



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

HERMANIA SASKIA DE OLIVEIRA FURTADO

**USO DA MICROSIMULAÇÃO NA ANÁLISE DO IMPACTO DE UM VEÍCULO
URBANO DE CARGA SOBRE A OPERAÇÃO DO TRÁFEGO EM ÁREA URBANA**

FORTALEZA

2013

HERMANIA SASKIA DE OLIVEIRA FURTADO

**USO DA MICROSSIMULAÇÃO NA ANÁLISE DO IMPACTO DE UM VEÍCULO
URBANO DE CARGA SOBRE A OPERAÇÃO DO TRÁFEGO EM ÁREA URBANA**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Transportes, do Departamento de Engenharia de
Transportes da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para a obtenção do Título
de Mestre em Engenharia de Transportes. Área
de Concentração: Planejamento e Operação de
Sistemas de Transportes**

**Orientadora: Prof^ª. Dra. Nadja Glheuca da Silva
Dutra Montenegro**

**FORTALEZA
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

-
- F987u Furtado, Hermania Saskia de Oliveira.
Uso da microssimulação na análise do impacto de um veículo urbano de carga sobre a operação do tráfego em área urbana / Hermania Saskia de Oliveira Furtado. – 2013.
82 f.: il. color. enc. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Transportes, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2013.
- Área de Concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes
Orientação: Profa. Dra. Nadja Glheuca da Silva Dutra Montenegro
1. Transportes. 2. Transporte urbano. 3. Simulação de tráfego. I. Título.

HERMANIA SASKIA DE OLIVEIRA FURTADO

**USO DA MICROSSIMULAÇÃO NA ANÁLISE DO IMPACTO DE UM VEÍCULO
URBANO DE CARGA SOBRE A OPERAÇÃO DO TRÁFEGO EM ÁREA URBANA**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Transportes, do Departamento de Engenharia de
Transportes da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para a obtenção do Título
de Mestre em Engenharia de Transportes. Área
de concentração: Planejamento e Operação de
Sistemas de Transportes**

Aprovada em: 21/02/2013

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Nadja Glheuca da Silva Dutra Montenegro (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Waldemiro de Aquino Pereira Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

A Deus,
Aos meus pais, Elieser e Lurdes,
Aos meus irmãos, Sammya e André,
A Cleudson, Mariana, Davi e Maria Clara,
de coração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência, pelo amparo nas horas difíceis, por me manter sempre de pé.
À Nossa Senhora, pela proteção.

Aos meus pais, Elieser e Lurdes, por terem me feito uma pessoa de bem.

À minha mãe, por me proporcionar o suporte necessário para trabalhar e estudar, ao mesmo tempo.

Ao meu marido Cleudson, pela existência, paciência e pelo amor, sobretudo.

Aos meus filhos, Mariana, Davi e Maria Clara, razões do meu esforço, motivos para eu ser um bom exemplo.

À minha irmã Sammya, pelo *modem* durante o curso, sem o qual eu não teria suporte em casa e por toda a ajuda nas horas complicadas.

Aos meus sobrinhos Lucas e Gabriel, por cuidarem da minha irmã.

Ao meu irmão Carlos André e minha cunhada Crislane, por cuidarem da nossa mãe.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará – PETRAN, ao Departamento de Engenharia de Transportes e aos secretários do PETRAN, Ivone e Zacarias, pela ajuda com os trâmites desde a inscrição, qualificação, inscrição na ANPET e na defesa, ao GTTEMA, pelo uso do computador e do simulador e à Iolanda, secretária do GTTEMA, pela ajuda com aquisição de material para a pesquisa.

À minha orientadora, Professora Nadja Dutra, pelo apoio de sempre e pela orientação.

Aos professores Waldemiro de Aquino Pereira Neto e Bruno Vieira Bertoncini, pela participação e ajuda no Exame de Qualificação, Flávio Cunto, pela ajuda com a simulação e Orlando Fontes, pela contribuição essencial na defesa.

Aos meus colegas de turma, pelo sofrimento compartilhado durante as disciplinas; em especial, a Paula, Anselmo e Andreazo, pelas caronas, e a Vanessa, pela ajuda providencial e

essencial com a simulação e pelas críticas sempre positivas durante a elaboração da dissertação.

À Divisão de Engenharia da AMC, à Gerência de Projetos Operacionais 1, ao CTAFOR, por ceder dados e estagiários para realização da pesquisa de campo. Gostaria de frisar a ajuda do Rômulo Montezuma, meu chefe, por me liberar nas horas necessárias, do Paulo Durand, por assumir a gerência em toda a minha ausência, do Arison Sales, pela ajuda tática com os recursos computacionais, do Eduardo Aquino e Gustavo Parente, pela ajuda com a elaboração da pesquisa e com os dados.

Aos amigos, os próximos e os distantes.

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

USO DA MICROSSIMULAÇÃO NA ANÁLISE DO IMPACTO DE UM VEÍCULO URBANO DE CARGA SOBRE A OPERAÇÃO DO TRÁFEGO EM ÁREA URBANA

Hermania Saskia de Oliveira Furtado

Fevereiro 2013

Orientadora: Nadja Glheuca da Silva Dutra Montenegro

RESUMO

O transporte urbano de cargas tem importância fundamental dentro do processo de urbanização, o qual requer um modo de transportar seus bens e mercadorias. Entretanto, esse deslocamento, em uma percepção geral, contribui, de forma significativa, para problemas de congestionamento, poluição, ruído, dentre outros. Esta dissertação tem por objetivo avaliar o impacto do uso de um Veículo Urbano de Cargas (VUC) sobre a operação do tráfego em área urbana, fazendo uso de uma ferramenta de microsimulação de tráfego, através da elaboração e comparação de cenários propostos, tomando por base a área central do município de Fortaleza. O modelo inicial utilizou parâmetros calibrados de um estudo em ambiente rodoviário e foram criados três cenários alternativos que permitiram a análise dos impactos do VUC na área estudada. Os resultados obtidos na simulação apontam que a adoção de um VUC não contribui de forma significativa na redução do atraso e dos tempos de viagem, entretanto, apresenta melhoras quando associada à proibição de estacionamento em via pública.

Palavras-chave: Transporte Urbano de Carga, Microsimulação de Tráfego.

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

USE OF MICROSIMULATION IN THE ANALYSIS OF THE IMPACT OF URBAN VEHICLE LOAD ON OPERATING THE TRAFFIC IN URBAN AREA

Hermania Saskia de Oliveira Furtado

Fevereiro 2013

Advisor: Nadja Glheuca da Silva Dutra Montenegro

ABSTRACT

Urban transport cargo is paramount within the urbanization process, which requires a way to transport their goods and merchandise. However, this displacement in a general sense, contributes significantly to problems of congestion, pollution, noise, among others. This paper aims to assess the impact of using a vehicle on Urban Freight traffic operation in an urban area, making use of a microsimulation tool traffic through the development and comparison of proposed scenarios, based on the central area the city of Fortaleza. The initial model used calibrated parameters of a study on road environment and three alternative scenarios were created that allowed the analysis of the impacts of VUC in the study area. The simulation results indicate that the adoption of a VUC not show performance gains in traffic, however, shows improvement when combined with prohibition of parking on public roads.

Keywords: Urban Transport of Cargo, Traffic Microsimulation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Problemas no transporte urbano de carga	01
Figura 2.1 – Quadrilátero de restrição à circulação de caminhões em Fortaleza	16
Figura 2.2 – Relação entre os tipos de modelos, tamanho da rede e nível de detalhes	19
Figura 3.1 - Esquema metodológico para validação de modelos de simulação.	32
Figura 4.1 – Área de estudo em Fortaleza	34
Figura 4.2 – Área de trabalho do aplicativo VISSIM.....	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Conferências sobre transporte de carga urbana	08
Quadro 2.2 - O uso da microssimulação associado à carga urbana	23
Quadro 2.3 - Parâmetros de Wiedemann 99	25
Quadro 4.1 - Características das vias estudadas.....	33
Quadro 4.2 - Cenários utilizados no estudo	37
Quadro 4.3 - Descrição das variações do Cenário	40
Quadro 4.4 - Diferença de resultados dos cenários avaliados.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Características dos caminhões utilizados na pesquisa.	38
Tabela 4.2 – Cenário 1.1: Com uma faixa de rolamento nas ruas Senador Alencar e Senador Pompeu + Estacionamento e Valores de Erros por aproximação e Médio.	41
Tabela 4.3 – Cenário 1.2: Com duas faixas de rolamento nas ruas Senador Alencar e Senador Pompeu + estacionamento e Valores de Erros por aproximação e Médio.	41
Tabela 4.4 – Cenário 1.3: Com uma faixa de rolamento nas ruas Senador Alencar e Senador Pompeu + estacionamento e valores de erros por aproximação e Médio.....	42
Tabela 4.5 – Cenário 1.4: Com duas faixas de rolamento nas ruas Senador Alencar e Senador Pompeu + estacionamento e valores de erros por aproximação e Médio.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMC	Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza
BESTUFS	<i>Best Urban Freight Solutions</i>
CTAFOR	Controle de Tráfego em Área de Fortaleza
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
CTV's	Combinações para o Transporte de Veículo
HCM	<i>Highway Capacity Manual</i>
MPE	Erro médio percentual
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
FP5	<i>Fifth Framework Programme</i>
LUOS	Lei de Uso e Ocupação do Solo
PGV's	Pólos Geradores de Viagens
RMSP	Erro médio quadrático
TRB	<i>Transportation Research Board</i>
VUC	Veículo Urbano de Carga
ZRC	Zonas de Restrição de Circulação
ZTC/LV	Zona de Tráfego de Cargas da Linha Verde

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO.....	1
1.1. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA.....	1
1.2. O PROBLEMA DE PESQUISA.....	3
1.3. OBJETIVOS DA PESQUISA.....	3
1.3.1. <i>Objetivo Geral</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
CAPÍTULO 2	5
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. A MOVIMENTAÇÃO URBANA DE CARGA.....	5
2.2. PERSPECTIVA HISTÓRICA DA CARGA URBANA.....	7
2.3. LEGISLAÇÃO REFERENTE AOS VEÍCULOS DE CARGA.....	11
2.3.1. <i>A legislação municipal de Fortaleza</i>	11
2.4. MEDIDAS DE GERENCIAMENTO DO TRÁFEGO DE CARGA URBANA ..	13
2.4.1. <i>Medidas de Restrição à Circulação Adotadas no Brasil</i>	13
2.5. A SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO.....	16
2.6. A MICROSIMULAÇÃO DE TRÁFEGO E A MOVIMENTAÇÃO DE CARGA.....	19
2.6.1. <i>Experiência Nacional</i>	20
2.6.2. <i>Experiência Internacional</i>	21
2.7. O MICROSIMULADOR VISSIM.....	24
2.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	26
CAPÍTULO 3	27
METODOLOGIA.....	27
3.1. INTRODUÇÃO.....	27
3.2. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
3.3. ESCOLHA DO SIMULADOR.....	27
3.4. COLETA DE DADOS.....	28
3.5. DESENHO E CODIFICAÇÃO DA REDE.....	28
3.6. CRIAÇÃO DE CENÁRIOS.....	30
3.7. CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO.....	30
CAPÍTULO 4	33
APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	33
4.1. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	33
4.1.1. <i>Caracterização da Movimentação de Carga na Área em Estudo</i>	34
4.2. DESENHO E CODIFICAÇÃO DA REDE.....	36
4.3. CRIAÇÃO DE CENÁRIOS.....	36
4.4. CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO.....	38
4.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	39
CAPÍTULO 5	46
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
APÊNDICES	54
ANEXOS	58

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a justificativa do estudo, os objetivos geral e específicos, as questões de pesquisa (a serem respondidas ao final do estudo), bem como a estrutura dessa dissertação de mestrado.

1.1. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

O transporte urbano de carga tem forte influência sobre o desenvolvimento das cidades. Entretanto, problemas, como congestionamento e impactos ambientais, são grandes desafios para os administradores, exigindo, como afirmam Caixeta Filho e Martins (2011), “uma consideração especial nas políticas urbanas, no planejamento dos transportes urbanos e na configuração espacial das cidades”.

Ogden (1992) afirma que nenhuma área urbana existiria sem uma movimentação de bens organizada e conclui que esta atividade deveria receber maior atenção do poder público. Porém, até bem pouco tempo, a movimentação urbana de mercadorias não era considerada nos planos e diretrizes urbanos, voltando-se os mesmos ao transporte coletivo e individual nas cidades (DUTRA, 2004). Percebeu-se, no entanto, que este movimento não poderia ser dissociado dos demais, uma vez que apresenta importante impacto no ambiente.

Para Caixeta Filho e Martins (2001), o transporte urbano de cargas tem importância fundamental dentro do processo de urbanização, que requer um modo de transportar seus bens e mercadorias. Entretanto, esse deslocamento, em uma percepção geral, contribui, de forma significativa, para problemas de congestionamento, poluição, ruído, dentre outros, como pode ser visto na Figura 1.1.

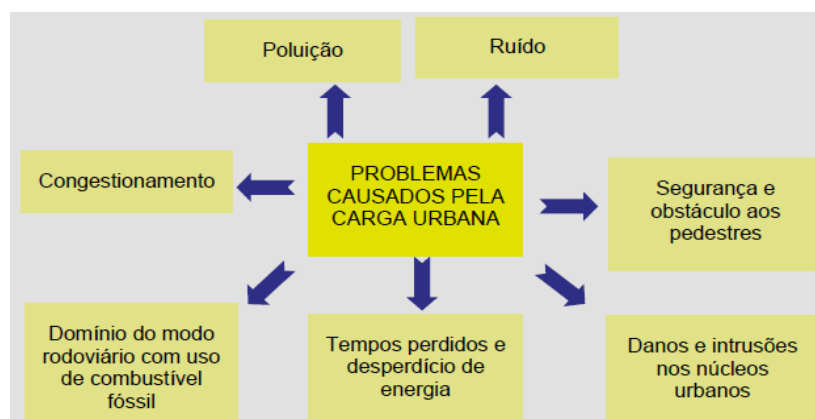


Figura 1.1 – Problemas no transporte urbano de carga (Dutra, 2004)

Na direção contrária, Allen *et al* (2000) afirmam que os congestionamentos são uma das principais origens de ineficiência do transporte urbano de cargas, ocasionando elevação dos custos operacionais e queda da produtividade. O volume excessivo de automóveis é prejudicial ao tráfego de caminhões e a realização das operações de carga e descarga é afetada pela falta de uma infraestrutura adequada, ocasionando atrasos e engarrafamentos.

BESTUFS (2007) afirma que garantir a eficiência de áreas urbanas, com potencial atrativo de trabalho, lazer e compras é um dilema, pois essa atratividade gera concorrência pelos espaços e, em determinados momentos, essa ocupação se dá de forma indevida, sem estrutura suficiente e adequada para suportar, de modo satisfatório, a movimentação gerada.

Ainda segundo BESTUFS (2007), a importância do transporte urbano de mercadorias pode ser medida pela sua influência direta na eficiência de uma economia, com papel fundamental na manutenção das atividades industriais e comerciais, gerando empregos, contribuindo para a competitividade da indústria local embora apresente efeitos negativos, sociais e ambientais no meio urbano.

Essa necessidade de mudança no trato da carga urbana, no Brasil, pode ser percebida com instrumentos, com o Estatuto da Cidade, o PlanMob, do Ministério das Cidades, e a própria Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU, de 3/1/2012.

Ainda, a movimentação de bens e mercadorias tem impacto direto no desenvolvimento econômico pela parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) que seus custos representam. Segundo o Instituto de Logística e *Supply Chain* - ILOS(2012), o preço dos transportes no Brasil, hoje, corresponde a cerca de 60% dos custos logísticos e estes, por sua vez, chegam a 10,6% do PIB.

Browne *et al.* (2007) afirmam que a carga urbana é parte do transporte de carga em geral e da cadeia logística que, frequentemente, envolve uma área maior que uma cidade. A cadeia logística compreende a produção, a distribuição e a entrega ao consumidor, esta última conhecida como *last mile*, ou último quilômetro, e que representa o maior custo, a menor eficiência e a maior emissão de poluentes do processo, segundo Macaris e Melo (2011).

Dentre as responsabilidades do poder público, a fim de melhorar o desempenho do transporte de cargas, destacam-se: adequação da infraestrutura viária, adequação de áreas urbanas através da regulamentação de áreas para carga e descarga, introdução de medidas que

melhorem o desempenho dos caminhões, incluindo a coordenação de semáforos e a melhora crescente voltada à eficiência da sinalização horizontal e vertical.

Com frequência, as autoridades regulamentam sobre a utilização da rede viária por veículos com determinado peso ou dimensão, baseados na geometria da via, dificuldades de circulação, edifícios com estabilidade precária ou para proteção da qualidade ambiental. Estes regulamentos diferem entre municípios ou entre áreas urbanas e deverá ser feito um esforço de harmonização desses requisitos em nível nacional e regional (BESTUFS II, 2008).

1.2. O PROBLEMA DE PESQUISA

O transporte urbano de cargas é uma atividade essencial, uma vez que o processo de urbanização induz a uma necessidade de movimentação de bens e pessoas. Esta movimentação, associada à infraestrutura de transportes necessária, confere competitividade e habitabilidade às cidades (OGDEN, 1992).

Apesar da crescente preocupação do poder público com o assunto, poucos são os estudos voltados para verificar o impacto das medidas restritivas à circulação de veículos de carga sobre a fluidez do tráfego em área urbana, associadas à regulamentação de estacionamento em via pública. Entre esses estudos, destacam-se a pesquisa de Coelho (2003), que avaliou o congestionamento na Cidade do Rio de Janeiro, através de microssimulação utilizando o *software* CORSIM.

Ao final deste estudo, espera-se responder às seguintes questões:

- A adoção de um veículo urbano de cargas apresenta melhorias na fluidez do tráfego?
- O uso de uma ferramenta de microssimulação é aplicável ao transporte urbano de carga?

1.3. OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1. Objetivo Geral

Analisar o impacto do uso de um veículo urbano de cargas (VUC) sobre a operação do tráfego em área urbana, através da microssimulação, com a finalidade de auxiliar o poder público no planejamento da circulação de cargas em áreas urbanas.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

São objetivos específicos desta pesquisa, de modo a alcançar o objetivo geral:

- Construir cenários, através da microssimulação, com alteração das faixas de tráfego, dimensões de veículos de carga e regulamentação de estacionamento para verificar a adequação da circulação de um VUC em área urbana;
- Verificar o impacto da adoção de um VUC para áreas urbanas, através da comparação de cenários construídos com uma ferramenta de microssimulação.

1.4. **ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho é composto de cinco capítulos, distribuídos da seguinte forma:

O **Capítulo 1** apresenta as informações gerais do presente estudo, contendo a justificativa e relevância do tema, objetivos geral e específicos da pesquisa, bem como as questões que norteiam o estudo e as quais deverão ser respondidas pelo presente trabalho; por fim, mostra a presente divisão (estrutura) do trabalho.

O **Capítulo 2** contém a revisão bibliográfica sobre o objeto da pesquisa: a carga urbana, a regulamentação referente à circulação de carga, experiências de estratégias aplicadas à circulação, além da legislação correlata nas diversas esferas; aborda, de forma ampla, as pesquisas e experiências, em âmbito nacional e internacional, relacionadas à temática, à simulação de tráfego, vantagens e desvantagens do uso da simulação, e ao uso da microssimulação na carga urbana. Ainda neste capítulo, será apresentado o simulador usado na pesquisa, as razões de seu uso, vantagens específicas e limitações inerentes à aplicação.

O **Capítulo 3** descreve a metodologia adotada, desde a escolha da área de estudo, procedimentos para levantamento de dados, caracterização da frota e o *software* utilizado na simulação, com seus dados de entrada (*inputs*), calibração e validação do modelo.

No **Capítulo 4**, são apresentados os resultados obtidos pelo trabalho, com cenários produzidos a partir da modificação de dados de geometria, de dimensões dos veículos e de regulamentação viária.

No **Capítulo 5**, são expostas as conclusões do estudo e as recomendações para estudos futuros.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica dividida em dois tópicos, a saber: o primeiro refere-se à movimentação da carga urbana, os primeiros estudos, projetos e consórcios relativos ao tema, as medidas de gerenciamento de tráfego da carga em escala nacional e experiências internacionais, e, o segundo apresenta uma revisão sobre a simulação de tráfego, abordando, ainda, o *software* utilizado nesta pesquisa.

2.1. A MOVIMENTAÇÃO URBANA DE CARGA

A Política Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU, Lei nº 12.587, de 03/01/2012, é instrumento de política de desenvolvimento urbano, que tem por objetivo a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território do Município. De acordo com a PNMU, mobilidade refere-se à condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano e, em seu artigo 4º e inciso IX, define transporte urbano de carga como o serviço de transporte de bens, animais e mercadorias (BRASIL, 2012).

A movimentação urbana de carga pode ser definida como a movimentação de coisas dentro das áreas urbanas, compreendidas dentro do perímetro urbano definido por lei (CAIXETA FILHO e MARTINS, 2001).

Dablanc (2007) define a distribuição urbana de cargas como sendo vários fluxos constantes que entram, atravessam e deixam as áreas urbanas.

Para Allen *et al.* (2000), a definição de transporte urbano de mercadorias é mais abrangente, e inclui os seguintes elementos:

- Veículos de carga de vários tipos e tamanhos e quaisquer outros veículos utilizados para coleta ou entrega de mercadorias;
- Todos os tipos de movimentos de veículos de carga de e para áreas urbanas;
- Veículos de serviços, essenciais ao bom funcionamento da estrutura urbana.

Para Federal Highway Administration (2007), de forma simplista, se o transporte de passageiros pode ser definido como a movimentação de pessoas, então, o transporte de cargas

é a movimentação de mercadorias de um local para outro. Entretanto, como o tema carga é utilizado em muitas análises econômicas, torna-se apropriado definir o transporte de carga como a movimentação de bens, do local onde este é produzido para o seu local de consumo, como suporte ao processo de fabricação.

Conforme BESTUFS (2007), entre as décadas de 70 e 90, pouca atenção foi dada ao transporte de cargas e seus efeitos em áreas urbanas. Porém, atualmente, verifica-se um crescente interesse pelo tema, sobretudo na Europa, com o intuito de evidenciar os problemas e identificar possíveis soluções. Destacam, ainda, que a importância do transporte urbano de cargas se dá em razão de alguns fatores, como o seu papel no apoio e manutenção das atividades comerciais e industriais, na geração de empregos, na contribuição do setor para a competitividade da indústria e por ter influência direta na economia local.

Dutra (2004) enfatiza que o transporte de carga tem como função disponibilizar o produto transportado a outros setores da economia para fins diversos, agregando valor ao mesmo.

Apesar da importância da movimentação de mercadorias, conforme Macharis e Melo (2011), existem conflitos entre esta atividade e outras funções urbanas que geram impactos negativos de ordem econômica, ambiental e social. Segundo as autoras, no passado, as cidades conviviam com esses problemas e aplicavam soluções particulares com resultados, às vezes, inadequados do ponto de vista social, econômico ou ambiental. Contudo, nos dias atuais, verifica-se uma exigência por soluções que apresentem sustentabilidade, mobilidade e qualidade de vida, ao mesmo tempo em que assegurem a eficiência da distribuição de carga.

Ogden (1992) enumera alguns problemas relacionados à movimentação de carga urbana, a saber:

- Congestionamentos ocasionados pela dimensão dos veículos, taxas de aceleração/desaceleração, operações de carga e descarga em via pública, que afetam os custos operacionais de tempo, operação dos veículos e de acidentes;
- Deficiências na malha viária, como vias estreitas, falta de manutenção do pavimento, geometria de interseções e localização de mobiliário e árvores inadequadas;
- Projetos de interseções e sinalização com dimensões inadequadas;
- Operação de carga e descarga e estacionamento que provocam transtornos em função da não existência de vagas apropriadas ou a ocupação destas por outros veículos.

Tseng *et al.*(2005) afirmam que grandes cidades, como Bangcoc, Londres e Tóquio, sofrem com congestionamentos e outros impactos negativos como a baixa eficiência dos sistemas de transportes e a perda de competitividade nos negócios, resultantes do aumento da população e de veículos em áreas urbanas.

Como uma possível medida de solução, surge o conceito de *City Logistics*, definido por Taniguchi *et al.*(2001) como o processo de otimização das atividades de transporte e logística com suporte dos sistemas de informação em áreas urbanas, considerando o tráfego, o congestionamento, a segurança, ou seja, é a estratégia que deve ser utilizada para equilibrar a exigência de uma melhor qualidade de vida, com serviços eficientes e cidades sustentáveis.

Segundo Benjellou e Crainic (2009), o conceito de *City Logistics* abrange iniciativas e projetos que têm como objetivo reduzir o número de veículos de carga em circulação nas cidades, controlar suas dimensões e suas características, melhorar a eficiência da movimentação de mercadorias e, ainda, reduzir o número de veículos vazios por quilômetro, ou seja, veículos com capacidade ociosa em circulação.

Para Taniguchi *et al.*(2003), três alvos devem ser atacados ao aplicar o conceito de *City Logistics*: a mobilidade, a sustentabilidade e a qualidade de vida. Para que se obtenham resultados positivos na aplicação desse conceito, é necessário entender que o transporte urbano de cargas é composto de quatro atores principais: os produtores, os transportadores, os moradores da área e o poder público, e que cada um deles possui entendimentos e objetivos diferentes ou conflitantes e, por este motivo, não podem ser esquecidos.

Algumas soluções de planejamento foram apontadas pelo estudo de Ogden (1992), destacando-se medidas voltadas à malha viária, estacionamento e operação de carga e descarga, permissão de rotas, geometria das interseções e melhorias no pavimento.

2.2. PERSPECTIVA HISTÓRICA DA CARGA URBANA

No início dos anos 50, foram identificados os primeiros esforços de planejamento de transportes, o *Detroit Transportation and Land Use Study* e o *Chicago Area Transportation Study*. No ano de 1960, o livro *Freight and the Metropolis*, escrito por Benjamin Chinitz, foi um dos primeiros documentos a relatar a carga urbana na área metropolitana de Nova Iorque e, em 1962, o transporte de carga urbana foi reconhecido como uma questão nacional nos Estados Unidos (CZERNIACK *et al.*2000).

As primeiras iniciativas de estudos da carga urbana aconteceram em Paris e nos Estados Unidos, respectivamente, em 1970 e 1971, quando se percebeu a falta de informação a respeito do tema nos estudos anteriores de planejamento de transportes. Essas experiências deram origem a algumas conferências, que caracterizaram os anos 70 pelas pesquisas, estudos e muitas conferências, e, a década de 80, como um tempo de consolidação das primeiras ideias, conforme o quadro 2.1 (OGDEN, 1992).

Quadro 2.1 - Conferências sobre transporte de carga urbana (Adaptado de OGDEN, 1992)

DATA	LOCAL	TEMA
1973	Maine	Considerações sobre o transporte de cargas em estudos de planejamento Ações regulamentares no transporte de cargas Localização de terminais de carga em área urbana Terminais para entrega em área urbana
1975	Califórnia	Intermodalidade Metodologia de modelagem e avaliação de planejamento Questões econômicas
1977	Geórgia	Engenharia de Tráfego Impacto de regulamentações locais Interface entre leis federais e o transporte de carga Considerações sobre o transporte de cargas em estudos de planejamento Localização de pólos geradores em área urbana
1981	Maryland	Integração do transporte urbano de cargas ao planejamento de transportes Transporte de carga <i>versus</i> uso do solo, planejamento, facilidades e o meio ambiente Combustível Regras de regulamentação Questões de pesquisa
1988	Califórnia	Acomodação de caminhões em área urbana Intermodalidade Dados de planejamento, políticas e projetos.

Conforme Russo e Comi (2004), o estudo de Ogden, em 1992, foi um dos primeiros a abordar a movimentação da carga urbana e reunia alguns estudos de caso nos Estados Unidos e Austrália, além do Canadá, bem como apresentava a primeira classificação de modelos de carga urbana. Segundo os mesmos autores, em 1998, o programa intitulado *Fifth Framework Programme (FP5)* apontou as prioridades de pesquisa da União Européia e as atividades de desenvolvimento tecnológico pelos próximos quatro anos.

Alguns programas dedicados ao estudo da carga urbana, dentro do FP5, podem ser destacados (RUSSO e COMI, 2004):

- *Co-ordinating Urban Pricing Integrated Demonstrations* (CUPID);
- *Thematic Network on Freight Transfer Point and Terminals* (EUTP II);
- *Mobility management Strategies for the next decades* (MOST);
- *PRicing REgimes fOr inteGRratEd SuStainable mobility* (PROGRESS);
- *Open framework for Simulation of transport Strategies and Assessment* (OSSA);
- *Remote mEasurement of Vehicle Emissions At Low cost* (REVEAL);
- *Effects on Transport of Trends in Logistics and Suplly Chain Management* (SULOGTRA).

Ainda conforme Russo e Comi (2004), outras iniciativas importantes foram:

- O projeto *CIVITAS Initiative* (City – VITAlity – Sustainability) lançado no ano 2000, também pela Comissão Européia, dando suporte a algumas cidades na implementação de medidas inovadoras com o objetivo de melhorar o transporte urbano, através da combinação de fatores, como: combustíveis alternativos, veículos mais eficientes e políticas de transporte;
- O projeto INTERREG III, que promoveu a integração entre autoridades locais, regionais e nacionais e organizações não governamentais para promover o desenvolvimento e a integração territorial.
- O projeto *City Ports*, que teve por objetivo desenvolver, testar e difundir metodologias de análise, projeto avaliação e implementação de soluções de logística integrada, envolvendo a Itália, Grécia e Eslovênia e,
- O projeto MEROPE, que abrangeu o desenvolvimento de modelos e ferramentas de controle e gerenciamento da mobilidade e da logística em áreas urbanas.

No ano 2000, a Comissão Européia instituiu o programa *Best Urban Freight Solution – BESTUFS*, com duração de quatro anos, reunindo as melhores iniciativas e projetos na Europa, além de listar novas atividades de pesquisa. Entre os principais objetivos do programa, destacam-se:

- Apresentação de projetos e melhores práticas;
- Coletar, comparar e reunir experiências e resultados de projetos na Europa, Estados Unidos e outros países;
- Disseminar as pesquisas e

- Estabelecer ligações entre os vários grupos de estudo da carga urbana, entre outros (RUSSO e COMI, 2004).

Em 2004, teve início o BESTUFS II, com prazo até 2008, com a prioridade de ampliar as fronteiras do programa, disseminar as boas práticas e agregar experiências de outros países, além de aprofundar o uso de modelos de simulação. Foi elaborado um plano de trabalho denominado “Modelagem e Coleta de Dados da Carga Urbana”, com os seguintes objetivos:

- Coletar, comparar e descrever as diferentes abordagens de coleta de dados, modelos de transporte e modelagem de casos de uso de transporte com respeito às atividades comerciais urbanas;
- Fornecer uma plataforma para modelagem da carga, na qual especialistas pudessem trocar seus conhecimentos e experiências práticas;
- Contribuir para a padronização dos métodos de coleta de dados na União Européia.

Vários países europeus participaram deste plano com a coleta de dados para dar suporte à avaliação de projetos e iniciativas, monitoramento dos órgãos gestores, modelagem e previsão do transporte de carga, embasamento técnico legal para medidas de gerenciamento e controle, entre outras atividades. Entretanto, não apenas os países da Europa iniciaram as pesquisas sobre o tema, mas como veremos adiante, em outros locais os estudos foram intensificados utilizando, também, a simulação de tráfego como ferramenta de apoio à tomada de decisão.

Federal Highway Administration (FWHA, 2009) desenvolveu alguns estudos de caso com informações sobre iniciativas para mitigar problemas de congestionamento e melhorar a segurança e a eficiência de veículos de carga em áreas urbanas de Washington, Los Angeles, Orlando e Nova Iorque.

University Transportation Center for Alabama - UTCA (2011) estabeleceu uma estrutura para criação e manutenção de estratégias de identificação, previsão e mitigação de gargalos da carga em rodovias interestaduais no estado do Alabama, usando dados de tráfego do ano de 2006. Para auxiliar na identificação de pontos de conflito e no cálculo de atrasos, foi criada uma base de dados georeferenciada em um sistema de informação

geográfica, com as rodovias do estado do Alabama.

A Agência de Planejamento de Transportes da grande área Toronto-Hamilton, METROLINX, desenvolveu um estudo no Canadá, em 2011, sobre a carga urbana, com foco na movimentação de mercadorias no sistema de transporte urbano intermodal e sua conexão com o uso do solo. As práticas abordadas neste estudo foram obtidas a partir de consultas com responsáveis por indústrias e com governantes e de uma revisão de literatura da prática internacional (CLEGHORN *et al.*, 2011).

No Brasil, destaca-se o estudo de Dutra (2004), o primeiro a analisar a aplicação dos conceitos de *City Logistics* na realidade brasileira. A pesquisa abordou a distribuição urbana de encomendas, analisando os benefícios do emprego desta medida na melhoria do ambiente urbano através de um estudo de caso em Florianópolis, Santa Catarina.

2.3. LEGISLAÇÃO REFERENTE AOS VEÍCULOS DE CARGA

No âmbito federal, o Código de Trânsito Brasileiro – CTB (BRASIL, 1996) classifica os veículos, quanto à espécie, em veículos de passageiros, de carga, misto, de competição, de tração, especial e de coleção. Os veículos de carga são aqueles destinados ao transporte de carga, podendo transportar dois passageiros, exclusive o condutor.

Ainda segundo o CTB, nos artigos 47 e 48, a operação de carga e descarga será regulamentada pelo órgão ou entidade com circunscrição sobre a via e é considerada como estacionamento, devendo o veículo ser posicionado no sentido do fluxo, paralelo ao bordo da pista de rolamento e junto à guia da calçada (meio fio), admitidas as exceções devidamente sinalizadas. Nas vias providas de acostamento, os veículos em operação de carga e descarga deverão estar situados fora da pista de rolamento.

No âmbito municipal, destacam-se a Lei de Uso e Ocupação do Solo e o Código de Obras e Posturas do Município, que regulamentam, especificamente sobre o uso e ocupação do solo e sobre a execução de obras públicas ou particulares e sobre as medidas de polícia administrativa de competência do município.

2.3.1. A legislação municipal de Fortaleza

O Código de Obras e Posturas do Município, Lei nº 5.530, de 17 de Dezembro de 1981, dispõe sobre a execução de obras públicas ou particulares e sobre as medidas de polícia administrativa de competência do município (FORTALEZA, 1981). Em seu Capítulo XXVII, Espaços de Estacionamento, de Carga e Descarga, Artigo 404, estabelece que “os acessos

para carga e descarga deverão ter largura mínima de 3,50 metros e, em se tratando de uma única abertura para entrada e saída de veículos, esta deverá ser alargada para 7,0 metros”. Conforme a mesma Lei, Artigo 408, “Para efeito de distribuição das vagas, cálculo da capacidade ou lotação, bem como das condições de acesso, circulação, estacionamento ou carga e descarga, são consideradas as seguintes dimensões mínimas de veículos”:

- *Automóveis e utilitários:*
 - a) *Comprimento 4,50 m;*
 - b) *Largura 2,20 m;*
 - c) *Altura 2,00 m;*
- *Caminhões até 6,0 toneladas:*
 - a) *Comprimento 8,00m;*
 - b) *Largura 3,00m;*
 - c) *Altura 3,20 m.*

Ainda no mesmo parágrafo, o referido código define que os espaços de acesso, circulação e manobras e a área de acumulação de veículos não podem ser utilizados para estacionamento ou carga e descarga. Percebe-se que há uma divergência entre esta lei e o CTB, que determina uma largura máxima para caminhões de 2,60 m, Sendo esta última uma lei federal, prevalece sobre a primeira que permanece em vigor, porém, desatualizada.

A Lei de Uso e Ocupação do Solo - LUOS, Lei nº 7987, de 23/12/ 1996, dispõe sobre o uso e ocupação do solo de Fortaleza e sobre a execução de obras públicas ou particulares e sobre as medidas de polícia administrativa, de competência do município. Em seu Anexo 8.1.3, há a definição de leiaute e dimensionamento de vagas para estacionamento, dividindo os veículos em pequenos e médios, grandes e utilitários, de carga leve, de carga, médio, e ônibus (FORTALEZA, 1996).

Nas leis citadas, as disposições referentes à carga dizem respeito, tão somente, aos espaços para operações de carga e descarga e estacionamento de veículos, não havendo nenhuma referência à circulação em área urbana, o que veio acontecer algum tempo depois, com a publicação de portarias referentes à restrição e à circulação de carga na área central e na zona leste de Fortaleza, Ceará.

2.4. MEDIDAS DE GERENCIAMENTO DO TRÁFEGO DE CARGA URBANA

Ogden (1992) afirma que o gerenciamento do tráfego é uma importante estratégia para o planejamento e para políticas de carga e que o gerenciamento do tráfego de caminhões, pelo setor público, exerce forte influência na segurança e eficiência desses veículos em área urbana.

Este mesmo autor afirma que as normas e regulamentações referentes à circulação de carga são os instrumentos através dos quais as medidas de gerenciamento de tráfego são implantadas. Essas regulamentações podem ser quantitativas ou econômicas e qualitativas ou operacionais.

A regulamentação quantitativa refere-se às intervenções diretas nas atividades de carga através de controle de acesso às atividades, rotas e programação.

A regulamentação qualitativa envolve aspectos referentes aos padrões de veículos, emissões e gestão. Esta pode ser de três tipos:

- De tráfego, através do controle de tempo e do espaço viário;
- De veículos, limitando peso e dimensão de caminhões, emissões e ruídos, bem como fatores de segurança, como freios e cinto de segurança;
- De uso do solo, através da legislação, como Código de Obras e Posturas e Lei de Uso e Ocupação do Solo.

Segundo Pereira Neto *et al.* (2011), várias cidades brasileiras têm adotado medidas restritivas à circulação de veículos de carga com objetivo de favorecer a mobilidade urbana, que vem sofrendo os efeitos negativos das atividades de movimentação de mercadorias, tomando por base as características dos veículos, notadamente, peso e dimensão dos mesmos. A restrição se dá em determinadas áreas, ou por determinadas períodos do dia, de acordo com o entendimento do órgão gestor de trânsito, pela avaliação dos possíveis efeitos gerados pela circulação e estacionamento dos veículos de médio e grande portes, sobretudo em áreas de grande expansão comercial, como as áreas centrais das cidades.

2.4.1. Medidas de Restrição à Circulação Adotadas no Brasil

Segundo Sanches Júnior (2008), no Brasil, uma das cidades pioneiras a adotar a restrição foi São Paulo, que através do decreto 37.185, de 20/11/1997, regulamentou um Veículo Urbano de Carga – VUC, a fim de melhorar a ordenação do trânsito e racionalizar a distribuição de mercadorias no município.

A Lei Nº 14.571/08, de 28/07/2009, implantou o sistema de rodízio para caminhões no Centro Expandido de São Paulo, conciliando o dia da semana com o final da placa dos veículos, além de proibir a circulação nos horários compreendidos entre 7h e 10 h e 17h e 20h (CET, 2012).

No estado de São Paulo, alguns municípios adotaram medidas restritivas à circulação de carga. No município de Campinas, foi instituída a restrição à circulação de caminhões com comprimento acima de 6,30 e 14,0 metros em áreas especificadas pela Portaria Nº 023/2011, publicada no Diário Oficial daquele município em 24/02/2011 (FETCESP,2012).

Em Bauru, o Decreto Nº 11.096, de 01/12/2009, instituiu quatro áreas denominadas Zonas de Operações de Carga e Descarga e estabeleceu as operações de carga e descarga em cada uma delas em função da tara dos veículos, determinando locais e horários de restrição (FETCESP, 2012).

Em Santos, foram estabelecidas duas Zonas de Restrição de Circulação - ZRC, nas quais é proibido o acesso de caminhões com dois eixos, na ZRC Centro, e de 12h às 20h, na ZRC Gonzaga, é proibida a circulação de todos os tipos de caminhões (FETCESP,2012) .

No município de Catanduva, o Decreto Nº 5.468, de 04/02/2010 proibiu o tráfego, a parada e o estacionamento de caminhões com peso bruto superior a 6,5 toneladas, de segunda feira à sexta feira, das 10h às 19h e, aos sábados, das 8h às 14 h, no perímetro central da cidade (FETCESP, 2012).

Em Belo Horizonte, o disciplinamento de circulação de carga teve início em abril de 2007 no Hipercentro da capital. Em outubro de 2009, a medida foi estendida a alguns corredores da cidade para veículos de carga com capacidade acima de 5 toneladas e comprimento superior a 6,50 metros. Estas medidas tiveram por objetivo possibilitar veículos mais ágeis, aumentar a rotatividade de vagas de carga e descarga, garantir maior segurança no trânsito e preservar o pavimento das vias. Vale salientar que as alterações foram amplamente discutidas com segmentos da sociedade civil, sindicatos e federações do comércio e da indústria, além da administração pública (BHTRANS, 2011).

De acordo com Silva (2006), na cidade do Rio de Janeiro, a proibição de circulação de caminhões existe desde 1995, quando o decreto municipal nº 14.188, de 01/09/1995, proibiu a circulação de veículos de carga com tara acima de 2,0 toneladas e a operação de carga e descarga na área central no período compreendido entre 8h e 19h. Outro decreto municipal de número 7.653, de 20/05/1998, definiu os logradouros integrantes do “Projeto de Preservação

de Ruas de Pedestres” e permitiu, nessas vias, a operação de carga e descarga de mercadorias e transporte de valores por, no máximo, 40 minutos e mediante o pagamento de pedágio.

Em 1999, ainda conforme Silva (2006), a Portaria TR/SUB/CRV nº 11.708, de 02/06/1999, definiu os principais corredores de tráfego do município do Rio de Janeiro e proibiu o estacionamento e a operação de carga e descarga nos períodos compreendidos entre 7h e 10h e das 16h às 19h em dias úteis. No ano de 2001, a Resolução 1103/SMTR, de 23/05/2001, proibiu a circulação de veículos de carga com tara acima de 2,0 toneladas e operações de carga e descarga de mudanças residenciais em algumas zonas, em dias e horários específicos. Em 2003, a Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro, através das Resoluções nº 1325, de 01/10/2003 e nº 1326, de 13/10/2003, determinou que as Combinações para o Transporte de Veículo – CTV’s só poderiam circular nas vias municipais ou sob jurisdição do município portando Autorização Especial de Trânsito – AET.

Ainda no Rio de Janeiro, em alguns trechos urbanos, entrou em vigor em 25/04/2008, a restrição à circulação de caminhões, bem como a operação de carga e descarga, nos períodos compreendidos entre 06h às 10h e 17h às 20h, de segunda a sexta feira, em dias úteis, em área delimitada pela orla marítima e em algumas vias da cidade. Foram excluídos da medida os veículos de transporte de valores, serviços essenciais, destinados a mudanças residenciais e os de emergência (SILVA, 2006).

Em Curitiba, a restrição ao tráfego de caminhões já existe desde 2007 para a área central da cidade. Em 2010, a Portaria nº 111/2010 ampliou a medida, instituindo a Zona de Tráfego de Cargas da Linha Verde – ZTC/LV, e regulamentou o horário de circulação dos veículos de cargas com tara entre 7,0 e 14,0 toneladas e acima de 14,0 toneladas e comprimento dos veículos variando entre 7,0 e 14,0 metros. Foram excluídos os veículos prestadores de serviços de utilidade pública, desde que devidamente caracterizados, com dispositivo não removível de iluminação intermitente ou rotativa na cor âmbar (CURITIBA, 2010).

Em Fortaleza, o órgão responsável pela gestão do trânsito é a Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e Cidadania – AMC. No ano de 2009, foi implantada sinalização de restrição de circulação na Área Central para caminhões com tara acima de 2,0 toneladas, sendo, em seguida, modificada para 2,5 toneladas.

Em fevereiro de 2010, a AMC implantou após a publicação da Portaria nº 08/2010, em 28/01/2010, sinalização que regulamenta a restrição de circulação de caminhões com tara

acima de 2,5 toneladas em corredores e área do bairro Aldeota, localizado na zona leste da cidade, em decorrência do crescimento do tráfego desses veículos de forma desordenada, resultado da expansão comercial na área, com implantação de grandes Pólos Geradores de Viagens – PGV’s (FORTALEZA, 2010). Em novembro de 2012, foi publicada nova portaria – 218/12 (FORTALEZA, 2012), alterando as regras de restrição de circulação da carga, determinando um veículo padrão de carga com comprimento de 7,30 m e largura de 2,20 m. A nova regra instituiu um Veículo Urbano de Carga com peso bruto total de 10 toneladas.

Na figura 2.1, está representado o quadrilátero da área central de Fortaleza no qual é restrito o tráfego de caminhões, delimitado pelas seguintes corredores: rua Castro e Silva, avenida Imperador, avenida Domingos Olímpio, ruas Conde D’eu, Sena Madureira e avenidas Visconde do Rio Branco e Dom Manoel, exclusives, bem como os corredores de restrição ao tráfego de caminhões nos bairros Aldeota e Meireles.

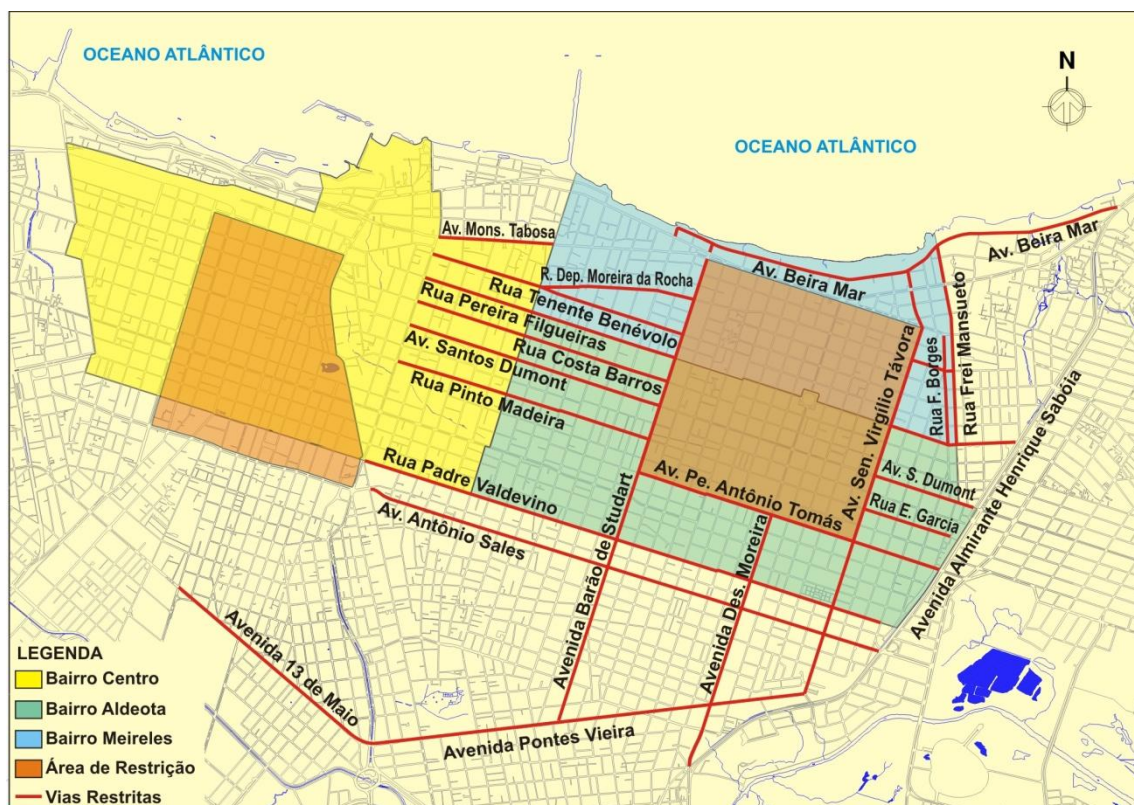


Figura 2.1 – Quadrilátero de restrição à circulação de caminhões em Fortaleza (Oliveira, 2012)

2.5. A SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

A Pesquisa Operacional (PO) é uma ciência aplicada voltada à resolução de problemas reais, com foco na tomada de decisões, que surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, na

Inglaterra, para lidar com problemas de natureza logística de grande complexidade (SOBRAPO, 2012).

Um grupo de cientistas foi convocado para dar apoio aos comandos operacionais na resolução destes problemas através da criação e aplicação de modelos matemáticos, fazendo uso do método científico, característica importante da pesquisa operacional e que facilita o processo de análise e decisão (LISBOA, 2002). Com o fim da guerra, a PO atraiu o interesse de outras áreas. Seu uso é justificado pela possibilidade de experimentar várias soluções, com o uso do computador, sem a necessidade de grandes gastos.

Modelos são representações da realidade, que pode ser simples ou bastante complexa, e são considerados ferramentas da pesquisa operacional para otimizar o funcionamento de um sistema já existente ou determinar a melhor estrutura de um novo sistema. A viabilidade das soluções obtidas através dos modelos depende da validação destes, ou seja, é necessário que os modelos representem o sistema em estudo, da melhor maneira possível, para que as soluções propostas se aproximem da necessidade do sistema (LISBOA, 2002).

Owen *et al.*(1996) afirmam que são três os modelos de tráfego utilizados para analisar e projetar sistemas de tráfego:

- a) Modelos de otimização semaforica, que buscam minimizar atrasos ou paradas;
- b) Modelos de alocação de tráfego, utilizados no processo de escolha de rotas por indivíduos na rede viária, e
- c) Modelos de simulação de tráfego, mais utilizados quando crescem o número de entidades envolvidas e o nível de detalhamento da avaliação.

Para Araújo (2003), a simulação é uma ferramenta adequada para avaliar problemas de difícil análise por outros meios. Conforme HCM (TRB, 2000), simulação é uma técnica numérica para condução de experimentos em computador envolvendo características estocásticas, de natureza macroscópicas ou microscópicas, a partir de modelos capazes de descrever o comportamento de um sistema de transporte ao longo do tempo.

Ainda segundo HCM (TRB, 2000), a simulação de tráfego apresenta vantagens entre as quais, destacam-se:

- Melhor entendimento da realidade em estudo;
- Estudo do cenário em tempo real, acelerado ou desacelerado;

- Simulação de cenários alternativos, diferentes da realidade;
- Avaliação de situações novas, inexistentes; de experimentos inseguros sem oferecer riscos aos usuários,
- Avaliação da importância relativa das variáveis envolvidas.

A mesma fonte cita, ainda, como limitações da técnica:

- A simulação exige tempo e recurso;
- Necessidade de grande quantidade de dados de entrada, os quais podem ser de difícil obtenção;
- Os processos de calibração e validação são complexos e, se forem deficientes, podem invalidar o modelo;
- Necessidade de grande conhecimento do sistema estudado;
- Exigência de conhecimento em outros campos da ciência, e
- Necessidade de conhecer as limitações e as premissas do modelo.

Segundo Dowling *et al.*(2002), o nível de agregação do tráfego determina os modelos de simulação, os quais poder ser divididos/classificados em três categorias:

- a) Macroscópicos, que simulam o fluxo de tráfego em uma rede com base nas relações entre as variáveis: velocidade, fluxo e densidade; entretanto, não conseguem reproduzir as interações entre os veículos que exercem influência significativa nas medidas de desempenho da rede, como capacidade e comprimento de fila;
- b) Mesoscópicos, que simulam os veículos de forma individual, porém, com base em dados agregados de velocidade, fluxo e densidade; são eficientes na avaliação de tempo de viagem dos veículos com base em condições médias da rede;
- c) Microscópicos, que simulam os veículos de modo individual e suas interações. Estes são capazes de replicar as condições de campo, pois permitem a mudança de alguns parâmetros, como *headway* mínimo, distância de perseguição e manobras de mudança de faixas, que interferem na capacidade da rede.

A figura 2.2 apresenta a relação entre alguns tipos de modelos, o tamanho da rede e o nível de detalhes de cada um.

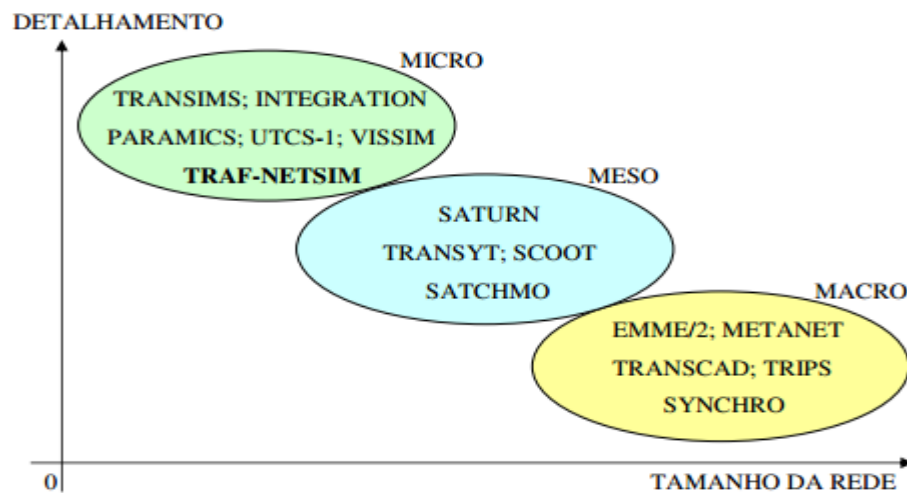


Figura 2.2 – Relação entre os tipos de modelos, tamanho da rede e nível de detalhes (Sousa e Ribeiro, 2003)

Quanto à aplicação, tem-se que os modelos macroscópicos são indicados no planejamento estratégico, na simulação de grandes áreas e na implantação e duplicação de vias. Indicam-se os modelos mesoscópicos para as análises táticas, para simulação de áreas médias a grandes, mas, principalmente, na definição de rotas de veículos; finalmente, os modelos microscópicos são indicados para análises operacionais, na simulação de pequenas e médias áreas, análise da operação semafórica, como também na definição de rotas de veículos. Assim, é possível verificar um maior nível de detalhamento do comportamento do tráfego nos modelos microscópicos.

Neste trabalho, o modelo microscópico de simulação foi escolhido pela possibilidade de avaliação de cenários diferentes em uma pequena área de Fortaleza, que poderá servir de suporte para o planejamento da circulação de veículos de carga, na escolha de medidas restritivas a serem adotadas, bem como na avaliação da necessidade de adoção de um veículo de carga com medidas padronizadas para áreas urbanas.

A seguir, serão apresentados alguns trabalhos que utilizaram a microsimulação de tráfego no estudo da movimentação de carga, com uso de diversos simuladores.

2.6. A MICROSIMULAÇÃO DE TRÁFEGO E A MOVIMENTAÇÃO DE CARGA

Neste item, serão contemplados alguns estudos nacionais e internacionais sobre a microsimulação de tráfego associada ao estudo da movimentação de carga, ressaltando que a revisão da literatura revelou predominância de trabalhos nacionais que simulavam o tráfego de veículos pesados em rodovias. No âmbito internacional, predominou o uso da microsimulação na avaliação de restrição de faixas ou implantação de faixas exclusivas, para

caminhões, em *freeways*. Nesta revisão, apenas alguns desses trabalhos foram citados, especialmente aqueles que ofereciam contribuição à pesquisa desenvolvida nesta dissertação de mestrado.

2.6.1. *Experiência Nacional*

Um estudo de Demarchi e Yassunaka (2002) avaliou a influência de veículos pesados na capacidade e nível de serviço em vias urbanas através da determinação de fatores de equivalência, que refletem a quantidade de carros de passeio equivalentes que causam o mesmo impacto operacional que um caminhão. Para tanto, foi utilizado o *software* INTEGRATION, calibrado a partir da composição do tráfego de um trecho urbano de uma rodovia, no qual foram criados cenários em que se variou a porcentagem de caminhões e o espaçamento entre interseções semaforizadas para verificar o impacto dessas variáveis sobre a capacidade da via e sobre o nível de serviço ofertado.

Oliveira e Cybis (2008) realizaram a calibração de parâmetros do *software* VISSIM, utilizando o segmento de uma autoestrada brasileira como estudo de caso. Na revisão bibliográfica sobre a experiência de calibração do VISSIM, foram encontrados trabalhos que utilizaram algoritmos genéticos para tal fim e outros que o fizeram por tentativa e erro. De modo geral, essas pesquisas indicaram que os parâmetros mais influentes foram: distância de parada – CC0, tempo de *headway* – CC1, e limites do *following* negativos e positivos – CC4 e CC5. As pesquisas apontam que esses parâmetros afetam diretamente a capacidade e a velocidade em rodovias e estes foram utilizados no estudo brasileiro.

A pesquisa de Carnielle (2009), também no Brasil, propõe a criação de um sistema de informação básico para administradores de cidades brasileiras, de pequeno e médio portes, através da construção de um mapa digitalizado e georeferenciado, com o apoio do *software* INTEGRATION, para auxiliar na tomada de decisão referente à logística urbana.

O autor utilizou dados relacionados à geometria e à capacidade viária como, largura, inclinação, sobrelargura e velocidade para avaliar a interferência da geometria no deslocamento de veículos de carga. Além disso, caracterizou a atividade de pólos geradores de viagens – PGV's do tipo supermercado, através da determinação das rotas de acesso a esses equipamentos, tipos de veículos em circulação e atividades de carga e descarga para identificação de pontos críticos na movimentação de mercadorias.

2.6.2. *Experiência Internacional*

Neste item serão minimamente comentadas, em ordem cronológica, algumas experiências utilizando diferentes simuladores para avaliação de medidas de gerenciamento da circulação da carga.

O microsimulador VISSIM foi utilizado por Gan e Jo (2003) para desenvolver um modelo que representasse a máxima taxa de fluxo de serviço e mínimos valores de velocidade que mais se aproximassem dos valores do *Highway Capacity Manual* – HCM. O modelo avaliou o impacto da proibição de caminhões em faixas da esquerda, em seções de vias com três, quatro ou cinco faixas por sentido.

Mussa e Price (2004) utilizaram o microsimulador CORSIM para avaliar os benefícios das restrições de faixas para caminhões na faixa à esquerda em um corredor viário no norte da Flórida. A simulação usou um modelo calibrado para representar tempo de viagem, velocidade e a distribuição do tráfego. Foram produzidos vários cenários baseados no tipo de veículo, volume do tráfego, hora diária, entre outros fatores, que mostraram não haver diferença significativa no tempo de viagem e no atraso na rede, verificados em redes com e sem restrições.

Outro estudo realizado por Cate e Urbanik (2004), em Knoxville, Tennessee, investigou os impactos de restrição de faixas para caminhões em uma seção viária com três ou mais faixas de tráfego por sentido. A simulação foi realizada com uso do simulador VISSIM, usando dados de tráfego reais, coletados através de sensores de microondas instalados na via. Foram utilizados diferentes dados de volume e porcentagens de caminhões, que resultou na análise de 13 cenários com duas simulações de uma hora para cada cenário, sendo uma hora de avaliação com restrição e outra hora sem restrição alguma.

Moses (2007) avaliou a eficiência da prática de restrição de faixas de tráfego para caminhões na Flórida através do microsimulador VISSIM, utilizando 22 seções de vias com 121 interseções semaforizadas. A análise dos cenários mostrou que a restrição ao tráfego de caminhões na faixa da direita aumenta a velocidade do corredor; entretanto, a restrição das faixas da esquerda e central para caminhões aumenta a necessidade de mudança de faixas, reduzindo a velocidade, aumentando o comprimento de filas e, conseqüentemente, verificando-se um aumento no número de manobras e conflitos.

METRANS (2007) desenvolveu estudo para investigar a influência da movimentação de caminhões na eficiência de terminais de carga e no fluxo do tráfego em Los Angeles, utilizando o *software* VISSIM. A necessidade de acréscimo da capacidade dos terminais e a escassez e o alto custo do solo em áreas metropolitanas forçam os terminais a aumentarem suas capacidades com uso da tecnologia, e esse acréscimo pode implicar em aumento do número de veículos e, conseqüentemente, piora nos congestionamentos dentro e fora desses locais. A pesquisa procurou avaliar conceitos de movimentação de caminhões no uso de portos secos com faixas exclusivas para caminhões e o reuso de contêineres vazios.

Outra pesquisa, realizada por Liu e Garber (2007), utilizou o microssimulador PARAMICS para avaliar os efeitos da restrição de faixas para caminhões na mudança de faixas, velocidade média, distribuição de velocidade e de volume e nos conflitos. Foram produzidos cerca de 14400 cenários de simulação com diversas condições de tráfego, geometria e estratégias de restrição. Após 1000 simulações, foram alcançados os valores dos parâmetros representativos das condições reais do tráfego.

Chatterjee (2008) avaliou os impactos de zonas de trabalho em *freeways*, nos Estados Unidos, utilizando um modelo microscópico de simulação, VISSIM, estimando valores de parâmetros, como a capacidade viária, para auxiliar nas atividades de planejamento de construção e manutenção rodoviária, com o mínimo de impacto ao tráfego. Neste trabalho, as características dos caminhões foram calibradas para a realidade estudada, pois se observou que os parâmetros utilizados pelo simulador não representavam as características da frota local.

Mais recentemente, Bhuiyan (2011) avaliou o congestionamento na cidade de Montreal com base em estudos anteriores, que associavam o congestionamento ao transporte de mercadorias, também utilizando o VISSIM. Os parâmetros avaliados foram velocidade média, atraso e tempo médio de viagem, levando em consideração o impacto das políticas de restrição existentes. Os resultados da pesquisa indicaram uma melhora na velocidade média, no atraso e no tempo médio de viagem com a implementação de políticas restritivas, diferente dos resultados obtidos em cenários que não apresentavam nenhuma medida regulatória na movimentação de cargas.

O quadro 2.2 apresenta, de forma resumida, as principais informações dos trabalhos de simulação envolvendo o transporte de carga, citados anteriormente e divididos em nacionais e internacionais.

Quadro 2.2 - O uso da microsimulação associado à carga urbana

AUTOR	ANO	LOCAL	OBJETIVO	SOFTWARE	VARIÁVEIS	
DEMARCHI E YASSUNAKA	2002	BRASIL	Avaliar a influência dos veículos pesados na capacidade e nível de serviço em vias urbanas	INTEGRATION	Porcentagem de caminhões Espaçamento entre semáforos	N A C I O N A L
OLIVEIRA E CYBIS	2008	BRASIL	Calibração de parâmetros do VISSIM em ambiente rodoviário	VISSIM	Velocidade	
CARNIELLE	2009	BRASIL	Criar um sistema de informações	INTEGRATION	Largura de faixas Rotas	
GAN e JO	2003	ESTADOS UNIDOS	Desenvolver um modelo para representar a máxima taxa de fluxo de serviço e mínimos valores de velocidade	VISSIM	Velocidade	I N T E R N A C I O N A L
MUSSA E PRICE	2004	FLÓRIDA	Avaliar benefícios de restrição de faixas	CORSIM	Tempo de viagem velocidade Distribuição do tráfego tipo de veículo volume hora diária	
CATE E URBANIK	2004	TENNESSE	Investigar os impactos de restrição de faixas para caminhões em diversas seções	VISSIM	Volumes de tráfego Porcentagem de caminhões	
MOSES	2007	FLÓRIDA	Avaliar a eficiência da restrição de faixas de tráfego para caminhões em 22 seções de vias com 121 interseções semaforizadas.	VISSIM	Velocidade	
METRANS	2007	LOS ANGELES	Investigar a influência da movimentação de caminhões na eficiência de terminais marítimos e no fluxo de tráfego.	VISSIM	Capacidade Faixas exclusivas	
LIU E GARBER	2007	ESTADOS UNIDOS	Avaliar efeito da restrição de faixas para caminhões na mudança de faixa.	PARAMICS	Velocidade média volume geometria viária	
CHATTERJEE	2008	ESTADOS UNIDOS	Avaliar impactos de zonas de trabalho em <i>freeways</i>	VISSIM	Capacidade viária	
BHUIYAN	2011	MONTREAL	Avaliar o congestionamento associado ao transporte de carga	VISSIM	velocidade média atraso tempo médio de viagem	

O item 2.7 apresentará, de forma detalhada, a ferramenta a ser empregada neste estudo.

2.7. O MICROSSIMULADOR VISSIM

VISSIM é um sistema de simulação microscópico e discreto para modelagem do tráfego rodoviário e urbano, baseado no modelo psicofísico de *car following* e mudança de faixa de Wiedemann, no qual a posição de cada veículo é recalculada num intervalo de tempo de 0,1 a 1 segundo (BARCELÓ, 2010). É composto de dois programas diferentes: o simulador de tráfego, e o gerador de sinal de estado.

O modelo de comportamento psicofísico é assim definido em razão da combinação de aspectos psicológicos e das limitações psicológicas da compreensão dos condutores, esse baseia na decisão do condutor de um veículo mais rápido em desacelerar quando percebe um veículo a sua frente com velocidade menor. O condutor desacelera até um valor de velocidade inferior ao do veículo precedente e volta a acelerar até um novo limiar de percepção (PTV, 2010). O modelo de *car following* compreende esses movimentos alternados de aceleração e desaceleração, que variam de acordo com a percepção individual de cada condutor, de diferença de velocidade, velocidade desejada e distância segura entre dois veículos (CHATTERJEE, 2008).

Ainda segundo PTV (2010), existem dois modelos de análise microscópica dos parâmetros de comportamento: o de Wiedemann 74, adequado para o tráfego urbano, no qual o usuário pode calibrar dois parâmetros (distância média desejada entre dois veículos e a distância de segurança) e o modelo de Wiedemann 99, mais apropriado ao tráfego interurbano, com a possibilidade de calibração de 10 parâmetros, que classifica os condutores em quatro modos de direção:

- Direção livre: no qual o condutor mantém sua velocidade desejada sem influência de nenhum veículo precedente;
- Aproximação: na qual o condutor reduz a sua velocidade em decorrência de um veículo que o precede em baixa velocidade;
- Seguimento: o condutor mantém constantes a velocidade e a distância do veículo precedente, e,
- Parada: quando a distância do veículo precedente torna-se menor que a distância de segurança, o condutor tende a reduzir ainda mais sua velocidade.

Os 10 parâmetros do modelo de Wiedemann 99 serão minimamente descritos no quadro 2.3,a seguir:

Quadro 2.3: Parâmetros de Wiedemann 99

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO
CC 0	Valor máximo de distância segura entre dois veículos parados.
CC 1	Intervalo de tempo desejável entre dois veículos e, com base nesse valor, pode ser calculado o valor da distância de segurança através da fórmula $d = CC0 + CC1 * v$, onde v é o valor da velocidade do veículo. O valor <i>default</i> de CC1 é 0,90 segundos. Altos valores de CC1 caracterizam motoristas menos agressivos.
CC 2	Define o valor limite de variação da distância segura.
CC3	Caracteriza a entrada do modo de direção de carro seguidor, ou seja, o momento em que o motorista começa a desacelerar ao perceber um veículo mais lento a sua frente antes de alcançar a distância segura.
CC 4 e CC 5	Controlam a variação de velocidade do veículo ao atingir o modo de direção de seguimento. CC4 é usado para diferenças de velocidade negativas e CC5 para diferenças de velocidade positivas. Pequenos valores desses parâmetros indicam uma maior sensibilidade à redução de velocidade do veículo precedente, e o valor <i>default</i> CC4/CC5 é - 0,35/0,35.
CC 6	Define a variação da velocidade em razão da distância entre os dois veículos. Se a distância aumenta, assim acontece com a variação da velocidade. Entretanto, se a distância entre os veículos ultrapassa determinado valor limite, o condutor do veículo seguidor tende a reagir de forma independente do veículo que o precede.
CC 7, CC8 e CC 9	Parâmetros que controlam o processo de aceleração do veículo.

PTV (2010)

Conforme Chatterjee (2008), o modelo de mudança de faixa se baseia no critério de aceitação de brechas, no qual o condutor muda de faixa quando a brecha disponível é maior que a brecha crítica. A decisão de mudar de faixa depende do desejo do condutor em fazê-lo, das condições do tráfego e das possibilidades de mudança. Essa mudança pode ser casual, quando o condutor deseja mudar de uma faixa mais lenta para uma mais rápida, ou necessária, quando ocorrem incidentes que obrigam a redução das faixas abertas ao tráfego, quer sejam acidentes ou obras na pista.

O VISSIM pode ser utilizado em diversas aplicações, com estudos de rodovias e vias arteriais, planejamento de subáreas, gerenciamento de rodovias, gerenciamento do tráfego atual e futuro, entre outros (PTV, 2010).

Os dados de entrada do simulador incluem, segundo Xiao *et al.*(2005), características viárias, geometria, demandas baseadas em matrizes OD ou taxas de fluxo e percentagens de conversões de diferentes tipos de veículos, distribuição de velocidades, aceleração e desaceleração, além de planilhas de controle semafórico. Ainda segundo os mesmos autores, a calibração do simulador é um processo interativo no qual os parâmetros de entrada são ajustados de tal forma que os resultados da simulação representem, com fidelidade, o cenário real.

O modelo é capaz de produzir medidas de desempenho comumente utilizadas na Engenharia de Tráfego, como atraso, paradas, comprimentos de filas, emissão de poluentes e consumo de combustível. Essas medidas são utilizadas para avaliar cenários criados no simulador.

2.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foram apresentadas as principais recomendações referentes à carga urbana, no que diz respeito ao gerenciamento, à legislação e ao uso da simulação de tráfego como possível ferramenta de auxílio à tomada de decisão no planejamento de ações pertinentes ao tema.

No próximo capítulo, será apresentada a metodologia utilizada neste estudo, referenciada nos estudos aqui apresentados e que deram suporte ao desenvolvimento da pesquisa.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

Este capítulo aborda a metodologia utilizada no estudo, desde a escolha da área até os dados utilizados para a criação dos cenários no simulador, os dados necessários para a codificação da rede, calibração e, ainda, as medidas de desempenho a serem avaliadas no final do processo, para validação do modelo.

3.1 INTRODUÇÃO

A metodologia utilizada neste estudo é constituída das seguintes etapas:

- ✓ Revisão Bibliográfica;
- ✓ Definição da ferramenta de análise;
- ✓ Definição da área de estudo;
- ✓ Escolha do *software* de simulação;
- ✓ Coleta de dados;
- ✓ Desenho e Codificação da rede;
- ✓ Criação de cenários: Base/Alternativos;
- ✓ Calibração e Validação do modelo e;
- ✓ Análise dos resultados.

A seguir, serão descritas as etapas metodológicas, referenciadas nas pesquisas encontradas ao longo da revisão bibliográfica.

3.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo Coelho (2009), a área de estudo é a região geográfica capaz de representar as características do sistema de tráfego a ser estudado, e, na escolha da área, devem ser considerados, além dos atributos físicos, as atividades econômicas, financeiras, sociais e ambientais e os deslocamentos, suas origens e destinos, motivos, modos e tipos de veículos em circulação.

3.3 ESCOLHA DO SIMULADOR

Na escolha do simulador, o HCM 2000 (TRB, 2000) recomenda a consideração de alguns critérios, de acordo com as características da área em estudo, a saber:

- ✓ Tamanho e representação da rede;
- ✓ Representação do tráfego;

- ✓ Operações e controle de tráfego;
- ✓ *Output* do modelo;
- ✓ Facilidade de uso;
- ✓ Disponibilidade de dados;
- ✓ Recursos necessários.

No Capítulo 2, foram apresentados os tipos de modelos de simulação, suas aplicações e limitações, os quais nortearam a escolha do modelo e da ferramenta de simulação desta pesquisa.

Particularmente, a escolha do simulador empregado neste estudo se deve a sua ampla utilização no laboratório do Grupo de Pesquisas em Transporte, Trânsito e Meio Ambiente – GTTEMA, do Departamento de Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará.

3.4 COLETA DE DADOS

Os dados necessários para este estudo dizem respeito à oferta e a demanda viária do local. Os dados de demanda compreendem o tipo de veículos em circulação, a porcentagem de veículos em cada via por categoria e a quantidade de conversões. Para obtê-los, será realizada uma pesquisa manual volumétrica, classificatória e direcional, suficiente para redes de pequeno porte, conforme recomendação de Doina e Chor (2007).

Os dados da oferta compreendem as características viárias como sentido de circulação, largura total das vias, largura das faixas de tráfego, sinalização viária regulamentar, além dos planos semafóricos. Esses dados serão utilizados na composição do cenário base da simulação.

3.5 DESENHO E CODIFICAÇÃO DA REDE

Nesta fase, será utilizada uma imagem de satélite, necessária para a construção da rede no simulador e que possibilitará a visualização da área em estudo. A seguir, serão criados os *links* que correspondem às vias, e os conectores, que correspondem às interseções. É necessário ressaltar que a criação desses elementos obedece ao fluxo das vias e que os conectores interligam os *links*.

Devem ser definidas as rotas possíveis e as áreas de conflitos que, nessa rede de estudo, correspondem às interseções, locais onde é necessário haver redução de velocidade e nos quais podem existir dificuldades de movimentação para veículos do tipo ônibus e caminhão em razão da dimensão não adequada ao raio de giro desses veículos.

Para vias com permissão de estacionamento ao longo do meio fio, deve-se criar uma rota de estacionamento, definir as larguras da faixa de estacionamento e da faixa de tráfego e informar ao simulador quais veículos não utilizam a faixa de estacionamento.

Devido ao tempo de pesquisa reduzido, não foi considerada a movimentação de entrada e saída de vagas no quadrilátero estudado. Observou-se alta ocupação das vagas de estacionamento e pouca rotatividade desses espaços, até mesmo nas vagas de carga e descarga, durante a hora pesquisada. Tal fato foi apontado em pesquisa exploratória realizada no ano de 2010, na área central de Fortaleza, quando 45% dos entrevistados relataram um tempo de carga e descarga maior que 30 minutos na área de estudo (FORTALEZA, 2010).

Os dados de entrada utilizados para composição da rede são as larguras das vias, número de faixas de tráfego, tipo e porcentagem de veículos em circulação no trecho, área de estacionamento, rotas, largura das vagas, interseções com semáforos, planos semaforicos e volume veicular.

O VISSIM possui, em seu banco de dados, as características dos veículos que irão compor a rede, e, para cada uma das categorias veiculares, apresenta distribuições de velocidade, potência e peso. Em situações específicas, o simulador permite alterar algumas características para maior fidelidade do modelo à situação estudada.

A velocidade dos caminhões e ônibus foi fixada em valor igual à metade da velocidade assumida para os automóveis particulares de pequeno porte, como forma de aplicar uma impedância na rede, ou seja, veículos maiores e pesados com velocidades menores. A velocidade para os veículos particulares será determinada em 40 km/h, após verificação em campo na área estudada. Foi medido o tempo necessário para um veículo se deslocar entre dois semáforos da rede na hora de pico e, então, calculada a velocidade no trecho, que resultou em 36 km/h, aproximadamente. Para a determinação da velocidade dos caminhões, foi realizada consulta com motoristas no trecho que apontaram uma velocidade em torno de 20 a 25 km/h em trecho reto e 15 km/h nas conversões. Assim, será fixada, para ônibus e caminhões, um valor de velocidade igual a 20 km/h.

Neste caso, especificamente, as características *default* dos caminhões como tamanho, peso e potência, serão alteradas para que o modelo consiga representar a restrição de circulação por tara dessa categoria, em vigor na área central até 8 de novembro de 2012, quando foi, então, publicada a portaria 218/2012, de 9 de novembro (FORTALEZA, 2012), alterando a restrição

de caminhões por tara para restrição por dimensão, instituindo um veículo urbano de carga padrão.

No caso da rede em estudo, de pequeno porte, o modo de simulação adotado será o estático, seguindo a afirmação de Doina e Chor (2007), recomendado para redes pequenas, no qual são realizadas contagens veiculares e que permitem a avaliação de cenários atuais, sem a necessidade de uma matriz OD, recomendada para redes maiores, com a finalidade de previsão de demandas futuras.

3.6 CRIAÇÃO DE CENÁRIOS

Serão criados 4 cenários para comparação de efeitos do uso de medidas restritivas de circulação de caminhões. Para a criação do cenário base, foi elaborada uma pesquisa volumétrica, direcional, classificatória (Anexos F a M), nos quatro cruzamentos semaforizados, com a participação de 8 pesquisadores, sendo 2 para cada cruzamento. Nesta pesquisa, como o foco principal é verificar a influência dos caminhões na rede, e lembrando que, nesta área, existiu, até novembro de 2012, restrição de circulação de caminhões com tara acima de 2,5 toneladas (desde 2009, no horário de 6:00 às 19:00h, de segunda à sexta e de 06:00 às 14:00h, aos sábados), será definido um padrão único de caminhão, com tara igual à máxima permitida, caracterizando a situação mais crítica para o tráfego. Será utilizado, ainda, o horário de pico da tarde para a realização da pesquisa, com base na resposta dos entrevistados na pesquisa de 2010 (FORTALEZA, 2010), na qual apenas 13% afirmaram realizar entregas no horário da manhã e os outros 76% afirmaram realizar a atividade em qualquer horário. Os demais cenários serão variações deste cenário inicial, a saber:

- Cenário base: restrição de circulação de caminhões por peso e estacionamento permitido em duas das vias;
- Cenário 2: restrição de circulação de caminhões por peso sem estacionamento permitido;
- Cenário 3: adoção de um veículo urbano de carga – VUC, com a permissão de estacionamento;
- Cenário 4: adoção de um VUC sem a permissão de estacionamento.

3.7 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

Para Barceló (2010), a simulação é um experimento amostral da realidade representada através de recursos computacionais. A construção do modelo exige a coletados dados de

interesse do sistema e através do uso de técnicas de análise estatística, é possível extrair conclusões sobre a realidade.

Segundo HCM (TRB, 2000), calibrar e validar um modelo significa confirmar se este representa o sistema real de forma adequada. O pesquisador deve rodar o modelo criado e comparar os dados de saída com o que foi observado e medido em campo. O principal objetivo da etapa de calibração é ajustar os parâmetros do modelo, de tal forma que este melhor represente o mundo real.

Ainda conforme HCM (TRB, 2000), para alguns parâmetros, são fornecidos valores *default* pelo simulador, os quais devem ser avaliados, pois representam valores médios e podem não se ajustar à situação estudada. Os parâmetros típicos a serem ajustados são velocidade, atraso e comprimento de fila. No caso dos modelos microscópicos de simulação, outros parâmetros, que dizem respeito ao comportamento do condutor e ao desempenho do veículo, podem requerer calibração, como a distribuição de velocidade de fluxo livre, a distribuição de intervalo na mudança de faixas, carro seguidor e dissipação de fila nas interseções.

Apesar da utilização de uma ferramenta de microsimulação de tráfego neste estudo, não se constitui objetivo desta pesquisa calibrar um modelo de microsimulação de tráfego para veículos de carga em área urbana. O modelo aqui proposto será calibrado tomando por base estudo anterior realizado com veículos de carga, para o qual foram apontados os parâmetros de calibração que influenciam na capacidade viária e velocidade do veículo.

A validação externa é o processo pelo qual é avaliada a probabilidade de a diferença entre a realidade e um modelo ser menor que determinado valor dito aceitável, para um dado nível de significância (BARCELÓ, 2010). Para validar o modelo, faz-se necessário eleger as medidas de desempenho a serem coletadas em campo e que serão extraídas do simulador, e que devem ser comparadas, para tornar o modelo mais próximo da situação real.

A determinação das medidas de desempenho deve atentar para a finalidade do estudo desenvolvido e para a facilidade de obtenção dos dados em campo. Neste caso, como o objetivo é avaliar o desempenho do tráfego sob a ação de medidas restritivas de circulação para carga, optou-se por avaliar as variáveis representativas do congestionamento, quando se têm baixas velocidades, maior atraso e tempo de viagens dentro de uma rede de tráfego, com base no estudo de Tolfo e Portugal (2006), no qual foi utilizada a microsimulação para avaliação do desempenho de redes viárias impactadas por pólos geradores de viagens na

cidade do Rio de Janeiro, e para o qual foram selecionadas como medidas de desempenho o atraso e o tempo de viagem.

A Figura 3.1 apresenta um esquema metodológico de calibração e validação de um modelo.

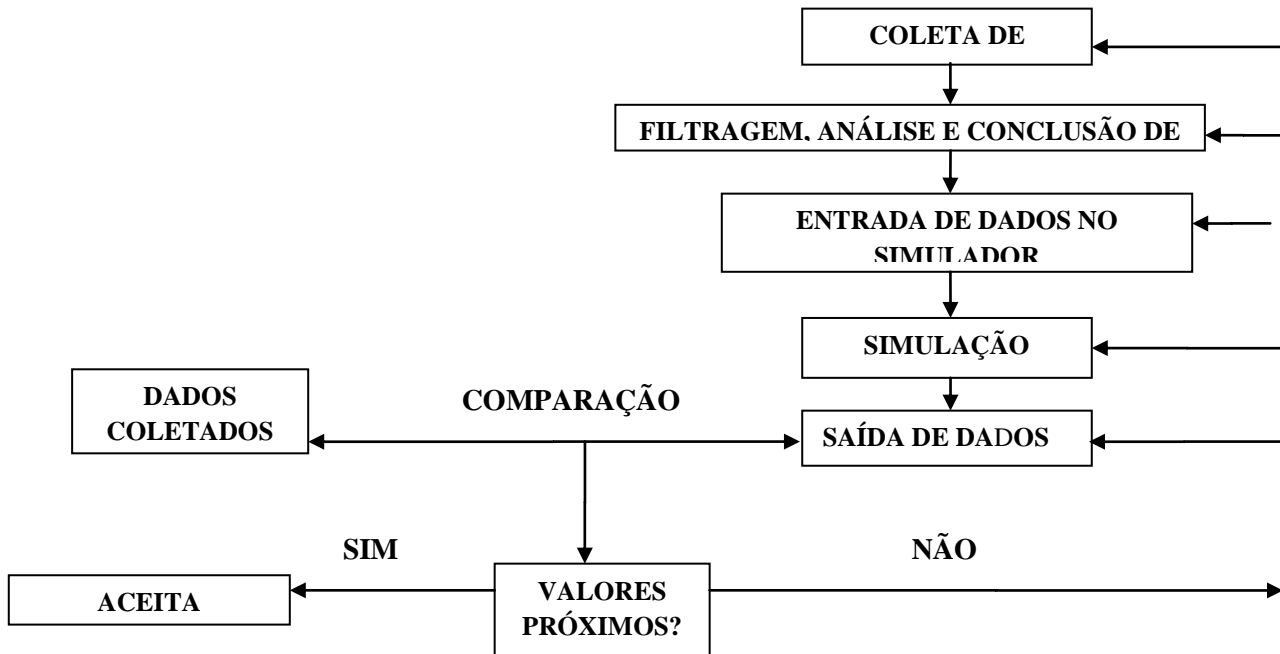


Figura 3.1 - Esquema metodológico para validação de modelos de simulação. (Adaptado de BARCELÓ, 2010)

Como pode ser visto na figura 3.1, as etapas de calibração e validação acontecem ao mesmo tempo e tem início com a coleta dos dados que, a seguir, serão tabulados e inseridos no simulador. Procede-se à simulação e à extração dos dados da rede simulada, que serão comparados aos valores observados em campo e, se estes valores estiverem próximos (dentro de intervalos aceitáveis), o modelo é então, aceito. Caso negativo faz-se necessário verificar as etapas anteriores e refazer o processo.

Neste capítulo, foram apresentadas as etapas do método proposto para o alcance dos objetivos propostos neste trabalho de dissertação. No próximo capítulo, serão apresentadas as etapas de aplicação do método descrito, os resultados obtidos a partir da comparação dos cenários modelados já calibrados e validados e a análise dos resultados.

CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO DO MÉTODO

Neste capítulo serão apresentadas as etapas de aplicação do método proposto, abordando desde os dados necessários, a caracterização da movimentação da carga na área de estudo, até as medidas de ajuste escolhidas para a validação do modelo.

4.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foi escolhida uma rede na área central de Fortaleza, constituída por dois binários, compreendida pelas ruas São Paulo e Senador Alencar, no sentido leste/oeste e ruas General Sampaio e Senador Pompeu no sentido norte/sul cujas interseções são semaforizadas. A definição desta área deve-se ao seu uso, eminentemente comercial, com tráfego composto por automóveis, ônibus e caminhões, estes últimos com restrição de circulação de veículos com comprimento total de 7,30 m e largura de 2,20 m.

As características de cada uma das vias são apresentadas no quadro 4.1.

Quadro 4.1 Características das vias estudadas

VIAS	LARGURA TOTAL (m)	N° DE FAIXAS DE TRÁFEGO	SENTIDO DE CIRCULAÇÃO	PERMISSÃO DE ESTACIONAMENTO
SÃO PAULO	7,0	2	OESTE/LESTE	NÃO
SENADOR ALENCAR	7,0	1	LESTE/OESTE	SIM
SENADOR POMPEU	8,0	1	NORTE/SUL	SIM
GENERAL SAMPAIO	8,0	2	SUL/NORTE	NÃO

As vias possuem geometrias similares, com sentido único de circulação, constituem binários em ambos os sentidos, com cruzamentos semaforizados. A figura 4.1 apresenta a imagem de satélite da área estudada.

A seguir, será apresentada a caracterização da movimentação de carga na área central de Fortaleza, extraída de uma pesquisa exploratória realizada em 2010, para elaboração do documento intitulado "Pacto por Fortaleza", parte integrante de um estudo da Câmara Municipal de Fortaleza, em discussão com pesquisadores da Universidade Federal do Ceará, e para o qual foram definidos cinco eixos temáticos, dentre eles o de "Mobilidade Urbana", que, por sua vez, foi subdividido nos temas: adequação de calçadas, espaços cicloviários, e carga urbana. Na primeira fase do projeto, foram realizadas pesquisas de campo e elaborado uma

caracterização preliminar da percepção das pessoas acerca dos espaços destinados aos pedestres, aos ciclistas, e o movimento de carga na área central da cidade de Fortaleza-CE.

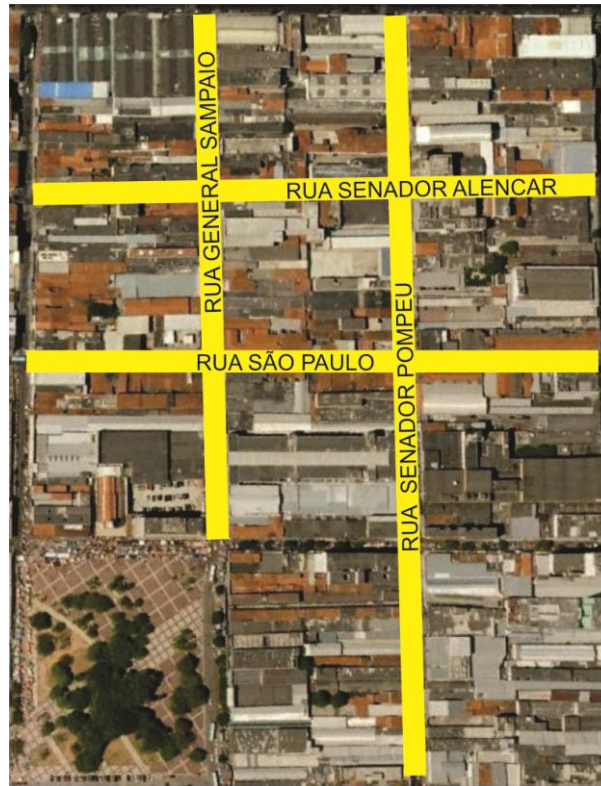


Figura 4.1 – Área de estudo em Fortaleza

4.1.1 Caracterização da Movimentação de Carga na Área em Estudo

Na pesquisa exploratória, realizada em 2010 na área central de Fortaleza, e na qual está inserida a área de estudo, entrevistaram-se motoristas e comerciantes, através de formulários específicos, procurando-se identificar, junto aos transportadores, o padrão de veículos em circulação, o modo e o tempo de realização das operações de carga e descarga e o tipo de mercadoria em circulação. A entrevista com os comerciantes buscou identificar o impacto da medida de restrição de circulação de caminhões na área central, o interesse em aplicar entrega compartilhada ou noturna, utilizar janelas de tempo e/ou, ainda, centros de distribuição como possíveis medidas para melhorar a circulação da área central.

A entrevista com os motoristas dos veículos de carga revelou que 82% dos veículos em circulação são do tipo baú, com 63% de eixo simples, sendo 10% com peso bruto total acima de 10 toneladas, portanto, em desacordo com a restrição de circulação em vigor na área central. Apenas 27% dos veículos pesquisados possuíam tara até 2,5 toneladas, conforme a norma. O mesmo estudo ainda apontou que a frequência de operações de carga e descarga é diária para 31% dos entrevistados; entretanto, a maioria dos respondentes afirmou realizar a

operação em dois dias semanais para um mesmo cliente. A maioria dos entrevistados realiza operação de descarga na área central, caracterizando o abastecimento aos pequenos compradores. Já quanto ao tipo de mercadoria transportada, 28% dos questionários aplicados indicaram o predomínio do item confecções, 11% para cosméticos e alimentos e o restante, tipos diversos de mercadorias.

Na pesquisa do tempo médio de carga e descarga, 45% dos veículos levaram mais de 30 minutos nas operações de carga e descarga, e os demais entre 3 e 15 minutos. Com relação ao horário de movimentação de carga, 76% dos respondentes afirmaram realizar a operação de carga e descarga em qualquer período do horário comercial, diferente dos 13% que realizavam a operação durante as manhãs. Nenhum dos entrevistados utilizava o período noturno para entregas.

No que se refere ao local utilizado para realização da operação de carga e descarga, 40% afirmaram utilizar as áreas de estacionamento em via pública, paralelo ao meio-fio, com permissão de estacionamento regulamentada, 22% utilizavam a via pública, ao longo do meio-fio, em locais com regulamentação de proibição de estacionamento e 35% afirmaram utilizar área específica para a carga e descarga, em áreas internas. A justificativa para uso dessas vagas foi a proximidade do ponto de atendimento e 18% dos entrevistados afirmaram utilizar os locais proibidos devido à inexistência de áreas alternativas para estacionarem seus veículos.

Quando questionados sobre os dias de realização da operação de carga e descarga, 41% dos entrevistados disseram realizar a operação de segunda à sexta feira, 66% afirmaram realizar 6 ou mais viagens por dia. Um total de 46% dos respondentes realizava entrega compartilhada dentro da área pesquisada.

A aplicação do questionário com lojistas da área revelou que, para 69% dos entrevistados não foram realizados investimentos para adequação da frota e para 76% destes não houve mudanças no que diz respeito ao tempo de realização da carga e descarga e à confiabilidade do tempo de entrega. Com relação aos custos operacionais, 55% afirmaram ter havido aumento destes valores com a restrição de horário e para 52% houve aumento dos custos devido à necessidade de contratação de terceiros.

4.2 DESENHO E CODIFICAÇÃO DA REDE

Para desenhar a rede, foi necessário definir a área em uma imagem de satélite, e conhecer o sentido do tráfego, como mostra a figura 4.2.

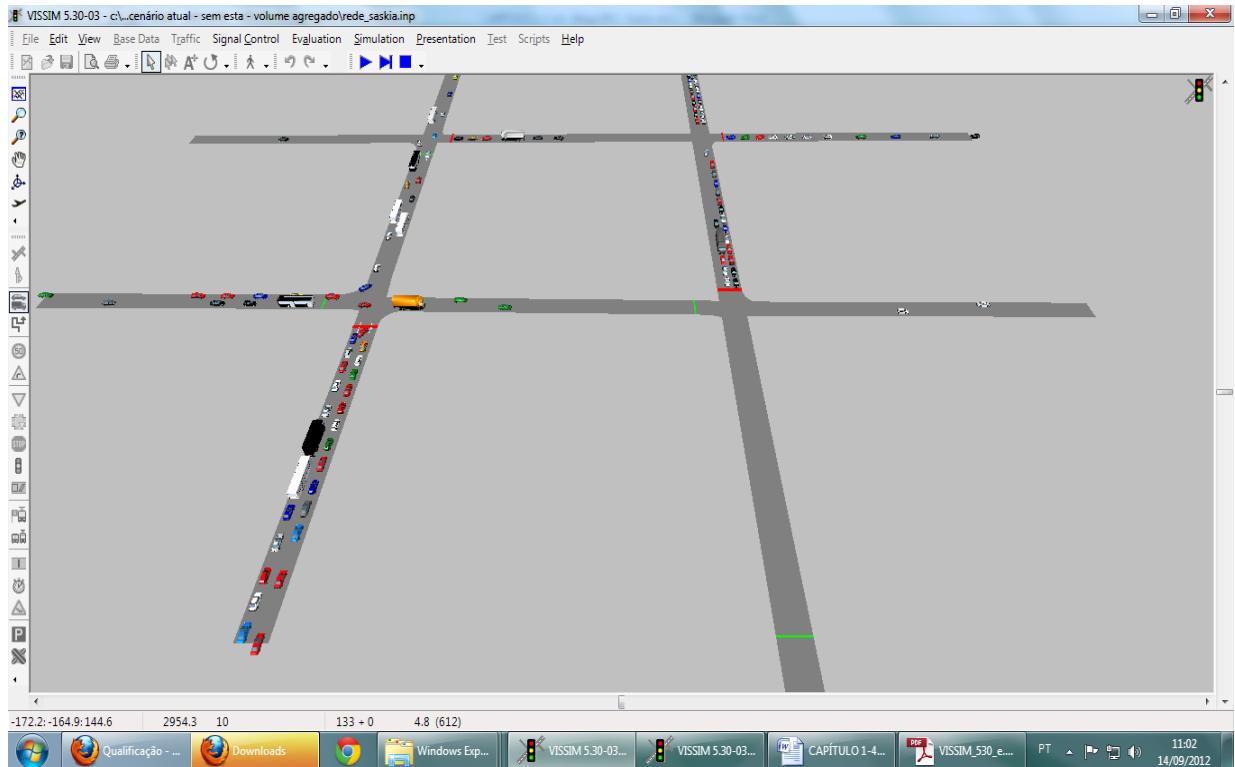


Figura 4.2 – Área de trabalho do aplicativo VISSIM

Os dados necessários para a codificação foram cedidos pela AMC, que disponibilizou os projetos de sinalização das vias do estudo, bem como os dados do Controle de Tráfego em Área de Fortaleza – CTAFOR, relativos à programação semafórica (ANEXOS A, B, C, D e E). Os quatro semáforos existentes na rede possuem tempo fixo, com planos definidos para os horários de pico.

As quatro interseções semaforizadas foram definidas como áreas de conflitos e foram criadas rotas de estacionamento com definição de largura e de proibição de circulação nestas áreas.

Para representar os caminhões em circulação, foi alterada a configuração de peso, potência, comprimento e distância entre eixos no simulador.

4.3 CRIAÇÃO DE CENÁRIOS

O quadro 4.2 apresenta os cenários criados neste estudo, compreendendo a situação base e situações propostas, a saber:

Quadro 4.2 Cenários utilizados no estudo

CENÁRIOS	DESCRIÇÃO
1	Situação base com restrição de circulação de caminhões por peso e estacionamento permitido em duas das vias;
2	Situação base com restrição de circulação de caminhões por peso sem estacionamento permitido
3	Adoção de um veículo urbano de carga – VUC, com a permissão de estacionamento
4	Adoção de um VUC sem a permissão de estacionamento

O cenário 2 difere do cenário 1 ou base, pela retirada da permissão de estacionamento e nova divisão de faixas de tráfego e definição de larguras iguais à metade e um terço da largura total da via. O cenário 3 foi criado com a definição de um veículo de carga específico, com comprimento total igual a 7,30 metros e largura de 2,20 metros. O cenário 4 é uma variação do cenário 3, com a retirada da permissão de estacionamento e redefinição das larguras e quantidades de faixas de tráfego.

Foram também definidos potência e peso específicos para este modelo veicular, necessário para subsidiar a avaliação dos possíveis benefícios da adoção de um veículo de carga com dimensões padronizadas para áreas urbanas. Na tabela 4.1, podem ser consultados os dados de peso, potência e dimensões dos modelos de caminhões utilizados nesta pesquisa.

Além destas especificações, foi necessário alterar os dados de volume da rede, uma vez que os caminhões com tara de 2,5 toneladas têm uma capacidade útil de carga de 1,7 toneladas e o Veículo Urbano de Carga tem uma capacidade de 5,0 toneladas (Mercedes Benz, 2012), logo, 0,34 VUC seria necessário para acomodar a carga de um caminhão com tara de 2,5 toneladas. Deste modo, ao simular os cenários com o uso do VUC, o número de caminhões foi multiplicado por aquele valor e o percentual de caminhões foi alterado no modelo.

Tabela 4.1: Características dos caminhões utilizados na pesquisa.

MODELOS		
CARACTERÍSTICAS	2,5 Ton.	VUC
Distância entre eixos (mm)	3.665	3.700
Comprimento total (mm)	5.870	7.134
Largura (mm)	1.990	2.176
Balanço (eixo dianteiro/traseiro)(mm)	1.004/1.113	1.300/2.134
Peso Bruto Total (kg)	3.500	8.300
Carga útil máxima (kg)	1.703	5.112
Potência máxima (kw)	85	115

MERCEDES-BENZ (2012)

Vale ressaltar que esses dados referem-se aos modelos de um único fabricante, que foram gentilmente cedidos após contato com o revendedor local. Essas características são aquelas solicitadas pelo próprio simulador para composição do tráfego.

4.4 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

Este modelo utilizou os parâmetros de calibração recomendados por Oliveira e Cybis (2008), respectivamente, distância de parada (CC0), tempo de *headway* (CC1) e limites de velocidade segura (CC4 e CC5), pois afetam diretamente a capacidade e a velocidade. Como foi citado inicialmente, este trabalho não pretende calibrar um modelo de microssimulação para carga urbana, mas comparar cenários propostos a partir de um modelo construído e validado para o ambiente em estudo.

Para proceder à validação do modelo, foram definidas, como medidas de desempenho, o atraso e o tempo de viagem, coletados durante o mesmo mês da pesquisa volumétrica, em dias típicos, através de laços detectores instalados no pavimento, com a finalidade de obter dados homogêneos e, dessa forma, reduzir prováveis erros no modelo construído. É necessário salientar que, na área de estudo, não existem laços detectores; entretanto, assumiu-se uma área urbana na zona leste de Fortaleza, com semáforos controlados pelo CTAFOR, com as mesmas características de sentido de circulação, largura e número de faixas, permissão de estacionamento ao longo da via, cruzamentos controlados por semáforo e medidas restritivas de circulação de carga, da qual foram extraídos os dados utilizados para a validação do modelo construído aqui.

Além disso, essa área possui também uso comercial, com a predominância de *shopping centers* e grande demanda por operação de carga e descarga e, conseqüentemente, um volume muito alto de veículos. Desta forma, foi necessário conhecer o volume de veículos da rede observada, verificar a proporção entre este e o volume da área em estudo e calcular valores de atraso e tempo médios proporcionais para aproximar os valores observados dos valores esperados na área central.

Para validar o modelo, foram utilizados o percentual de erro médio quadrado (RMSP) e o erro médiopercentual (MPE) como medidas de ajuste, necessárias para avaliar o desempenho do modelo simulado. Essas medidas foram escolhidas com base no estudo de Rapolu (2010), que avaliou o impacto de intervenções na capacidade de uma rede viária situada na área central de Londres, e no trabalho de Hourdakís *et al.* (2003), que propôs um procedimento prático para calibração de modelos microscópicos de simulação de tráfego.

Segundo Rapolu (2010), essas medidas de ajuste são comumente utilizadas, apesar de a RMSP penalizar grandes erros em detrimento de pequenos erros. A MPE indica uma superestimação ou subestimação nos valores das medidas simuladas.

As medidas são escritas da seguinte forma:

$$MPE = \frac{1}{N} \sum \frac{Y^{SIM} - Y^{OBS}}{Y^{OBS}} \quad (1)$$

$$RMSP = \sqrt{\frac{1}{N} \sum \left(\frac{Y^{SIM} - Y^{OBS}}{Y^{OBS}} \right)^2} \quad (2)$$

Onde Y^{SIM} e Y^{OBS} são as médias das medidas simuladas e observadas para um dado período de pesquisa e simulação e N é o número de observações. Quanto menor for o valor do erro, melhor será o modelo.

Segundo Hourdakís *et al.* (2003), o percentual do erro médio quadrado (RMSP) é uma medida que retorna uma boa estimativa inicial de ajuste entre os dados simulados e aqueles observados em campo e para validar o modelo é necessário obter valores de RMSP menores que 15%.

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Vale ressaltar que, previamente, foram criados e simulados quatro cenários atuais, variando os valores dos parâmetros de calibração (alta e baixa capacidade), conforme estudo de Oliveira e

Cybis (2008), e o número de faixas de tráfego em duas das vias modeladas, os quais podem ser consultados no quadro 4.3.

Como mencionado, foram aplicados os valores dos parâmetros recomendados por Oliveira e Cybis (2008) para alta capacidade (CCO=1,50, CC1=0,90, CC4/CC5=0,35) e baixa capacidade (CCO=1,70, CC1=1,40, CC4/CC5=2,00) para a escolha de um modelo que retornasse, do ponto de vista visual e teórico, resultados mais próximos da realidade. Cada cenário (base e propostos) foi simulado 10 vezes e as medidas de atraso e tempo de viagem, utilizadas para comparação, foram as médias dos resultados das simulações realizadas para obter maior fidelidade.

Quadro 4.3 Descrição das variações do Cenário

CENÁRIO	DESCRIÇÃO	PARÂMETROS
1.1	UMA FAIXA DE ROLAMENTO NAS RUAS SENADOR ALENCAR E SENADOR POMPEU + ESTACIONAMENTO	BAIXA CAPACIDADE
1.2	DUAS FAIXAS DE ROLAMENTOS NAS RUAS SENADOR ALENCAR E SENADOR POMPEU + ESTACIONAMENTO	
1.3	UMA FAIXA DE ROLAMENTO NAS RUAS SENADOR ALENCAR E SENADOR POMPEU + ESTACIONAMENTO	ALTA CAPACIDADE
1.4	DUAS FAIXAS DE ROLAMENTO NAS RUAS SENADOR ALENCAR E SENADOR POMPEU + ESTACIONAMENTO	

Em uma das vias estudadas, mais especificamente, a rua Senador Alencar, verificou-se alteração de comportamento dos condutores, devido ao fato de a referida via ter uma largura de 7,0 m, com estacionamento paralelo ao meio-fio, reduzindo a faixa de tráfego para uma largura de 4,50 m. Entretanto, os veículos se comportam como se fosse possível criar duas faixas e, em alguns momentos, negociam a passagem, o que gera uma fila com interferência no tráfego da via transversal. Os resultados dessas simulações podem ser consultados nas tabelas 4.2 e 4.3, respectivamente, com parâmetros de baixa capacidade.

Tabela 4.2 – Cenário 1.1: Com uma faixa de rolamento nas ruas Senador Alencar e Senador Pompeu + Estacionamento e Valores de Erros por aproximação e Médio.

	SIMULADO		OBSERVADO		ERRO			
	ATRASO	TEMPO	ATRASO	TEMPO	MPE		RMSP	
					ATRASO	TEMPO	ATRASO	TEMPO
Sen. Pompeu	20,9	28,5	22,2	26,7	-5,86	6,74	0,06	0,07
São Paulo	11,5	21,2	12,4	17,8	-7,26	19,10	0,07	0,19
Sen. Alencar	37,7	46,8	20,05	25,7	88,03	82,10	0,88	0,82
Gen. Sampaio	14,8	23	15,25	20,05	-2,95	14,71	0,03	0,15
MÉDIA	21,225	29,875	17,475	22,5625	17,99	30,66	0,26	0,31

Tabela 4.3 – Cenário 1.2: Com duas faixas de rolamento nas ruas Senador Alencar e Senador Pompeu + estacionamento e Valores de Erros por aproximação e Médio.

	SIMULADO		OBSERVADO		ERRO			
	ATRASO	TEMPO	ATRASO	TEMPO	MPE		RMSP	
					ATRASO	TEMPO	ATRASO	TEMPO
Sen. Pompeu	21,2	28,8	22,2	26,7	-4,50	7,87	0,05	0,08
São Paulo	11,4	21,1	12,4	17,8	-8,06	18,54	0,08	0,19
Sen. Alencar	32,7	41,8	20,05	25,7	63,09	62,65	0,63	0,63
Gen. Sampaio	14,86	23,1	15,25	20,05	-2,56	15,21	0,03	0,15
MÉDIA	20,04	28,7	17,475	22,5625	11,99	26,07	0,20	0,26

Ao simular aquela via com apenas uma faixa de tráfego, o modelo retornou resultados insatisfatórios, com erros muito altos e, dessa forma, optou-se por simular o cenário com a existência de estacionamento e duas faixas de tráfego nas ruas Senador Alencar e Senador Pompeu. Percebeu-se que o simulador não representa a situação existente de modo correto, o que pode ser verificado durante a simulação; porém, a média dos resultados e os valores em cada aproximação, exceto nesta via, são mais satisfatórios, como pode ser verificado nos resultados apresentados anteriormente, existindo formação de fila. Para a escolha do cenário que representasse a realidade, foi preponderante a possibilidade de junção do modelo que retornasse resultados aceitáveis, sob a influência de algumas limitações, a serem listadas adiante, e que estivesse mais próximo do observado no campo.

Os cenários, nos quais foram utilizados os parâmetros de alta capacidade (ver tabelas 4.4 e 4.5), não retornaram uma semelhança com o cenário real e, dentre os outros dois cenários que utilizaram parâmetros de baixa capacidade, retornou melhor resultado aquele em que as ruas Senador Alencar e Senador Pompeu apresentavam duas faixas de tráfego, acrescidas do estacionamento. No cálculo do MPE, os erros médios aproximados foram 11% para o atraso e

de 26% para o tempo de viagem, e, no cálculo do RMSP, os valores foram 20% e 26%, respectivamente.

Tabela 4.4 – Cenário 1.3: Com uma faixa de rolamento nas ruas Senador Alencar e Senador Pompeu + estacionamento e valores de erros por aproximação e Médio.

	SIMULADO		OBSERVADO		ERRO			
	ATRASO	TEMPO	ATRASO	TEMPO	MPE		RMSP	
					ATRASO	TEMPO	ATRASO	TEMPO
Sen. Pompeu	20,8	28,4	22,2	26,7	-6,31	6,37	0,06	0,06
São Paulo	10,4	20	12,4	17,8	-16,13	12,36	0,16	0,12
Sen. Alencar	35,6	44,7	20,05	25,7	77,56	73,93	0,78	0,74
Gen. Sampaio	15,1	23,3	15,25	20,05	-0,98	16,21	0,01	0,16
MÉDIA	20,475	29,1	17,475	22,5625	13,53	27,22	0,25	0,27

Tabela 4.5 – Cenário 1.4: Com duas faixas de rolamento nas ruas Senador Alencar e Senador Pompeu + estacionamento e valores de erros por aproximação e Médio.

	SIMULADO		OBSERVADO		ERRO			
	ATRASO	TEMPO	ATRASO	TEMPO	MPE		RMSP	
					ATRASO	TEMPO	ATRASO	TEMPO
Sen. Pompeu	20,8	28,4	22,2	26,7	-6,31	6,37	0,06	0,06
São Paulo	10,4	20	12,4	17,8	-16,13	12,36	0,16	0,12
Sen. Alencar	31,4	40,5	20,05	25,7	56,61	57,59	0,57	0,58
Gen. Sampaio	15,2	23,4	15,25	20,05	-0,33	16,71	0,00	0,17
MÉDIA	19,45	28,075	17,475	22,5625	8,46	23,26	0,20	0,23

A análise em cada uma das aproximações do cenário 1.2 (tabela 4.3) revela um erro muito alto, em torno de 63% na rua Senador Alencar, o que traz à tona a dificuldade de retratar o comportamento veicular nesta via e, conseqüentemente, eleva o resultado do erro, deixando fora da faixa recomendada de 15%. Entretanto, a análise dos erros nas demais aproximações revela uma proximidade com a situação, principalmente nas medidas de atraso. Este fato pode ser atribuído a um possível erro na pesquisa volumétrica na aproximação citada, ou a dificuldade do simulador em representar determinado comportamento dos condutores na via, ou mesmo em virtude da diferença entre a área pesquisada e a área observada. Sobre o tempo de viagem, os valores simulados mostraram diferença dos valores observados; porém, de acordo com a tabela 4.3, os erros permaneceram dentro do intervalo aceitável, entre 7% e 18%, em três das quatro aproximações pesquisadas.

Considerando os resultados obtidos e as premissas adotadas, foi escolhido o modelo calibrado com valores da baixa capacidade e com a existência de duas faixas de tráfego e

estacionamento nas ruas Senador Alencar e Senador Pompeu, que corresponde ao cenário 1.2, apresentado na tabela 4.2. Embora o cenário 1.4, mostrado na tabela 4.5, tenha apresentado valor de erro MPE de 8% para o atraso e 23% para o tempo de viagem (portanto, menor que os 12% e 26% do cenário escolhido), é importante frisar que este cenário, não apresentou proximidade com a realidade, fator importante na validação do modelo.

A fim de verificar a influência do número de faixas de tráfego no modelo, os cenários 2 e 4 foram simulados com uma proposta de três faixas de tráfego na Rua Senador Pompeu, que possui largura total de 8,5 m, sendo duas faixas de 3,0 m e uma faixa de 2,5 m. Os resultados obtidos para o tempo de viagem e atraso foram semelhantes, permitindo deduzir que um aumento do número de faixas implica na redução das larguras e não apresentou nenhum benefício ao modelo.

Com o modelo validado, foi possível verificar as diferenças nas medidas de desempenho entre o cenário atual e os propostos. Verificou-se uma predominância de erros negativos nas interseções (ver quadro 4.4), o que significa que o modelo apresenta valores menores em relação àqueles observados em campo, e que podem ter origem nas limitações impostas à pesquisa.

Quadro 4.4 Diferença de resultados dos cenários avaliados.

CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		CENÁRIO 3		CENÁRIO 4	
ATRASSO	TEMPO	ATRASSO	TEMPO	ATRASSO	TEMPO	ATRASSO	TEMPO
20,04	28,7	16,5	24,78	20,2	28,2	15,7	23,6
		ATRASSO(S)	TEMPO(S)	ATRASSO%	TEMPO%		
		CEN.2/CEN.1	-3,54	-3,92	-17,6646707	-13,658537	
		CEN.3/CEN1	0,16	-0,5	0,798403194	-1,7421603	
		CEN4/CEN.1	-4,34	-5,1	-21,6566866	-17,770035	
		CEN3/CEN.2	3,7	3,42	22,42424242	13,8014528	
		CEN4/CEN.2	-0,8	-1,18	-4,84848485	-4,7619048	
		CEN4/CEN.3	-4,5	-4,6	-22,2772277	-16,312057	

Embora o modelo proposto tenha sido validado, é necessário apontar as limitações e premissas desse estudo. Não foram colocadas na rede simulada as entradas e saídas de veículos nas vagas existentes em via pública, pois foi observada, em campo, a ocupação completa das vagas no período pesquisado e verificado, em pesquisa exploratória realizada em 2010, que a operação de carga e descarga acontece, em média, num tempo superior a 30 minutos (quase a totalidade do período pesquisado, que foi de uma hora). Desta forma, as vagas foram consideradas como espaço ocupado e proibido ao tráfego nos cenários 1 e 3.

Sobre os parâmetros utilizados na construção do modelo, sabe-se que estes foram calibrados para um ambiente rodoviário e que isto influencia no desempenho do tráfego em uma área urbana; entretanto, não se dispunha de parâmetros calibrados para um ambiente urbano no cenário nacional

No que diz respeito aos caminhões, a pesquisa realizada em campo não fez a caracterização do número de eixos. Entretanto, assumiu-se a totalidade de caminhões com tara de 2,5 toneladas em circulação, com base nos resultados da pesquisa exploratória realizada anteriormente, utilizada como referência para a caracterização da área em estudo.

A comparação de cenários aponta para uma redução significativa no atraso médio da rede e no tempo de viagem em relação à situação atual em duas das três situações propostas. Os resultados mostraram o mesmo efeito sobre o tráfego ao se adotar um cenário com restrição de circulação por tara ou por dimensão, acrescido da existência de estacionamento em via pública. Assim, apesar da redução de veículos pesados na rede com a adoção do VUC, quando se avalia a capacidade de carga útil dos veículos estudados, esta medida apresenta o mesmo resultado de um cenário com a circulação de veículos pesados restritos por tara.

O cenário 2 mostra uma redução de 17% no valor de atraso e 13% no valor do tempo de viagem, enquanto que o cenário 3, composto pelo VUC e as vagas de estacionamento, não se mostrou tão eficiente quanto os demais, apresentando pouca variação percentual nas medidas de atraso e tempo de viagem, sendo 8% e 1,7%, respectivamente, em relação ao cenário 1. Comparando-se o cenário 3 com o cenário 2, verifica-se aumento de 22% no atraso e 13% no tempo de viagem.

Existe uma diferença acentuada nos resultados do cenário 4, no qual se utilizou o VUC e foram retiradas as vagas de estacionamento, o que aponta uma melhoria nas condições de tráfego, com a redução do atraso e do tempo de viagem em relação aos outros cenários, sendo a redução percentual de aproximadamente, 21% e 17%, respectivamente, quando comparado ao cenário 1. Ao compará-lo ao cenário 2, cuja diferença básica é o tipo de veículo de carga em circulação, verificou-se uma redução de 4,8%, nas duas medidas de desempenho e com relação ao cenário 3, apresenta redução percentual de 22% e 16 % no atraso e no tempo, respectivamente, reforçando a hipótese de que o uso do VUC mostra-se mais eficaz quando associado à restrição de estacionamento.

É necessário frisar que, inicialmente, esta pesquisa propunha avaliar os cenários 3 e 4 com um VUC de 6,30 m de comprimento. Entretanto, durante a execução do trabalho, foi publicada a portaria 218/2012, de 9 de novembro, em Fortaleza, determinando a mudança da restrição por tara para restrição por dimensão, alterando o padrão de veículos que vinha sendo utilizado anteriormente (de tara igual a 2,5 toneladas) para um veículo de 7,30 m de comprimento.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos sobre o transporte de carga primam por aperfeiçoar técnicas que propiciem qualidade na produção, distribuição, a operação de carga e descarga, entretanto, não existem pesquisas que avaliem a influência desta atividade dentro das áreas urbanas, nem tampouco, existem muitos estudos de carga que utilizem a microssimulação para avaliar tal assunto. O objetivo dessa pesquisa de mestrado foi analisar o impacto do uso do VUC sobre o desempenho do tráfego em área urbana, à luz da microssimulação, sob a ótica da operação do tráfego, não sendo utilizadas as variáveis comumente estudadas na logística, como a operação de carga e descarga, o tipo de carga transportada e o modo de acondicionamento das mercadorias.

A comparação dos cenários estudados serviu para avaliar se a situação base, (com a circulação de veículos de carga com tara de até 2,5 toneladas), apresentava congestionamento e se os cenários alternativos (2, 3 e 4, com variação na restrição de circulação de veículos de carga e de restrição de estacionamento) apresentavam mudanças dos parâmetros avaliados; ou seja, tempo de viagem e atraso, em relação ao cenário denominado base ou 1 com a introdução de um veículo de carga de dimensões padronizadas, o que, por suposição, indicaria a redução de congestionamento do tráfego. Este tipo de estudo pode servir como subsídio ao planejamento da circulação de carga em área urbana, pela possibilidade de avaliar os efeitos de determinada medida sobre o desempenho do tráfego.

As primeiras conclusões referem-se ao uso da microssimulação para estudo da carga urbana. O modelo obtido mostrou proximidade com a realidade em três dos quatro *links* da rede, principalmente pela possibilidade de representar as informações do campo no simulador utilizado. O VISSIM é um simulador que permite alterar alguns padrões para se ajustar à situação observada, e isso foi necessário, tendo em vista a especificidade da área com restrições veiculares. Cabe ressaltar que o simulador não permite acrescentar o tipo de carga transportada nem a ocupação dos veículos, o que distancia o modelo criado daqueles comumente utilizados na logística, entretanto, este tipo de modelo poderá servir como ferramenta de apoio ao planejamento da circulação de veículos de carga em área urbana.

No que diz respeito à tecnologia veicular, apesar de ser possível modificar, no *software*, as configurações/tipologia dos caminhões, o VISSIM não avalia o raio de giro destes e, portanto, acaba por permitir conversões equivocadas (desrespeitando os limites das caixas das vias e, portanto, invadindo calçadas, por exemplo). Estes movimentos são, por si só, impedências na rede, e não puderam ser avaliadas neste trabalho (isso, provavelmente, permitiria produzir um modelo mais satisfatório).

Foi realizado um estudo na área central de Fortaleza que avaliou as conversões dos caminhões através do *software Autoturn* e que concluiu, em algumas das interseções da rede aqui modelada, ser muito difícil a conversão dos caminhões, acontecendo a invasão de calçadas ou mesmo a necessidade de manobra sem interseção semaforizada.

Sobre os parâmetros utilizados na construção do modelo, sabe-se que estes foram calibrados para um ambiente rodoviário e que esta é uma limitação muito importante deste trabalho, entretanto, não havia referência nacional sobre a calibração de parâmetros para estudo da carga em área urbana.

Os resultados obtidos nesta dissertação de mestrado apontam uma melhora no comportamento do tráfego quando adotadas medidas de restrição à circulação de veículos de carga por dimensão; porém, a elas associada uma restrição de estacionamento na via. A adoção de um VUC sem uma medida restritiva de estacionamento não produz efeitos significativos sobre a fluidez, tomando por base o estudo comparativo aqui realizado. A redução da pista de rolamento e das faixas de tráfego, conseqüentemente, provoca transtornos, com aumento de 4 segundos no tempo de viagem, e de 3,5 seg. no atraso na rede, conforme resultados apresentados no quadro 4.4, capítulo 4. Segundo os resultados numéricos, ao comparar os cenários que utilizam a mesma restrição de circulação por tara ou por dimensão, verifica-se uma melhora significativa no atraso da rede e no tempo de viagem. Ao comparar cenários, com diferentes medidas restritivas, ou seja, restrição de circulação por tara e por dimensão, não se constata redução nas medidas avaliadas, fato este que, em princípio, evidencia não haver melhoria no comportamento do tráfego ao se adotar um VUC.

Após análise dos resultados, pode-se concluir que, para a área estudada, a restrição dos veículos de carga por tara associada à proibição de estacionamento produz efeito semelhante ao observado com o uso do VUC, embora haja redução de veículos pesados, tomando por base a capacidade de carga útil de cada modelo. A adoção de restrição de estacionamento associada à adoção de um VUC produz efeito mais positivo sobre o desempenho do tráfego.

A partir das conclusões obtidas, recomenda-se:

- Calibrar parâmetros para o estudo da carga em área urbana, o que permitiria construir modelos mais realistas;
- Caracterizar a movimentação nas vagas destinadas à operação de embarque e/ou desembarque da carga na área estudada em outros horários e, ainda, das vagas destinadas a outros veículos, se existirem;
- Realizar pesquisas nos demais horários de pico, para subsidiar análise comparativa do comportamento do tráfego;
- Ampliar a área de pesquisa para consolidação dos resultados;
- Avaliar outras medidas de desempenho, como a velocidade, para fortalecer os resultados das simulações;
- Utilizar um *software* adicional para análise das conversões e da adequação do raio de giro dos veículos pesados, a fim de melhorar a análise do desempenho do tráfego, uma vez que o VISSIM não realiza essa operação;
- Buscar aprimorar a análise de desempenho dos microssimuladores com a incorporação de parâmetros logísticos comumente empregados, como é o caso da cubagem, do peso e do fluxo em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, J.; ANDERSON. S.; BROWNE. M; JONES. P. *A Framework for Considering Policies to Encourage Sustainable Urban Freight Traffic and Goods/Services*. Summary Report, University of Westminster, London, England, 2000.

ARAUJO, D. R. C. **Comparação das Simulações de Tráfego dos Modelos SATURN e DRACULA**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.135 fl, 2003.

BARCELÓ, J. *Fundamentals of Traffic Simulation*. Springer, New York, US, 2010.

BENJELLOUN, A., CRAINIC, T.G *Trends, Challenges and . perspectives in city logistic*. In *Buletinul AGIR NR4/2009*, 2009.

BESTUFS *Best Urban Freight Solutions*. University of Westminster, London, England, 2007.

BESTUFS *Best Urban Freight Solutions*. University of Westminster, London, England,2008.

BHTRANS Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S/A. Imprensa, Restrição Circulação BH. Disponível em <<http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublico/Imprensa/Restri%C3%A7%C3%A3o%20circula%C3%A7%C3%A3o%20BH>>. Acesso em maio de 2012, 2011.

BHUIYAN, M. F. H *Traffic Management in Urban Areas under Freight Regulatory Initiatives*.Dissertação de Mestrado.*Department of Concordia Institute for Information Systems Engineering, Concordia University, Montreal, Quebec, Canadá*, 2011

BRASIL Código de Trânsito Brasileiro, Ministério das Cidades, Brasília, DF, 1996.

BRASIL Gestão da Mobilidade Urbana, Ministério das Cidades, Brasília, DF, 2006.

BRASIL Política Nacional de Mobilidade Urbana, Ministério das Cidades, Disponível em <<http://www.cidades.gov.br/index.php/politica-nacional-de-mobilidade-urbana>>. Acesso em abril de 2012, 2012.

BROWNE, M., PIOTROWSKA, M., WOODBURN, A., ALLEN, J. Literature Review WM9: Part I - Urban Freight Transport. Green Logistics Project. University of Westminster, London, 2007.

CAIXETA-FILHO, J. V, MARTINS, R. S. *Gestão Logística do Transporte de Cargas*. Atlas, São Paulo, S.P.,2001.

CARNIELLE, L. G. **Proposta de um Sistema de Análise da Logística Urbana para Cidades de Pequeno e Médio Porte**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2009.

CET Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo, SP. Disponível em <<http://www.cetsp.com.br/>>. Acesso em maio de 2012, 2012.

CHATTERJEE, I. **Replication of freeway workzone capacity values in a microscopic simulation model**. Dissertação de Mestrado, *University of Missouri -Columbia*, 112fl.2008.

CLEGHORN; P.: SPENCER, D.: WOLFF, R. **Best Practices in Urban Goods Movements, In Goods Movement Successes: Best Practices in Meeting Freight Challenges through Effective Planning, Partnerships and Innovations**|| *Session of the 2011 Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Edmonton, Albert.*,2011.

COELHO, E. C. “**Avaliação dos níveis de congestionamento em vias arteriais com a utilização da micro-simulação**”. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

CROWTHER, B. C. A. **comparison of CORSIM and INTEGRATION for the modeling of stationary bottlenecks**.*Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. Virginia*, 2001.

CURITIBA Disponível em <<http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/restricao-ao-trafego-de-caminhoes-comeca-nesta-quinta/24085>>. Acesso em abril de 2012, 2012.

CZERNIAK, R. J.: LAHSENE, J. S.; CHATTERJEE, A. **URBAN FREIGHT MOVEMENT, What Form Will It Take?Transportation in the New Millennium: State of the Art and Future Directions**, p. 1-7, 2000. Disponível em: <<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/millennium/00139.pdf>> Acesso em maio de 2012, 2000.

DABLANC, L. **Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize**. *Transportation Research Part A*, v. 41, p. 280-285, 2007.

DEMARCHI, S. H.; YASSUNAKA, C. **Influência dos Veículos Pesados na Capacidade e Nível de Serviço em Vias Urbanas**. In XI Encontro Anual de Iniciação Científica. Maringá, PR, 2002.

DOINA, K. S. Y.; CHOR, C. H. *Traffic Simulation Modeling: VISSIM – Undergraduate Research Opportunity Project (UROP), Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Nacional University of Singapure*, 2007.

DOWLING, R., SKABARDONIS, A., ALEXIADIS, V. **Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Software**. Federal Highway Administration, Report FHWA-HRT-04- 040, 2004.

DUTRA, Nadja Glheuca da Silva. **O enfoque de “city logistics” na distribuição urbana de encomendas**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2004.

FETCESP Serviços/ Restrições de circulação. Federação da Empresas do Transporte de Carga em São Paulo. Disponível em <<http://www.fetcesp.net/restricoes-de-circulacao.php>>. Acesso em maio de 2012, 2012.

FIGLIOZZI, M. A.; KINGDOM, L.; WILKITZKI, A. *Analysis of Freight Tours in a Congested Urban Area Using Disaggregated Data: Characteristics and Data Collection Challenges*. Portland State University, 2007..

FORTALEZA **Código de Obras e Posturas do Município**, Fortaleza, Ceará, 1981.

FORTALEZA **Lei de Uso e Ocupação do Solo, Secretaria de Infraestrutura e Desenvolvimento Urbana**, Fortaleza, Ceará, 1996.

FORTALEZA *Projeto “Pacto Por Fortaleza” Relatório Final EIXO 4 – Mobilidade Urbana e Trânsito*, , Fortaleza, Ceará, 2010.

FORTALEZA Portaria No. 218, de 09 de novembro de 2012. Regulamenta a circulação de caminhões com ou sem carga, nos corredores e áreas com restrição de circulação nas vias urbanas do Município de Fortaleza-CE, conforme sinalização de regulamentação, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Fortaleza, 09 nov. de 2012. Disponível em <<http://www.fortaleza.ce.gov.br>>. Acesso em dezembro de 2012.

GAO, Y. *Calibration and Comparison of the VISSIM and INTEGRATION microscopic traffic simulation models*. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. Virginia, 2008.

HOURDAKIS, J.; MICHALOPOULOS, P.G.; KOTTOMMANNIL, J. *Practical Procedure for Calibrating Microscopic Traffic Simulation Models*. In *Transportation Research Record 1852. Paper No. 03-4167*, Washington, D.C, 2003.

ILOS – INSTITUTO DE LOGÍSTICA E SUPPLY CHAIN Disponível em <http://www.ilos.com.br/web/index.php?searchword=TRANSPORTES+EO+PIB+B&ordering=&searchphrase=all&Itemid=200001&option=com_search&lang=br>. Acesso em abril de 2012, 2012.

LISBOA, E. F. A. Apostila do curso Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, RJ, 2002.

MACHARIS, C., MELO, S. *City distribution and urban freight transport: multiple perspectives*. *NECTAR Series on Transportatin and Communications Networks Research*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, 2011.

MAIA, F. V. B. **Calibração e validação de modelos de meso e microssimulação do tráfego para a avaliação de intervenções tático - operacionais na malha viária urbana**. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 104 fl, 2007.

MERCEDES BENZ: Acello 815. Folder informativo, 2012.

MERCEDES BENZ: Sprinter Chassi. Folder informativo, 2012.

METRANS *Simulation Test – Bed and Evaluation of Truck Movement Efficiency and Traffic Flow*. Final Report. University of Southern California and California State University. CA, 2007.

MOREIRA, R.B. **Uma contribuição para avaliação do modelo “CORSIM” em simulações de tráfego urbano no Rio de Janeiro.** Dissertação de Mestrado, programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 139 fl., 2005.

MOSES, R. *Evaluating the Effectiveness of Various Truck Lane Restrictions Practices in Florida – Phase II. Volume 3 – Evaluating of Truck Lane Restrictions on Non – Limited Access Urban Arterials. Final Report. FAMU – FSU College of Engineering. Florida, 2007.*

OGDEN, K. W. *Urban Goods Movement: A Guide to Policy and Planning*, Ashgate, England, 1992.

OLIVEIRA, A. B. S. de **Avaliação das Medidas de Restrição de Tráfego Adotadas para o Transporte de Cargas em Fortaleza.** Projeto de Graduação de Tecnologia em Vias e Transportes, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, CE, pág. 27, 2012.

OLIVEIRA, M. L. e CYBIS, H. B. B. **Revisão da Experiência de Calibração do Software VISSIM Aplicado a um Estudo de Caso de Autoestrada Brasileira.** In VII SEPROSUL-Semana de Engenharia de Produção Sul-Americana, Bento Gonçalves, Brasil, 2008.

OWEN, B.; BROCK, G.; MASTBROOK, P.; PAVLIK, R.; RAO, S.; STALLARD, C.; SUNKARI, Z.; ZHANG, Y. *A compendium of Traffic Model Validation Documentation and Recommendations: Phase I, Tasks A-H. USA: Department of Transportation*, Disponível em: <http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov/%5CJPODOCS%5CREPTS_TE/30401!.PDF> Acesso em maio de 2012, 1996.

PEREIRA NETO, W. A.; DUTRA, N. G. S.; MOREIRA, M. E. P. **Impacto de Medidas de Restrição à Circulação de Veículos de Carga na Compatibilidade Geométrica de Vias Urbanas.** In: XX ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Belo Horizonte, MG, 2011..

PTV VISSIM 5.30 *User Manual, Planning Transport Verkehr Simulation.* Karlsruhe, Germany, 2010.

RAPOLU, S. R. *Evaluating the Impacts of Interventions on Network Capacity.* Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 2010.

RUSSO, F., COMI, A. *A state of the art on urban freight distribution at European scale.* Department of Computer Science, Mathematics, Electronics and Transportation, University of Reggio Calabria, Italy, EU, In ECOMM 2004, 2004.

SANCHES JÚNIOR, P. F. **Logística da Carga Urbana: uma análise da realidade brasileira.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UNICAMP, Campinas – SP, 2008.

SILVA, A. J. **Contribuição ao Planejamento do Transporte Urbano de Carga pela Análise Física do Espaço Urbano.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 135 fl., 2006.

SOBRAPO. SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA OPERACIONAL. O QUE É PESQUISA OPERACIONAL. Disponível em <http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php>. Acesso em maio de 2012, 2012.

SOUSA, D. L. M. e RIBEIRO, P. C. M. “*Análise dos impactos causados no tráfego por alterações na rede viária utilizando micro-simulação*”. 18º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Programa de Engenharia de Transportes, pp. 441 – 452, 2003.

TANIGUCHI, E.; THOMPSON, R.G.; YAMADA, T. *Visions for City Logistics. In: The 3rd International Conference on City Logistics*. Madeira, Portugal. 25-27 jun 2003, 2003..

TOLFO, J. , PORTUGAL, L. **O uso de Microsimulador na Análise de Desempenho Viário em Redes com Pólos Geradores de Viagens**. Anais do XX Congresso da ANPET, Brasília, DF, 2006.

TRB **HIGHWAY CAPACITY MANUAL**. *Transportation Research Board. National Research Council, Washington, DC, 2000.*

TSENG, Y., YUE, W. L., TAYLOR, M. A. P. *The role of transportation in logistics chain. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, pp 1657-1672, 2005.

USDOT, FHWA **FREIGHT TRANSPORTATION, Improvements and the Economy**. U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, 2004.

USDOT, FHWA **URBAN FREIGHT CASE STUDIES**, U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, 2009..

UTCA. **Modeling Truck Traffic Volume Growth Congestion**, University Transportation Center for Alabama, UTCA Tuscaloosa, AL, 2009.

UTCA **Identifying, Anticipating and Mitigating Freight Bottlenecks on Alabama Interstates**, University Transportation Center for Alabama, UTCA Report Number 07110 Tuscaloosa, A, 2011.

VAN ZUILEN, H. J; JIE, L; SHOFENG, L. **Calibration of A Traffic Simulation for a Chinese City**. In *2nd International Conference models and Technologies for Intelligent Transportation Systems*. 22-24 June 2011, Leuven, Belgium, 2011.

XIAO, H.; AMBADIPUDI, R.; HOURDAKIS, J.; MICHALOPOULOS, P. **Methodology for Selecting Microscopic Simulators: Comparative Evaluation of AIMSUN and VISSIM**. Final Report. Department of Civil Engineering. University of Minnessota, 2005

APÊNDICES

APÊNDICE A – RESULTADOS DO CENÁRIO 1.2

APROX.	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	MÉDIA
1	11,9	10,7	10,5	13,1	10,8	11,3	11,3	11,9	11,5	11,4	11,44
2	20,5	20,8	21,7	22,2	19,6	21,2	22,6	20,9	21	21,4	21,19
3	32,3	31,7	34,7	32,1	29,8	34	33,2	33	30,4	35,7	32,69
4	14,4	14,3	15,8	14,5	14,7	15,1	14,9	14,9	14,6	15,4	14,86
	TEMPO										
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	MÉDIA
1	21,6	20,3	20,1	22,8	20,3	20,9	20,9	21,6	21,1	20,9	21,05
2	28,1	28,3	29,3	29,9	27,1	28,8	30,2	28,5	28,6	28,9	28,77
3	41,4	40,9	43,8	41,1	39	43,1	42,3	42,1	39,4	44,9	41,8
4	22,8	22,4	24,1	22,6	22,9	23,4	23,1	23,2	22,7	23,6	23,08

APÊNDICE B – RESULTADOS DO CENÁRIO 2

ATRASO	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	MÉDIA
1	10,5	11	10	10,6	10,6	12,6	10,1	9,7	10,4	12,1	10,76
2	21	20,4	21,7	23,7	20,5	22,1	22,5	22,5	22,7	22,5	21,96
3	23,1	23,5	22,2	18,3	17,5	22,2	20,6	23,5	20,6	22,5	21,4
4	11,9	12,2	12,2	11,7	12,6	11,8	11,5	11,7	11,1	11,9	11,86
											16,495
TEMPO	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	MÉDIA
1	19,7	20,7	19,6	20,2	20,3	22,7	19,6	19,1	19,9	21,5	20,33
2	28,9	27,5	29,8	31,5	27,4	29,5	30	30,1	30,2	29,6	29,45
3	31,8	32	30,8	27	27,1	31,4	29,2	32,5	29,3	31,3	30,24
4	18,9	19,6	19,2	19	20,1	19,3	19,1	18,5	18,3	18,9	19,09
											24,7775

APÊNDICE C – RESULTADO DO CENÁRIO 3

ATRASO	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	MÉDIA
1	11,3	11,6	11,3	12	10,7	11,2	11,9	10,9	11,6	12,6	11,51
2	21,6	21,2	23	21,1	19,9	21,3	21,6	21,2	21,3	22,7	21,49
3	33,1	34,6	34,4	34,3	31,8	35,1	32,4	33	32,4	31,5	33,26
4	14,8	13,7	14	15	16,9	13,5	14,8	14,7	13,3	14	14,47
											20,1825
TEMPO	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	MÉDIA
1	20	20,2	19,9	20,8	19,1	19,9	20,8	19,8	20,3	21,1	20,19
2	29,1	29	30,4	29	28,1	28,6	29,4	29	29,1	29,9	29,16
3	41,7	43,1	43	42,4	40,4	42,8	40,6	41,3	41,1	39,9	41,63
4	22,8	20,9	22,1	21,9	24,2	21,4	22,2	22,3	20,6	21,4	21,98
											28,24

APÊNDICE D – RESULTADO DO CENÁRIO 4

ATRASO	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	MÉDIA
1	7,6	7,2	6,9	8,3	6,4	7,4	8,1	7	8,2	8,1	7,52
2	21,6	20,5	22,1	19,5	21,4	21,4	20,3	19,8	21,8	21,3	20,97
3	26,2	22,6	23,8	22,7	18,8	24,3	21,4	21,9	23,7	21,3	22,67
4	12,8	10,4	12,1	11,9	12,4	11,3	11,6	12,2	10,2	10,7	11,56

15,68

TEMPO	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	MÉDIA
1	16,5	15,9	15,9	17,2	15,1	16,1	17,1	15,9	16,9	16,7	16,33
2	28,7	27,8	29,5	26,9	28,8	28,7	27,7	27,1	29,2	28,7	28,31
3	34,5	30,8	32,1	31	27,1	32,5	29,6	30,1	31,9	29,6	30,92
4	20,3	17,7	19,3	19,2	19,8	18,8	18,8	19,6	17,5	18	18,9

23,615

ANEXOS

ANEXO A - PLANILHAS DE PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA

CTAFOR		Planilha de Programação Semafórica								
SUB-ÁREA: GR36		SEMAFORO: 034	CHUZAMENTO: RUA SEN. POMPEU X RUA SAO PAULO		VERSÃO: B					
Horários de Entrada de Planos					Diagrama de Estágios					
Plano	Ciclo (s)	Seg-Sax	Sáb	Dom						
01	104	-	-	-						
ESTAGIO 01/02					ESTAGIO 02/02				CONTROADOR	

PLANO 1	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS	
LINKS	VERDE	AMARELO	VERMELHA	VERMELHO	F1	0
0342	62	5	0	37	F2	67
0341	32	5	0	67		
Pedestres	VERDE	VERM. INT.	VERMELHO			
P1	62	5	37			
P2	32	5	67			
Defasagem do amarelo do estágio 1 do semáforo 251 ao amarelo do estágio 1 do semáforo 034:					Defasagem: 15	

LINKS	DESCRIÇÃO	APROXIMAÇÃO
0341	RUA SEN. POMPEU	NORTE
0342	RUA SAO PAULO	OESTE
P1 / P2	Travessia do pedestres nas respectivas vias	

TABELA DE ENTREVERDES			
ESTÁGIO ANTERIOR	ESTÁGIO POSTERIOR		
	01	02	03
01	--	5	-
02	5	--	-
03	-	-	--

VERSÃO	DESCRIÇÃO	DATA
A	ATUALIZAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA	03/02/2006
B	AUMENTO DE CICLO E TEMPO DE VERDE PARA RUA SAO PAULO (DESVIO METROFOR)	25/11/2009

ANEXO B - PLANILHAS DE PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA

GTAR		Planilha de Programação Semafórica			
SUB-ÁREA: GR 44		SEMAFORO: 061	CRUZAMENTO: RUA SEN. POMPEU X RUA GUILHERME ROCHA		VERSÃO: B

Horários de Entrada de Planos				
Plano	Ciclo (s)	Seg-Sab	Sáb	Dom
01	104	-	-	-

Diagrama de Estágios				
				M2DA (Mestre)
ESTÁGIO 01/02	ESTÁGIO 02/02			CONTROLADOR

PLANO 1	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS	
	VERDE	AMARELO	VERM. GENL.	VERMELHO	F1	0
0611	75	4	0	25	F2	80
Pedestres	VERDE	VERM. NT	VERMELHO			
P1	20	7	77			


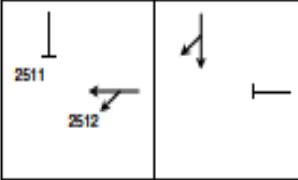
LINKS	DESCRIÇÃO	APROXIMAÇÃO
0611	RUA SEN. POMPEU	NORTE
P1	Travessia de pedestres	

TABELA DE ENTREVERDES			
ESTÁGIO ANTERIOR	ESTÁGIO POSTERIOR		
	01	02	03
01	---	4	-
02	5	---	-
03	-	-	---

PLANO BÁSICO	
Fase s	Verdes
0611	74
P1	19
Ciclo	128

VERSÃO	DESCRIÇÃO	DATA
A	ATUALIZAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA	22/04/2008
B	AUMENTO DE CICLO	02/09/2012

ANEXO C - PLANILHAS DE PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA

		Planilha de Programação Semafórica							
SUB-ÁREA: GP36		SEMÁFORO: 251	CRUZAMENTO: RUA SEN. POMPEU X RUA SEN. ALENCAR		VERSÃO: B				
Horários de Entrada de Planos					Diagrama de Estágios				
Plano	Ciclo (s)	Seg-Sex	Sáb	Dom		M2DA	ESTÁGIO 01/02	ESTÁGIO 02/02	CONTROLADOR
01	104	-	-	-					

PLANO 1	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS	
	VERDE	AMARELO	VERMELHO	VERMELHO	F1	T0
2512	38	4	0	62	F1	52
2511	58	4	0	42	F2	
Defasagem do amarelo do estágio 1 do semáforo 303 ao amarelo do estágio 1 do semáforo 251:					Defasagem: 2	

LINKS	DESCRIÇÃO	APROXIMAÇÃO
2511	RUA SEN. POMPEU	NORTE
2512	RUA SEN. ALENCAR	LESTE

ESTÁGIO ANTERIOR	ESTÁGIO POSTERIOR		
	01	02	03
01	---	4	-
02	4	---	-
03	-	-	---

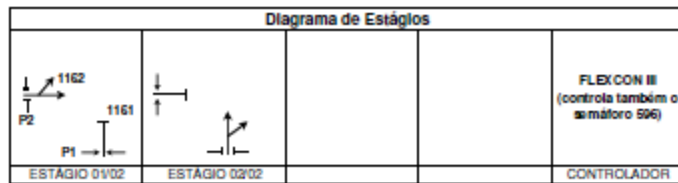
VERSÃO	DESCRIÇÃO	DATA
A	ATUALIZAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA	03/05/2006
B	ADICIONAÇÃO DOS TEMPOS DIVIDIDO AO DESEJO DE OBRA DO METROFOR	25/11/2009

ANEXO D - PLANILHAS DE PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA

	Planilha de Programação Semafórica		
SUBÁREA: GR 59	SEMAFORO: 116	CRUZAMENTO: RUA GENERAL SAMPAIO X RUA SÃO PAULO	VERSÃO: D

Horários de Entrada de Planos				
Plano	Ciclo (s)	Seg-Sab	Sáb	Dom
01	144	06:30	-	-
02	144	08:30	-	-
03	126	10:30	09:00	-
04	126	13:00	-	-
05	126	17:00	-	-
06	72	19:00	07:00	-
07	64	21:00	13:00	08:00
08	64	00:00	00:00	00:00

Repetição de planos				
Plano	Repetição	Repetição	Repetição	Repetição



PLANO 1	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS	
LINKS	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	F2
1162	57	4	2	81	77	140
1161	75	4	2	63		
Pedestres	VERDE	VERM. INT.	VERMELHO			
P1	57	6	81			
P2	75	6	63			

PLANO 2	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS	
LINKS	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	F2
1162	57	4	2	81	77	140
1161	75	4	2	63		
Pedestres	VERDE	VERM. INT.	VERMELHO			
P1	57	6	81			
P2	75	6	63			

PLANO 3	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS	
LINKS	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	F2
1162	45	4	2	77	89	12
1161	71	4	2	51		
Pedestres	VERDE	VERM. INT.	VERMELHO			
P1	45	6	77			
P2	71	6	51			

PLANO 4	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS	
LINKS	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	F2
1162	56	4	2	66	78	12
1161	60	4	2	62		
Pedestres	VERDE	VERM. INT.	VERMELHO			
P1	56	6	66			
P2	60	6	62			

PLANO 5	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS	
LINKS	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	F2
1162	56	4	2	66	78	12
1161	60	4	2	62		
Pedestres	VERDE	VERM. INT.	VERMELHO			
P1	56	6	66			
P2	60	6	62			

PLANO 6	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS	
LINKS	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	F2
1162	28	4	2	38	33	67
1161	32	4	2	34		
Pedestres	VERDE	VERM. INT.	VERMELHO			
P1	28	6	38			
P2	32	6	34			

PLANO 7	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS	
LINKS	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	F2
1162	20	4	2	38	32	58
1161	32	4	2	26		
Pedestres	VERDE	VERM. INT.	VERMELHO			
P1	20	6	38			
P2	32	6	26			

PLANO 8	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS	
LINKS	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	F2
1162	20	4	2	38	32	58
1161	32	4	2	26		
Pedestres	VERDE	VERM. INT.	VERMELHO			
P1	20	6	38			
P2	32	6	26			

LINKS	DESCRIÇÃO	APROXIMAÇÃO
1161	RUA GENERAL SAMPAIO	SUL
1162	RUA SÃO PAULO	OESTE
P1/P2 Travesteira de pedestres nas respectivas vias		

TABELA DE ENTREVERDES			
ESTÁGIO ANTERIOR	ESTÁGIO POSTERIOR		
	01	02	03
01	—	6	-
02	6	—	-
03	-	-	—

PLANO BÁSICO	
Fases	Verdes mínimos
1161	31
1162	19
P1	19
P2	31
Ciclo máx.	144







VERSÃO	DESCRIÇÃO	DATA
A	NOVA PROGRAMAÇÃO	17/01/2004
B	MUDANÇA PARA PROGRAMAÇÃO MULTIPLANO (DESVO C/BA METROFOR)	23/04/2009
C	DESVO C/BA METROFOR - INTENSIFICAÇÃO TOTAL T. GONÇALVES X CASTRO E SILVA	09/12/2009
D	ATUALIZAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO	05/09/2012

ANEXO E - PLANILHAS DE PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA

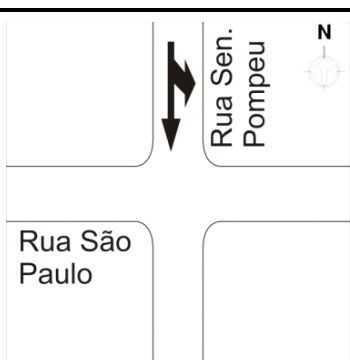

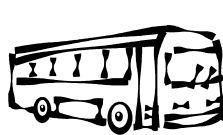

Planilha de Programação Semafórica																																																									
SUBÁREA: GR 59	SEMAFORO: 596	CRUZAMENTO: RUA GENERAL SAMPAIO X RUA SENADOR ALENCAR	Veículo: C																																																						
Horários de Entrada de Planos <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th>Plano</th> <th>Ciclo (s)</th> <th>Seg-Sab</th> <th>Sáb</th> <th>Dom</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td>144</td><td>06:30</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>02</td><td>144</td><td>08:30</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>03</td><td>128</td><td>10:30</td><td>09:00</td><td>-</td></tr> <tr><td>04</td><td>128</td><td>13:00</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>05</td><td>128</td><td>17:00</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>06</td><td>72</td><td>19:00</td><td>07:00</td><td>-</td></tr> <tr><td>07</td><td>64</td><td>21:00</td><td>13:00</td><td>08:00</td></tr> <tr><td>08</td><td>64</td><td>00:00</td><td>00:00</td><td>00:00</td></tr> </tbody> </table>		Plano	Ciclo (s)	Seg-Sab	Sáb	Dom	01	144	06:30	-	-	02	144	08:30	-	-	03	128	10:30	09:00	-	04	128	13:00	-	-	05	128	17:00	-	-	06	72	19:00	07:00	-	07	64	21:00	13:00	08:00	08	64	00:00	00:00	00:00	Diagrama de Estágios <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>										
Plano	Ciclo (s)	Seg-Sab	Sáb	Dom																																																					
01	144	06:30	-	-																																																					
02	144	08:30	-	-																																																					
03	128	10:30	09:00	-																																																					
04	128	13:00	-	-																																																					
05	128	17:00	-	-																																																					
06	72	19:00	07:00	-																																																					
07	64	21:00	13:00	08:00																																																					
08	64	00:00	00:00	00:00																																																					
Repetição de planos <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th>Plano</th> <th>Repetição</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Plano	Repetição									Conjugado ao semáforo 116 CONTROLADOR																																													
Plano	Repetição																																																								
PLANO 1 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">LINKS</th> <th colspan="4">TEMPOS (s)</th> <th colspan="2">ESTÁGIOS</th> </tr> <tr> <th>VERDE</th> <th>AMARELO</th> <th>VERM.GERAL</th> <th>VERMELHO</th> <th>F1</th> <th>140</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5962</td> <td>94</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>44</td> <td>F2</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>5961</td> <td>38</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS		VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	140	5962	94	4	2	44	F2	96	5961	38	4	2	100			PLANO 2 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">LINKS</th> <th colspan="4">TEMPOS (s)</th> <th colspan="2">ESTÁGIOS</th> </tr> <tr> <th>VERDE</th> <th>AMARELO</th> <th>VERM.GERAL</th> <th>VERMELHO</th> <th>F1</th> <th>140</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5962</td> <td>94</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>44</td> <td>F2</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>5961</td> <td>38</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS		VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	140	5962	94	4	2	44	F2	96	5961	38	4	2	100		
LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS																																																				
	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	140																																																			
5962	94	4	2	44	F2	96																																																			
5961	38	4	2	100																																																					
LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS																																																				
	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	140																																																			
5962	94	4	2	44	F2	96																																																			
5961	38	4	2	100																																																					
PLANO 3 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">LINKS</th> <th colspan="4">TEMPOS (s)</th> <th colspan="2">ESTÁGIOS</th> </tr> <tr> <th>VERDE</th> <th>AMARELO</th> <th>VERM.GERAL</th> <th>VERMELHO</th> <th>F1</th> <th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5962</td> <td>77</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>45</td> <td>F2</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>5961</td> <td>39</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>83</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS		VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	12	5962	77	4	2	45	F2	95	5961	39	4	2	83			PLANO 4 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">LINKS</th> <th colspan="4">TEMPOS (s)</th> <th colspan="2">ESTÁGIOS</th> </tr> <tr> <th>VERDE</th> <th>AMARELO</th> <th>VERM.GERAL</th> <th>VERMELHO</th> <th>F1</th> <th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5962</td> <td>77</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>45</td> <td>F2</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>5961</td> <td>39</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>83</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS		VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	12	5962	77	4	2	45	F2	95	5961	39	4	2	83		
LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS																																																				
	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	12																																																			
5962	77	4	2	45	F2	95																																																			
5961	39	4	2	83																																																					
LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS																																																				
	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	12																																																			
5962	77	4	2	45	F2	95																																																			
5961	39	4	2	83																																																					
PLANO 5 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">LINKS</th> <th colspan="4">TEMPOS (s)</th> <th colspan="2">ESTÁGIOS</th> </tr> <tr> <th>VERDE</th> <th>AMARELO</th> <th>VERM.GERAL</th> <th>VERMELHO</th> <th>F1</th> <th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5962</td> <td>77</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>45</td> <td>F2</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>5961</td> <td>39</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>83</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS		VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	12	5962	77	4	2	45	F2	95	5961	39	4	2	83			PLANO 6 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">LINKS</th> <th colspan="4">TEMPOS (s)</th> <th colspan="2">ESTÁGIOS</th> </tr> <tr> <th>VERDE</th> <th>AMARELO</th> <th>VERM.GERAL</th> <th>VERMELHO</th> <th>F1</th> <th>67</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5962</td> <td>45</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>21</td> <td>F2</td> <td>46</td> </tr> <tr> <td>5961</td> <td>15</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>51</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS		VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	67	5962	45	4	2	21	F2	46	5961	15	4	2	51		
LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS																																																				
	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	12																																																			
5962	77	4	2	45	F2	95																																																			
5961	39	4	2	83																																																					
LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS																																																				
	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	67																																																			
5962	45	4	2	21	F2	46																																																			
5961	15	4	2	51																																																					
PLANO 7 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">LINKS</th> <th colspan="4">TEMPOS (s)</th> <th colspan="2">ESTÁGIOS</th> </tr> <tr> <th>VERDE</th> <th>AMARELO</th> <th>VERM.GERAL</th> <th>VERMELHO</th> <th>F1</th> <th>52</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5962</td> <td>37</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>21</td> <td>F2</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>5961</td> <td>15</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>43</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS		VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	52	5962	37	4	2	21	F2	41	5961	15	4	2	43			PLANO 8 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">LINKS</th> <th colspan="4">TEMPOS (s)</th> <th colspan="2">ESTÁGIOS</th> </tr> <tr> <th>VERDE</th> <th>AMARELO</th> <th>VERM.GERAL</th> <th>VERMELHO</th> <th>F1</th> <th>52</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5962</td> <td>37</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>21</td> <td>F2</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>5961</td> <td>15</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>43</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS		VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	52	5962	37	4	2	21	F2	41	5961	15	4	2	43		
LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS																																																				
	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	52																																																			
5962	37	4	2	21	F2	41																																																			
5961	15	4	2	43																																																					
LINKS	TEMPOS (s)				ESTÁGIOS																																																				
	VERDE	AMARELO	VERM.GERAL	VERMELHO	F1	52																																																			
5962	37	4	2	21	F2	41																																																			
5961	15	4	2	43																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>LINKS</th> <th>DESCRIÇÃO</th> <th>APROXIMAÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5961</td> <td>RUA SENADOR ALENCAR</td> <td>LESTE</td> </tr> <tr> <td>5962</td> <td>RUA GENERAL SAMPAIO</td> <td>SUL</td> </tr> </tbody> </table>		LINKS	DESCRIÇÃO	APROXIMAÇÃO	5961	RUA SENADOR ALENCAR	LESTE	5962	RUA GENERAL SAMPAIO	SUL	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="4">TABELA DE ENTREVERDES</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">ESTÁGIO ANTERIOR</th> <th colspan="3">ESTÁGIO POSTERIOR</th> </tr> <tr> <th>01</th> <th>02</th> <th>03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>---</td> <td>6</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>6</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>		TABELA DE ENTREVERDES				ESTÁGIO ANTERIOR	ESTÁGIO POSTERIOR			01	02	03	01	---	6	---	02	6	---	---	03	---	---	---																						
LINKS	DESCRIÇÃO	APROXIMAÇÃO																																																							
5961	RUA SENADOR ALENCAR	LESTE																																																							
5962	RUA GENERAL SAMPAIO	SUL																																																							
TABELA DE ENTREVERDES																																																									
ESTÁGIO ANTERIOR	ESTÁGIO POSTERIOR																																																								
	01	02	03																																																						
01	---	6	---																																																						
02	6	---	---																																																						
03	---	---	---																																																						
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">PLANO BÁSICO</th> </tr> <tr> <th>Fases</th> <th>Verdes mínimos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5961</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>5962</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ciclo máx. 144</td> </tr> </tbody> </table>		PLANO BÁSICO		Fases	Verdes mínimos	5961	14	5962	20	Ciclo máx. 144																																													
PLANO BÁSICO																																																									
Fases	Verdes mínimos																																																								
5961	14																																																								
5962	20																																																								
Ciclo máx. 144																																																									

VERSÃO	DESCRIÇÃO	DATA
A	IMPLANTAÇÃO DE SEMAFORO - PROGRAMAÇÃO ORIGINAL	24/04/09
B	MUD. TEMPO PARA A SINAL. ALINHAR NOS PLS. T.A. 5	12/09/2009
C	DESDO. CERA METROFOR - INTERSEÇÃO TOTAL T. GONÇALVES X GASTRO E SILVA	02/12/2009

ANEXO F - DADOS DA PESQUISA VOLUMÉTRICA, DIRECIONAL, CLASSIFICATÓRIA.

PESQUISA DE VOLUME DE TRÁFEGO									
Local: RUA SÃO PAULO X RUA GENERAL SAMPAIO									
Aproximação: OESTE					Número:				
Croqui: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Rua São Paulo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>N</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Rua Gen. Sampaio</p> </div> </div>									
Pesquisador:									
Data:					Dia da Semana:				
Condições do Tempo: () Sol () Nublado () Chuva									
Hora	 Automóvel			 Ônibus			 Caminhão		
	↙	↑	↘	↙	↑	↘	↙	↑	↘
TESTE 16:30 - 16:45									
17:00 - 17:15	29	91		10	6		1	4	
17:15 - 17:30	61	174		25	9		2	6	
17:30 - 17:45	96	242		40	14		2	7	
17:45 - 18:00	118	338		46	19		2	10	
Observações:									

ANEXO G - DADOS DA PESQUISA VOLUMÉTRICA, DIRECIONAL, CLASSIFICATÓRIA

PESQUISA DE VOLUME DE TRÁFEGO										
Local: RUA SENADOR POMPEU X RUA SÃO PAULO										
Aproximação: NORTE						Número:				
Croqui: <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 20px;">  </div>										
Pesquisador:										
Data:						Dia da Semana:				
Condições do Tempo: () Sol () Nublado () Chuva										
Hora	 Automóvel			 Ônibus			 Caminhão			
			↙	↑		↙	↑		↙	↑
TESTE 16:30 - 16:45										
17:00	-	17:15	35	64		0	0		1	2
17:15	-	17:30	77	148		0	0		2	5
17:30	-	17:45	120	221		0	0		3	7
17:45	-	18:00	149	271		0	0		4	10
Observações:										

ANEXO H- DADOS DA PESQUISA VOLUMÉTRICA, DIRECIONAL, CLASSIFICATÓRIA

PESQUISA DE VOLUME DE TRÁFEGO										
Local: RUA SENADOR ALENCAR X RUA SENADOR POMPEU										
Aproximação: LESTE						Número:				
Croqui: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Rua Sen. Pompeu</div> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Rua Sen. Alencar</div> </div>										
Pesquisador:										
Data:						Dia da Semana:				
Condições do Tempo: () Sol () Nublado () Chuva										
Hora	 Automóvel			 Ônibus			 Caminhão			
	↙	↑	↘	↙	↑	↘	↙	↑	↘	↘
TESTE 16:30 - 16:45										
17:00	-	17:15	17	44		0	0		1	4
17:15	-	17:30	46	55		0	0		2	4
17:30	-	17:45	68	84		0	0		6	4
17:45	-	18:00	99	112		0	0		7	4
Observações:										

ANEXO I- DADOS DA PESQUISA VOLUMÉTRICA, DIRECIONAL, CLASSIFICATÓRIA

PESQUISA DE VOLUME DE TRÁFEGO										
Local: RUA GENERAL SAMPAIO X RUA SENADOR ALENCAR										
Aproximação: SUL						Número:				
Croqui: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> </div> </div>										
Pesquisador:										
Data:						Dia da Semana:				
Condições do Tempo: () Sol () Nublado () Chuva										
Hora	 Automóvel			 Ônibus			 Caminhão			
	↙	↑	↘	↙	↑	↘	↙	↑	↘	↘
TESTE 16:30 - 16:45										
17:00	-	17:15	22	80	0	14	1	5	0	0
17:15	-	17:30	38	157	0	31	3	6	0	0
17:30	-	17:45	67	231	0	53	5	7	0	0
17:45	-	18:00	91	296	0	62	5	10	0	0
Observações:										

ANEXO J- DADOS DA PESQUISA VOLUMÉTRICA, DIRECIONAL, CLASSIFICATÓRIA

PESQUISA DE VOLUME DE TRÁFEGO															
Local: RUA GENERAL SAMPAIO X RUA SÃO PAULO															
Aproximação: SUL						Número:									
Croqui: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> </div> </div>															
Pesquisador: _____															
Data: _____						Dia da Semana: _____									
Condições do Tempo: () Sol () Nublado () Chuva															
Hora	 Automóvel			 Ônibus			 Caminhão								
				↑	↗				↑	↗				↑	↗
TESTE 16:30 - 16:45															
17:00	-	17:15		83	42		6	0		6	1				
17:15	-	17:30		145	75		8	0		7	4				
17:30	-	17:45		250	109		16	0		10	5				
17:45	-	18:00		312	142		21	1		14	5				
Observações:															

ANEXO K- DADOS DA PESQUISA VOLUMÉTRICA, DIRECIONAL, CLASSIFICATÓRIA

PESQUISA DE VOLUME DE TRÁFEGO											
Local: RUA SÃO PAULO X RUA SENADOR POMPEU											
Aproximação: OESTE					Número:						
Croqui: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> Rua Sen. Pompeu </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> Rua São Paulo </div> </div>											
Pesquisador: _____											
Data: _____					Dia da Semana: _____						
Condições do Tempo: () Sol () Nublado () Chuva											
Hora	 Automóvel			 Ônibus			 Caminhão				
			↑	↗			↑	↗		↑	↗
TESTE 16:30 - 16:45		0:00									
17:00 - 17:15			105	47			7	0		4	0
17:15 - 17:30			194	66			11	0		7	1
17:30 - 17:45			267	89			17	0		8	2
17:45 - 18:00			369	117			22	0		11	2
Observações:											

ANEXO L- DADOS DA PESQUISA VOLUMÉTRICA, DIRECIONAL, CLASSIFICATÓRIA

PESQUISA DE VOLUME DE TRÁFEGO											
Local: RUA SENADOR POMPEU X RUA SENADOR ALENCAR											
Aproximação: NORTE					Número:						
Croqui: <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 20px; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> </div> </div>											
Pesquisador: _____											
Data: _____					Dia da Semana: _____						
Condições do Tempo: () Sol () Nublado () Chuva											
Hora				 Automóvel		 Ônibus		 Caminhão			
				↑	↗	↑	↗	↑	↗		
TESTE 16:30 - 16:45											
17:00	-	17:15		76	40		0	0		3	0
17:15	-	17:30		149	79		0	0		6	0
17:30	-	17:45		219	117		0	0		7	0
17:45	-	18:00		266	148		0	0		9	1
Observações:											

ANEXO M- DADOS DA PESQUISA VOLUMÉTRICA, DIRECIONAL, CLASSIFICATÓRIA

PESQUISA DE VOLUME DE TRÁFEGO														
Local: RUA SENADOR ALENCAR X RUA GENERAL SAMPAIO														
Aproximação: LESTE					Número:									
Croqui: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Rua Sen. Alencar</div> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Rua Gen. Sampaio</div> </div>														
Pesquisador:														
Data:					Dia da Semana:									
Condições do Tempo: () Sol () Nublado () Chuva														
Hora			 Automóvel			 Ônibus			 Caminhão					
			↑	↗				↑	↗				↑	↗
TESTE 16:30 - 16:45														
17:00	-	17:15	52	26				0	0				3	1
17:15	-	17:30	104	55				0	0				3	2
17:30	-	17:45	140	89				0	0				3	3
17:45	-	18:00	177	120				0	0				4	3
Observações:														