway* mínimo de seguimento estável (distância mínima de segurança).

Tabela 3.1 - Regras de controle de velocidade

Regras de controle da velocidade
<p>1. A primeira regra é o caso <i>default</i>. A tendência do veículo é manter o nível de velocidade desejado. Nesse caso, não existem obstáculos em potencial à frente.</p>
<p>2. O veículo acelera se o nível de velocidade desejado do veículo for diminuído. Isto é, a tendência é retornar ao nível de velocidade desejado.</p> <p>O veículo acelera se:</p> <p>2.1 ($v_{own} < v_{des}$) - velocidade do veículo (v_{own}) for menor que o nível de velocidade desejado e;</p> <p>2.2 [$t - t_{last} > T_{acc}(v_{own})$] - o tempo decorrido entre a última aceleração for maior que o intervalo de tempo entre dois passos sucessivos;</p> <p>Em casos mais simples, o valor desse intervalo é constante e a aceleração é linear.</p>
<p>3. Essa regra cancela a permissão da segunda regra se algum obstáculo é identificado. Essa zona, onde a permissão é cancelada, é chamada de área de seguimento estável W_{stab}.</p> <p>O veículo mantém a velocidade se:</p> <p>$[D_{obs} < S_{min}(v_{own}, v_{obs}) + W_{stab}(v_{own}, v_{obs})]$ – a distância do obstáculo à frente for menor que a distância mínima de segurança mais a área de seguimento estável.</p> <p>No HUTSIM, S_{min} é função da velocidade do veículo e da velocidade do obstáculo.</p>
<p>4. Força os veículos a diminuírem a velocidade quando se aproximam de um obstáculo fixo. Essa regra é determinada pela distância de segurança mínima S_{min}.</p> <p>O veículo diminui a velocidade se:</p> <p>$[D_{obs} < S_{min}(v_{own}, v_{obs})]$ – a distância do obstáculo à frente é menor que a distância mínima de segurança.</p> <p>Essa regra pode ser anulada pela quinta regra.</p>
<p>5. O veículo não diminuirá a velocidade, ou seja, a quarta regra será anulada se:</p> <p>$(v_{own} < v_{obs})$ – a velocidade do veículo que se aproxima for menor que a velocidade do obstáculo.</p> <p>$[(t - t_{last}) < T_{maxdec}]$ – a taxa máxima de desaceleração for excedida.</p>
<p>6. A sexta regra detecta possíveis colisões. A velocidade do veículo é forçada a zero, no caso de obstáculos físicos como pedestres e veículos. Uma colisão, por exemplo, com um sinal vermelho, embora não leve a velocidade a zero, também pode ser detectado. A colisão ainda poderá ocorrer se a reação for atrasada ou se existirem outros pontos de conflitos sem semáforos e placas de trânsito.</p> <p>A velocidade do veículo vai a zero se:</p> <p>$(D_{obs} < 0)$ e (obstáculo = físico) – a distância ao obstáculo é menor que zero e o obstáculo é físico.</p>

Fonte: Kosonen (1999)

A operação do sistema baseado nessas regras é ilustrada na Figura 3.3. O veículo seguidor pode estar nas três áreas mostradas pelos diferentes tons de cinza. Na área livre (branca), não existe interação entre o veículo e o obstáculo. Na área estável (cinza claro), os obstáculos

proíbem a aceleração do veículo, ou seja, eles mantêm a sua velocidade. Na área proibida (cinza escuro), os obstáculos forçam o veículo a diminuir a velocidade. As áreas das fronteiras são funções da velocidade do veículo e do obstáculo. Para exemplificação, quatro casos básicos são mostrados na Figura 3.3: aproximação de um veículo estacionário (3.3a); aproximação de um obstáculo em movimento (3.3b); aceleração livre (3.3c) e a aceleração confinada (3.3d).

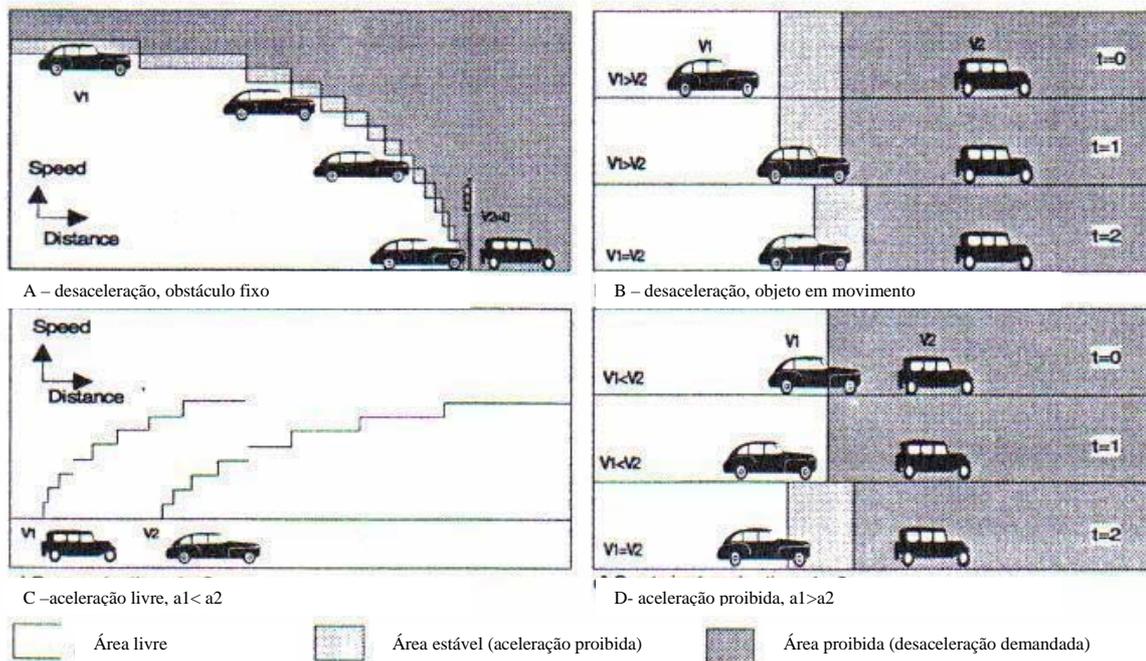


Figura 3.3 – Quatro planos de comportamento *car following*

Fonte: Kosonen (1999)

Na Figura 3.3a, um veículo se aproxima de um veículo estacionário. Assim que o veículo chega a uma distância menor que a distância mínima de segurança (entrando na área proibida), ele é forçado a diminuir a velocidade. Neste momento, a uma velocidade menor, a fronteira da área proibida é movida (percepção de segurança é maior), o veículo volta a área permitida até que exceda outra vez. Como o veículo continua a diminuir a velocidade, ele excede novamente a fronteira e permanece assim até parar. A área de seguimento estável é definida sempre que os veículos caem dentro desta área e assim não é permitido acelerar.

Na Figura 3.3b, o veículo está se aproximando de um obstáculo a uma velocidade superior a dele. Inicialmente, ainda que dentro de uma distância visível, não existe interação entre os veículos. Quando o veículo seguidor excede a distância mínima de segurança, é forçado a diminuir a sua velocidade. A partir daí, esse mesmo processo é repetido até que os veículos estabeleçam a mesma velocidade e a distância permaneça constante. Assim, o veículo seguidor se mantém com uma velocidade constante dentro da área de seguimento estável (*stable car following*) até que a distância seja alterada devido a mudanças na velocidade do veículo líder.

O caso da aceleração livre é mostrado na Figura 3.3c. O primeiro veículo na fila está livremente acelerando de acordo com a segunda regra. Se a distância entre eles permite, o veículo seguidor também pode acelerar. Se a taxa de aceleração do veículo seguidor é menor que a do veículo líder, a distância estará aumentando e o veículo seguidor também poderá acelerar livremente.

O caso da aceleração proibida é mostrado na Figura 3.3d. A aceleração do veículo seguidor é restringida pelo veículo líder. Inicialmente, o veículo seguidor não aumenta sua velocidade, pois se encontra dentro da área estável ou da área forçada. Se o veículo líder acelera, a brecha aumenta, o veículo seguidor sai da área estável e já pode acelerar. O veículo seguidor volta para a área estável até que o veículo líder acelere novamente. A largura da área estável permanece zero enquanto a velocidade do veículo seguidor for menor que a velocidade do veículo líder.

3.3.7 - Determinação da velocidade de fluxo livre ou nível de velocidade desejado

O HUTSIM considera dois tipos de velocidade: a velocidade de fluxo livre ou nível de velocidade desejada e a velocidade atuada (*actuated speed* - AS). Enquanto a velocidade desejada varia de acordo com o ambiente de tráfego, a velocidade atuada varia com o tráfego do momento.

A velocidade desejada de uma seção em particular, segundo Kosonen (1999) pode depender do tipo da via, das limitações de velocidade, do alinhamento vertical, da curvatura, do atrito

(*surface friction*), do tempo, das condições de iluminação, entre outros fatores. Para o autor, como o nível de velocidade desejada depende de inúmeros fatores, a definição de um modelo que represente essas variações é muito difícil. Para incorporação dessas influências, o autor recomenda que os fatores intervenientes sejam incluídos nas distribuições de entrada e validados para cada tipo de via com um número suficiente de medidas de campo. Ao passar por uma seção da via, o veículo forneceria a sua velocidade individual, as características do motorista e, a partir daí, desenvolveria um novo nível de velocidade desejado. Assim, os veículos sempre teriam essa velocidade na mesma posição da via em qualquer distribuição de velocidade.

3.4 - DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS E DADOS DE ENTRADA DO ESTUDO

Após estudo do HUTSIM e considerando os principais parâmetros e dados de entrada do modelo identificados, foram definidos aqueles analisados nesta pesquisa. A escolha foi baseada naqueles parâmetros que melhor representassem variações no comportamento do motorista.

3.4.1 - Distribuição do nível de velocidade desejado

O nível de velocidade desejado, ainda que não seja definido como parâmetro pelo programa e sim como dado de entrada, foi analisado pela pesquisa pelo fato de que o comportamento do motorista é bem representado pelo dado de entrada.

3.4.2 - Taxa média de aceleração

Indica a taxa de aceleração dos veículos considerados livres ou ainda a taxa de aceleração desejada pelos motoristas. Trata-se de parâmetro fortemente dependente do tipo de veículo. O parâmetro calibrado nesta pesquisa foi referente somente à taxa de aceleração dos automóveis.

3.4.3 - Taxa média de desaceleração

Indica a taxa média de desaceleração utilizada nas reduções de velocidade e paradas dos veículos. Embora não seja tão interveniente como na taxa de aceleração, o tipo de veículo também influencia no valor desse parâmetro. Também foi calibrada somente a taxa de desaceleração para os automóveis.

Para efeito de comparação, valores de taxas de aceleração e desaceleração e parâmetros gerais de controle de velocidade encontrados na calibração realizada por Niitymaki (1993, apud Kosonen, 1999) são mostrados, respectivamente nas Tabelas 3.2 e 3.3.

Tabela 3.2 - Taxas de aceleração e desaceleração do estudo de Niitymaki

Parâmetro	carro	caminhão	ônibus	Caminhão/trailer	Bonde	Unidade
Taxa de aceleração	1,6	1,2	1,0	1,1	1,2	m/s ²
Taxa de desaceleração	1,9	1,7	1,2	1,5	1,3	m/s ²

Fonte: Kosonen (1999)

Tabela 3.3 - Parâmetros gerais do trabalho de Niitymaki

Parâmetro	Valor	Unidade
Headway mínimo de seguimento	1,2	s
Extensão da área estável	0,2	s
Distância de parada	1,7	m

Fonte: Kosonen (1999)

Como proposta para uma versão mais atualizada do HUTSIM, Kosonen (1999) menciona uma distinção do headway de seguimento estável que depende do tipo de motorista e da via. Cada veículo recebe um headway de seguimento estável baseado em dois fatores. O primeiro representa a característica do motorista e o segundo representa a via. Assim, quando um veículo é gerado, o headway de seguimento estável dependerá do fator motorista. Ele permanece com esse valor até passar por uma nova via e obter um novo valor através de distribuições previamente definidas. Neste caso, percebe-se já uma diferenciação do valor do parâmetro dependendo das características tanto do motorista quanto do ambiente externo em que o veículo está inserido.

3.4.4 - Dados de entrada

Os principais dados de entrada necessários para modelagem do HUTSIM são:

- Volume de tráfego em período predeterminado;
- Composição do tráfego;
- Distribuição dos headways;
- Distribuição das velocidades desejadas;
- Tempos semafóricos e;
- Fluxo de pedestres nas travessias

3.5 - TÓPICOS CONCLUSIVOS

A partir da análise das entradas dos modelos microscópicos de tráfego mencionados e pesquisados, foi possível observar que as características viário-ambientais mais relacionadas ao ambiente visual do sistema não são incorporadas como dados de entrada. São elas: uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras; presença de pedestres e ciclistas circulando nas margens da via; elementos de publicidade instalados às margens da via.

O HUTSIM, disponível no laboratório desta pós-graduação, possui os recursos necessários (dados de entrada e saída do programa) para representação dos ambientes simulados e verificação dos resultados. A análise de sua lógica interna permitiu identificar os principais parâmetros do modelo com capacidade de ajustar o comportamento do motorista verificado em campo.

4 - CARACTERÍSTICAS VIÁRIO-AMBIENTAIS INTERVENIENTES NO COMPORTAMENTO DO MOTORISTA

A definição das características analisadas neste estudo teve como ponto de partida a identificação, realizada no Capítulo 3, daquelas não incorporadas pelos modelos de simulação. Características como o uso e ocupação do solo das áreas lindeiras, elementos de publicidade instalados as margens da via e a presença de pedestres e ciclistas nas margens da via, embora passíveis de representação dentro da interface do ambiente simulado, não são caracterizadas como dados de entrada desses modelos nem interveniente nos resultados da simulação.

De uma forma geral, as características não incorporadas se assemelham pelo fato de provocar reações no motorista cuja tradução para um ambiente simulado é complicada. Frente a um semáforo vermelho ou a um aclave/declive da via, ainda que influenciado por diversos outros fatores, o motorista possui uma reação previsível para ser modelada. Já a tradução de possíveis alterações na reação do motorista devido a variações no uso e ocupação do solo das áreas lindeiras ou a elementos de publicidade instalados às margens da via possui uma modelagem menos previsível. No entanto, ainda que possuam essa reação menos previsível, a influência dessas características tem sido estudada e considerada por diversos autores na literatura.

Assim, o capítulo procurou destacar estudos que buscassem a relação entre estas características e o comportamento do motorista, no sentido de auxiliar a definição de quais destas características seriam analisadas por este estudo.

Embora as características não incorporadas tenham sido definidas como base para a análise deste estudo, não se pode descartar a influência das demais características no comportamento do motorista. Logo, o levantamento da influência de todas as características consideradas intervenientes no comportamento do motorista foi realizado neste capítulo e serviu para embasar a definição dos trechos de via escolhidos para a pesquisa.

Por fim, o capítulo apresenta um método para definição da velocidade de fluxo livre identificada na literatura como forma de basear o cálculo do parâmetro definido pela pesquisa:

nível de velocidade desejado.

4.1 - ESTUDOS SOBRE A INTERFERÊNCIA DO AMBIENTE VIÁRIO NO COMPORTAMENTO DO MOTORISTA

A relação entre características viário-ambientais e a velocidade do motorista foi levantada por Aronsson (2006). A autora buscou, ainda, capturar a influência de interações com pedestres, motoristas, ciclistas e outros usuários da via (eventos chamados *side-friction*). Para isso, dados de viagem foram coletados em diferentes tipos de via e condições de tráfego. Além da análise das relações encontradas com os dados de campo, os dados foram analisados através de um microsimulador.

A pesquisa mostrou que a inclusão das variáveis *side-friction* foi explicativa na estimativa da velocidade e assim, pode acentuar o conhecimento dos impactos do tráfego nos diferentes desenhos urbanos. Resultados mostraram que o número de pedestres atravessando a via e o fluxo de tráfego ($R^2=0,91$) tiveram impacto significativo na média da velocidade da viagem. A função da via e o número de faixas também tiveram um alto grau de explicação ($R^2=0,7$). A presença de ciclovias, estacionamentos nas laterais da via e número de interseções secundárias por km foi significativa apenas em determinados tipos de via.

Com o objetivo de identificar alterações comportamentais devido a medidas de *Traffic Calming*, Uzzel e Muckle (2005) buscaram estabelecer, através de fotografias, uma relação entre o relato do motorista e os ambientes apresentados. Os resultados mostraram que pequenas modificações, como a pintura de linhas brancas ao longo da via ou ainda seu estreitamento podem provocar, respectivamente, um aumento e uma diminuição na velocidade do motorista. Stuster *et al.* (1998, apud Uzzel e Muckle, 2005) observaram alterações na velocidade do motorista devido à proximidade com áreas construídas.

Na pesquisa de Galski *et al.* (1998), também através da apresentação de fotografias, motoristas foram questionados sobre a atenção e a habilidade que eram exigidas para dirigir com segurança em cada um dos cenários apresentados. Dirigir em áreas residenciais foi avaliado

como significativamente menos exigente que em outras áreas.

Variáveis do tráfego (taxa de aceleração e velocidade) foram relacionadas com características viário-ambientais por Ericsson (2000). O estudo foi realizado através de experimentos com cinco tipos de veículos diferentes equipados com um GPS e um instrumento que gravava dados de tempo, velocidade e distância. Durante duas semanas, diversos motoristas percorriam um trajeto previamente definido. Os locais analisados englobavam cinco tipos de vias e estão apresentados na Tabela 4.1. A pesquisa tem a desvantagem do fato de os motoristas pesquisados estarem cientes da participação na pesquisa. Isto poderia interferir no comportamento da direção, influenciando nos resultados.

Tabela 4.1 – Tipos de via analisados no Trabalho de Ericsson (2000)

Tipo	Função	Velocidade limite (km/h)	Número de faixas/sentido
Via 01	Via principal de uma área residencial	50	1
Via 02	Via alimentadora de uma área residencial	50	1
Via 03	Via arterial em direção ao centro	70	2
Via 04	Via arterial em direção ao centro	50	1
Via 05	Vias no centro da cidade	50	1

Fonte: Ericsson (2000)

No trabalho de Ericsson (2000), a velocidade média e a taxa de aceleração encontrada foram diferenciadas em todas as vias encontradas. Na taxa de desaceleração, apenas houve diferença nos resultados entre as vias 01 (via principal de uma área residencial) e via 03 (via arterial em direção ao centro da cidade). O tipo de via 03 (via arterial em direção ao centro da cidade) obteve a maior média de velocidade e o tipo de via 05 (vias na zona central da cidade), a menor velocidade média.

Em relação à taxa de aceleração, a menor taxa de aceleração encontrada foi para a via 01 e a maior taxa de aceleração, para a via 02. A menor taxa de desaceleração encontrada também foi para a via tipo 01 (semelhante a via tipo 03) e a maior, também foi a via tipo 02. Os resultados mostram que vias com alta velocidade média tendem a ter uma baixa taxa de aceleração e desaceleração.

Através da verificação de mudanças na velocidade e aceleração dos motoristas na presença de

diferentes ambientes, Brundell-Frej e Ericsson (2005) investigaram possíveis modificações na forma de direção dos motoristas. O trabalho seguiu procedimento de coleta de dados semelhante ao realizado por Ericsson (2000). Em seguida, dados de tempo, velocidade e distância foram identificados e associados às características da via e das condições de tráfego (volume).

As características viário-ambientais analisadas pelos autores incluíam o uso e ocupação do solo lindeiro, a função da via, a velocidade limite, a proximidade das interseções semaforizadas e não-semaforizadas (distância total percorrida dividida pelo número de interseções) e o número de faixas.

O efeito das variáveis independentes (características viário-ambientais) nas variáveis dependentes (exemplo, velocidade média praticada) foi estimado. Os motoristas foram separados em categorias dependendo de suas características individuais. Para cada categoria, era analisado o efeito individual que determinada característica viário-ambiental tinha em uma das variáveis dependentes (por exemplo, a velocidade média). Assim, através de um modelo e para cada categoria de motoristas, o efeito era estimado variando apenas uma das características independentes (características viário-ambientais), enquanto as demais características eram mantidas constantes.

Em relação à velocidade média praticada, uma mudança significativa na variação da velocidade foi encontrada quando o limite de velocidade foi alterado de 70 para 90km/h em comparação com a variação encontrada quando o limite era alterado entre 50 a 70km/h. Embora a variação do limite de velocidade seja o mesmo (aumento de 20km/h), o efeito na variação da velocidade média dos motoristas foi maior para a mudança da velocidade limite de 70 para 90 km/h.

O grande efeito encontrado em relação à aceleração foi em relação à densidade de interseções semaforizadas. Quando a distância entre as interseções semaforizadas diminuiu para menos de 100m, a aceleração foi maior. Um aumento da velocidade limite para 90km/h diminuiu a aceleração consideravelmente. A aceleração também foi mais alta em vias locais que em vias

com outras funções. A aceleração aumentou também quando o número de faixas passou de uma para duas faixas por direção.

O efeito mais significativo entre as oscilações da velocidade (frequência na aceleração e desaceleração) foi em relação à densidade das interseções não semaforizadas, as oscilações da velocidade diminuem com o aumento da densidade das interseções não-semaforizadas. Já em relação a densidade das interseções semaforizadas, a oscilação da velocidade é maior, porém tem o mesmo efeito (mesmo padrão), ou seja, uma diminuição na oscilação da velocidade quando a densidade aumenta. O uso e ocupação do solo também tiveram um efeito significativo, as oscilações da velocidade foram maiores nas áreas centrais e diminuiu com o aumento da velocidade limite da via.

O projeto de uma rodovia, para Drottenborg (2001), deve vincular a estética da via à segurança viária. No entanto, para a autora, um dos principais desafios é conhecer quando esse conceito de estética pode melhorar a segurança viária e quando a estética pode expor a segurança do usuário. Conhecer essa relação, portanto, além de fundamental sob o ponto de vista da segurança viária, permite a inserção desse fator externo (características viário-ambientais – estética da via) na análise entre as relações das variáveis dos modelos microscópicos de tráfego. Foi verificada neste trabalho, por exemplo, a influência positiva da presença de árvores às margens da via na segurança viária. No mesmo sentido, Nodari e Lindau (2003) encontraram uma forte influência de elementos nas laterais das vias na segurança viária.

O trabalho de Cunha (2005), mencionado no capítulo 3, teve como objetivo identificar as características viário-ambientais que afetam a velocidade praticada e a velocidade percebida pelo motorista como segura. Através da aplicação de questionários junto aos motoristas das vias estudadas, buscou-se estabelecer a associação entre as características viário-ambientais previamente definidas e as velocidades mencionadas pelo motorista. Os resultados também apresentaram uma associação entre a velocidade relatada como praticada e características como edificações próximas à pista e publicidade nas laterais da via. Já em relação à influência na velocidade percebida como segura, o estudo relata que não foi possível verificar uma

relação entre a ocorrência dessas características e a velocidade considerada como segura.

A autora, no entanto, não desconsidera em suas conclusões a interferência dessas variáveis. Ela levanta a possibilidade de que o motorista não considere cada característica individualmente, analisando que ou elas não são um fator exclusivo ou são consideradas de forma agregada, de modo que a sua desagregação não é capaz de reproduzir a percepção do motorista. Ainda como possível explicação, a autora considera que a definição da velocidade sofre influência de outras variáveis como aspectos culturais e da personalidade do motorista. Ou seja, as considerações do trabalho são de que somente os fatores viário-ambientais não definem a velocidade do motorista, mas impõem obstáculos ao desempenho da velocidade praticada.

Dentro da perspectiva da Psicologia Ambiental, Cunha (2003) buscou estabelecer a relação entre o comportamento do motorista e as características ambientais (físicas) de controle de velocidade. A psicologia ambiental representa, segundo a autora, a área que enfatiza a análise da relação recíproca entre o comportamento e o ambiente físico, construído ou natural. A autora, através de questionários realizados junto aos motoristas sobre o seu comportamento no trânsito perante barreiras eletrônicas e outros dispositivos de controle, obteve indicadores verbais de que variáveis físicas como pardais, barreiras eletrônicas, semáforos e faixas de pedestres podem afetar o comportamento da velocidade.

Stumpf (1999) realizou um estudo para investigar o impacto da implantação de uma barreira eletrônica com informador de velocidade sobre a velocidade, em trechos viários que antecederiam e sucederiam a sua localização. O trabalho propunha, com base na identificação das variáveis intervenientes nesse processo, desenvolver um modelo para determinação da velocidade nas proximidades de uma barreira eletrônica. Além disso, o autor recomenda que esse mesmo procedimento poderia ser realizado para determinação dos *headways* nas proximidades de cada ponto de controle.

Uma definição adequada da velocidade regulamentada, segundo Alves *et al* (2004), deve estar embasada em critérios técnicos que considerem não apenas as características físicas da via,

mas também as características de uso e ocupação das áreas lindeiras, função da via dentro do sistema viário, a necessidade de travessia de pedestres, circulação e paradas de veículos de transporte coletivo, dentre outros. No trabalho de Cunha (2005), características como edificações próximas à pista e legibilidade das placas de trânsito apresentaram correlação forte ou moderada com a atitude do motorista frente a velocidade praticada. Observa-se, portanto, que além das características físicas da via, características como o uso e ocupação do solo e a circulação de pedestres, objeto desta pesquisa, devem ser consideradas na análise da velocidade da via.

4.2 - DEFINIÇÃO DE VELOCIDADE DE FLUXO LIVRE

A definição da velocidade de fluxo livre adotada neste trabalho partiu do método adotado por Vogel (2002) para demarcar o comportamento do motorista em duas fases distintas. Desta forma, a autora propõe um valor limite de *headway* capaz de demarcar o comportamento nessas duas fases. Uma fase 1 – fase de ‘perseguição’ ou de ‘seguimento’–, em que o comportamento do veículo seguidor é influenciado pelo veículo líder. Uma fase 2, em que esta influência não é mais exercida e o veículo pode ser considerado livre. Até um certo *headway*, portanto, o motorista seguidor será influenciado pelo veículo líder. A partir daí, eles não são mais influenciáveis e podem ser considerados livres. A velocidade de fluxo livre foi então definida como aquela em que os veículos seguidores não são mais influenciáveis pelo veículo líder.

A fim de determinar esse valor limite, foram medidos, para cada faixa da via, dados de velocidade, direção e o intervalo de tempo de passagem entre dois veículos consecutivos. Como para um veículo ser considerado livre, a sua velocidade não pode ser influenciada pelo veículo da frente, a autora buscou determinar o momento em que a variação da velocidade do veículo seguidor não fosse mais influenciada pela velocidade do veículo líder.

Para isso, a autora buscou a relação das velocidades entre os pares de veículos (veículo líder e veículo seguidor) com o *headway* mantido por eles. Os pares de veículos eram agrupados em função do *headway*. Em seguida, para cada *headway*, a relação entre a velocidade do veículo n

e a velocidade do veículo n-1 era verificada. O coeficiente de correlação de Pearson foi calculado para cada grupo de headways obtidos (grupo 0, 1, 2, 3 até grupo com headways maiores que 12s). Veículos com um *headway* entre 0,5s e 1,5s foram agrupados como *headway* de 1,0s. Os veículos com um *headway* entre 1,5 e 2,5s, foram enquadrados no grupo com um *headway* de 2,0s. E assim, por diante.

O esperado é que o valor dessa correlação se torne menor para *headways* maiores, até alcançar um valor próximo de zero, onde permaneça estável. Ou seja, até um valor limite, a relação entre as velocidades dos veículos é dependente do *headway*; acima desse limite, nenhuma relação é esperada.

A partir dos valores de correlação relacionados com os headways (conforme mostra o exemplo da Figura 4.1), os veículos foram divididos em dois grupos tomando como limite (*headway*) o momento em que a variação da velocidade do veículo n-1 ainda pode ser explicada pela variação da velocidade do veículo n. Se os veículos forem divididos, portanto, a partir de um limite, a autora propõe encontrar uma equação, através de uma regressão, que preveja o valor da correlação para os veículos seguidores a partir do *headway* limite encontrado. Acima desse valor, a regressão deve prever valores em torno de $r = 0$, pois a variação da velocidade dos veículos não será mais influenciada pelo veículo líder.

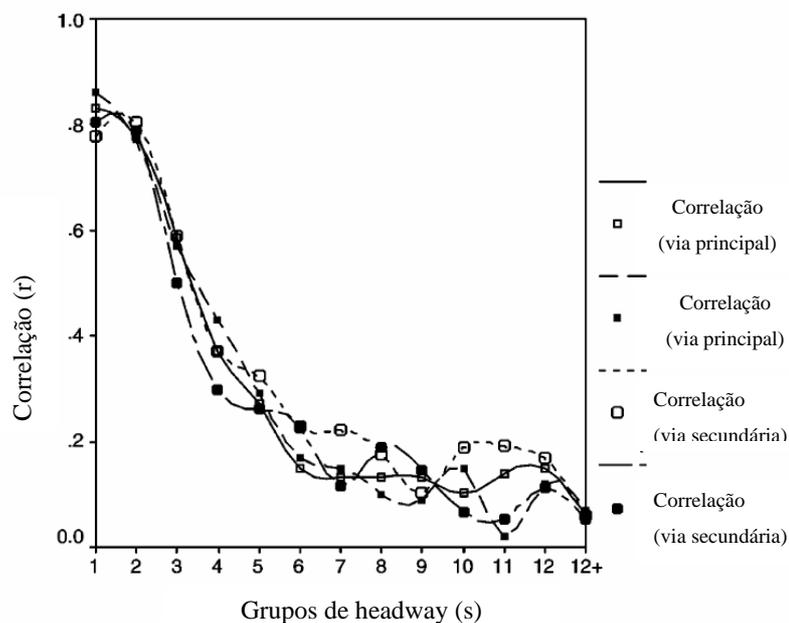


Figura 4.1 - Valores de correlação para cada grupo de *headway*

Fonte: Vogel (2002)

Baseada nisto, a autora sugere que sejam escolhidos pontos de divisão para testar prováveis limites. Por exemplo, para o exemplo apontado na Figura 4.1, foram escolhidos três pontos: 5,5, 6,5 e 7,5s. Para cada um destes pontos, uma regressão foi encontrada para valores abaixo dos pontos determinados e outra para os valores acima do ponto determinado. A regressão tem como variável dependente a correlação entre as velocidades e como variável independente, o *headway*. O ponto apropriado da interrupção para veículos livres e seguidores será o valor do eixo x que intercepta as duas linhas de regressão. Ele deve ficar o mais perto possível do valor do *headway* que foi usado para dividir os dados nos dois subgrupos. Se este não fosse o caso, indicaria que a divisão não foi feita na posição correta, porque necessitaria de uma descontinuidade dos valores da correlação no ponto limite.

4.3 - TÓPICOS CONCLUSIVOS

A partir da revisão bibliográfica levantada nesse capítulo, as características utilizadas como base para a comparação dos resultados foram definidas. Assim, características como a velocidade regulamentada pela via, o número de faixas, uso e ocupação do solo e a densidade

de interseções semaforizadas, foram incluídas como determinantes dos locais a serem estudados. Ainda nesse capítulo, foi definido o método para definição da velocidade de fluxo livre analisada nesta pesquisa.

A definição das características serviu para nortear o trabalho da pesquisa. No entanto, qualquer característica interveniente no comportamento do motorista e identificada durante a análise da pesquisa foi considerada e analisada com base nos resultados da pesquisa.

Para definição das características analisadas, três critérios foram observados: identificação de características que não fossem incorporados pela maioria dos modelos de simulação, verificação de uma suposta influência nos parâmetros analisados e, por fim, características que facilitassem a determinação de trechos que se enquadrassem na pretensão da pesquisa. A pretensão da pesquisa é que a comparação dos parâmetros fosse realizada entre trechos em que as características definidas fossem distintas, porém buscando manter as demais características semelhantes. Isto reduziria a interferência dos demais fatores nos resultados.

5 - APLICAÇÃO DO ESTUDO

O capítulo apresenta o referencial teórico utilizado para determinação do procedimento de coleta de dados definido para a pesquisa. Inicialmente, o capítulo buscou destacar, dentre as características consideradas intervenientes no comportamento do motorista, aquelas que seriam determinantes para definição dos trechos.

A diferenciação destas características permitiu que os trechos estudados fossem definidos e reconhecidos. Com base nas características do simulador utilizado, em levantamentos de dados anteriormente pesquisados e no material disponível para a pesquisa, o método utilizado para a coleta de dados foi definido e realizado. O capítulo apresenta a descrição do método utilizado na pesquisa.

5.1 - APRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS VIÁRIO-AMBIENTAIS ANALISADAS NO TRABALHO

A pesquisa pretende analisar o efeito de características ainda não incorporadas pelos modelos de simulação através da observação de alterações nos parâmetros de um desses modelos. Trata-se de características mais relacionadas com o ambiente visual que ainda não foram incorporadas aos modelos de simulação devido à dificuldade de tradução da reação do motorista na sua presença.

Algumas características foram identificadas no Capítulo 4 para servir como base para a comparação dos parâmetros analisados neste trabalho:

- Uso e ocupação do solo;
- Velocidade regulamentada;
- Número de faixas e;
- Densidade das interseções não-semaforizadas.

A dificuldade encontrada a partir da definição destas características era encontrar um trecho de

via em que cada uma das características definidas fosse distinta, porém buscando manter as demais características semelhantes.

Quanto maior a homogeneidade dos trechos estudados em relação às demais características que se pretende analisar, menor seria a sua interferência nos resultados da pesquisa. No entanto, encontrar trechos que sejam semelhantes em relação a várias características ao mesmo tempo é impraticável. Assim, a observação da homogeneidade destas características adotou como parâmetro a hierarquização das características obtida do trabalho de Nodari e Lindau (2003) e da pesquisa de Cunha (2005).

Com base em questionários enviados a diferentes grupos (projetistas rodoviários, especialistas brasileiros e estrangeiros e policiais rodoviários), Nodari e Lindau (2003) analisaram a influência que cada característica física de uma rodovia tinha na ocorrência de acidentes. Embora a pesquisa da autora tenha relação com segurança viária e tenha sido voltada para ambientes rodoviários, pressupõe-se que a interferência nesses acidentes reflita uma mudança na velocidade dos motoristas.

De forma simplificada, o resultado dessa pesquisa – baseado na média geral de todos os grupos –, está apresentado, de forma decrescente em relação à influência, na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Influência média das características analisadas

	Características viário-ambientais	Média dos níveis de influência
1	Travessias para pedestres	8,62
2	Linhas demarcadoras das faixas	8,42
3	Tráfego de ciclistas e pedestres nas adjacências da rodovia	8,23
4	Distância de visibilidade em curvas horizontais, verticais e interseções.	8,16
5	Formação de espelhos d' água	8,14
6	largura das faixas e acostamentos	8,00
7	Resistência à derrapagem na superfície	7,93
8	Tachas refletivas usadas dos limites das faixas de rolamento	7,90
9	combinação entre alinhamento vertical e horizontal	7,89
10	Adoção de balizadores e marcadores de alinhamento em curvas acentuadas	7,82
11	Legibilidade e destaque da sinalização vertical	7,79
12	superelevação	7,77
13	quantidade de placas de sinalização	7,76
14	Acessos a propriedades e comércio lindeiro	7,72
15	Localização e layout das paradas de ônibus	7,56
16	Buracos na superfície	7,45
17	largura da faixa mais acostamento igual a largura da ponte mais acostamento	7,26
18	Provisão de acostamentos pavimentados	7,11
19	Cascalho solto na pista	7,10
20	Severidade das curvas horizontais	7,10
21	superlargura	7,07
22	Desnível entre a faixa de rolamento e o acostamento	6,92
23	quantidade de curvas no segmento (tortuosidade)	6,72
24	Taludes	6,39
25	Perfil longitudinal (rampas)	6,15
26	Presença de outdoors e placas comerciais	5,70

Fonte: modificado Nodari (2003)

Já na pesquisa de Cunha (2005), através de questionamentos com técnicos (quatro engenheiros civis e uma psicóloga) e usuários da via, foram identificadas as características mais relevantes intervenientes na velocidade praticada pelo motorista. As características mais relevantes encontradas na pesquisa estão apresentadas abaixo.

- Irregularidades no pavimento;
- Aclives e declives do relevo da via;
- Cruzamentos com outras vias;
- Acessos a áreas residências e/ou comerciais;
- Edificações próximas a pista;
- Marcação de vagas para estacionamento;

- Presença de pontos de parada de ônibus;
- Legibilidade das placas de trânsito;
- Fiscalização eletrônica da via.

Então, utilizando o resultado da pesquisa de Nodari (2003) e de Cunha (2005), foi definida uma preferência na seleção das características mais homogêneas consideradas pelo estudo. Assim, para facilitar a definição dos trechos estudados, as características viário-ambientais ficaram definidas em três categorias. Estas categorias encontram-se descritas no item 5.2.

5.2 - CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DOS TRECHOS ESTUDADOS

Como simplificação da pesquisa e para facilitar a definição dos trechos estudados, as características viário-ambientais foram divididas em três categorias. A primeira foi apresentada no item 5.1 e refere-se às características utilizadas para comparação dos parâmetros. A segunda categoria engloba características que, ainda que não utilizadas para comparação dos parâmetros, também foram consideradas determinantes para definição dos trechos. Por último, aparece a categoria que engloba todas as demais características.

Além disso, de forma geral, a pesquisa buscou identificar trechos sem muitas interferências na operação normal do tráfego de passagem (por exemplo, paradas de ônibus, retornos, acessos, viadutos), de maneira que o motorista tenha uma maior liberdade de trafegar da forma desejada.

5.2.1 - Características viário-ambientais determinantes para definição dos trechos

Encontrar ambientes com um grande número de características semelhantes, como mencionado anteriormente, é impraticável. Assim, foi preciso definir um grupo de características – com maior influência no comportamento do motorista – para ser considerado determinante na definição dos trechos. As características foram definidas com base na Tabela 5.1, na revisão bibliográfica do Capítulo 4 e na possibilidade de incorporação pelo simulador de tráfego. Todas as características identificadas que, ainda que tenham uma influência no

comportamento do motorista, já fossem incorporadas pelo simulador, não foram consideradas determinantes. Nesses casos, pressupõe-se que a influência nos resultados da simulação já foi incorporada e por isso, não é objeto desta pesquisa. As seguintes características foram definidas:

- Irregularidades no pavimento;
- Cruzamento com outras vias e acessos a áreas residenciais e comerciais;
- Presença de pedestres/ciclistas nas adjacências da via;
- Presença de aclave/declive;
- Nível de serviço e o fluxo de tráfego;
- Composição do fluxo de tráfego e;
- Dispositivos de controle de tráfego presentes na via;

5.2.1.1 - Irregularidades no pavimento

Como a sensação de segurança do motorista é diferente dependendo da superfície do pavimento, também foram definidos locais em que a superfície do pavimento fosse semelhante. Para isso, foi realizado um levantamento visual, identificando a presença de defeitos ao longo do trecho estudado. Através do aspecto visual, esses defeitos foram comparados com as imagens obtidas do Manual para identificação de revestimentos asfálticos de revestimento (Domingues, 1993). A partir daí, foram classificados.

5.2.1.2 - Cruzamentos com outras vias e acessos a áreas residenciais e comerciais

A presença de acessos a áreas residências e comerciais pode ser incorporada pelo simulador de tráfego. No entanto, o simulador apenas incorpora a movimentação dos veículos entre esses acessos e cruzamentos. A diferença de comportamento do motorista, devido à mudança na sensação de segurança, não é incorporada pelo simulador. Dessa forma, buscou-se definir locais em que o tipo de acessos e cruzamentos com outras vias fosse semelhante.

5.2.1.3 - Presença de pedestres e ciclistas nas adjacências da via

A presença de pedestres/ciclistas nas adjacências da via foi analisada de acordo com a concentração de pedestres/ciclistas nos pontos de coleta de dados na pesquisa. Nesses pontos,

a partir de uma análise visual, a concentração de pedestres presentes nestas vias nos horários de coleta de dados, foi observada. Os pontos de controle foram definidos na etapa de reconhecimento das vias.

5.2.1.4 - Curvas Horizontais e verticais

A inspeção em relação às curvas verticais (presença de aclave/declive e transições ao longo da via) e horizontais visou classificar a variação de velocidade frente a essas características. Para isso, foi verificada a variação de velocidade do motorista ao passar por determinada curva. O motorista utilizado na pesquisa não estava ciente do objetivo da inspeção no momento do trajeto.

5.2.1.5 - Nível de serviço e fluxo de tráfego

A definição dos trechos nos dias e horários pesquisados partiu da identificação de um nível de serviço semelhante à região 2 apresentada no trabalho de Ranney (1999) e mencionada no Capítulo 2. A região 2 representa os níveis B a E conceituados pelo HCM-2000 (TRB, 2000).

O nível de serviço A representa uma situação de fluxo livre, que não se enquadra nos objetivos da pesquisa. Para obtenção do *headway* de seguimento estável, um dos parâmetros calibrados, os veículos necessariamente devem estar enquadrados no modo de ‘perseguição’ (*car following*). Esta pesquisa também desconsiderou os níveis de serviço de fluxo forçado. Nestas zonas instáveis, a liberdade de variação do comportamento do motorista é pequena.

Como a intenção é apenas encontrar zonas em que o nível de serviço permita que o motorista tenha uma certa liberdade de comportamento, permite-se uma simplificação. Os indicadores do nível de serviço para cada tipo de via, descritos no HCM-2000 (TRB, 2000), não foram levantados nesta etapa de definição dos trechos. Como a natureza dos terrenos (aclive/declive) nos trechos analisados é semelhante, permite-se utilizar como parâmetro de comparação do desempenho, o número de veículos por hora e por faixa. Na etapa de reconhecimento das vias, foi realizada uma contagem volumétrica nos trechos previamente selecionados. Para evitar congestionamentos e um nível de serviço F, os horários definidos para a etapa de reconhecimento e posteriormente para a coleta de dados, foram fora do horário de pico.

5.2.1.6 - Composição do fluxo de tráfego

Os locais foram definidos baseados em uma composição de tráfego semelhante, visto que a composição do fluxo de tráfego interfere significativamente nos parâmetros analisados. Na etapa de reconhecimento das vias, juntamente com a contagem volumétrica do fluxo de veículos, os veículos foram classificados em veículos leves (automóveis, utilitários e vans) e veículos pesados (caminhões e ônibus). Posteriormente, na etapa de coleta de dados, os caminhões pesados foram diferenciados em outra categoria.

5.2.1.7 - Dispositivos de controle de tráfego nas interseções

Os ambientes escolhidos para comparação possuem os mesmos dispositivos de controle de tráfego, visto que, segundo Brundell-Freij e Ericsson (2005), trata-se de um fator interveniente. Por isso, as comparações foram realizadas entre duas vias com interseções semaforizadas, ou entre vias com interseções não semaforizadas ou ainda entre vias sem interseções em nível.

5.2.2 - Demais características

As demais características também foram levantadas para efeito de análise dos resultados, mas para definição dos trechos não foram determinantes. Embora a pesquisa também tenha buscado semelhança entre estas características, a característica já não foi determinante para a escolha dos locais.

Quanto às características não incorporadas pelo simulador e que não foram determinantes para a escolha dos locais, elas foram coletadas na segunda etapa de reconhecimento das vias para facilitar o processo de análise dos resultados.

Após o levantamento destas características, espera-se obter um retrato do perfil da via, incluindo a possível influência de qualquer uma destas características no comportamento do motorista.

5.3 - RECONHECIMENTO E DEFINIÇÃO DAS VIAS (INSPEÇÃO TÉCNICA)

Inicialmente, considerando as características utilizadas para comparação dos locais, alguns locais foram determinados com base no Mapa do Distrito Federal. Os locais desta seleção prévia foram: Eixo Monumental, Eixo Rodoviário, Avenida L3, Avenida W3, Avenida Hélio Partes e Via EPTG/DF-085. As características levantadas através do Mapa estão apresentadas na Tabela 5.2. Em relação à classificação do uso e ocupação do solo, foi considerada apenas a ocupação mais predominante ao longo da via.

Antes do levantamento das características, foi necessário definir a exata localização dos trechos. Para isso, foram marcados dois pontos (pontos de coleta de dados) de acordo com as características encontradas em cada local. No levantamento das características observadas durante esta etapa, foi considerada a distância aos pontos demarcados.

A definição do tamanho do segmento estudado levou em consideração dois aspectos. O primeiro diz respeito à variabilidade das características viário-ambientais. A distância do segmento escolhido deve ser curta para que não haja uma grande variabilidade das características viário-ambientais. Como mencionado por Nodari (2003), na definição do segmento para inspeção da segurança viária, devem ser escolhidos segmentos curtos para que seja possível descrever, com relativa precisão, as características físicas predominantes. Nodari definiu trechos de 1km para definição da inspeção de segurança viária.

Já o segundo aspecto diz respeito à necessidade de obtenção de um perfil de velocidade dos veículos. A distância não poderia ser excessivamente curta, pois não retrataria as mudanças de comportamento dos motoristas. Além disso, os pontos foram localizados a uma distância mínima de 115m das interseções e 150m dos equipamentos de fiscalização eletrônica. A distância de 115m foi determinada com base no trabalho de Vogel (2002), que considerou que a essa distância, a velocidade já estaria estável. Esta situação representa a situação de saturação em que os *headways* de descarga já se estabilizaram e os veículos se encontram no modo estável descrito pelo HUTSIM. A distância de 150m foi obtida da pesquisa de Alves et al.(2004). A distância corresponde a área de influência dos equipamentos de fiscalização. Foi

identificado nesta pesquisa que os equipamentos têm efeito sobre a velocidade veicular dentro de uma distância de 150m do equipamento (antes e depois do equipamento).

A inspeção técnica foi realizada, visando confirmar os locais selecionados. A inspeção foi realizada no horário de entre-pico – manhã (09h30min às 11h30min) e a tarde (15h00min às 17h30min). O horário foi definido com base no horário da coleta de dados, pois nesse horário a liberdade do motorista de trafegar da maneira desejada é maior. Após a definição dos critérios para seleção dos trechos e análise das características do trabalho de Cunha (2005) e Nodari (2003), a planilha de reconhecimento das vias foi elaborada. A planilha está apresentada no Anexo I. O sentido de coleta de dados também foi definido nesta etapa, baseado nas características presentes no sentido da inspeção.

A demarcação dessas características foi realizada através de um carro equipado com um aparelho capaz de classificar eventos ao longo da via pela definição de um código (Trip TOTEM, 2007). Trata-se de um odômetro com velocímetro e cronômetro, que registra, dentro de um intervalo de tempo previamente determinado pelo usuário, dados de velocidade, distância e tempo. Este aparelho está equipado em um automóvel de 1000 cilindradas. A partir daí, os trechos foram determinados.

Nessa etapa, os elementos analisados para fins de comparação foram apenas os elementos fixos, pois os elementos variáveis dependem do momento em que a coleta de dados for realizada. Os elementos variáveis foram observados somente na etapa de coleta de dados.

Tabela 5.2 – Características utilizadas para comparação dos parâmetros

Característica analisada		Nome da via	Tipo de ocupação do solo	Número de faixas por sentido	Velocidade regulamentada (km/h)	Dispositivo de controle de tráfego nas interseções	Densidade das interseções (distância média entre as interseções)	Linhas Demarcadoras das faixas
Trecho 1A	Uso e ocupação do solo	EPTG/DF-085	Comercial	Três faixas	80 km/h	Sem interseções em nível	-	Presente
Trecho 1B		Eixo Rodoviário	Sem ocupação	Três faixas	80 km/h	Sem interseções em nível	-	Presente
Trecho 2A	Número de faixas	Avenida L3	Sem ocupação	Três faixas	60 km/h	Sem interseções em nível	-	Presente
Trecho 2B		Eixo Monumental	Sem ocupação	Seis faixas	60 km/h	Sem interseções em nível	-	Presente
Trecho 3A	Velocidade regulamentada	Eixo Rodoviário	Sem ocupação	Três faixas	80 km/h	Sem interseções em nível	-	Presente
Trecho 3B		Avenida L3	Sem ocupação	Três faixas	60 km/h	Sem interseções em nível	-	Presente
Trecho 4A	Densidade das interseções	Avenida W3	Comercial	Três faixas	60 km/h	Interseções semaforizadas	190 m	Presente
Trecho 4B		Avenida Hélio Prates	Comercial	Três faixas	60 km/h	Interseções semaforizadas	485 m	Presente

5.4 - DESCRIÇÃO DOS LOCAIS ESCOLHIDOS

A partir da inspeção, os locais anteriormente mencionados foram confirmados e foi possível realizar a descrição dos mesmos. Nesta seção, é apresentado, de uma forma geral, o levantamento das características identificadas no item 5.2, como determinantes para a definição dos trechos. Em seguida, a descrição de cada um dos trechos é apresentada nos itens 5.4.1 a 5.4.7. A localização destes pontos dentro do contexto da via pode ser visualizada nas Figuras 5.1 a 5.6.

Através de uma inspeção visual, as irregularidades no pavimento foram levantadas em todos os trechos, buscando identificar defeitos no revestimento asfáltico. Apenas nas Avenidas EPTG e Hélio Prates foram identificados defeitos ao longo do trecho. As demais vias apresentaram um bom revestimento asfáltico.

A Avenida EPTG apresentou alguns trincamentos nas laterais no trecho anterior a Polícia Rodoviária. Na faixa direita, ainda foram verificadas eventuais deformações no pavimento como afundamento de roda, exsudação e ondulações na lateral da via. Através do aspecto visual, esses defeitos foram classificados em um nível de severidade baixo. No entanto, tendo em vista a frequência e a severidade dos defeitos e que a maioria dos defeitos encontrava-se na faixa da direita, a via foi escolhida para a realização do estudo.

Na Avenida Hélio Prates, também foram identificados eventuais defeitos: remendos e ondulações (lateral da faixa direita). Da mesma forma, o nível de severidade dos defeitos pode ser classificado como baixo e a via pode ser utilizada na pesquisa.

Os cruzamentos com outras vias foram comparados e apenas a faixa da esquerda do Eixão obteve acessos e cruzamentos diferenciados entre os trechos comparados. A EPTG e Avenida L3, vias comparadas com o Eixão, não apresentam interseções, apenas acessos de entrada e saída da via. No entanto, acreditou-se que pelo volume de tráfego desses acessos, a sua influência poderia ser desconsiderada. No Eixão, a faixa da esquerda apresenta um trânsito livre em toda a sua extensão.

A presença de pedestres e ciclistas foi observada de maneira visual. A concentração de pedestres e ciclistas presentes próximo ao horário de coleta de dados definido na pesquisa foi pequena. A concentração de pedestres no horário da coleta de dados pode ser visualizada nas Figuras 5.8, 5.10, 5.12, 5.13 e 5.14.

A presença de aclive/declive capaz de modificar a velocidade desenvolvida pelos motoristas foi verificada e não foi percebida, em nenhum dos trechos analisados, variação da velocidade desenvolvida pelos motoristas.

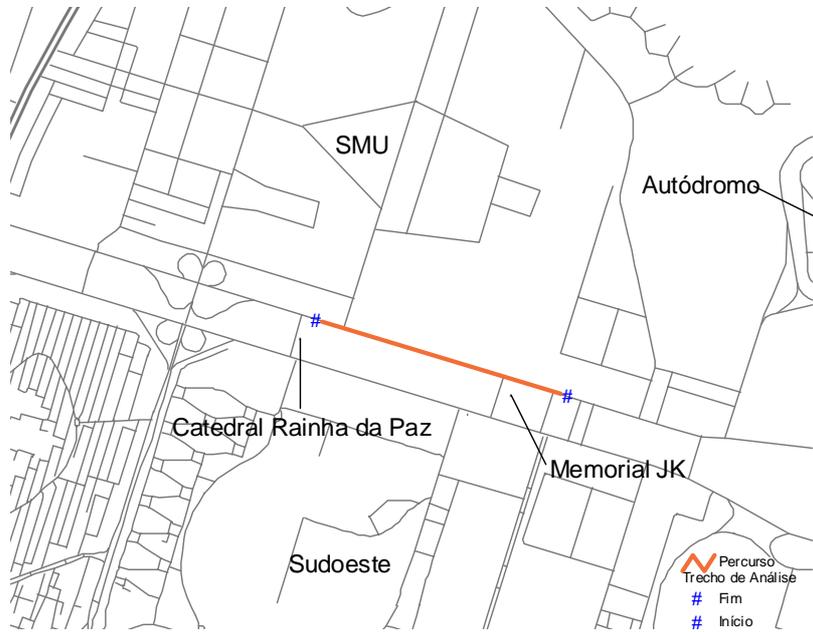


Figura 5.1 - Trecho de Análise no Eixo Monumental

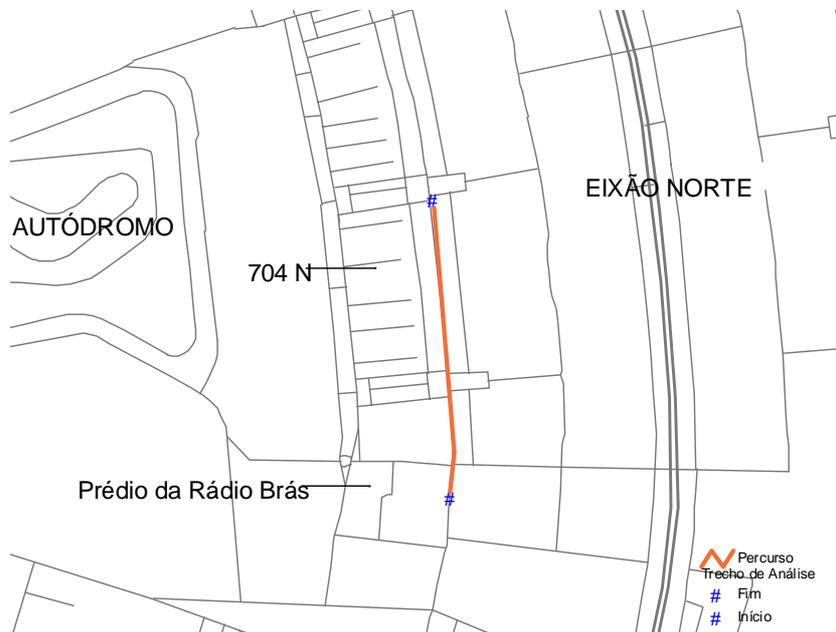


Figura 5.2 - Trecho de Análise na W3 Norte



Figura 5.3 - Trecho de análise na L3 Norte



Figura 5.4 - Trecho de análise no Eixão Sul

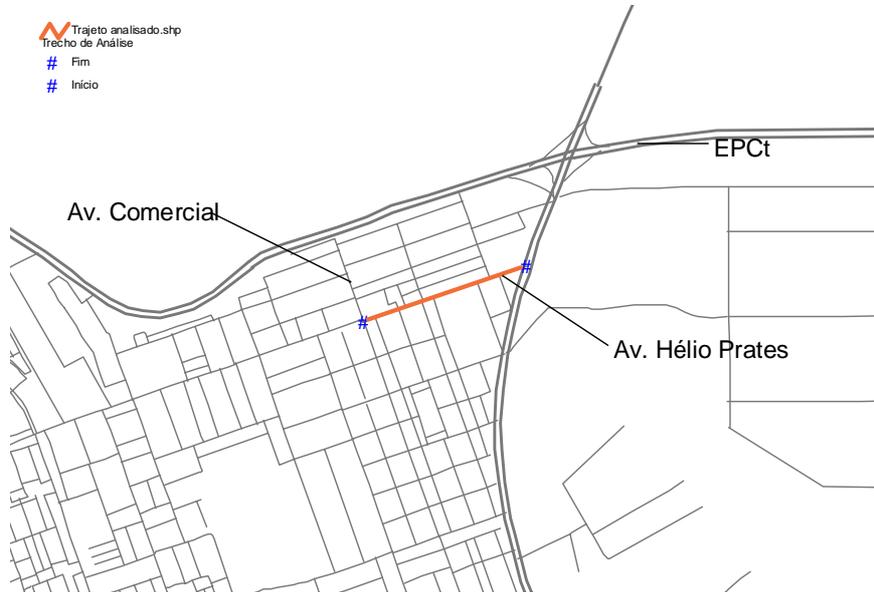


Figura 5.5 - Trecho de Análise na Hélio Prates

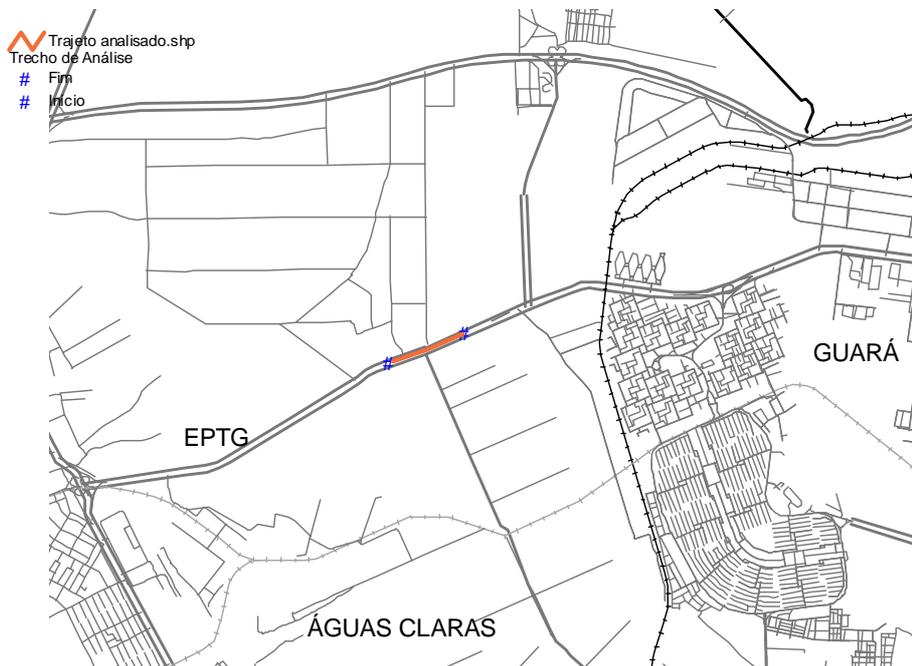


Figura 5.6 - Trecho de Análise na EPTG

5.4.1 - Eixo Rodoviário

O Eixo Rodoviário possui extensão total de aproximadamente 16.900 metros. Nessa via, não existem cruzamentos em nível, não há faixa de pedestre, ciclovia, semáforos ou paradas de ônibus ao longo de sua extensão. Há equipamentos de fiscalização eletrônica e acessos, por meio de faixas adicionais à direita, aos Eixos rodoviários Leste e Oeste em toda a sua extensão. Possui três faixas em cada sentido, totalizando seis faixas separadas por uma faixa central delimitada por tachões. Possui fluxo ininterrupto, estacionamento e paradas proibidas.

O trecho escolhido possui uma extensão total de 1 km e encontra-se inserido no sentido Norte-Sul no eixo Rodoviário Sul. Às margens do trecho não existe ocupação do solo e o limite de velocidade é 80 km/h. O trecho possui sinalização horizontal visível durante todo o trajeto determinado. Não possui calçada para circulação de pedestres. O local pode ser visualizado nas Figuras 5.7 e 5.8.



Figura 5.7 – Vista do Eixo Rodoviário Sul

Fonte: Filizola (2005)



Figura 5.8 – Eixo Rodoviário Sul

5.4.2 - Eixo Monumental

O Eixo Monumental possui uma extensão total de aproximadamente 13.400 metros. Possui interseções em nível (sendo algumas semaforizadas), faixas de pedestre e paradas de ônibus ao longo de sua extensão. Há equipamentos de fiscalização eletrônica em toda a sua extensão. Ele possui duas pistas separadas por um amplo canteiro central (largura maior que 10m), com seis faixas cada, totalizando doze faixas. Possui fluxo interrompido e estacionamento permitido somente em faixas próprias.

O trecho escolhido possui uma extensão de 1 km e encontra-se inserido no sentido Leste-Oeste. No trecho, não há ocupação do solo e o limite de velocidade é 60 km/h. O trecho possui sinalização horizontal visível durante todo o trecho. Não possui calçada para circulação de pedestres nem ciclovia. Ainda que a via possua interseções semaforizadas, o trecho determinado foi escolhido fora desta área e, portanto, foi considerado um local sem interseções. Também não há faixa de pedestres no trecho delimitado. O local pode ser visualizado nas Figuras 5.9 e 5.10.



Figura 5.9 – Vista do Eixo Monumental

Fonte: Filizola (2005)



Figura 5.10 – Eixo Monumental

5.4.3 - Avenida W3 NORTE

A avenida W3 possui uma extensão total de aproximadamente 13.100 metros. Possui interseções em nível semaforizadas e várias faixas de pedestres e paradas de ônibus ao longo de sua extensão. Há equipamentos de fiscalização eletrônica em toda a sua extensão. Ela possui duas pistas separadas por um canteiro central intensamente arborizado (largura menor que 10m), com três faixas cada, totalizando seis faixas. Possui fluxo interrompido e estacionamento permitido somente em faixas próprias.

O trecho escolhido possui uma extensão de 1500 metros e encontra-se inserido no sentido Sul-Norte. O uso do solo lindeiro é predominantemente comercial. O limite de velocidade é 60 km/h. O trecho possui sinalização horizontal visível durante todo o trecho. Este trecho possui uma média de uma interseção semaforizada a cada 188 metros. O trecho possui calçadas para circulação de pedestres, mas não há ciclovia. O local pode ser visualizado na Figura 5.11.



Figura 5.11 – Vista da Avenida W3

Fonte: Melo (2004)

5.4.4 - Avenida L3

A Avenida L3 está localizada ao lado do campus da Universidade de Brasília. Não possui interseções, apenas acessos de entrada e saída de veículos na direita e esquerda da via. Não há equipamentos de fiscalização eletrônica em toda a sua extensão. Ela possui duas pistas separadas por um canteiro central (largura menor que 10m), com três faixas cada, totalizando seis faixas. Possui fluxo interrompido e estacionamento não é permitido ao longo de sua extensão.

O trecho encontra-se inserido no sentido Sul-Norte. O limite de velocidade é 60 km/h. Possui sinalização horizontal visível durante todo o trecho. O trecho não possui calçada para circulação de pedestres nem ciclovia. Para travessia de pedestres, existem faixas ao longo de sua extensão. O local pode ser visualizado na Figura 5.12.



Figura 5.12 – Avenida L3

5.4.5 - EPTG/DF-085

A Avenida EPTG liga o Plano Piloto às cidades satélites do Distrito Federal. Próximo ao trecho selecionado, não possui interseções em nível nem faixas de pedestres. No fim do trecho, há uma passarela de pedestres. No trecho escolhido, há uma parada de ônibus. Há equipamentos de fiscalização eletrônica em toda a sua extensão. Ela possui duas pistas separadas por um canteiro central, com largura menor que 10m, com três faixas cada, totalizando seis faixas. Possui fluxo interrompido e estacionamento não é permitido ao longo de sua extensão.

O trecho encontra-se inserido no sentido Plano-Piloto Taguatinga. O uso do solo neste trecho é predominantemente comercial. O limite de velocidade é 80 km/h. Possui sinalização horizontal desgastada, mas visível durante todo o trecho. O trecho não possui calçadas para circulação de pedestres nem ciclovia. A circulação dos pedestres é realizada no acostamento da via. Há freqüentes elementos de publicidade durante todo o trecho definido. O local pode ser visualizado na Figura 5.13.



Figura 5.13 – Vista da Avenida EPTG

5.4.6 - Avenida Hélio Prates

A Avenida Hélio Prates possui interseções em nível semaforizadas e várias faixas de pedestres e paradas de ônibus ao longo de sua extensão. Há equipamentos de fiscalização eletrônica em toda a sua extensão. Ela possui duas pistas separadas por um canteiro central, com três faixas cada, totalizando seis faixas. Possui fluxo interrompido e é permitido estacionamento somente em faixas próprias.

O trecho escolhido possui uma extensão de 1000 metros e encontra-se inserido no sentido Taguatinga-Ceilândia. No trecho, seu uso lindeiro é predominantemente comercial. O limite de velocidade é 60 km/h. O trecho possui sinalização horizontal visível durante toda a sua extensão. Possui calçada para circulação de pedestres, mas não há ciclovia. Este trecho possui uma média de uma interseção semaforizada a cada 485 metros. Possui fluxo interrompido e estacionamentos não são permitidos na lateral da via. No entanto, a inspeção técnica permitiu verificar que os motoristas estacionam ao longo da faixa da direita. Como a faixa da direita não foi utilizada para comparação dos resultados, essa interferência foi desconsiderada. O local pode ser visualizado nas Figuras 5.14 e 5.15.



Figura 5.14 – Vista da Avenida Hélio Prates



Figura 5.15 – Vista da Avenida Hélio Prates (detalhe para o veículo estacionado na faixa da direita)

5.5 - PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS

As coletas de dados foram realizadas em horários de entre - pico, pois nestes horários, a liberdade do motorista de trafegar da forma desejada é maior. Foram observados, para cada dia e horário de coleta de dados, alguns elementos variáveis da via considerados intervenientes no comportamento do motorista. Para isto, foi elaborada uma planilha adicional (Anexo II) contendo estes elementos:

- Observações que possam ressaltar situações atípicas como incidentes e eventos de curta duração;
- Presença de elementos variáveis da via intervenientes no comportamento do motorista.

Para cada um dos locais selecionados, o conjunto de dados coletados foi dividido em duas amostras. Uma amostra 1 utilizada na calibração dos parâmetros, correspondente ao período de coleta entre 09 e 10 horas da manhã e uma amostra 2 usada para a validação dos parâmetros, correspondente ao período de 10 às 11 horas.

A coleta de dados, de forma geral, foi realizada de duas formas. A primeira através de detectores tipo placa (Software Hi Star, 2007). Trata-se de placas magnéticas capazes de captar a velocidade do veículo, o instante de passagem e o tamanho do veículo. Através delas, portanto, foi possível obter a velocidade de passagem dos veículos, os headways e o tipo do veículo. Os detectores instalados em campo podem ser visualizados na Figura 5.16.



Figura 5.16 – Detector instalado em campo

A segunda coleta foi realizada através de viagens em veículo equipado com utilizado na etapa de reconhecimento das vias (Trip TOTEM, 2007). Através desse aparelho, foi obtido o perfil de velocidade de veículos e registrados eventos (que pudessem interferir na velocidade do motorista) ao longo da viagem. Na Figura 5.17, de forma geral, está apresentado o procedimento para a coleta de dados.

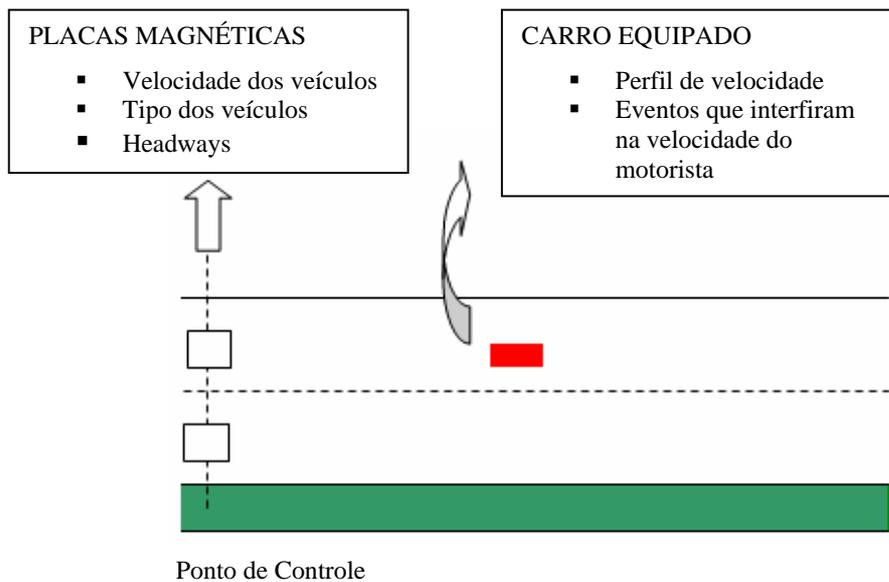


Figura 5.17 – Coleta de dados

Durante as viagens de perseguição e utilizando o equipamento (Trip TOTEM, 2007), foram coletados vários outros eventos capazes de interferir no comportamento do motorista. A influência desses tipos de eventos foi levantada do trabalho de Aronsson (2006). Os eventos são:

- pedestres e ciclistas atravessando a via (fora da faixa);
- ônibus saindo ou entrando na parada de ônibus, que tenha interferência na faixa central;
- mudança de faixas de outros veículos para a faixa central.

5.5.1 - Volume e composição do tráfego

O volume de tráfego foi levantado de duas formas. Ao longo das faixas, foi obtido através de detectores tipo placa (*Software Hi Star*, 2007). Em todas as entradas e saídas presentes ao longo do trecho estudado (acessos, cruzamentos e retornos), foi realizada uma contagem volumétrica.

5.5.2 - Fluxo de pedestres nas travessias

O fluxo de pedestres foi contabilizado em todas as travessias presentes nos trechos determinados. A contagem volumétrica foi realizada durante quinze minutos durante o horário estabelecido para a coleta de dados através dos detectores tipo placa.

5.5.3 - Taxa de aceleração e desaceleração

Os dados necessários para a determinação da taxa de aceleração e desaceleração foram levantados a partir do carro equipado com o aparelho mencionado no item 5.5. (Trip TOTEM, 2007).

A coleta de dados também teve como base os pontos de coleta de dados definidos na Etapa de reconhecimento das vias. Através do veículo equipado com o instrumento, automóveis que circulavam normalmente na via foram selecionados e perseguidos. Durante a perseguição, todos os dados de distância e velocidade desde o momento em que ele passasse pelo primeiro ponto (início do trecho) até o último ponto (saída), foram registrados. O instrumento registra a velocidade do veículo em pontos cujo espaçamento é definido pelo usuário. O espaçamento adotado pela pesquisa foi de 5m. Através dos dados levantados, foi possível obter o perfil de velocidade dos motoristas.

As taxas de aceleração/desaceleração calculadas para cada motorista foram resultantes da média das acelerações e desacelerações encontradas para cada variação de velocidade no trecho. O perfil de velocidade de cada motorista, como apresentado na Figura 5.18, foi dividido em três trechos de acordo com o comportamento da variação de velocidade.

- trecho 1 (T1) – aceleração;
- trecho 2 (T2) – desaceleração;
- trecho 3 (T3) – estável.

Com base na variação da velocidade e do tempo em nos trechos de aceleração e desaceleração, as taxas foram calculadas. A média desses valores resultou na taxa de aceleração e desaceleração de cada motorista.

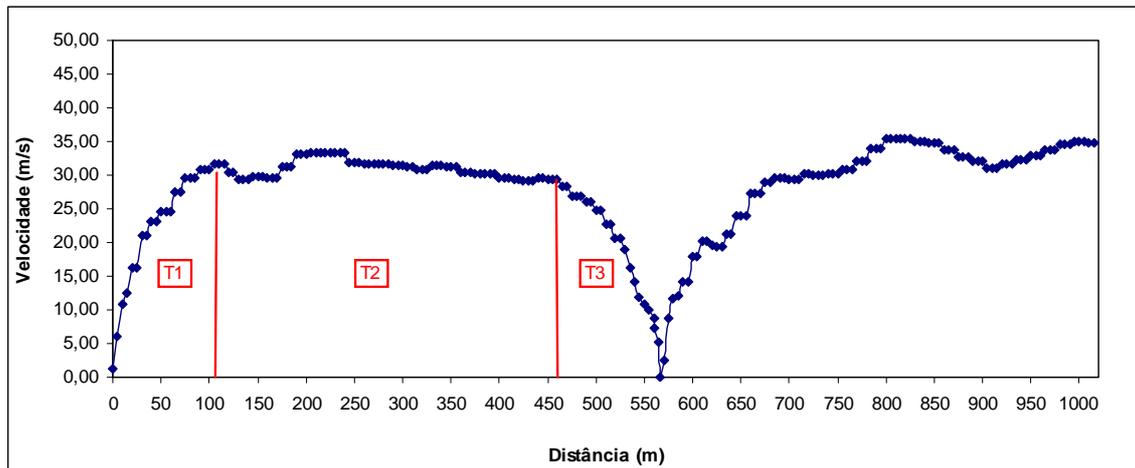


Figura 5.18 – Perfil de velocidade dos motoristas

Neste procedimento, o veículo da pesquisa buscou imitar todos os movimentos do veículo líder. Para que a fase de perseguição já estivesse estabilizada dentro do trecho selecionado, o automóvel passava a ser seguido um pouco antes do primeiro ponto de coleta de dados.

Para o levantamento da taxa de aceleração/desaceleração, foram cogitados dois procedimentos. Em ambos os procedimentos, foram identificados simplificações e diferenças de comportamento entre o coletado e a realidade. No primeiro, adotado pela pesquisa, é reconhecido que existe uma diferença entre o comportamento do veículo líder e do veículo perseguidor (utilizado na pesquisa). Ou seja, o veículo perseguidor não consegue reproduzir todos os movimentos do veículo líder. Além disso, a perseguição poderia fazer com que o comportamento do líder fosse influenciado pela presença (e comportamento) do perseguidor. Durante este procedimento de coleta de dados, é necessária uma verificação constante do motorista no sentido de mantê-lo na perseguição.

Outro empecilho seria a dificuldade dos motoristas se manterem dentro do trajeto previamente definido. Para diminuir essa dificuldade, os automóveis selecionados foram

aqueles localizados na faixa central, pois além da interferência dos acessos e retornos ser menor, evitava a perseguição desnecessária de automóveis que iriam sair do trecho selecionado.

No segundo procedimento, motoristas distintos previamente selecionados percorreriam o trajeto definido pelo pesquisador em um carro equipado com o aparelho mencionado. Nesse procedimento, por limitações de tempo e de automóveis com diferentes desempenhos de motor (adotados com o aparelho utilizado na pesquisa), a pesquisa seria realizada com base apenas em veículos com único desempenho de motor.

Além disso, embora o motorista realize o trajeto conforme determinado pela pesquisa, considera-se que a diferença de comportamento do motorista, por estar ciente de que faz parte de uma pesquisa, é muito significativa e assim interferiria bastante nos resultados. Assim, embora existam as simplificações adotadas pelo método selecionado, considera-se que a diferença de comportamento identificada no primeiro procedimento seria bem menor que a adotada pelo segundo procedimento. A seleção dos automóveis foi realizada de forma que a amostra fosse aleatória. Para cada cinco automóveis que circulasse pela via, um automóvel era selecionado para ser perseguido.

5.6 - TRATAMENTO DOS DADOS

A coleta de dados foi prevista em dois pontos distintos e em três faixas da via. No entanto, devido a problemas com os equipamentos de coleta, em alguns trechos, foram obtidos dados em um único ponto ou em algumas faixas.

A classificação da contagem volumétrica adotada nesta pesquisa englobou duas categorias: veículos leves (VL) e veículos pesados (VP). As dimensões dos veículos para cada classificação foram retiradas do Manual de Projeto Geométrico do DNER (1999) e estão apresentados na Tabela 5.3. O tamanho dos veículos incorporados no HUTSIM também foi baseado nesta tabela.

Tabela 5.3 – Dimensões básicas de veículos de projeto

Tipo do veículo	Veículos leves (VL)	Veículos pesados (VP)	
		Caminhões e ônibus convencionais	Caminhões/ônibus longos/semi-Reboque
Largura Total	2,1	2,6	2,6
Comprimento Total	5,8-9,1	9,1-12,2	12,2 a 16,8

Fonte: Modificado DNER (1999)

Após classificação dos veículos, os pares de veículos foram agrupados conforme os tipos de veículos em cada posição da perseguição (posição n e posição n-1). A forma de agrupamento dos dados foi baseada na pesquisa de Silva (2002). O agrupamento é necessário, pois, como foi verificado nesse mesmo trabalho, o tipo de veículo dos pares interfere no valor do headway. Apenas os pares de veículos leves seguidos de veículos leves foram utilizados para obtenção dos resultados. As perseguições foram classificadas em:

- LL – veículo leve seguido de leve;
- PL – veículo pesado seguido de leve;
- LP – veículo leve seguido de pesado;
- PP – veículo pesado seguido de pesado.

Através do levantamento dos detectores tipo placa (valores de headway e velocidade), a pesquisa previa obter a diferenciação entre dois modos de perseguição: fase livre (motoristas não são mais influenciáveis pelo veículo líder) e a fase de ‘perseguição’ (motorista seguidor é influenciado pelo líder).

Para isso, era necessário determinar um valor de *headway* capaz de delimitar as duas fases. O procedimento adotado por Vogel (2002), mencionado no Capítulo 4, foi adotado na pesquisa para determinação desse valor.

A relação dos headways com o coeficiente de correlação dos pares de veículos, no entanto, não seguiu o padrão mencionado por Vogel (2002). O comportamento, por exemplo, no Eixo Rodoviário Sul (Eixão) e na Avenida L3, pode ser observado na Figura 5.19. O gráfico foi obtido com dados entre o período de 09 às 11 horas da manhã.

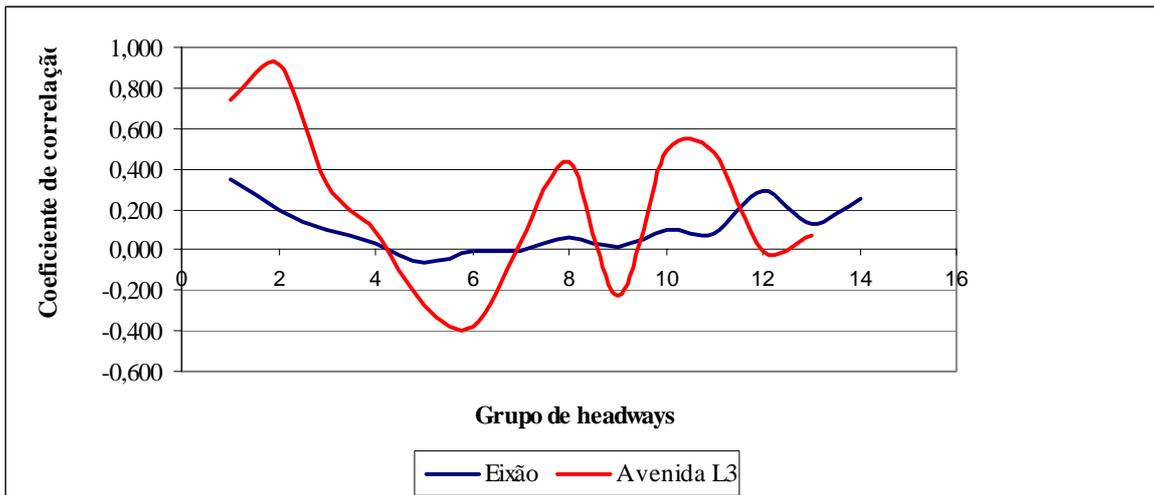


Figura 5.19 – Headway e correlação entre as velocidades de pares de veículos

Um dos aspectos levantados para a não verificação desse comportamento é que a pesquisa de Vogel (2002) foi realizada em vias de apenas uma única faixa. Como esta pesquisa foi feita em vias com várias faixas, o veículo seguidor não é necessariamente o veículo seguidor da perseguição, mas pode ser um veículo oriundo de uma faixa adjacente. O veículo líder passa e em seguida, passa um veículo de outra faixa ocupando o lugar do veículo seguidor original. Outro aspecto observado é que pode haver uma relação entre as velocidades dos veículos, independente da proximidade entre eles (valor de headway). Os veículos trafegam com velocidades semelhantes por outros motivos, fora o motivo de estar acompanhando o veículo da frente.

Como não foi possível determinar um valor de headway que delimitasse a amostra nesses dois grupos, optou-se por utilizar o valor de 6s, encontrado por Vogel (2002). A distribuição da velocidade de fluxo livre foi determinada, portanto, através das velocidades praticadas dos veículos cujo headways fosse superior a 6s.

A distribuição da velocidade de fluxo livre foi utilizada para comparação dos resultados por se tratar da velocidade em que os veículos gostariam de trafegar naquela via e não aquela velocidade condicionada pelos outros veículos.

As distribuições dos headways foram obtidas com o conjunto de headways abaixo de 10 s. O valor foi determinado com base na observação de que o número de veículos que circulam com um headway acima desse valor passava a ser muito pequeno. As taxas de aceleração e desaceleração foram calculadas com base no procedimento descrito no item 5.5.

5.6.1 - Descrição dos resultados nos locais selecionados

As distribuições das velocidades foram comparadas entre as faixas e diferentes pontos de uma mesma via. Os dados obtidos entre os diferentes pontos foram comparados com o objetivo de determinar o ponto de coleta de dados que tivesse a menor interferência de características não analisadas pela pesquisa.

Para cada um dos locais, foi apresentado um esboço da via (contendo a localização dos pontos de coleta) e uma tabela indicando a velocidade média obtida para cada ponto e faixa selecionado. Nas faixas centrais de todos os locais, o volume de tráfego de veículos pesados não ultrapassou 1%. Os dados utilizados foram referentes ao período de 09 às 10 horas.

Para comparação dos resultados, foram aplicados testes estatísticos que visam testar a diferença entre as médias de dois ou mais grupos. O tipo do teste aplicado depende da normalidade dos dados da amostra. Primeiro, é feito um teste de normalidade dos dados. Se há normalidade dos dados, o teste de análise da variância (ANOVA) é adequado. Nas situações onde a normalidade da ANOVA não se aplica, é necessária a utilização de testes não paramétricos. Nesse caso, é aplicado um teste chamado de Wilcoxon. Este também procura verificar a igualdade das médias de dois ou mais grupos.

Os dois testes apresentam como resultado um valor de probabilidade p, que deve ser comparado ao nível de significância adotado na pesquisa. Geralmente esse valor é de 0,05. Se o valor de p for inferior ao nível de significância, a amostra pode ser considerada diferente, pois não foi verificada a igualdade das médias da amostra. Caso contrário, a amostra pode ser considerada semelhante. O teste foi aplicado para todos os locais.

5.6.1.1 - Eixo Monumental

A coleta de dados no Eixo Monumental foi realizada em dois pontos distintos. O primeiro, localizado próximo ao Memorial JK e o segundo, próximo à Catedral Rainha da Paz. A pesquisa foi realizada no sentido Leste-Oeste da via. Os dados levantados estão apresentados na Figura 5.20 e Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Velocidade média (Eixo Monumental)

Faixa	1º. Ponto			2º. ponto		
	Fluxo (veh/h)	Velocidade média (km/h)	Desvio padrão	Fluxo (veh/h)	Velocidade média (km/h)	Desvio padrão
Segunda-esquerda	228	69,24	14,38	222	73,03	13,18
Central-direita	419	66,82	13,42	357	70,77	13,71

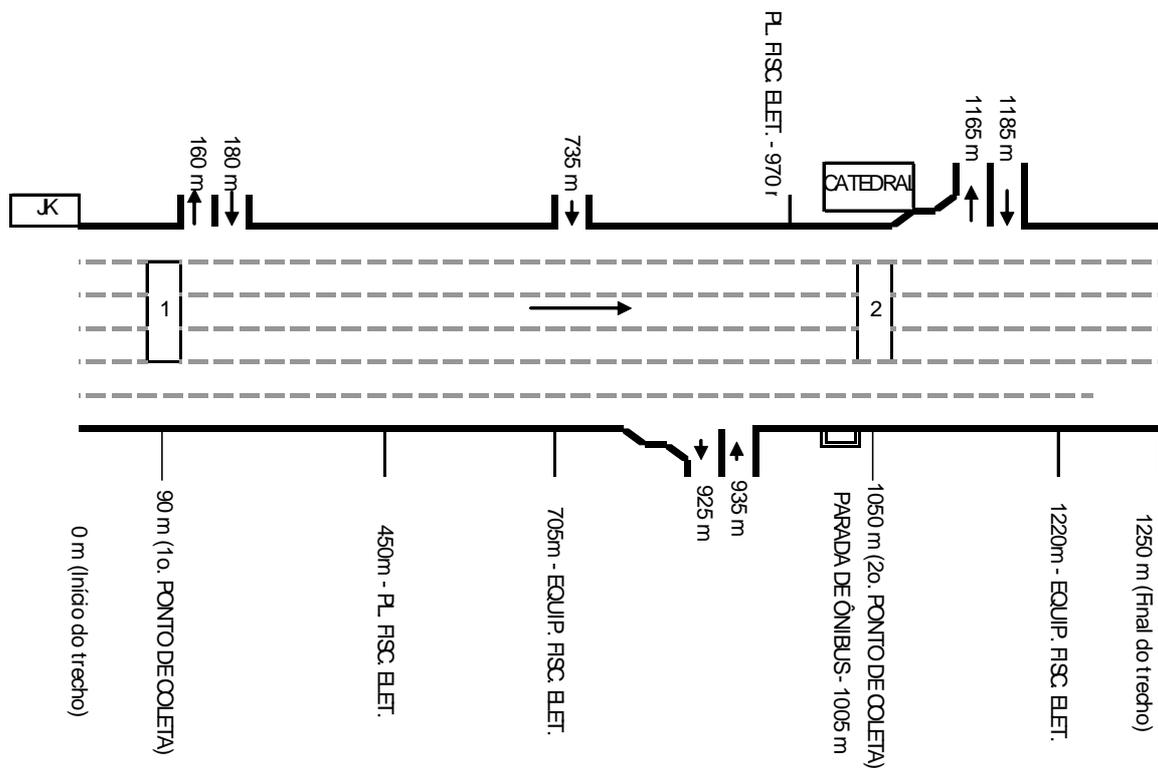


Figura 5.20 – Esboço do Eixo Monumental

A análise da Figura 5.21 e Tabela 6.4 mostra que o segundo ponto de coleta de dados, comparando a mesma faixa em ambos os pontos, apresenta uma velocidade média superior a do primeiro ponto.

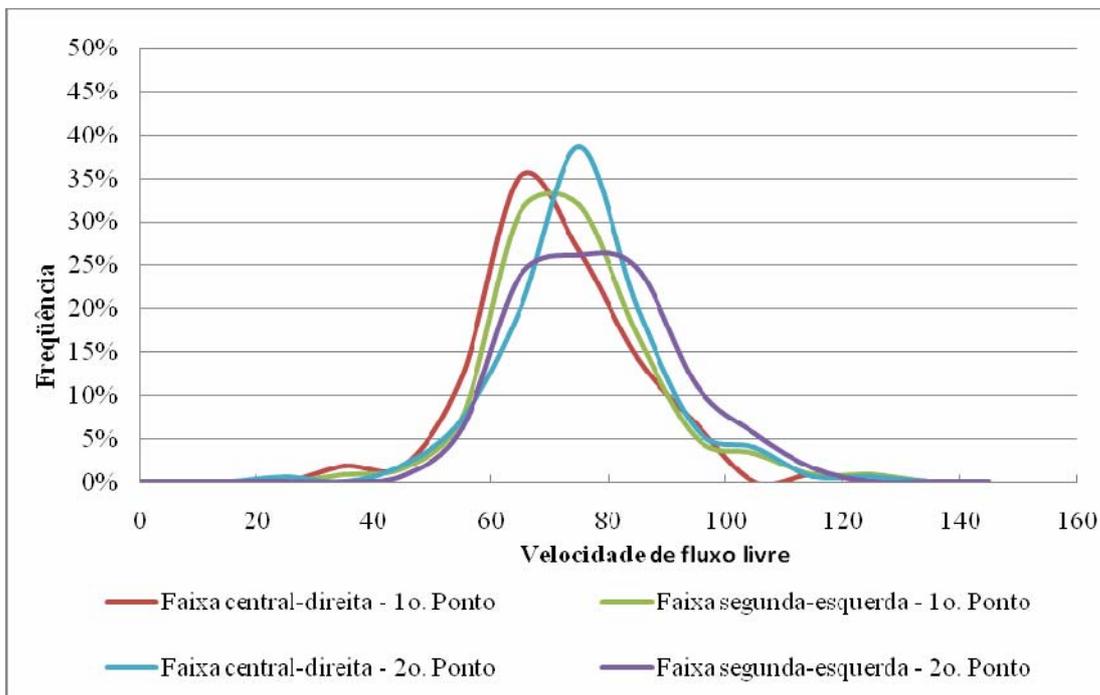


Figura 5.21 – Distribuição da velocidade de fluxo livre (Eixo Monumental)

Considera-se que a diferença na distribuição foi causada pela inclinação do terreno a montante do ponto. A inclinação do terreno a 100 m antes do início do trecho (ponto 0m) foi de 5%. Já na segunda faixa à esquerda, considera-se que a diferença também possa ter sido causada pela diferença de fluxo nos movimentos de conversão à esquerda. O primeiro ponto possui um fluxo de conversão à esquerda elevado (entrada para o Sudoeste – 524 veh/h) comparado ao fluxo do segundo ponto (entrada na Catedral Rainha da paz – 320 veh/h).

A diferença da velocidade média entre a distribuição da faixa central-direita com a segunda faixa à esquerda em ambos os pontos pode ter sido causada pela diferença de volume entre estas duas faixas.

O teste de média foi aplicado nos dados do Eixo Monumental, comparando os dados do primeiro com o segundo ponto da faixa central-direita. O resultado apresentou um valor de p igual a 0,0087, inferior a 0,05 (nível de significância adotado).

O mesmo teste, comparando dados da mesma faixa e locais para o horário das 10 às 11 horas, resultou em um valor de p igual a 0,0001. Nesse caso, a diferença entre as amostras também foi significativa.

Considera-se, portanto, a diferença identificada entre esses dois pontos. Assim, considerando a menor influência da inclinação do terreno para o segundo ponto, os dados deste ponto foram utilizados para efeito de comparação.

5.6.1.2 - Avenida L3

O primeiro ponto de coleta de dados desta Avenida está localizado em frente à ANEEL e o segundo, 700 m após este ponto. A pesquisa foi realizada no sentido Sul-Norte da via. Os dados levantados estão apresentados na Figura 5.22 e Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Velocidade média (Avenida L3)

Faixa	1º. Ponto			2º. Ponto		
	Fluxo (veh/h)	Velocidade média (km/h)	Desvio padrão	Fluxo (veh/h)	Velocidade média (km/h)	Desvio padrão
Esquerda	-	-	-	125	75,58	14,52
Central	467	69,87	15,8	335	73,15	13,7
Direita	-	-	-	91	61,82	13,84

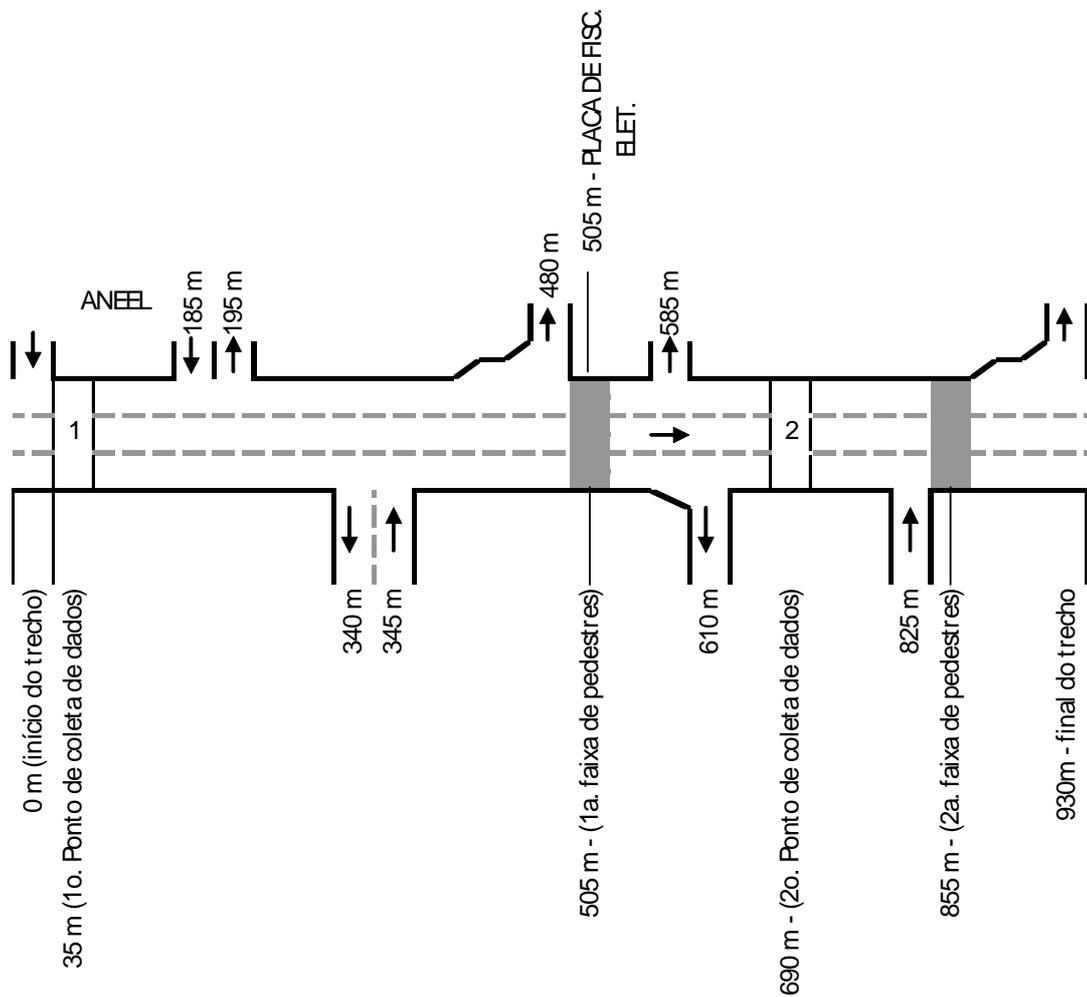


Figura 5.22 - Esboço da Avenida L3

A análise da Figura 5.23 mostra que não houve uma diferença significativa entre as faixas central e esquerda no primeiro ponto. Entre as faixas, apenas na faixa da direita, como era esperado, houve uma diminuição na velocidade dos motoristas. O teste de Wilcoxon realizado entre os pontos 1 e 2 da faixa central identificou uma semelhança dos dados entre esses pontos. O valor de p foi igual a 0,14, superior a 0,05 (nível de significância adotado).

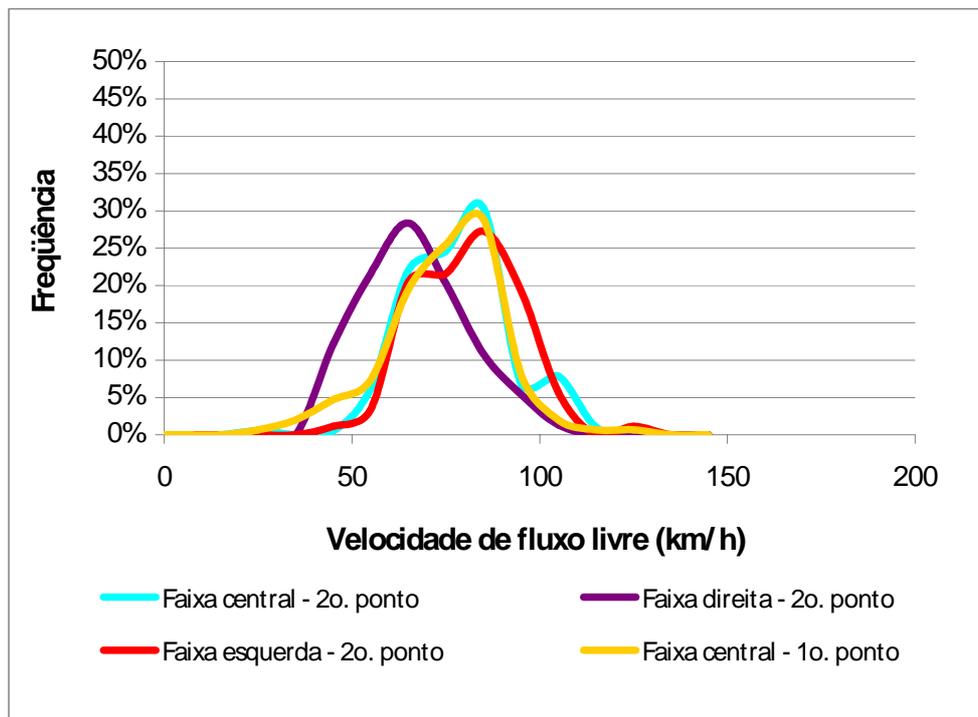


Figura 5.23 – Distribuição da velocidade de fluxo livre (Avenida L3)

5.6.1.3 - Eixo Rodoviário Sul (Eixão)

O ponto de coleta de dados desta avenida foi localizado a 500 m do início do trecho escolhido. A pesquisa foi realizada no sentido Norte-Sul da via. O trecho estudado teve início junto à placa indicativa das quadras 105/305 Sul e terminou junto à placa indicativa das quadras 107/307. Os dados obtidos estão apresentados na Figura 5.24 e Tabela 5.6. Nessa via, apenas houve instalação de um único ponto de coleta de devido a problemas na instalação dos detectores tipo-placa. Nesse caso, foram comparadas as distribuições de velocidade obtidas para a faixa central e da esquerda.

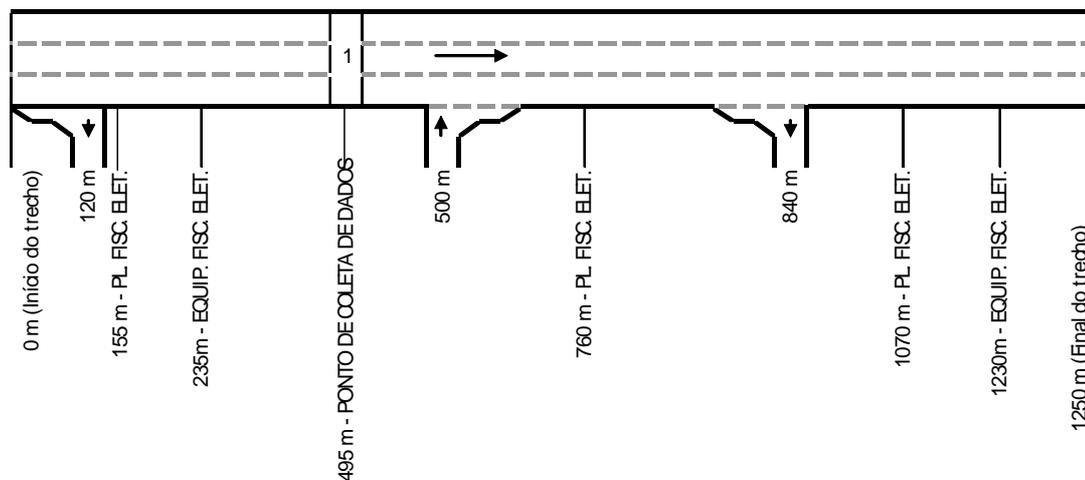


Figura 5.24 – Esboço do Eixo Rodoviário Sul

Tabela 5.6 – Velocidade média (Eixo Rodoviário Sul)

Faixa	Fluxo (veh/h)	Desvio padrão	Velocidade média (km/h)
Esquerda	537	12,23	90,52
Central	821	10,54	75,53

A velocidade média da faixa da esquerda foi significativamente maior que a média encontrada para a faixa central, embora as duas tenham distribuições semelhantes em torno da média, como mostrado na Figura 5.25. A diferença na velocidade, como esperado, pode ser explicada pelo fato de que os motoristas utilizam a faixa da esquerda para ultrapassagem. Além disso, tradicionalmente, os motoristas que trafegam nessa faixa preferem desenvolver velocidades mais elevadas. O valor de p encontrado pelo teste estatístico foi igual a 0,0001 (inferior a 0,05), confirmando a diferença indicada pela Figura 5.25 e Tabela 5.6. Em virtude dessa diferença encontrada, algumas comparações entre os diferentes locais foram realizadas com base nos valores das duas faixas.

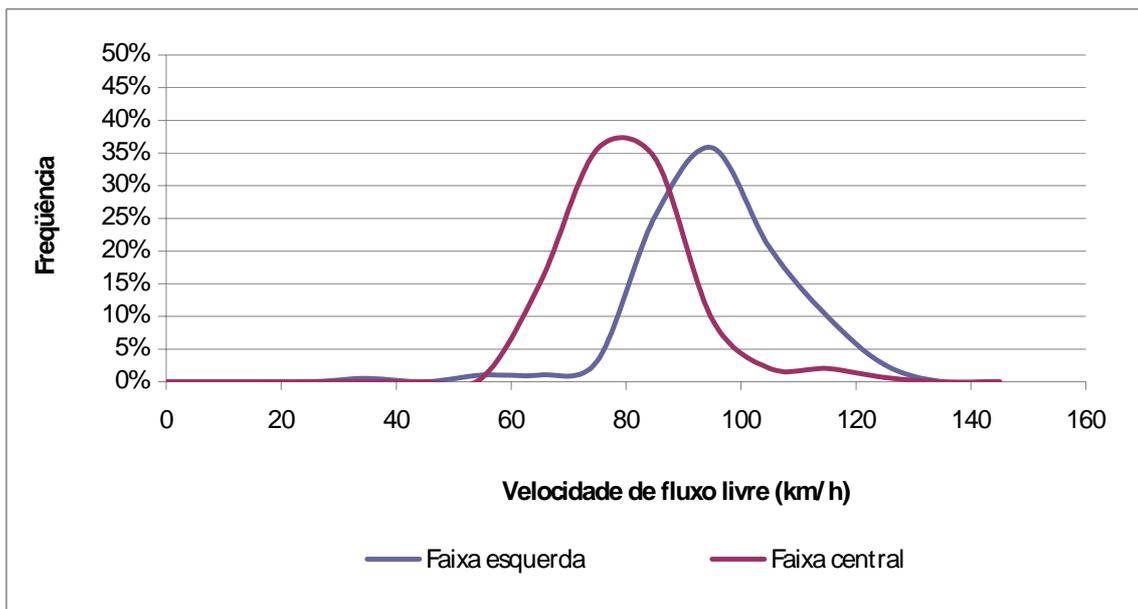


Figura 5.25 – Distribuição da velocidade de fluxo livre (Eixo Rodoviário Sul)

5.6.1.4 - EPTG/DF-085

Os pontos de coleta de dados desta avenida foram localizados respectivamente a 200 e 400 m do posto da Polícia Rodoviária da via. A pesquisa foi realizada no sentido Plano-piloto/Taguatinga. Os dados obtidos estão apresentados na Figura 5.26 e Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Velocidade média (EPTG)

Faixa	1º. Ponto			2º. ponto		
	Fluxo (veh/h)	Velocidade média (km/h)	Desvio padrão	Fluxo (veh/h)	Velocidade média (km/h)	Desvio padrão
Esquerda	-	-	-	867	82,01	16,57
Central	834	68,83	16,59	779	75,73	13,04

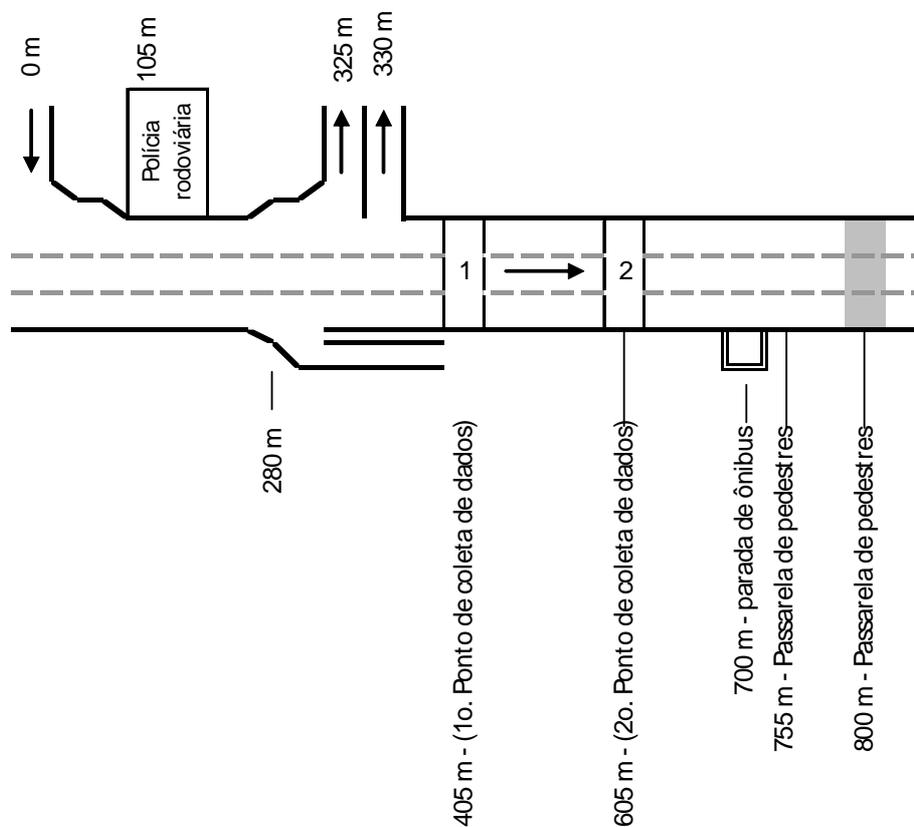


Figura 5.26 – Esboço da EPTG

Os resultados entre os dois pontos apresentados na Figura 5.27 e Tabela 5.7 indicam uma diferença significativa entre a velocidade média do primeiro e o segundo ponto de coleta de dados. A diferença encontrada provavelmente foi causada pela influência da presença do posto policial no primeiro ponto (distante 200 m do posto). O teste estatístico confirma a diferença, resultando em um valor de p igual a 0,0014 (inferior a 0,05). Assim, considerando a menor influência nos dados obtidos no segundo ponto, este ponto foi utilizado para comparação dos locais.

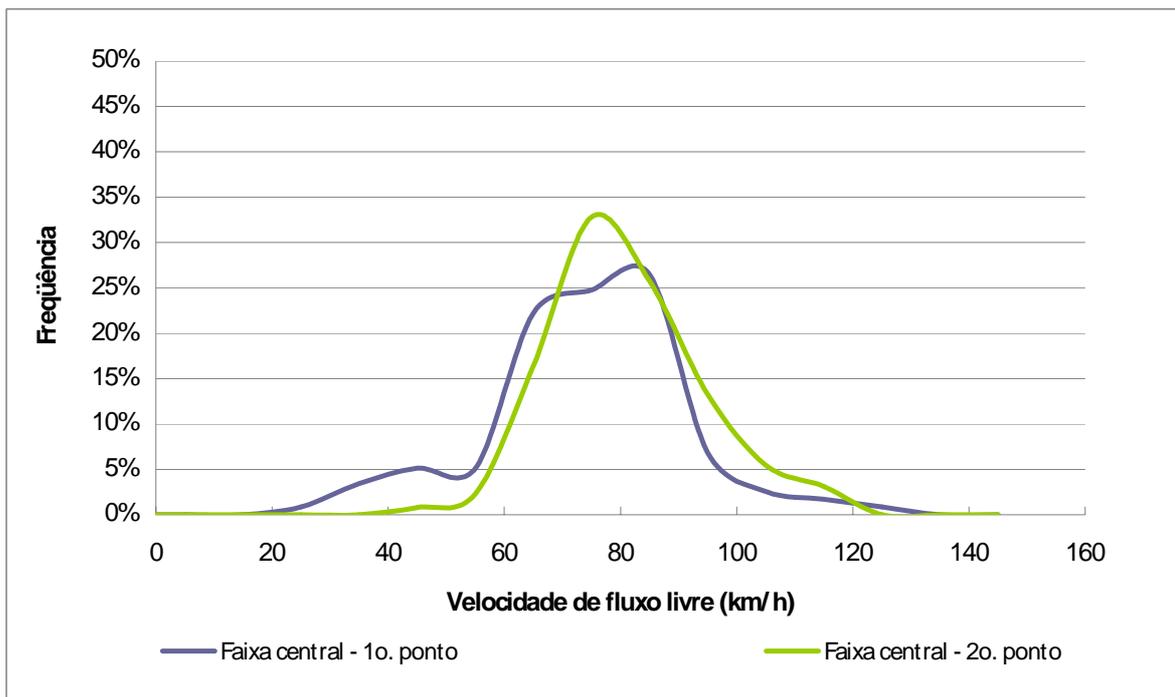


Figura 5.27 – Distribuição da velocidade de fluxo livre (EPTG/DF-085)

5.6.1.5 - Avenida W3

O trecho estudado, no sentido Norte-Sul da via, teve início junto à interseção semaforizada das quadras 704/705 Norte e terminou em frente ao prédio Brasília Rádio Center. A pesquisa foi realizada no sentido Norte-Sul da via. Os dados obtidos estão apresentados na Figura 5.28 e Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Velocidade média (Avenida W3)

Faixa	1º. Ponto			2º. Ponto		
	Fluxo (veh/h)	Velocidade média (km/h)	Desvio Padrão	Fluxo (veh/h)	Velocidade média (km/h)	Desvio Padrão
Central	650	48,26	8,75	660	50,93	10,55

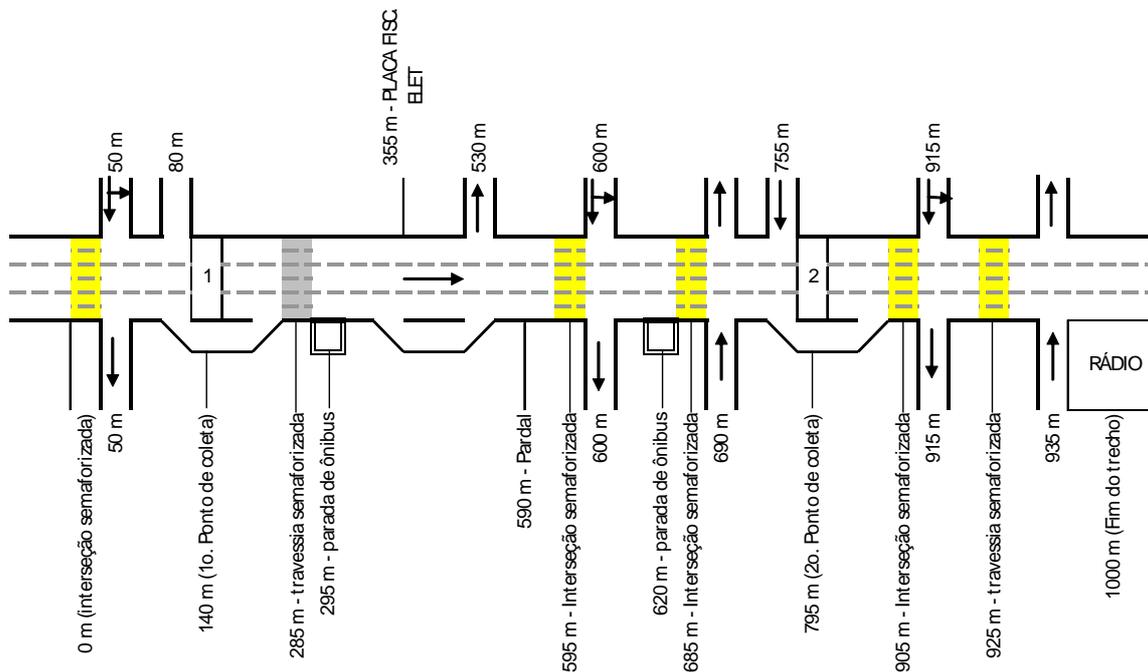


Figura 5.28 – Esboço da Avenida W3

As distribuições de velocidade apresentadas na Figura 5.29 e as velocidades médias da Tabela 5.8 indicam uma pequena diferença entre a média observada entre esses dois pontos, embora a dispersão das velocidades no segundo ponto de coleta tenha sido maior.

A comparação entre os dois pontos de coleta de dados, através do teste estatístico de Wilcoxon, confirma essa semelhança apresentando um valor de p igual a 0,049, semelhante a 0,05 (nível de significância adotado). Como o valor ficou próximo de 0,05, a amostra foi considerada semelhante.

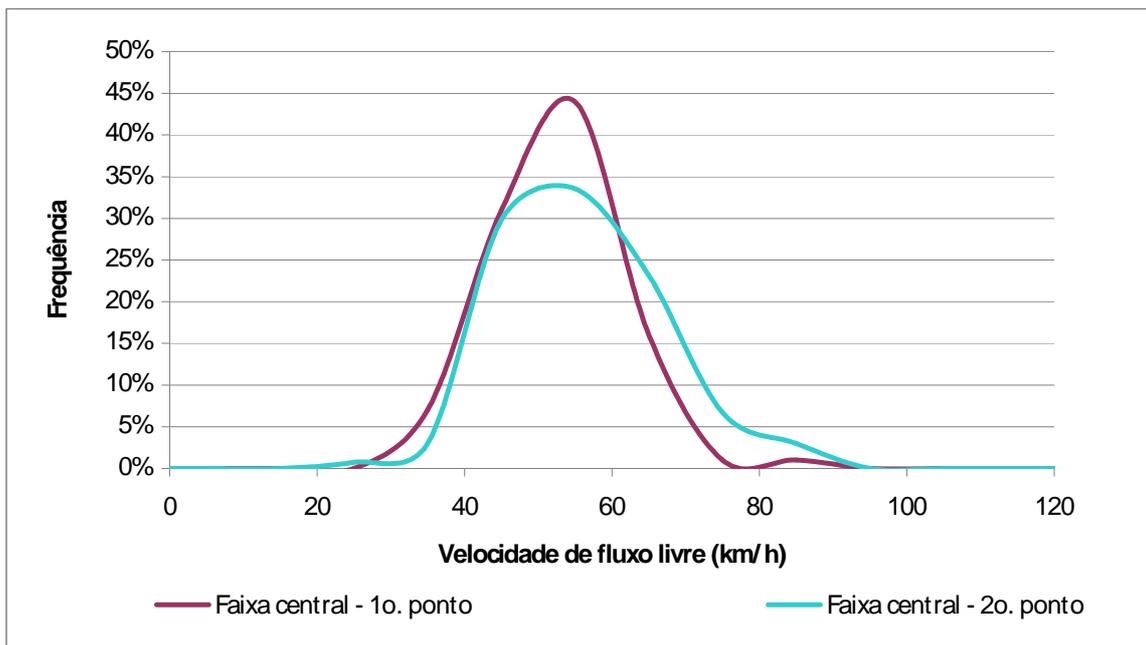


Figura 5.29 – Distribuição da velocidade de fluxo livre (Avenida W3)

5.6.1.6 - Avenida Hélio Prates

O trecho estudado teve início em frente ao Centro de Formação da Polícia Militar e terminou junto ao cruzamento da Avenida Comercial. Os dados levantados estão apresentados na Figura 5.30 e Tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Velocidade média (Avenida Hélio Prates)

Faixa	1º. Ponto			2º. Ponto		
	Fluxo (veh/h)	Velocidade média (km/h)	Desvio Padrão	Fluxo (veh/h)	Velocidade média (km/h)	Desvio Padrão
Central	425	47,38	10,51	412	47,62	9,33

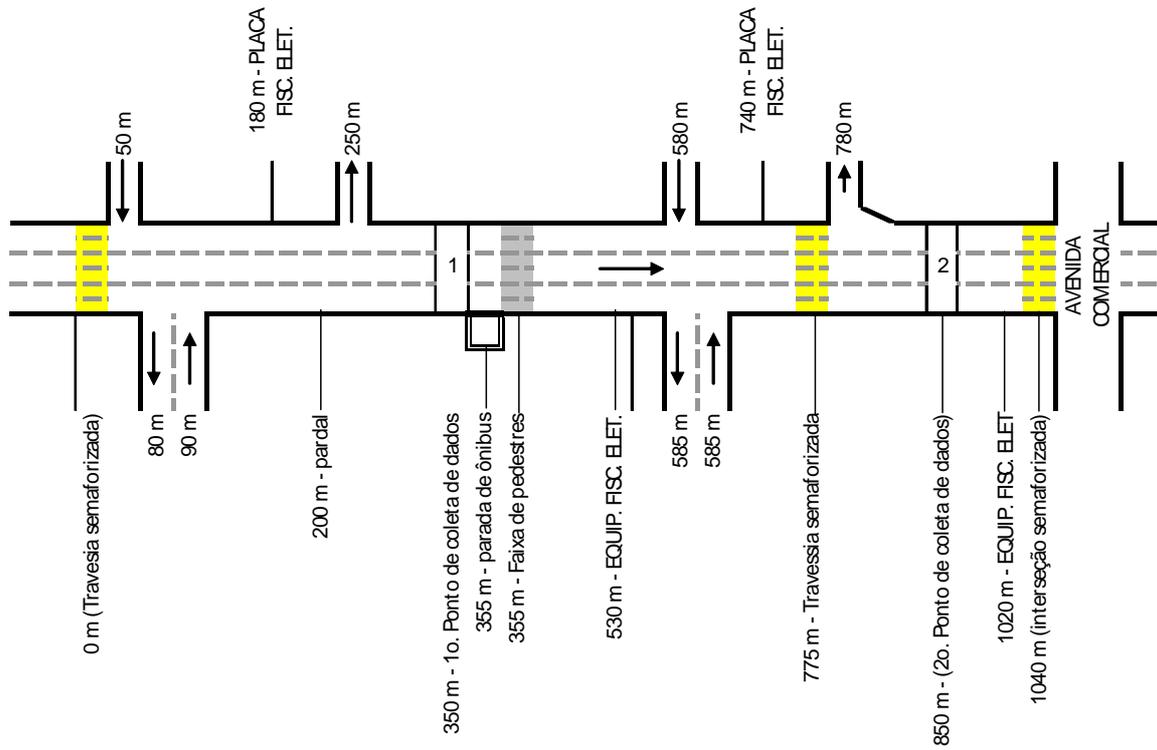


Figura 5.30 – Esboço da Avenida Hélio Prates

Os valores de velocidade indicados na Tabela 5.9 e Figura 5.31 não indicam variação na velocidade entre os dois pontos da via. Nesse caso, o conjunto dos dados dos dois pontos foi utilizado para comparação dos locais.

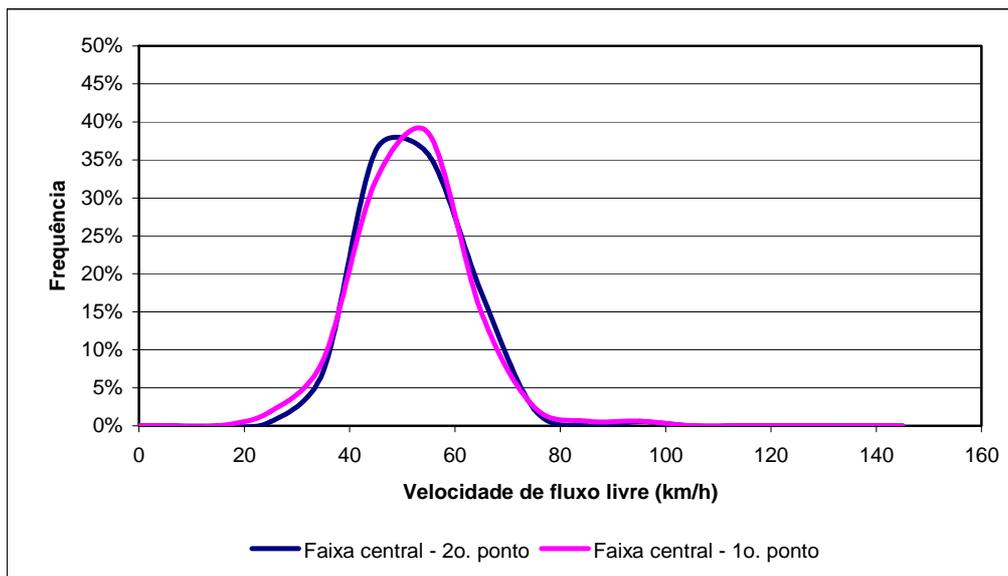


Figura 5.31 – Distribuição da velocidade de fluxo livre (Avenida Hélio Prates)

5.7 - TÓPICOS CONCLUSIVOS

Através do levantamento da influência que determinadas características tinham na velocidade do motorista, foi possível nortear a definição dos trechos estudados na pesquisa. Os trechos definidos localizam-se nas Avenidas L3, W3, Hélio Prates, EPTG, Eixo Monumental e Eixo Rodoviário Sul. Em cada um destes locais, foram definidos trechos de aproximadamente 1 km.

O procedimento de coleta de dados também definido neste capítulo foi realizado de duas formas. A primeira coleta foi levantada através de detectores tipo-placa capaz de registrar o tamanho, a velocidade e o instante de passagem dos veículos. A partir daí, o fluxo e a composição do tráfego podem ser definidos.

A delimitação do comportamento do motorista em duas fases (fase livre e de perseguição) através da definição de um valor de headway que delimitasse o comportamento do motorista em duas fases de perseguição foi prejudicada. O fato de a pesquisa ter sido realizada em locais com mais de uma faixa e sem haver uma proximidade das interseções impossibilitou verificar a relação encontrada entre os headways e a correlação das

velocidades dos veículos líder e seguidor.

Os resultados do Eixo Monumental e EPTG foram diferenciados entre os dois pontos levantados. Desta forma, foi escolhido o ponto com menor interferência das características não analisadas pela pesquisa.

6 - RELAÇÃO DOS PARÂMETROS ENTRE OS CENÁRIOS SELECIONADOS

O presente capítulo contém os dados de velocidade e perfis de velocidade obtidos na pesquisa e busca relacioná-los com as características de cada local. As velocidades foram, então, comparadas entre determinadas vias e suas características, relacionadas.

A comparação entre os dois pontos de coleta de dados foi realizada com base nos dados da faixa central. Trata-se de faixa que possui uma menor interferência dos movimentos de conversão à direita e à esquerda da via. Somente em relação ao Eixo Rodoviário Sul (Eixão), a comparação foi realizada, em alguns casos, utilizando a faixa da esquerda, devido à similaridade com o fluxo nos locais comparados. Permite-se esta simplificação porque a faixa da esquerda do Eixão não possui a interferência dos movimentos de conversão. Os dados obtidos entre o período das 09 às 10 horas foram comparados e os resultados validados com os do período das 10 às 11 horas.

O valor da taxa de aceleração e desaceleração não foi determinado para as Avenidas EPTG e L3. Durante a maioria das perseguições dessas avenidas, não houve variação significativa de velocidade capaz de produzir os resultados necessários. Desta forma, apenas a influência da proximidade das interseções semaforizadas foi analisada através da comparação das Avenidas W3 e Hélio Prates.

6.1 - EIXO MONUMENTAL/AVENIDA L3

A análise dos resultados apresentados na Tabela 6.1 e na Figura 6.1 indica que as velocidades desenvolvidas na avenida L3 foram superiores àquelas do Eixo Monumental. Para comparação dos resultados, foi aplicado o teste de Wilcoxon. O teste foi baseado nos resultados obtidos para os horários entre 09 às 10 e 10 às 11 horas. Os valores de p identificados no teste foram iguais a 0,0045 e 0,0001, respectivamente para os horários de 10 às 11 horas da manhã. Ambos foram inferiores a 0,01 (nível de significância).

Tabela 6.1 - Velocidade média (Eixo Monumental/Avenida L3)

Horário	Local	Velocidade média (km/h)	Fluxo (veh/h)
09:00 – 10:00	Eixo Monumental (central-direita) – 2º. Ponto	70,77	357
	Avenida L3 – 2º. Ponto	73,15	336
10:00 – 11:00	Eixo Monumental – 2º. Ponto	72,38	410
	Avenida L3 – 2º. Ponto	74,5	297

A velocidade provavelmente foi superior na Avenida L3 pelo fato de que essa avenida não possui equipamentos de fiscalização eletrônica de velocidade. Ainda que os pontos de coleta de dados tenham observado a distância mínima de 150m dos pardais (área de influência obtida do trabalho de Alves et al. (2005), acredita-se que os equipamentos tiveram alguma influência. Após a distância de 150m, o motorista novamente ultrapassa a velocidade regulamentada, mas não necessariamente alcança sua velocidade desejada. O efeito da presença dos equipamentos eletrônicos provavelmente se sobrepôs a influência que o aumento no número de faixas possa ter na velocidade média dos motoristas.

A verificação da influência do número de faixas poderia ser realizada através de simulações de cenários onde a característica interveniente (equipamento de fiscalização eletrônica) fosse retirada. A partir daí, seria possível identificar a influência do número de faixas na velocidade de fluxo livre dos motoristas.

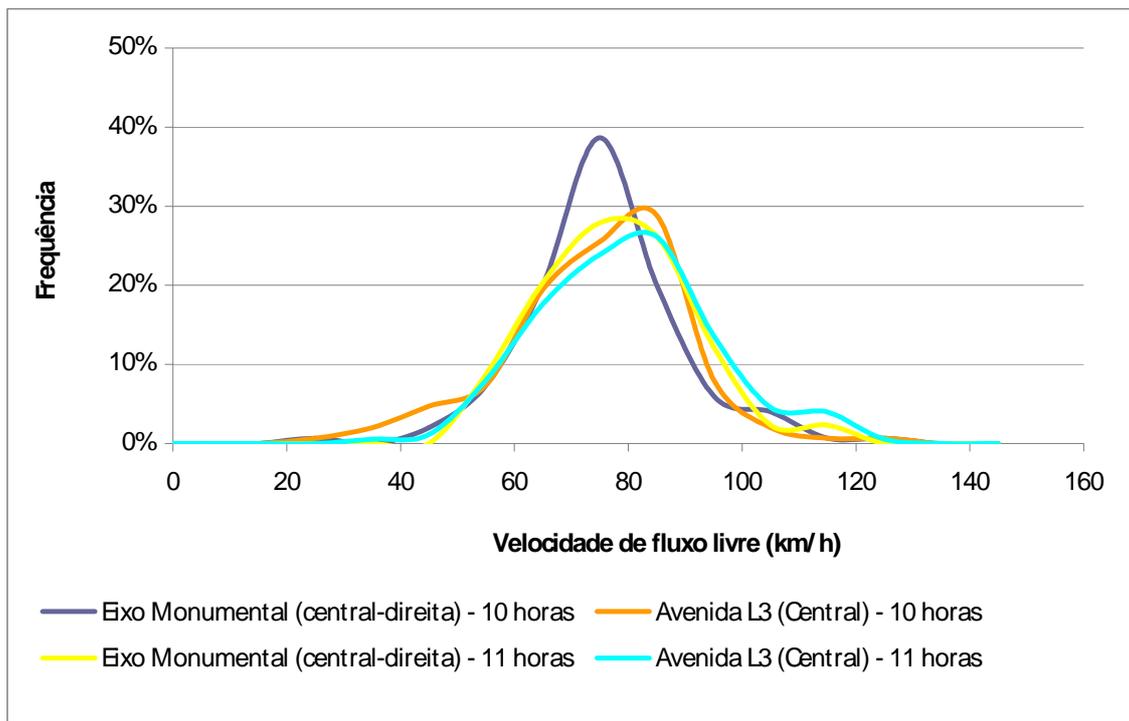


Figura 6.1 - Distribuição da velocidade de fluxo livre (Eixo Monumental/L3)

6.2 - EIXO RODOVIÁRIO SUL (EIXÃO)/AVENIDA L3

A comparação entre as velocidades dos dois pontos não buscou somente identificar uma relação entre o aumento da velocidade regulamentada e o aumento da velocidade de fluxo livre. A relação procurada está no efeito que a velocidade regulamentada teria na diferença entre a velocidade de fluxo livre e a velocidade regulamentada. As faixas centrais e da esquerda entre os dois locais foram comparados.

A diferença entre a velocidade de fluxo livre e a velocidade regulamentada foi utilizada como parâmetro para a verificação da influência da velocidade regulamentada. Na faixa central não foi verificada diferença entre a velocidade destes dois locais. Como mostrado na Tabela 6.2, a velocidade média (faixa central) no Eixão é semelhante à velocidade média da faixa central da Avenida L3. Para verificação entre essas médias, o teste de Wilcoxon foi aplicado e o resultado confirma a semelhança entre esses dados. Os valores de p para os horários de 09 às 10 e 10 às 11 horas foram, respectivamente, iguais a 0,1306 e 0,1947 (superior a 0,05). Em ambos os horários, portanto, a média foi semelhante.

Tabela 6.2 - Velocidade média (Eixo Rodoviário Sul/Avenida L3)

Horário	Local	Velocidade média (km/h)	Desvio Padrão	Fluxo (veh/h)
09:00 – 10:00	Eixão (central)	75,53	10,54	821
	Eixão (esquerda)	90,52	12,23	537
	Avenida L3 (central)	73,15	13,7	336
	Avenida L3 (esquerda)	75,58	14,52	125
10:00 – 11:00	Eixão (central)	76,67	11,24	760
	Eixão (esquerda)	89,72	11,09	509
	Avenida L3 (central)	74,5	15,61	297
	Avenida L3 (esquerda)	77,58	13,57	93

O resultado contribuiu para confirmar o aumento da velocidade dos motoristas causado pela ausência de equipamentos de fiscalização eletrônica ao longo da via na velocidade dos motoristas. Enquanto a Avenida L3 não possui equipamentos de fiscalização eletrônica ao longo da via, no Eixão, existe a presença de equipamentos de fiscalização eletrônica e placas indicativas de fiscalização eletrônica durante todo o trecho. Embora as vias tenham uma velocidade regulamentada diferente, a velocidade entre eles foi semelhante.

O formato da curva de distribuição para o Eixão, visto na Figura 6.2, é bem mais normal que o formato da curva de distribuição da Avenida L3. Isto reforça a influência dos equipamentos de fiscalização eletrônica. Como os motoristas são levados a diminuir a velocidade para uma velocidade regulamentada, a dispersão entre os resultados é menor. O comportamento do motorista, refletido na velocidade de fluxo livre, é condicionado por características da via e do seu ambiente, diminuindo, portanto, a margem de variabilidade das velocidades desenvolvidas pelos motoristas.

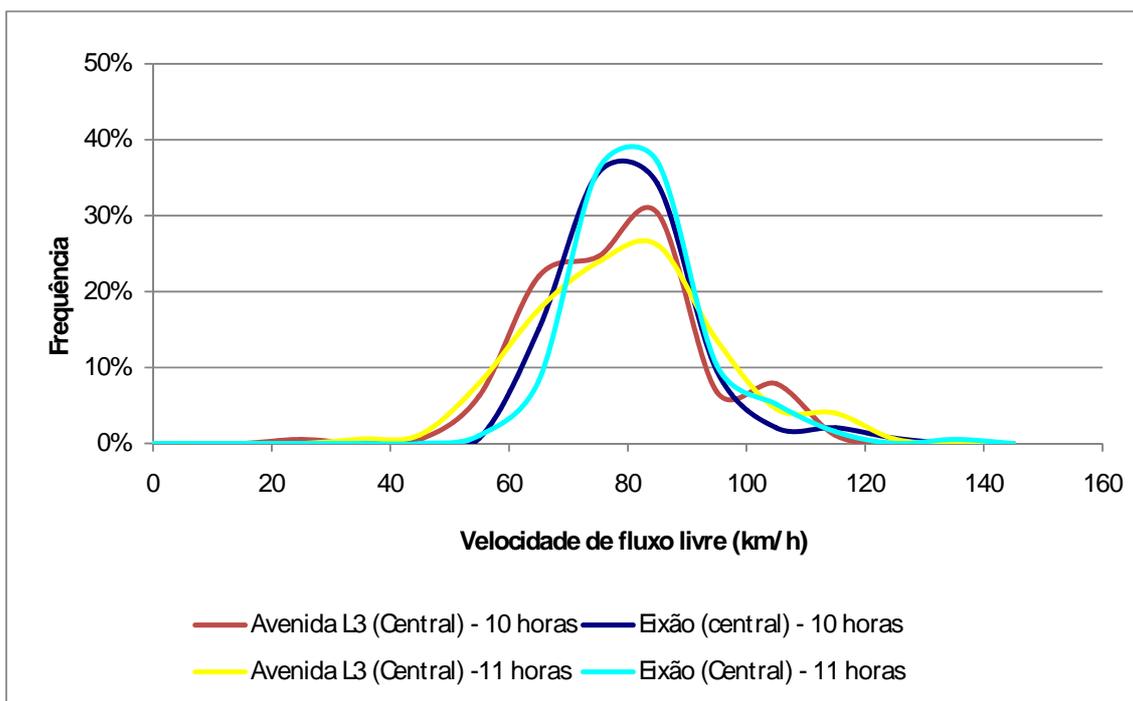


Figura 6.2 – Distribuição da velocidade de fluxo livre (Eixo rodoviário Sul/ L3)

Na faixa esquerda da avenida L3 no horário das 09 às 10 horas, a média da velocidade dos motoristas, mostrada na Tabela 6.2, foi de 75,58 km/h. A diferença entre essa média e a velocidade regulamentada foi de 15,58 km/h. No horário entre 10 às 11 horas, essa diferença subiu para 17,58km/h. Em relação ao Eixão, a diferença foi de 10,52 km/h para o horário de 09 às 10 e 9,72 km/h para o horário de 10 às 11 horas.

A diferença entre a velocidade regulamentada e a velocidade de fluxo livre foi maior para a Avenida L3. Na Avenida L3, a ultrapassagem da velocidade permitida foi maior que o Eixão. O resultado também indica a influência que o equipamento de fiscalização eletrônica possa exercer sobre o comportamento dos motoristas no Eixão.

6.3 - EIXO RODOVIÁRIO SUL/EPTG

A análise das velocidades médias das faixas centrais entre os dois locais apresentados na Tabela 6.3 indica que não há uma diferença significativa entre os resultados dos dois locais. A influência do uso do solo para os dados da faixa central não foi verificada.

Tabela 6.3 - Velocidade média (EPTG/Eixo Rodoviário Sul)

Horário	Local	Velocidade média (km/h)	Fluxo (veh/h)
09:00 – 10:00	Eixão (central)	75,53	821
	Eixão (esquerda)	90,52	537
	EPTG (central)	75,73	779
	EPTG (esquerda)	82,01	867
10:00 – 11:00	Eixão (central)	76,67	760
	Eixão (esquerda)	89,72	509
	EPTG (central)	74,69	797
	EPTG (esquerda)	84,74	868

A comparação dos resultados, apresentados na Tabela 6.3, entre os mesmos dois pontos para a faixa da esquerda apresentou um resultado diferenciado. Comparando os dois pontos da faixa da esquerda, é observada uma diferença entre os resultados obtidos. Enquanto a velocidade média no horário de 09 às 10 horas para a EPTG foi de 82,01 km/h, a média para o Eixão foi de 90,52 km/h. Durante o período de 10 às 11 horas, a diferença entre esses locais foi menor. A diferença entre esses resultados também pode ser observada pelas distribuições de velocidade apontadas na Figura 6.3.

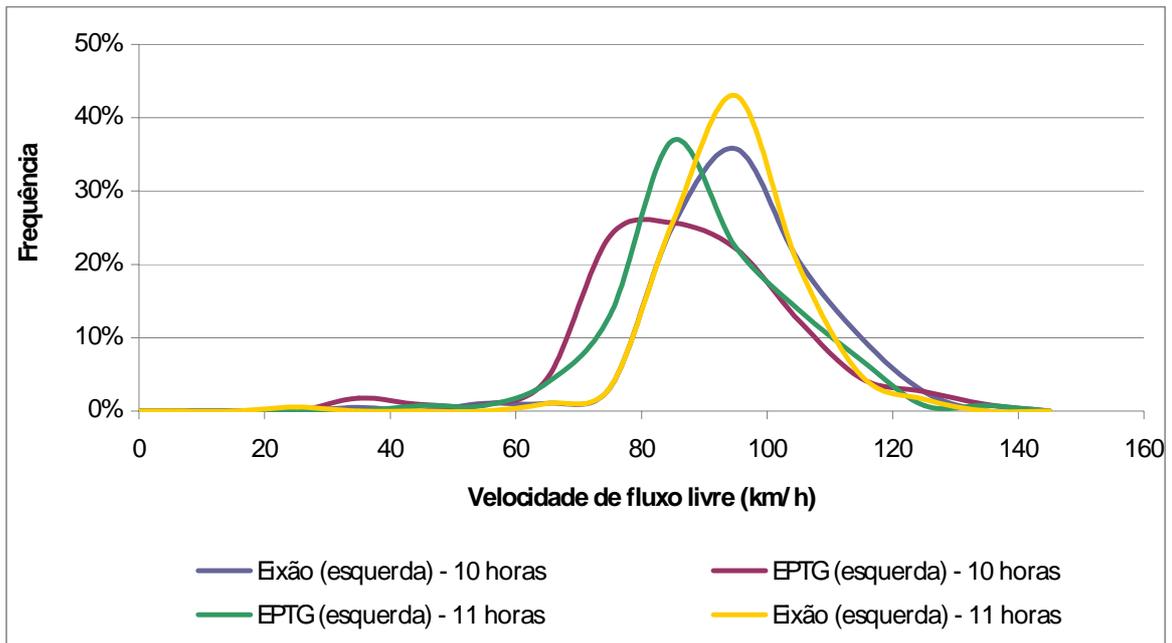


Figura 6.3 - Distribuição da velocidade de fluxo livre (Eixo rodoviário Sul/EPTG)

O teste de Wilcoxon aplicado para esta comparação obteve valor de p igual a 0,0001 nos dois horários (09 às 10 e 10 às 11 horas). Como o valor é inferior a 0,05, a diferença entre esses locais pode ser confirmada.

Então, como na faixa central não foi possível verificar diferença entre esses locais, não é possível confirmar variação no comportamento do motorista causada pela mudança no uso do solo.

A diferença observada entre as características da faixa da esquerda pode ter sido causada pelo fluxo levantado nas faixas desses dois locais. Para verificação da relação entre o fluxo e a velocidade de fluxo livre dos motoristas, foi feita uma análise da relação entre estas duas variáveis.

A velocidade média para cada horário levantado no Eixão foi relacionada com o fluxo obtido. Os resultados da Tabela 6.4 indicam que, embora o fluxo tenha dobrado para o horário das 12 às 13 horas, a velocidade média não teve grandes alterações.

Tabela 6.4 – Velocidade média por horário (Eixo Rodoviário Sul)

EIXO RODOVIÁRIO SUL – FAIXA ESQUERDA			
Horário	Fluxo (veh/h)	Velocidade média (km/h)	Desvio Padrão
09:00 – 10:00	537	90,52	12,2
10:00 – 11:00	509	89,72	11,02
11:00 – 12:00	623	89,66	12,81
12:00 – 13:00	1024	89,42	8,50

Isto significa que, embora o fluxo tenha praticamente dobrado, os veículos ainda conseguem desenvolver a velocidade desejada, mantendo a velocidade média de fluxo livre praticamente constante. Permite-se, portanto, estabelecer uma relação entre a velocidade de fluxo livre encontrada para as duas faixas da esquerda desses pontos e as características.

A diferença entre os locais na faixa da esquerda deve ter sido provocada pelo fato de que a faixa da esquerda da EPTG sofre interferência dos movimentos de conversão. A interferência desses movimentos não pode ser desconsiderada, pois o volume de tráfego verificado no ponto 2 desta via, no momento da coleta de dados, foi elevado.

6.4 - AVENIDA HÉLIO PRATES/AVENIDA W3

A comparação entre esses dois pontos visa, principalmente, identificar uma relação entre a densidade das interseções e os resultados apresentados para cada via. A análise da Tabela 6.5 indica que a velocidade média na Avenida W3 foi maior nos dois horários verificados. Ainda que o número de interseções semaforizadas na Avenida W3 seja maior, a velocidade média nesse ponto foi maior.

Tabela 6.5 - Fluxo de tráfego e velocidade média

Horário	Local	Velocidade média (km/h)	Desvio padrão
09:00 – 10:00	Avenida Hélio Prates (central)	47,51	9,89
	Avenida W3 (central)	49,78	9,89
10:00 – 11:00	Avenida Hélio Prates (central)	47,81	10,62
	Avenida W3 (central)	51,19	10,63

A diferença entre as amostras pôde ser confirmada pelo teste estatístico de Wilcoxon. O valor de p encontrado para os horários de 09 às 10 e 10 às 11 foram respectivamente de 0,008 e 0,0003. Em ambos os horários, as amostras podem ser consideradas diferentes, já que o valor de p para os dois horários foi inferior a 0,05.

Acredita-se que a diferença entre a velocidade possa ser explicada de duas formas. A primeira é que, embora na Avenida Hélio Prates o uso do solo lindeiro também seja comercial, o lado oposto da via possui uma ocupação do solo residencial, mudando o ambiente da via. Além disso, embora o número de interseções semaforizadas entre os locais seja menor para a Avenida Hélio Prates, esta avenida possui um maior número de equipamentos de fiscalização eletrônica e ainda existem as faixas de pedestres ao longo do trecho.

6.4.1 - Taxa de aceleração/desaceleração

As taxas de aceleração/desaceleração foram separadas em função do evento que provocou a variação da velocidade. Os eventos podem ser, por exemplo, uma diminuição de velocidade por causa de um equipamento de fiscalização eletrônica ou um aumento de velocidade na saída de um semáforo. As taxas divididas por evento para a Avenida W3 e Avenida Hélio Prates estão apresentadas respectivamente nas Tabelas 6.6 e 6.7. A divisão buscou a melhor identificação das taxas que seriam utilizadas na comparação entre esses dois trechos.

Tabela 6.6 – Taxas de aceleração/desaceleração (Avenida W3)

EVENTO	ACELERAÇÃO (m/s ²)		DESACELERAÇÃO (m/s ²)		
	SEMÁFORO	ENTRADA/VEÍCULOS	SEMÁFORO	ENTRADA/VEÍCULOS	MUDANÇA DE FAIXA
Motorista 1	3,40	4,79	1,64	2,04	0,4
	1,65		2,56		
	1,55	4,79	-	2,04	0,4
Motorista 2	2,93		1,60		
	1,43		-		
Motorista 3	2,34		0,92		
	1,66		-		
Motorista 4	2,01		2,76		
Motorista 5	-		-		
Motorista 6	2,14		-		
Motorista 7	1,57	-	-	-	-
Motorista 8	2,00		-		
Motorista 9	2,20		2,36		
	1,17		-		
Motorista 10	2,29		2,31		
	1,00		-		

Tabela 6.7 – Taxas de aceleração/desaceleração (Avenida Hélio Prates)

EVENTO	ACELERAÇÃO (m/s ²)			DESACELERAÇÃO (m/s ²)		
	SEMÁFORO	FISC. ELET.	PEDESTRE	SEMÁFORO	FISC. ELET.	PEDESTRE
Motorista 1	-	-		0,9		
Motorista 2	0,9	1,25		1,67	2,59	
Motorista 3	-	1,14		-	1,47	
	0,66	1,08		2,18	1,53	
Motorista 4	-	1,12		-	1,11	
	-	-		1,41		
Motorista 5	1,96	2,48		1,60	0,47	
	-	0,90		-	1,65	
Motorista 6	-	0,94		2,24	1,92	
	-	1,57		-		
Motorista 7	-	1,00		-		
Motorista 8	1,26	1,13		2,63	1,12	
	-	-		-	1,14	
Motorista 9	1,10	-		-		
Motorista 10	0,69	1,14	1,1	1,46	0,85	0,72

Dos valores apresentados nas Tabelas 6.6 e 6.7, os valores referentes aos equipamentos de fiscalização eletrônica e semáforos foram utilizados para o cálculo da taxa de aceleração e desaceleração. Todas as observações de variação de velocidade (diferenciando se aceleração ou desaceleração) referentes a esses eventos foram agrupadas em um único conjunto de dados. A taxa média e o desvio padrão encontrado para cada um dos locais e a quantidade de elementos obtidos para cada amostra estão apresentados na Tabela 6.8.

Tabela 6.8 – Quantidade de dados para cálculo da taxa de aceleração/desaceleração

Local	Aceleração			Desaceleração		
	N	Taxa média	Desvio padrão	N	Taxa média	Desvio padrão
Avenida W3	15	1,92	0,67	6	2,16	0,57
Avenida Hélio Prates	18	1,19	0,44	19	1,54	0,6

Para comparação das taxas obtidas em cada local, o teste estatístico t foi aplicado. Na comparação entre as taxas de aceleração, o valor da probabilidade p foi igual a 0,001. Como esse valor foi inferior ao nível de significância (0,05), pode-se concluir que existe diferença entre os dados desses dois locais. Já o valor de p para a taxa de desaceleração foi 0,02. O valor também foi inferior a 0,05. Portanto, a diferença nos resultados da taxa de aceleração e desaceleração entre esses dois locais pôde ser verificada. O aumento da taxa de aceleração/desaceleração provavelmente tenha sido resultado do aumento das interseções durante o trecho.

6.5 - TÓPICOS CONCLUSIVOS

A proximidade das interseções semaforizadas teve efeito nas taxas de aceleração e desaceleração calculadas para a Avenida W3 e Avenida Hélio Prates. A Avenida W3 apresentou uma taxa maior que o valor identificado na Hélio Prates, confirmando a suposição de que um maior número de interseções semaforizadas provoca um aumento da taxa de aceleração/desaceleração. Em relação à influência do uso do solo, não foi verificado nenhuma influência deste na velocidade do motorista.

Através da comparação entre as velocidades do Eixão e da EPTG, foi verificada uma diferença entre as velocidades identificadas das faixas da esquerda destes dois locais. Levantam-se duas possibilidades para a diferença encontrada. A primeira é que os movimentos de conversão à esquerda tenham sido responsáveis pela diferença de velocidade entre os dois pontos. A segunda é que a ausência de meio-fio no Eixão provoque um aumento na velocidade desenvolvida pelos motoristas.

A comparação entre os trechos do Eixão e da Avenida L3 (vias com velocidade regulamentada distintas) indicou uma semelhança entre as velocidades das faixas centrais destas duas vias. Esta semelhança deve ter sido provocada pela influência dos equipamentos de fiscalização eletrônica no Eixão, visto que a velocidade regulamentada na Avenida L3 é menor.

A comparação entre os resultados da Avenida L3 e Eixo Monumental indicou uma velocidade média superior na Avenida L3, embora o Eixo Monumental tenha um maior número de faixas. Também, neste caso, levanta-se a possibilidade da influência dos equipamentos de fiscalização eletrônica presentes no trecho do Eixo Monumental.

A influência do número de faixas, da densidade das interseções semaforizadas e da velocidade regulamentada poderia ser identificada através de simulações de cenários onde a característica interveniente (por exemplo, equipamento de fiscalização eletrônica) fosse retirada. A partir daí, seria possível identificar a influência de determinada característica na velocidade de fluxo livre dos motoristas.

Os resultados alcançados indicam, de uma forma geral, que os valores dos parâmetros encontrados em campo são diferenciados em função das características viário-ambientais. Apenas a Avenida L3 e o Eixão apresentaram valores semelhantes referentes à velocidade de fluxo livre. A velocidade de fluxo livre foi diferente em todas as demais comparações realizadas. Embora neste trabalho não tenha sido possível identificar uma relação direta entre a característica analisada e a velocidade de fluxo livre, é possível dizer que as características viário-ambientais exercem uma influência nos valores dos parâmetros analisados (nível de velocidade desejada ou velocidade de fluxo livre e taxa de aceleração/desaceleração).

7 - CALIBRAÇÃO DOS PARÂMETROS

O capítulo apresenta a representação das características dos locais no modelo e os resultados da simulação obtidos em cada um deles. A influência das características viário-ambientais no comportamento do motorista foi verificada através da análise dos parâmetros obtidos pelo ajuste das velocidades praticadas em campo e simuladas.

Os parâmetros foram obtidos a partir da calibração do Eixão e da EPTG. A calibração foi realizada apenas nesses locais em virtude do tempo disponível da pesquisa. Além disso, a diferença encontrada na comparação das velocidades feita no Capítulo 6 e a simplificação da forma de representação dessas vias foram consideradas.

A calibração foi realizada através de dados obtidos de detectores inseridos na simulação. Através dos detectores do HUTSIM, foi possível extrair dados semelhantes aos obtidos em campo pelos detectores tipo placa (velocidade de passagem no detector e instante de passagem associado ao tipo do veículo). Os detectores foram colocados nos mesmos locais que os detectores tipo-placa de campo.

7.1 - REPRESENTAÇÃO DOS AMBIENTES SIMULADOS NO MODELO DE SIMULAÇÃO

As características de cada local simulado foram, inicialmente, representadas no editor HUTEDI. O modelo foi montado incluindo a extensão dos trechos, as entradas e saídas do modelo, os equipamentos de fiscalização eletrônica de velocidade, os geradores, o desenho das interseções e os dispositivos de controle de tráfego.

Os dados de entrada também foram incluídos: distribuição da velocidade desejada dos motoristas, volume de tráfego e a determinação da origem e destino dos motoristas. A distribuição da velocidade de fluxo livre foi inserida a partir dos arquivos de entrada gerados pelo programa e foram diferenciados com base na faixa simulada. Como a velocidade de fluxo livre foi baseada apenas em veículos leves, as simulações foram geradas considerando apenas os veículos leves.

Os equipamentos eletrônicos de fiscalização de velocidade presentes ao longo da via foram representados no editor através da definição de uma *pipe* (segmento de via do HUTEDI). Para cada equipamento eletrônico de fiscalização de velocidade, foram definidas *pipes*, onde a velocidade máxima permitida dentro da *pipe* (objeto da simulação) fosse igual à velocidade regulamentada. O tamanho da *pipe* poderia ser infinitesimal. Os motoristas, ao detectarem a imposição desta *pipe*, buscariam manter a velocidade ou frear até a velocidade regulamentada. Desta forma, o comportamento dos motoristas seria semelhante aquele verificado em campo.

7.1.1 - Eixo Rodoviário Sul

As distribuições da velocidade de fluxo livre, o volume de tráfego e a distribuição das rotas foram inseridos no modelo. Esses dados de entrada podem ser visualizados na Figura 5.25 e Tabela 5.6 do Capítulo 5.

7.1.1.1 - Distribuição das velocidades

A distribuição do nível de velocidade desejada foi considerada como se fosse um parâmetro, pois se trata de um fator fundamental para o ajuste das velocidades praticadas. O detector de velocidade foi localizado necessariamente no mesmo local em que o detector placa foi implantado em campo. Através destes, as velocidades praticadas em campo eram comparadas com as velocidades da simulação.

As distribuições das velocidades identificadas em campo e na simulação estão mostradas na Figura 7.1. Na faixa esquerda, não houve diferença significativa entre os resultados apresentados. Em relação à faixa central, os resultados apresentaram uma pequena diferença entre os resultados apresentados.

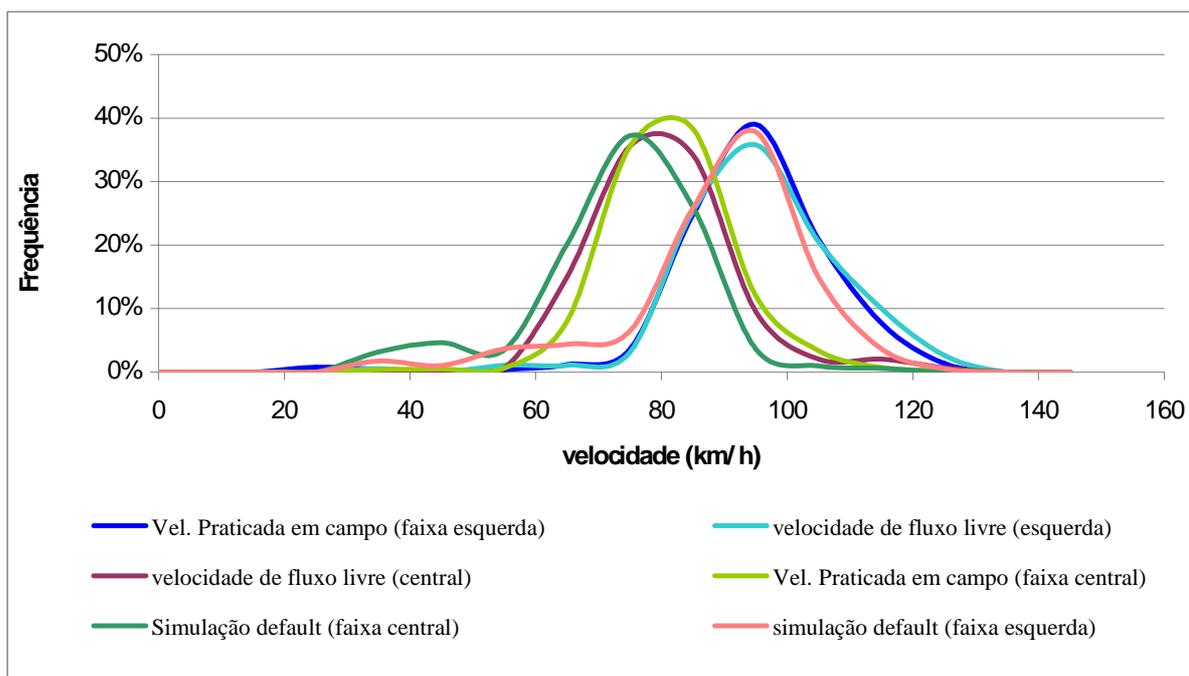


Figura 7.1 – Distribuição das velocidades (Eixo Rodoviário Sul)

Tabela 7.1 – Velocidade média (Eixo Rodoviário Sul)

Horário	Local	Velocidade média (km/h)	Desvio padrão	Fluxo (veh/h)
09 às 10 horas	Vel. praticada em campo - Eixão (esquerda)	89,59	12,71	537
	Vel. de fluxo livre em campo – Eixão (esquerda)	90,52	12,23	537
	Eixão (esquerda) - simulado	87,32	16,39	571
	Vel. praticada em campo - Eixão (central)	76,31	10,58	821
	Vel. de fluxo livre em campo – Eixão (central)	76,67	10,44	760
	Eixão (central) - simulado	73,33	12,65	816

O efeito da variação de outros parâmetros também foi testado, visando ajustar a distribuição de velocidade. A calibração foi baseada na visualização dos gráficos obtidos a partir da variação entre os parâmetros de entrada do modelo. Para o ajuste da velocidade, optou-se pela variação dos seguintes parâmetros: headway mínimo de seguimento estável e taxa de aceleração e desaceleração. O conjunto de parâmetros utilizados para cada simulação está mostrado na Tabela 7.2.

Tabela 7.2 – Parâmetros testados no ajuste da distribuição das velocidades

Parâmetro	Default	Sim. 1	Sim. 2	Sim. 3	Sim. 4
Área de seguimento estável	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Headway mínimo	1,2	1,2	1,2	1,8	0,6
Aceleração	1,6	1,3	3,2	1,3	1,6
Desaceleração	1,9	1,4	3,8	1,4	1,9

Os gráficos das Figuras 7.2 e 7.3 indicam que a variação dos parâmetros não gerou grandes alterações nas velocidades simuladas. O efeito da distribuição da velocidade desejada do programa se constitui, portanto, como fator fundamental para a o ajuste das velocidades simuladas. Para um melhor ajuste das velocidades praticadas na faixa central, seria necessário modificar o nível de velocidade desejado dos motoristas.

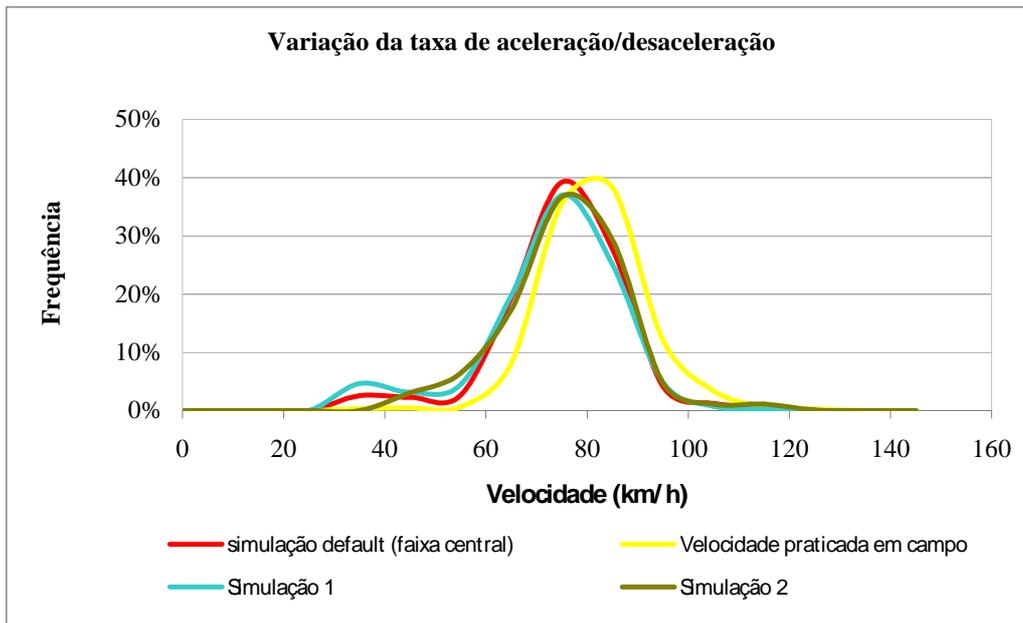


Figura 7.2 – Distribuição das velocidades (Efeito da variação da taxa de aceleração/desaceleração)

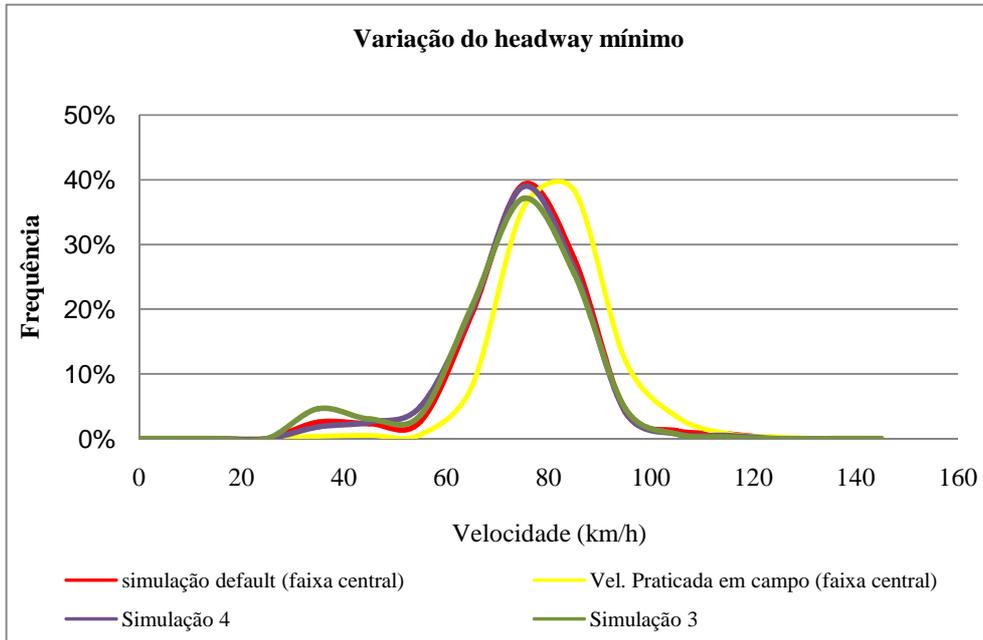


Figura 7.3 – Distribuição das velocidades (Efeito da variação do headway mínimo)

7.1.2 - EPTG

As distribuições da velocidade de fluxo livre, o volume de tráfego e a distribuição das rotas foram inseridos no modelo. Esses dados de entrada podem ser visualizados na Figura 5.26 e Tabelas 5.7 do Capítulo 5.

Através da velocidade média indicada na Tabela 7.3 e do gráfico da Figura 7.4, verifica-se que não houve diferença entre os valores simulados e os valores de campo para a faixa central. Para a faixa da esquerda, através da comparação entre a distribuição das velocidades simuladas e a distribuição das velocidades praticadas em campo apresentada na Figura 7.5, verifica-se uma semelhança entre as curvas. No entanto, ao comparar a velocidade média entre os valores simulados e os praticados em campo indicada na Tabela 7.4, verificou-se uma diferença significativa entre os resultados apresentados.

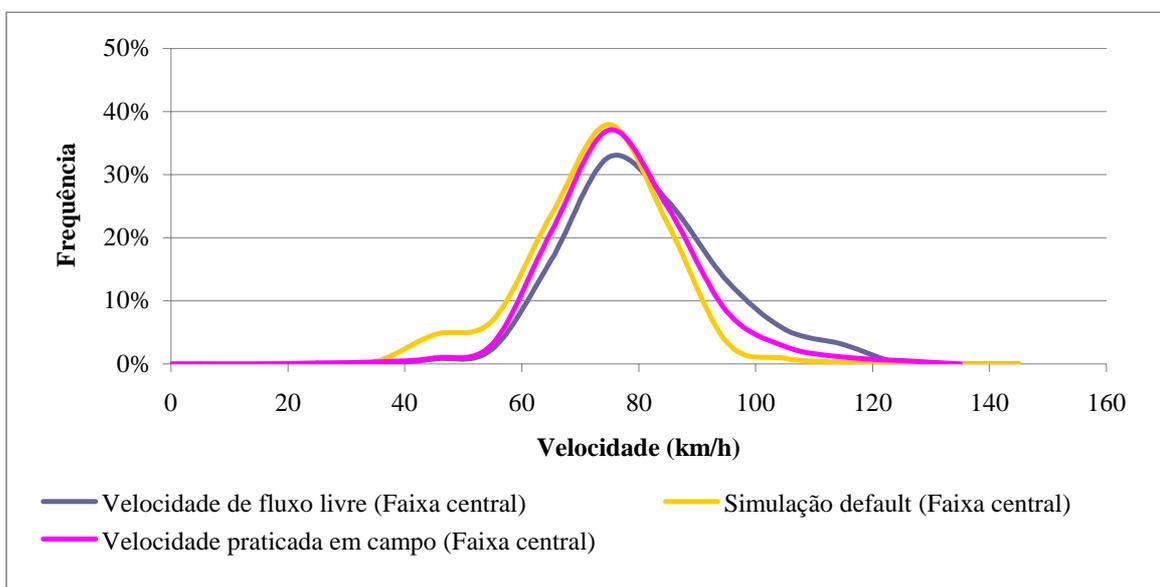


Figura 7.4 – Distribuição das velocidades praticadas -Faixa central (EPTG)

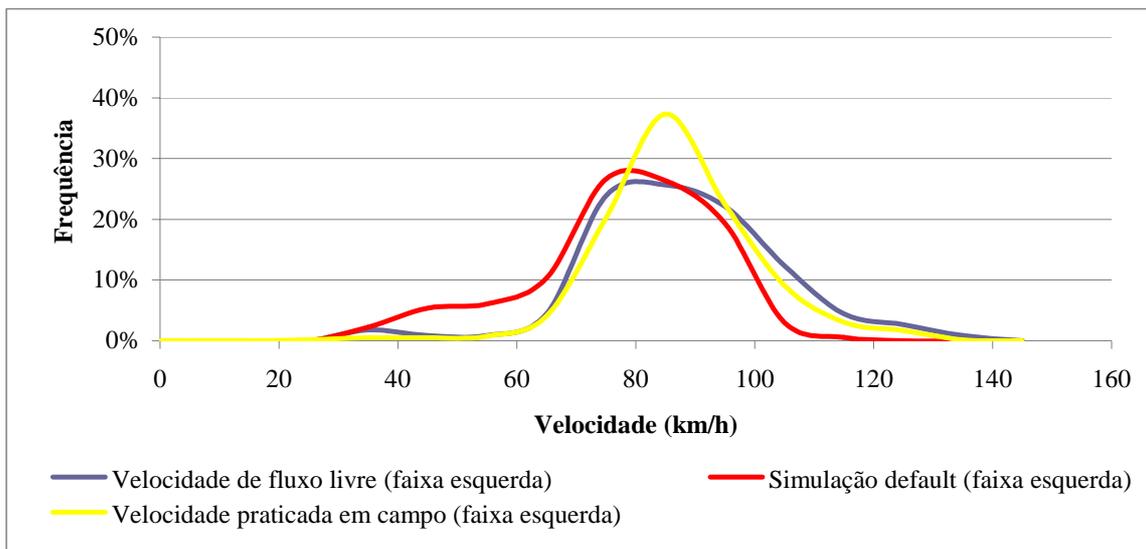


Figura 7.5 – Distribuição das velocidades praticadas - Faixa esquerda (EPTG)

Tabela 7.3 – Velocidade média (EPTG)

Horário	Local	Velocidade média (km/h)	Desvio padrão	Fluxo (veh/h)
09 às 10 horas	Vel. praticada em campo – faixa esquerda	82,01	13,04	867
	Vel. de fluxo livre em campo – faixa esquerda	82,01	12,92	867
	Vel. simulada – faixa esquerda	75,56	16,03	803
	Vel. praticada em campo – faixa central	72,44	12,34	779
	Vel. de fluxo livre em campo – faixa central	75,73	13,04	779
	Vel. simulada – faixa central	71,16	11,94	890

7.2 - TÓPICOS CONCLUSIVOS

Através das simulações realizadas no Eixão e na EPTG, foi possível ajustar as curvas de distribuição das velocidades praticadas em campo com as velocidades simuladas, pois apenas na faixa da esquerda foi identificada diferença entre os resultados de campo e os valores simulados. A variação dos parâmetros headway mínimo de seguimento estável, taxa de aceleração/desaceleração e área de seguimento estável não provocou alterações nas velocidades simuladas. Desta forma, o nível de velocidade desejada se constituiu como o fator fundamental para o ajuste das velocidades.

A calibração do nível de velocidade desejada foi capaz de incorporar as características intervenientes no comportamento do motorista e reproduzir as velocidades praticadas em campo. Recomenda-se, no entanto, que a simulação seja realizada para outras vias, onde a interferência das características na velocidade seja maior, impedindo que o motorista desenvolva a sua velocidade desejada. Ou seja, outras vias ou até mesmo em outras situações (maior fluxo) em que os motoristas não estejam livres. Reproduzir as velocidades praticadas através do nível de velocidade desejada nestas situações é mais complicado. A influência dos demais parâmetros (headway mínimo, área estável e taxa de aceleração e desaceleração) deve ser maior nestas situações.

Recomenda-se ainda que a influência dos equipamentos de fiscalização eletrônica presentes no Eixão seja analisada. Primeiro, no sentido de analisar se o comportamento simulado reflete o comportamento verificado em campo frente a esses equipamentos de fiscalização. Segundo, a retirada desses equipamentos no Eixão poderia ser capaz de permitir estimar o efeito destes na velocidade do motorista. A partir daí, seria possível obter maiores resultados nas comparações realizadas no Capítulo 6.

8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O capítulo apresenta as principais conclusões obtidas no final da pesquisa, observando as limitações encontradas durante o estudo. Em seguida, as recomendações e sugestões para trabalhos futuros são descritas.

8.1 - LIMITAÇÕES DO TRABALHO

As primeiras limitações encontradas durante a realização da pesquisa foram referentes à identificação de trechos semelhantes que pudessem ser utilizados para verificação das características. Encontrar um trecho em que várias características fossem homogêneas, provou ser impraticável.

Ocorre que a identificação da interferência de uma ou mais características na velocidade do motorista seria possível a partir da identificação de trechos semelhantes. Ainda que, com base na literatura pesquisada, tenha sido identificada uma hierarquia na identificação de características intervenientes, isto não foi suficiente para isolar o efeito de determinada característica.

Outra limitação do trabalho foi o levantamento de um número de perseguições necessário para composição da amostra para o cálculo da taxa de aceleração/desaceleração. Isto ocorreu porque em vias cuja variação de velocidade é pequena, o número de perfis exigiria um grande número de perseguições.

8.2 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A interferência das características viário-ambientais nos parâmetros definidos pela pesquisa (nível de velocidade desejada e taxa de aceleração/desaceleração) foi identificada a partir de estudos de comportamento do motorista. As características viário-ambientais tratadas na pesquisa foram aquelas cuja tradução da sua interferência em ação do motorista é mais complicada. Pela dificuldade de tradução da reação do motorista frente a estas características, elas, geralmente, não são consideradas intervenientes nos resultados dos modelos de simulação. Por isso, levantou-se a possibilidade de analisá-las por meio da variação de parâmetros gerais dos modelos de simulação. Foram elas: proximidade das interseções semaforizadas, número de faixas, velocidade regulamentada e uso e ocupação do solo.

A partir dos resultados encontrados, é possível dizer que os valores dos parâmetros dos modelos microscópicos são influenciados pelas características viário-ambientais. As comparações entre a velocidade de fluxo livre entre os locais selecionados mostram que apenas a Avenida L3 e o Eixão apresentaram valores semelhantes. O resultado das comparações entre os demais locais foi de que a velocidade de fluxo livre sofre interferência das características da via e do ambiente.

Já na análise da influência individual de determinada característica, não foi possível estabelecer uma relação direta entre a diferença da velocidade de fluxo livre e as características analisadas pela pesquisa. Em relação à taxa de aceleração foi possível identificar uma relação entre a proximidade das interseções semaforizadas e a taxa de aceleração/desaceleração.

A possibilidade de verificação destas relações, considerando a influência individual de cada característica, foi prejudicada pela dificuldade em isolar a influência de cada uma delas. O uso e ocupação do solo, por exemplo, está relacionado com várias outras características viário-ambientais. O uso do solo comercial tem relação com o fluxo de pedestres, com a quantidade de interseções semaforizadas, presença de elementos de publicidade, presença de entrada/saída de veículos. Nesta pesquisa, não foi verificada relação entre o uso e ocupação do solo e a velocidade de fluxo livre.

A verificação da influência da velocidade regulamentada, do número de faixas e da proximidade entre as interseções foi prejudicada pela presença de equipamentos de fiscalização eletrônica no Eixo Monumental e Eixo Rodoviário Sul.

A calibração realizada nesta pesquisa, de forma geral, foi capaz de ajustar as velocidades praticadas em campo. Recomenda-se, no entanto, que a simulação seja realizada para outras vias cuja interferência das características na velocidade seja maior, impedindo que o motorista desenvolva a sua velocidade desejada. Recomenda-se também escolher outras vias ou até mesmo outras situações (maior fluxo) em que os motoristas não estejam livres. Reproduzir as velocidades praticadas através do nível de velocidade desejada nestas situações é mais complicado. A influência dos demais parâmetros (headway mínimo, área estável e taxa de aceleração e desaceleração) pode ser maior nestas situações.

Para as vias calibradas, onde o modelo foi capaz de representar as velocidades em campo, recomenda-se que seja testada a influência das características incorporadas pelo modelo e identificadas como intervenientes nas análises. Por exemplo, a influência dos equipamentos de fiscalização eletrônica poderia ser estimada através de simulações com e sem os equipamentos. A partir daí, o efeito individual de determinadas características utilizadas nesta pesquisa poderia ser estimado.

Como continuação do trabalho, o isolamento das características viário-ambientais poderia ser realizado em um ambiente de simulação. Neste caso, seria possível a representação de ambientes onde determinadas características fossem variadas e as demais características mantidas constantes. Ressalta-se aqui a importância de analisar, não somente as características definidas por este estudo, bem como pesquisar a influência que outras características exerçam no comportamento do motorista e que possa vir a interferir nos valores dos parâmetros dos modelos de simulação.

A possibilidade de verificação da interferência de determinadas características na velocidade do motorista pelos simuladores também contribuiria para nortear projetos viários, contribuindo para o aumento da segurança viária.

Recomenda-se ainda que análise possa ser realizada de forma mais agregada, considerando um conjunto de características viário-ambientais interveniente no comportamento do motorista e capaz de interferir no valor dos parâmetros dos modelos de simulação. A recomendação foi baseada em dois principais aspectos. O primeiro seria facilitar o próprio processo de análise da influência, pois determinadas características normalmente encontram-se agregadas em campo. Além disso, a análise conjunta das características considera o próprio comportamento do motorista, pois considera que o motorista não identifique cada característica individualmente. A possibilidade de que o motorista considere as características de forma mais agregada foi ressaltada por Cunha (2005) em seu trabalho. Desta forma, recomenda-se que a análise das características viário-ambientais seja realizada a partir de um conjunto de características, resultando em uma tipificação das vias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. M. R.; ANDRADE, M.; TORRES, A. C. S.; VAZ, A. M.; JACQUES; M. A. P. (2005) *Impacto sobre a velocidade veicular dos medidores de velocidade do tipo estáticos*. In: Anais do XIII Congresso Latinoamericano de Transporte Público Urbano, Lima. XIII Congresso Latinoamericano de Transporte Público Urbano.
- ARAÚJO, D. R. C.; JACONDINO, G. B.; CYBIS, H. B. B.; CATEN, C. S. (2004) *Método de calibração de modelos de micro-simulação de tráfego através de otimização multivariada*. Revista Transportes, vol. XII, p. 5-12.
- ARONSSON, K. F. M. (2006) *Speed characteristics of urban streets based on driver behaviour studies and simulation*. Doctoral Thesis in Infrastructure. Royal Institute of Technology. Stockholm, Sweden.
- AYCIN, M. F. E BENEKOHAL, R. F. (1999) *Comparison of car following models for simulation*. Transportation Research Record, 1678, TRB, National Research Council, Washington, D.C. p. 116-127.
- BRACKSTONE, M. e MCDONALD, M. (1999) *Car-following: a historical review*. Transportation Research F: Traffic and Transport Psychology v.2, p. 181-196.
- BRUNDELL-FREIJ, K. e ERICSSON E. (2005) *Influence of street characteristics, driver category and car performance on urban driving patterns*. Transportation Research D: Transport and Environment. v. 10, p. 213-229.
- COLELLA, D. A. T. e DEMARCHI S. H. (2005) *Calibração do modelo fluxo-velocidade do Simulador Integration a partir de tempos de percurso em vias urbanas*. In: Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Recife, v. 2, p. 1058-1069.
- COLELLA, D. A. T.; LIMA E. P., DEMARCHI S. H. (2004) *Calibração e Validação do modelo fluxo-velocidade do Integration para vias urbanas semaforizadas*. In: Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Florianópolis, v. 1, p. 453-564.
- CUNHA, K. R. M. G. (2005) *Velocidade de Segurança na percepção dos condutores em diferentes ambientes viários*. Dissertação de Mestrado. Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília - UNB.
- CUNHA, L. F. (2003) *Essa via convida a correr? Influência dos elementos físicos da via urbana no comportamento de velocidade dos motoristas*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília - UNB.
- DOMINGUES, F. A. A. (1993) *Manual para identificação de defeitos de revestimentos*

asfálticos de pavimentos. F.A.A. Domingues, São Paulo.

- DROTTENBORG, H. (2001) *Aesthetics and safety in traffic environments*. Disponível em: <http://www.ictct.org/workshops/01-Caserta/Drottenborg.pdf> Acesso em 20 de fevereiro de 2006.
- EGAMI, C. Y. (2006) *Adaptação do HCM-2000 para determinação do nível de serviço em rodovias de pista simples sem faixas adicionais no Brasil*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ERICSSON, E. (2000) *Variability in urban driving patterns*. Transportation Research Part D: Transport and Environment. v.5, p. 337-354.
- FILIZOLA, I. M. (2005) *Identificação de valores referenciais do nível de emissão de gases de veículos automotores leves do ciclo otto*. Dissertação de mestrado. Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, UnB.
- GALSKI, T.; EHLE, H. T. e WILLIAMS, J. B. (1998) *Estimates of driving abilities and skills in different conditions*. The American Journal of Occupational Therapy. v. 54, p. 268-274.
- GIPPS, P. G. (1981) *A behavioural car following model for computer simulation*. Transportation Research B: Methodological. v. 15, p. 105-111.
- GROEGER, J.A. e ROTHENGATTER, J. A. (1998) *Traffic Psychology and Behaviour*. Transportation Research Part F: Traffic and Transport Psychology, n. 1, v.1, p. 1-9.
- GUTOWSKI, A. (2003) *Final report Part D: Calibration of a Freeway Link Model using Box's Complex Method*. Disponível em <http://www.infra.kth.se/ctr/projekt/tpma/finalreport/D6Calibration.pdf>
- Hi Star (2007). Disponível em <http://www.qttinc.com/pages/histar.html>. Acesso em 14 de abril de 2007.
- HOOGENDOORN S. P. e BOVY, P. H. L. (2001) *State-of-the-art of Vehicular Traffic Flow Modelling*. Disponível em: http://www.trail.tudelft.nl/T&E/papers_course_IV_9/state-of-the-art.pdf Acesso em 04 de fevereiro de 2006.
- HOURLAKIS, J.; MICHALOPOULOS P. G. e KOTTOMMANNIL J. (2003) *Practical Procedure for calibrating Microscopic Traffic Simulation Models*. Disponível em: <http://www.aimsun.com/trb2003-002167.pdf>. Acesso em 25 de maio de 2006.
- KOSONEN, I. (1999) *HUTSIM – Urban Traffic Simulation and Control Model: Principles and Applications*. Publication 100, Helsinki University of Technology, Transportation Engineering, Espoo, Finland.

- LAW, A. M. e KELTON, W. D. (2000) *Simulating Modeling and Analysis*. McGraw-Hill, Boston, USA.
- MAIOLINO, C. E. G. e PORTUGAL, L. S. (2001) *Simuladores de tráfego para análise do desempenho de corredores de ônibus e de sua área de influência*. Anais do XV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Campinas, v. 1, p. 257-264.
- NODARI, C. T; LINDAU, L.A. (2003) *Identificação e avaliação de características físicas da rodovia que influenciam a segurança viária*. In: Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Rio de Janeiro, v. 1, p. 542-553.
- OLIVEIRA, E. R. (2006a) *Calibração do Modelo de Simulação HUTSIM para o tráfego nas interseções em nível na cidade de Brasília*. Monografia de projeto Final. Engenharia Civil, Universidade de Brasília, UnB.
- OLIVEIRA, E. R. (2006b). Manual do Usuário – HUTSIM. Publicação Interna do Laboratório de Transporte e Tráfego da Universidade de Brasília, LabTTraf - UnB. Abril, 2006. Brasília - DF.
- PANWAI, S e DIA, H. (2005) *Comparative evaluation of microscopic car following behaviour*. IEEE Transactions on intelligent Transportation Systems, v. 6. p.314-324.
- PORTUGAL, L. S (2005) *Simulação de Tráfego: Conceitos e técnicas de modelagem*. Editora Interciência, Rio de Janeiro.
- POYARES, C. N. (2000) Critérios para análise dos efeitos de políticas de restrição ao uso de automóveis em áreas centrais. Dissertação de Mestrado. Programa de Engenharia em Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.
- RANNEY, T. A. (1999) *Psychological factors that influence car-following and car-following model development*. Transportation Research F: Traffic and Transport Psychology v.2, p. 213-219.
- SILVA, P. C. M. (2001a) *Elementos do Sistema de Tráfego*. Apostila da Disciplina Engenharia de Tráfego. Disponível em: <http://www.unb.br/ft/enc/pagdisc/engtraf/apostilas/APOSTILA1.pdf> Acesso em 24/09/2005.
- SILVA, P. C. M. (2001b) *Modelling interactions between bus operations and traffic flow*. Tese de PhD. University of London, Londres, UK.24/09/2005
- SILVA, P. C. M. (2001c) *Teoria do Fluxo do Tráfego*. Apostila da Disciplina Engenharia de Tráfego. Disponível em: <http://www.unb.br/ft/enc/pagdisc/engtraf/apostilas/APOSTILA2.pdf> Acesso em 24/09/2005.

- SILVA, T. L. P. Q. (2002). *Estudo do Headway de Descarga de Veículos em Interseções Controladas por Semáforos*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília – UNB.
- STUMPF, M. T. (1999) *Análise dos efeitos da barreira eletrônica com informador de velocidade sobre a operação do tráfego*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília – UNB.
- TRB – Transportation Research Board (2000) *Highway Capacity Manual HCM-2000*. National Research Council, Washington, D.C.
- Trip TOTEM (2007). Disponível em http://www.totemonline.com.br/produtos/trip_totem.htm. Acesso em 13 de abril de 2007.
- UZZELL, D. L. e MUCKLE, R. (2005) *Simulation traffic engineering solutions to predict change in driving behaviour*. Transportation Research Part F: Traffic and Transport Psychology, n. 4-5, v.8, p. 311-329.
- MELO, C. R (2004) *Desenvolvimento de uma metodologia para determinar os níveis de emissão dos escapamentos de veículos automotores leves do ciclo otto em condições reais de operação*. Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, UnB.
- VOGEL, K. (2002) *What characterizes a “free vehicle” in an urban area?* Transportation Research Part F: Traffic and Transport Psychology, v.2, p. 15-29.

BIBLIOGRAFIA CITADA

CHANDLER, R. E., HERMAN, R. E. MONTELL, E. W. (1958) *Traffic dynamics: studies in car following*. Operations Research, 6, 165-184.

GAZIS, D.C., HERMAN, R. E. ROTHERY, R. W. (1961) *Nonlinear follow the leader models of traffic flow*. Operations Research, 9, 545-567.

KOMETANI, E. E SASAKI, T. (1959) *Dynamic behaviour of traffic with a nonlinear spacing-speed relationship proceedings of the symposium on theory of traffic flow*, Research Laboratories, General Motors (pp. 105-119).

LIEBERMAN, E.; RATHI, A. K. (1997) *Traffic Simulation*. In: Gartner, N.; Messer, C. M.; Rathi, A. K. (Eds.) *The revised monograph on traffic flow theory*. EUA: Federal Highway Administration. Disponível em <http://www.cta.ornl.gov/cta/research/trb/CHAP1.PDF> Acessado em 18 de maio de 2002.

MICHAELS, R. M. (1963) *Perceptual factors in car following*. In 2nd Int. Symp. Theory Road Traffic Flow, Paris, France. pp. 44-59.

ROCKWELL, T. (1972) *Skills, judgment, and information acquisition in driving*. In T. W. Forbes, *Human factors in highway traffic safety research*. New York: Wiley.

SECO, A. J. M.; VASCONCELOS, A. L. P. (2004) *Uma metodologia de análise do impacto de erros de quantificação na qualidade dos resultados de modelos de atribuição/simulação de tráfego*. In: Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Florianópolis – SC.

STUSTER, J.; COFFMAN, Z. e WARREN, D (1998) *Synthesis of safety research related to speed and speed management*. Report no. FHWA-RD-98-154, Federal Highway Administration, Washington, DC.

TODOSIEV, E.P.; AND L.C. BARBOSA (1964) *A Proposed Model for the Driver-Vehicle System*. Traffic Engineering 34, 17-20.

VASCONCELOS, A. L. P. *Modelos de atribuição/simulação de tráfego: o impacto na qualidade dos resultados de erros no processo de modelação*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2004.

ANEXOS

ANEXO I: PLANILHA PARA INSPEÇÃO TÉCNICA E RECONHECIMENTO DAS VIAS

RECONHECIMENTO DAS VIAS (INSPEÇÃO TÉCNICA)		
Via:	Data:	Hora:

CARACTERÍSTICAS VIÁRIO-AMBIENTAIS

Fluxo de tráfego (km/h) _____
 A contagem deve ser realizada durante quinze minutos.

Composição do tráfego
 Veículos leves (automóveis, utilitários e vans) _____
 Veículos pesados (ônibus, caminhões e microônibus) _____

CARACTERÍSTICAS LEVANTADAS PELO TRIP TOTEM

Interseções	Desnível, com viaduto.
	Em nível, controlada por semáforo.
	Em nível, controlada por placa "PARE".
	Em nível, controlada por placa "Dê a Preferência".
	Em nível, sem sinalização de controle.
	Em nível, rotatória.
	Em nível, interseção em T
Entradas e saídas	Acessos
	Retornos
Active	Sem redução de velocidade
	Moderada redução de velocidade
	Redução Acentuada de velocidade
Declive	Sem aumento de velocidade
	Moderado aumento de velocidade
	Aumento acentuado de velocidade
Curva horizontal	Sem redução de velocidade
	Moderado redução de velocidade
	Redução acentuado de velocidade
Controle de tráfego	Pardal
	Barreira
	Equipamento estático
	Lombada
Placas de sinalização	Velocidade Regulamentada
Travessias de pedestres	Em desnível, com passarela subterrânea.
	Em desnível, com passarela aérea.
	Em nível, controlada por semáforo.
	Em nível, com redutor de velocidade eletrônico.
	Em nível, com lombada.
Paradas de ônibus	Com recuo
	Sem recuo
Obras de arte	Pontes
	Túneis
Passagem de Trem	
Faixas Adicionais	

VISUALIZAÇÃO

Marcar para cada interseção, curva ou aclave/declive, se a visualização é boa ou está comprometida.

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

Marcar o estado de conservação das linhas de sinalização horizontal em: Legível, Desgastada e Totalmente ilegível

LINHAS DE BORDA

constante em todo o segmento em apenas parte do segmento (Marque no esboço da via)
 não há

LINHA DE CONTINUIDADE

sim (Marque no esboço) não há

LINHA DE RETENÇÃO NAS INTERSEÇÕES

sim (Marque no esboço) não há

LINHA DE ESTÍMULO À REDUÇÃO DE VELOCIDADE

sim (Marque no esboço) não há

LINHA DE “DÊ A PREFERÊNCIA”

sim (Marque no esboço) não há

MARCAÇÃO DE CRUZAMENTOS OU ÁREAS DE CONFLITOS

sim (Marque no esboço) não há

DISPOSITIVOS DELIMITADORES E SINALIZAÇÃO DE ALERTA

(Marque no esboço da via de acordo com a indicação abaixo)

- Balizadores - B
- Marcadores de alinhamento - MA
- Balizamento refletivo de pontes e viadutos - BP
- tachas/tachões usadas nos limites das faixas de rolamento - T
- marcadores de obstáculos - MO
- marcadores de perigo - MP

CARACTERÍSTICAS DA VIA E DAS FAIXAS DE ROLAMENTO

FAIXAS DE ROLAMENTO

Largura das faixas _____

SEPARAÇÃO FÍSICA ENTRE AS PISTAS

sem separação com canteiro central menor que 10m com barreira ou defesa
 com canteiro central maior que 10m com dispositivo anti-ofuscante

TIPO DE PAVIMENTO

asfalto concreto terra cascalho
 paralelepípedo outro: _____

COMBINAÇÃO ENTRE O ALINHAMENTO VERTICAL E HORIZONTAL

Verificar se pode levar a má interpretação do ambiente pelo motorista. Ex. Curvas horizontais situadas logo após as cristas de curvas verticais.

não leva a má interpretação compromete pouco a interpretação
 compromete a interpretação moderadamente compromete muito a interpretação

OUTRAS CARACTERÍSTICAS NAS ADJACÊNCIAS DA VIA

Caso exista uma discrepância entre o tipo da calçada e o tipo de acostamento durante o trecho escolhido, descreva no campo observações.

CONDIÇÕES DO TRÁFEGO PARA PEDESTRES NAS ADJACÊNCIAS DA VIA

- boas condições de calçada
- calçada com más condições de utilização { desnível acentuado
 mato
 pavimento danificado
- sem calçada

CONDIÇÕES DO TRÁFEGO PARA CICLISTAS NAS ADJACÊNCIAS DA VIA

- sem ciclovia
- desnível acentuado
- calçada com más condições de utilização { mato
 pavimento danificado
- boas condições da ciclovia

CARACTERÍSTICAS DO (S) ACOSTAMENTO (S)

- sem acostamento
- com acostamento Largura dos acostamentos _____

Tipo de revestimento do acostamento

- Asfalto Concreto Terra cascalho

Estado de conservação

- bom pavimento danificado mato

ESBOÇO ESQUEMÁTICO DA VIA

ANEXO II: PLANILHA DE OBSERVAÇÕES NO LEVANTAMENTO DOS DADOS

PLANILHA DE COLETA DE DADOS		
Local:	No. da via:	
Data:	Horário Inicial:	Horário Final:
<p>ELEMENTOS VARIÁVEIS</p> <p>Condições atmosféricas <input type="checkbox"/> Céu Aberto <input type="checkbox"/> Chuva <input type="checkbox"/> Nublado</p> <p>Condições variáveis da superfície da pista <input type="checkbox"/> seca <input type="checkbox"/> molhada <input type="checkbox"/> oleosa <input type="checkbox"/> material granulado <input type="checkbox"/> enlameado <input type="checkbox"/> inundada <input type="checkbox"/> outro: _____</p> <p>Obras na pista (Marcar no esboço esquemático) <input type="checkbox"/> sinalizada <input type="checkbox"/> mal sinalizada <input type="checkbox"/> não sinalizada <input type="checkbox"/> não há</p> <p>Movimentação de pedestres nas laterais da via. <input type="checkbox"/> densa <input type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> discreta <input type="checkbox"/> não há</p> <p>Embarque e desembarque de passageiros nos pontos de ônibus (Marcar no esboço esquemático a distância do ponto de controle ao ponto de ônibus) <input type="checkbox"/> densa <input type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> discreta <input type="checkbox"/> não há</p> <p>Embarque e desembarque de carga (Marcar no esboço esquemático) Número de veículos _____ Distância em relação ao ponto de controle 1 _____ Distância em relação ao ponto de controle 2 _____</p> <p>Presença de veículos estacionados nas laterais em estacionamentos irregulares (Marcar no esboço esquemático) Número de veículos _____ Distância em relação ao ponto de controle 1 _____ Distância em relação ao ponto de controle 2 _____</p> <p>Presença de cascalho solto na pista <input type="checkbox"/> sim (Marcar no esboço o trecho correspondente) <input type="checkbox"/> não</p> <p>Observações de incidentes ou outros eventos de curta duração</p> <hr/> <hr/> <hr/>		