

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Vanessa Ries

**ANÁLISE DO TEMPO DE VIAGEM DO TRANSPORTE
COLETIVO A PARTIR DA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO
DE FAIXA EXCLUSIVA EM HORA-PICO**

Porto Alegre
Dezembro 2016

VANESSA RIES

**ANÁLISE DO TEMPO DE VIAGEM DO TRANSPORTE
COLETIVO A PARTIR DA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO
DE FAIXA DE EXCLUSIVA EM HORA-PICO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientadora: Helena Beatriz Bettella Cybis
Coorientador: Felipe Caleffi

Porto Alegre
Dezembro 2016

VANESSA RIES

**ANÁLISE DO TEMPO DE VIAGEM DO TRANSPORTE
COLETIVO A PARTIR DA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO
DE FAIXA EXCLUSIVA EM HORA-PICO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, Dezembro de 2016

Prof. Helena Beatriz Bettella Cybis
PhD em Transport Engineering pela
University of Leeds, Grã-Bretanha
Orientadora

Me. Felipe Caleffi
M. Sc. em Engenharia de Transportes pela
UFRGS, Porto Alegre, RS.
Coorientador

BANCA EXAMINADORA

Helena Beatriz Bettella Cybis
(UFRGS)
PhD. pela University of Leeds.

Felipe Caleffi
(UFRGS)
M. Sc. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Fernando Dutra Michel
(UFRGS)
M. Sc. pela Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro.

Maria Cristina Molina Ladeira
(EPTC)
M. Sc. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha mãe Lise Fontes Ries, por todo o suporte e dedicação no decorrer da minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora PhD. Helena Beatriz Bettella Cybis e ao Me. Felipe Caleffi, respectivamente orientadora e coorientador deste trabalho, pelos conhecimentos compartilhados, tempo disponibilizado e por toda atenção dedicada durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Empresa Pública de Transporte e Circulação de Porto Alegre, principalmente à Maria Cristina Molina Ladeira, diretora de transportes, por toda assistência oferecida para que este trabalho fosse realizado.

Aos meu familiares e amigos, pelo apoio e pelas palavras de incentivo dadas durante os períodos de dificuldade.

Aos meus avós paternos, Walter Ries e Inge Ries, pela importância que deram à minha educação. Assim como, aos meus avós maternos, Person Antônio Fontes e Ivone Losekann Fontes, pelo apoio durante a minha formação acadêmica e pessoal.

Ao meu namorado, Rodrigo Fonseca de Souza, que assumiu um papel essencial na minha graduação, auxiliando-me quando necessário e acreditando na minha capacidade de lidar com os problemas que surgissem.

Agradeço especialmente à minha mãe, Lise Fontes Ries, por sempre ter acreditado em mim e nas minhas escolhas, me auxiliando incondicionalmente em todos os momentos da minha vida. Ao meu pai, Carlos Ries, e minhas irmãs, Carla Ries e Andrea Ries, pelos conselhos e momentos de descontração.

E por fim agradeço a todos aqueles que não foram citados aqui, mas que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse realizar meu trabalho de conclusão.

A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará
ao seu tamanho original.

Albert Einstein

RESUMO

O aquecimento do mercado automotivo, que ocorreu nos últimos anos, gerou um aumento da frota de veículos que circulam diariamente pelas cidades no Brasil. Como consequência dessa expansão, o impacto nos tempos de deslocamentos diário da população têm se tornado cada vez maior e com um nível de qualidade insatisfatório. A cidade de Porto Alegre tem buscado alternativas eficientes com o objetivo de promover um transporte público de qualidade aos usuários. Deste modo, este trabalho versa sobre o transporte coletivo e promove, a partir da utilização do software de micro simulação VISSIM, uma análise acerca da implantação de uma faixa de uso exclusivo aos ônibus num trecho da Avenida Ipiranga, entre as ruas Guilherme Alves e Silva Só, com a finalidade de verificar os impactos sobre os tempos de viagem. Assim, a partir da classificação e comparação dos modelos de referência e de estudo, é possível avaliar neste trabalho, as consequências das modificações realizadas na via. Entende-se que a inserção de uma faixa de uso exclusivo ao transporte coletivo é viável desde que outras medidas de Gestão de Tráfego sejam executadas em conjunto. Ainda que se verifique um impacto negativo nos tempos de viagem dos veículos individuais, é necessário considerar o cenário em que a sociedade terá um benefício maior. É importante entender que a implantação de faixa exclusiva é necessária para a evolução do sistema e atua em prol da estruturação urbana de qualidade. (EPTC, 2013).

Palavras-chave: Faixa Exclusiva de ônibus, Transporte Coletivo, VISSIM, Calibração, Validação, Simulação de Tráfego, Tempos de Viagem.

ABSTRACT

The automotive market boom seen in the last years has led to an increase in the number of vehicles transiting throughout most of the cities in Brazil. As a result of this expansion, traffic jams are more frequent, jeopardizing the daily journeys of their inhabitants. Facing this scenario, Porto Alegre city administration has been seeking efficient alternatives to promote and improve its public transport system. Therefore, the main object of this work is the collective transport and the viability of one these alternatives: the implementation of exclusive traffic lane for buses in part of Ipiranga avenue, between Guilherme Alves St. and Sila Só St. The analysis of its impacts will be possible through the classification and comparison of reference models and studies. It is understood that the inclusion of exclusive lane for the public transport is viable

if other traffic management measures are implemented together. Although there is a negative impact on travel times of individual vehicles, it is necessary to consider the scenario in which the society will have a greater benefit. It is important to know that the implementation of preferential lane is necessary to improve the quality and efficiency of the City's public transport system. (EPTC, 2013. Tradução própria)

Keywords: Exclusive Bus Lane, Public Transport, VISSIM, Calibration, Validation, Traffic Simulation, Travel Time.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema das etapas de pesquisa	17
Figura 2 – ROW categoria C - Transporte em tráfego misto	21
Figura 3 – ROW categoria B – Separação parcial	22
Figura 4 – ROW categoria A – Totalmente controlada	22
Figura 5 – Diferentes tipos de faixas de ônibus	30
Figura 6 – Mapa das linhas de ônibus.....	33
Figura 7 – Modelo de estudo aplicado no VISSIM.....	36
Figura 8 – Modelo do estudo aplicado no VISSIM em 2D.....	37
Figura 9 – Modelo do estudo aplicado no VISSIM em 3D.....	37
Figura 10 – Modelo de programação semafórica utilizado no simulador.....	38
Figura 11 – Tempos de Embarque/Desembarque utilizado no simulador.....	39
Figura 12 – Cenário de Referência – Média dos tempos de viagem e velocidade do Transporte Coletivo.....	43
Figura 13 – Cenário de Referência – Média dos tempos de viagem e velocidade dos Veículos de Passeio.....	43
Figura 14 – Cenário de Estudo - Média dos tempos de viagem e velocidade do transporte Coletivo.....	45
Figura 15 – Cenário de Estudo - Média dos tempos de viagem e velocidade dos Veículos de Passeio.....	45
Figura 16 – Via com sua capacidade máxima – 2D	46
Figura 17 – Via com sua capacidade máxima – 3D	47
Figura 18 – Comparação da Média dos tempos de viagem entre o Cenário de Referência e o Cenário de Estudo para o Transporte Coletivo.....	48
Figura 19 - Comparação da Média das Velocidades entre o Cenário de Referência e o Cenário de Estudo para o Transporte Coletivo.....	48
Figura 20 - Comparação da Média dos tempos de viagem entre o Cenário de Referência e o Cenário de Estudo para os Veículos de Passeio.....	49
Figura 21 - Comparação da Média das Velocidades entre o Cenário de Referência e o Cenário de Estudo para os veículos de Passeio.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos tipos de Transportes Público através da classificação ROW e tecnológica.....	21
Tabela 2 – Viagens motorizadas, várias cidades.....	23
Tabela 3 – Indicadores da infraestrutura do sistema de transporte por ônibus na cidade de Porto Alegre.....	32
Tabela 4 – Demanda de Passageiros na Hora de Pico – Avenida Ipiranga.....	42
Tabela 5 – Resultados Cenário de Referência.....	44
Tabela 6 – Resultados Cenário de Estudo.....	46
Tabela 7 – Resumo Comparativo.....	50
Tabela 8 – Lista das obras que influenciaram na coleta de dados.....	52

LISTA DE SIGLAS

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LASTRAN – Laboratório de Sistemas de Transportes

EPTC – Empresa Pública de Transporte e Circulação

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ROW – Rights of Way

BRT – Bus Rapid Transit

BHLS – Bus with High Level of Transit

RBL – Regular Bus Lane

CBL – Contraflow Bus Lane

EBL – Exclusive Bus Lane

AGT – Automated Guided Bus

PRT – Personal Rapid Transit

LRT – Light Rail Transit

BC – Bairro-Centro

CB – Centro-Bairro

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

LISTA DE SÍMBOLOS

m – metros

km – quilômetros

km/h – quilômetros por hora

s – segundo

min – minuto

h – hora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DE PESQUISA.....	15
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA	15
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA.....	15
2.3 PRESSUPOSTO.....	16
2.4 PREMISSE.....	16
2.5 DELIMITAÇÕES.....	16
2.6 LIMITAÇÕES.....	16
2.7 DELINEAMENTO.....	16
3 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS.....	19
3.1 BREVE HISTÓRICO.....	19
3.2 A VANTAGEM DO TRANSPORTE COLETIVO.....	23
3.3 MEDIDAS DE PRIORIZAÇÃO.....	24
3.4 FATORES CARACTERIZADORES DE QUALIDADE	25
4 FAIXAS EXCLUSIVAS.....	28
4.1 HISTÓRICO DA CIDADE DE PORTO ALEGRE.....	31
4.2 INFRAESTRUTURA DO SISTEMA DE TRANSPORTE COLETIVO.....	32
5 ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE FAIXA EXCLUSIVA AO TRANSPORTE COLETIVO EM HORA-PICO NA AVENIDA IPIRANGA.....	34
5.1 METODOLOGIA.....	34
5.1.1 O SIMULADOR VISSIM.....	34
5.1.2 CALIBRAÇÃO DO SOFTWARE.....	36
5.1.3 ANÁLISE DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA.....	38
5.1.4 ANÁLISE DO CENÁRIO DE ESTUDO.....	41
5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	42
5.2.1 CENÁRIO DE REFERÊNCIA.....	42
5.2.2 CENÁRIO DE ESTUDO.....	44
5.3 ANÁLISE COMPARATIVA.....	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS	53
APÊNDICES.....	55

1 INTRODUÇÃO

O cenário atual das cidades em desenvolvimento pode ser analisado a partir da crescente motorização e urbanização dos centros urbanos, e ainda, através do rápido avanço econômico em virtude do aumento de renda da população. Sem o devido planejamento de uma infraestrutura adequada para as cidades, problemas como congestionamentos tornaram-se comuns à sociedade moderna. É possível perceber, entretanto, um aumento de políticas governamentais para solucionar os problemas gerados por esta crescente utilização do automóvel particular nas grandes cidades.

A cidade que quiser resolver o problema de locomoção de seus habitantes com automóveis ampliará cada vez mais as áreas centrais de circulação e estacionamento, até o extremo em que não existirão mais os edifícios; aí deixará de existir também a cidade. (BRANCO, 1981, apud FERRAZ E TORRES, 2004)

As consequências do uso do automóvel na sociedade são diversas, além do aumento dos congestionamentos, que acarreta em um acréscimo nos tempos de viagem de todos os usuários da via, há também a necessidade de grandes investimentos de recursos públicos para expansão e manutenção da infraestrutura em geral. Adicionalmente, o crescente número de automóveis particulares nas vias, acarreta em um aumento no número de acidentes.

No Brasil, o transporte público urbano se dá, na sua maioria, por meio de ônibus. A qualidade do serviço oferecido por este modal de transporte, por vezes, não consegue atingir as necessidades, e tão pouco, as expectativas dos seus usuários. A falta de segurança e de pontualidade, o desconforto, a superlotação e os congestionamentos são problemas enfrentados cotidianamente pelos seus usuários. Esta situação cria uma demanda natural do transporte coletivo para o particular, conforme o aumento do poder aquisitivo das classes sociais. (FERRARO, p.13, 2013).

Dentre as ações empregadas para a qualificação do transporte coletivo e conseqüentemente redução do uso do automóvel particular, pode-se citar a implantação de faixas de uso exclusivo ao transporte público. Estas têm como propósito a priorização dos coletivos nas vias proporcionando aos usuários, melhores tempos de viagem além de uma confiabilidade maior no serviço.

Neste trabalho será apresentado um comparativo entre a situação atual e a projetada para o transporte coletivo por ônibus, a partir da implantação de uma faixa exclusiva em um trecho da avenida Ipiranga em Porto Alegre. Para fins de comparação, foram utilizados dados reais da avenida fornecidos pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) juntamente com os resultados obtidos a partir do software utilizado para o projeto.

No próximo capítulo são apresentadas as diretrizes de pesquisa. O capítulo 3, posteriormente, apresenta um breve histórico do Sistema de Transporte Coletivo por ônibus, as vantagens, medidas de priorização e fatores caracterizados de qualidade que serão utilizados para este trabalho. No capítulo 4, dá-se ênfase às faixas exclusivas. No capítulo 5, é descrita a metodologia utilizada neste trabalho, e apresentadas as análises realizadas. Finalmente, o último capítulo tece as considerações finais.

2 DIRETRIZES DE PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: a implantação de uma faixa exclusiva ao transporte coletivo em hora-pico irá contribuir para a redução dos tempos de viagens do transporte público por ônibus?

2.2 OBJETIVO DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é o de avaliar o tempo de viagem do meio de transporte por ônibus através da simulação de uma via arterial utilizando o software específico de simulação de tráfego.

2.2.2 Objetivo secundário

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) identificação de pesquisas e estudos a respeito de medidas de priorização do transporte público por ônibus com foco em faixas exclusivas;
- b) descrição da metodologia utilizada para a simulação do tráfego urbano analisado;
- c) identificação do impacto gerado pela implantação da faixa exclusiva na via arterial:
 - I. tempo de viagem dos ônibus;
 - II. variabilidade no tempo de viagem dos ônibus;
 - III. tempo de viagem do transporte automotivo particular.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que a via arterial modelada no software é realista e coerente, uma vez que foram utilizados dados verdadeiros para a calibração e simulação, desse modo, os resultados obtidos são válidos.

2.4 PREMISSA

O trabalho de pesquisa tem por premissa a priorização do ônibus como transporte coletivo urbano em virtude do aumento do tráfego de automóveis individuais.

2.5 DELIMITAÇÕES

A pesquisa está delimitada à comparação de tempos de viagens, atual e projetada, do transporte coletivo por ônibus em um trecho da via existente no município de Porto Alegre, através da utilização do software de micro-simulação VISSIM.

2.6 LIMITAÇÕES

O trabalho possui as seguintes limitações:

- a) dada a dificuldade de ter acesso a contagens volumétricas completas, contagem semaforica, tempos de parada dos ônibus, entre outros dados necessários, a análise da via será baseada em dados fornecidos pela EPTC.
- b) dada as limitações de tempo e recursos, houve a necessidade de extrapolação de dados fornecidos para uma perfeita calibração do simulador.
- c) em virtude do tempo reduzido para a pesquisa e a necessidade de uma elevada coleta de dados, optou-se por realizar a simulação de apenas um trecho da avenida Ipiranga (compreendido entre as ruas Guilherme Alves e Silva Só) e em um único sentido de tráfego (Bairro-Centro).

2.7 DELINEAMENTO

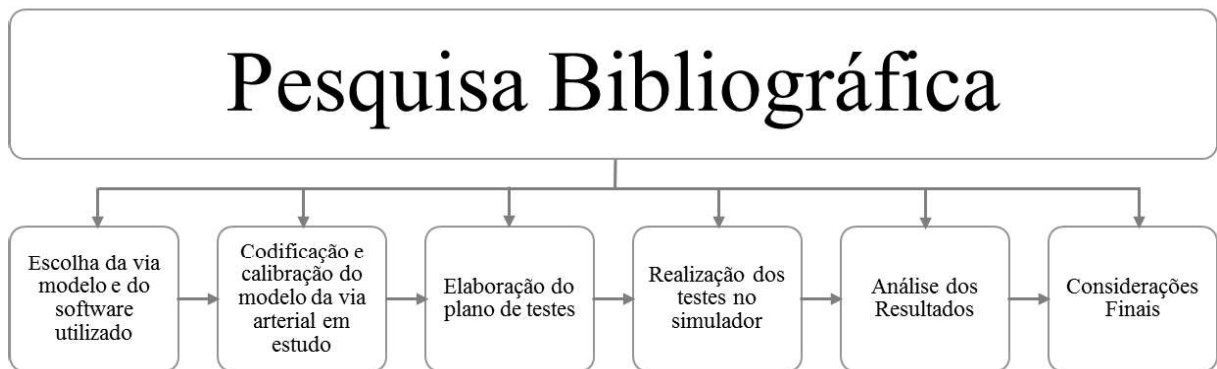
O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, representadas na figura 1 e descritas no próximo parágrafo: indicado:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) escolha da via modelo e do software utilizado;
- c) codificação e calibração do modelo de via arterial em estudo;

- d) elaboração do plano de testes;
- e) realização dos testes no simulador;
- f) análise dos resultados;
- g) considerações finais.

Cada uma das etapas e suas devidas relações estão apresentadas na figura 1 e são descritas nos próximos parágrafos.

Figura 1 - Esquema das etapas de pesquisa



(fonte: própria da autora)

A primeira etapa deste projeto de pesquisa consiste na **pesquisa bibliográfica**, que foi responsável por fornecer informações aprofundadas sobre o tema, com o intuito de esclarecer sobre a necessidade de priorizar o transporte coletivo. Entre as várias fontes consultadas, pode-se citar livros sobre temas relacionados, artigos e trabalhos acadêmicos. Esta etapa se desenvolveu ao longo de todo o trabalho, porém de maneira mais acentuada nos meses iniciais.

A escolha da via modelo e do software utilizado se deu de acordo com os recursos disponíveis: a partir de uma análise conjunta entre os envolvidos no projeto de pesquisa, decidiu-se por uma via em que os possíveis resultados tivessem uma maior visibilidade e o simulador utilizado foi o que a autora estava mais familiarizada e tinha acesso.

A partir das escolhas citadas, foi feita a codificação e calibração do modelo da via arterial em estudo no software de simulação de trânsito através do desenho de modelo da via (geometria, sentido de fluxo, etc) e abastecimento do modelo com os dados disponibilizados pelas EPTC. Por conseguinte, foram feitos os testes propostos a fim de realizar as análises para este trabalho. Estes testes levaram em conta as informações obtidas durante a pesquisa bibliográfica e as

características da via modelada e das ferramentas de medidas e verificação que o software utilizado dispunha.

Os resultados obtidos nos testes de simulação foram analisados buscando verificar o impacto na confiabilidade e no tempo de viagem do transporte coletivo com a implantação de uma faixa exclusiva na via. Por fim, foram feitas as considerações finais com base nas análises apresentadas no capítulo anterior.

3 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS

O transporte público não é somente um componente da cidade, mas uma importante ferramenta do cidadão (ZHANG e ZHAI, 2013, apud FARIASAB e BORENSTEINB, 2014).

Para Ferraz e Torres (2004, p. 4) o transporte coletivo urbano também tem a função de proporcionar uma alternativa de transporte em substituição ao automóvel visando a melhora da qualidade de vida da comunidade mediante a redução da poluição ambiental, congestionamento, acidentes de trânsito, necessidade de investimentos em obras viárias caras, consumo desordenado de energia, etc. Outro aspecto relevante do uso massivo do transporte público é a ocupação e um uso mais racional do solo urbano, contribuindo para tornar as cidades mais humanas e mais eficientes no tocante ao transporte, sistema viário e infraestrutura de serviços públicos.

Segundo Vasconcellos (2000, p.126), um dos principais atributos de um bom sistema de transporte público é sua confiabilidade. Esta condição depende muito das condições de circulação dos veículos. O tráfego em geral pode influir negativamente no desempenho dos ônibus, quando não existe fiscalização e não são adotadas medidas de prioridade.

3.1 BREVE HISTÓRICO

A partir da introdução do transporte na sociedade, a limitação dada pelo tamanho das cidades deixou de ser um problema (VUCHIC, 2007, p.8, tradução própria), a pressão para resolver o transtorno das viagens internas tornou-se incrivelmente importante para o crescimento dos centros urbanos. Ainda que, muitas tentativas de inventar novas tecnologias para o transporte urbano tenham falhado, aquelas que tiveram sucesso geraram um impacto direto e significativo na sociedade.

Para Vuchic (2007, p.39, tradução própria), a história do desenvolvimento dos transportes mostra um tremendo progresso da tecnologia que tem sido alcançada desde os anos de 1800s, sobretudo nos últimos 125 anos. O grande impacto desse desenvolvimento tem sido evidente para a civilização moderna: a intensa urbanização em muitos países não teria sido possível sem um moderno sistema de transportes.

Os meios de transporte público possuem diferentes agrupamentos de acordo com seus conceitos de operação e classificação (VUCHIC, 2007, p.45, tradução própria). Estes podem ser comumente identificados através de suas tecnologias, que por sua vez, são fortemente influenciadas pelas características de preferências e conceitos de performance.

Segundo Vuchic (2007, p.45, tradução própria), existe três categorias básicas de transporte, classificados pelo tipo de operação e uso: privado, de aluguel e público.

Transporte Público, ou transporte de massa, é o tipo de transporte coletivo mais comum de passageiros. Trata-se de um sistema de transporte com rotas e horários fixos, disponíveis a todas pessoas mediante o pagamento de uma taxa (passagem) determinada. As representações mais comuns são ônibus, trem e metrô. (VUCHIC, 2007, p.45, tradução própria)

Um sistema de transporte é definido por três características básicas (VUCHIC, 2007, p. 47, tradução própria):

- Categoria de passagem preferencial (ROW);
- Sistema de tecnologia;
- Tipo de Serviço.

Ao contrário do que normalmente se acredita, a categoria ROW (Rights-of-way) tem uma influência maior quanto à performance e custo e é dividida em três categorias básicas que são diferenciadas pelo nível de separação com o tráfego geral:

- I. Categoria C: representa a superfície de tráfego misto onde o transporte público deve ter um tratamento preferencial. Sua separação pode ser através de sinalizações especiais, como pinturas horizontais, tachões, etc.
- II. Categoria B: trata-se de uma ROW totalmente separada do tráfego geral através de guias, barreiras, mas permite a passagem de nível para pedestres e outros veículos.
- III. Categoria A: uma ROW totalmente controlada, sem passagem de nível para veículos e pedestres.

A tabela 1 apresenta a classificação do transporte público urbano através de sua tecnologia e da categorização ROW.

Tabela 1 - Classificação dos tipos de Transportes Públicos através da classificação ROW e tecnológica

ROW	Tecnologia	Rodovia Estrada Motorizada	Guiados sobre pneus Parcialmente guiados	Trilhos	Especializados
C		<i>Paratransit Lotações / Vans Ônibus (nas ruas)</i>	<i>Ônibus elétrico</i>	<i>Bonde Teleférico</i>	<i>Balsa Embarcação de sustentação dinâmica</i>
B		<i>Bus Rapid Transit (BRT)</i>	<i>Ônibus Guiado</i>	<i>Veículo leve sobre trilhos (LRT)</i>	<i>Trem de cremalheira</i>
A		Ônibus apenas em corredores ^b	<i>Metrô sobre pneus Monotrilho Transporte sem condutor (AGT) Podcar (PRT)^b</i>	<i>Transporte rápido sobre trilhos Metrô sobre trilhos Trem metropolitano Monotrilho suspenso</i>	<i>Trem de cremalheira funicular/plano inclinado Teleférico</i>

^aModais mais utilizados estão em estilo itálico

^bModais que não estão em operação

BRT – Bus Rapid Transit: tipo de sistema de transporte público baseado no uso de ônibus;

AGT – Automated Guided Transit: veículo totalmente automático, sem condutor;

PRT – Personal Rapid Transit: modo de transporte público com pequenos veículos automatizados que operam em uma rede de vias-guia especialmente construídas

LRT – Light Rail transit: veículo leve sobre trilhos

(fonte: Urban Transit: Systems and Technology, 2007, p.51, tradução própria)

As figuras 2, 3 e 4 são representações das categorias ROW.

Figura 2 - ROW categoria C - Transporte em tráfego misto

(fonte: Urban Transit: Systems and Technology, 2007, p.48)

Figura 3 - ROW categoria B - Separação parcial



(fonte: Urban Transit: Systems and Technology, 2007, p.48)

Figura 4 - ROW categoria A - Totalmente controlada



(fonte: Urban Transit: Systems and Technology, 2007, p.49)

Quando se trata de transporte coletivo motorizado, o meio mais utilizado, conforme Vasconcellos (2000,p.21), é indiscutivelmente o ônibus (e suas variações) independentemente da região. No caso brasileiro, um estudo feito em 53 cidades médias e grandes, mostrou que a oferta média é de 9,59 veículos por 10.000 habitantes. A distribuição de viagens diárias,

conforme a tabela 2, mostra a predominância dos meios públicos de transporte em algumas cidades do mundo.

Tabela 2 - Viagens motorizadas, várias cidades

Cidade	Viagens Diárias (%)					
	Público			Privado		Outros
	Ônibus ¹	Trem ²	Total	Auto	Taxi	
Bogotá	80	-	80	14	1	5
Bombaim	47	34	81	8	10	-
Buenos Aires	50	10	60	24	1	15
Jakarta	56	-	56	23	1	20
Karachi	70	6	76	3	7	13
Manilla	75	-	75	16	2	8
Rio de Janeiro	64	11	75	24	2	-
San José	75	-	75	21	2	2
Santiago	60	8	68	20	3	9
São Paulo	43	12	55	43 ³	-	2
Seul	50	13	63	18	17	2

(1) Ônibus, microônibus e serviços especiais; (2) trens de subúrbio e metrô; (3) inclui taxi

(fonte: Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento, 2000, p. 22)

Segundo Ferraz e Torres (2004, p.89), entre 50% e 60% do transporte urbano motorizado no Brasil é realizado por transporte público (95% por ônibus e outros 5% por metrô e trem).

3.2 A VANTAGEM DO TRANSPORTE COLETIVO

A expansão urbana, impulsionada pela dependência do automóvel, se deu através de processos não planejados e, conseqüentemente, desorganizados que geraram grandes dificuldades de transporte para as pessoas que vivem nestes grandes centros urbanos. (FARIASAB e BORENSTEINB, 2014)

Para Vasconcellos (2000, p.126), o aumento no uso do automóvel trouxe problemas graves de congestionamento em muitas partes dos países em desenvolvimento. Um estudo feito em dez cidades brasileiras em 1997 mostrou que o congestionamento provocado principalmente pelos automóveis prejudica o desempenho do sistema de ônibus. Este congestionamento impõe um custo operacional extra de 16% em São Paulo e 10% no Rio de Janeiro (IPEA/ANTP, 1998 apud VASCONCELLOS, 2000).

O tratamento igual para todos os veículos nas ruas – incluindo públicos e particulares, de alta e baixa capacidade – é um anacronismo ilógico e injusto que traz altos custos e tempos de viagens como resultado para todos os usuários da via (VUCHIC, 2007, p.240, Tradução própria). Um fato extremamente importante, mas que é ignorado, trata-se da proposta de que o transporte de

passageiros é para mover pessoas. É sempre desejável realizar uma determinada quantidade de transporte com um número mínimo de veículos.

Conforme Vuchic (2007, p.242, tradução própria), o tratamento preferencial para os ônibus produz benefícios significativos aumentando a velocidade das viagens, a confiabilidade e a melhora da imagem do serviço público. Adicionalmente, reduz os custos de operação e melhora a segurança, além de outros benefícios. Segundo Ferraz e Torres (2004, p. 4), o transporte coletivo urbano também tem a função de proporcionar uma alternativa de transporte em substituição ao automóvel visando a melhora da qualidade de vida da comunidade mediante a redução da poluição ambiental, congestionamentos, acidentes de trânsito, necessidade de investimentos em obras viárias caras, consumo desordenada de energia, etc. Outro aspecto relevante do uso massivo do transporte público é a ocupação e um uso mais racional do solo urbano, contribuindo para tornar as cidades mais humanas e mais eficientes no tocante dos transportes, sistema viário e infraestrutura de serviços públicos.

3.3 MEDIDAS DE PRIORIZAÇÃO

As paradas nos cruzamentos e os congestionamentos de trânsito aumentam os tempos de viagem dos coletivos, reduzindo a velocidade operacional e exigindo uma frota maior. Três ações importantes para obter velocidades operacionais maiores são: preferências nos cruzamentos para as vias onde circulam os veículos de transporte público, faixas exclusivas ou separadas das vias com tráfego intenso e prioridade para os coletivos nos semáforos. (FERRAZ E TORRES, 2004, p. 119).

A maioria dos ônibus são operados em vias de tráfego misto. Um crescente número de cidades tem reservado e separado faixas preferenciais para ônibus em rotas mais frequentes. O melhor tipo de ROW é o “Busway”, uma via exclusiva para ônibus. Faixas de ônibus têm sido construídas em muitas cidades de países em desenvolvimento (VUCHIC, 2007, p.202, tradução própria). Com base na vulnerabilidade dos ônibus frente ao congestionamento, e ainda, na necessidade de paradas ao longo de seu caminho, a velocidade de operação deste transporte normalmente é menor do que a de um veículo particular. Adicionalmente, ônibus em tráfego misto não se tornam competitivos quando se trata de velocidade de viagem.

Na visão dos usuários do transporte coletivo, menores tempos de viagem representam um fator decisivo na escolha modal para realizar os deslocamentos (Kittelson & Associates, Inc et al,

2003 apud SILVA, 2015). Logo, os corredores de ônibus, sejam eles BRT (Bus Rapid Transit), BHLS (Bus with High Level of Service) ou apenas faixas segregadas são importantes para fidelizar e atrair usuários.

- BRT (Bus Rapid Transit), um transporte rápido de massa que alia a qualidade do transporte ferroviário à flexibilidade do sistema ônibus (Levinson et al., 2003; Wright e Hook, 2007; FTA, 2009 apud SILVA, 2015);
- BHLS (Bus with High Level of Service), que visa ofertar um nível mais elevado de conforto ao usuário do que o BRT enquanto opera de forma mais eficiente que o serviço convencional de ônibus (COST, 2011 apud SILVA, 2015);
- Corredores de ônibus com segregação viária, incluindo qualquer tipo de faixa viária dedicada, desde as localizadas no centro da pista até as paralelas ao meio fio delimitadas por pintura. (SILVA, 2015).

Para Ferraz e Torrez (2004, p.40) o objetivo do emprego de faixas exclusivas e canaletas é aumentar a velocidade e a capacidade do movimento dos ônibus ou veículos sobre trilhos que se movimentam nas ruas. Como uma faixa dedicada aos ônibus apresenta capacidade de transporte, em média, dez vezes superior a uma dedicada ao transporte privado (LINDAU, 2013 apud SILVA, 2015), cada vez mais cidades investem em corredores que priorizem a circulação dos ônibus.

3.4 FATORES CARACTERIZADORES DE QUALIDADE

Os sistemas de prioridade ao ônibus despontam como uma das principais opções para qualificar o transporte coletivo urbano. Esta qualificação resulta da adoção de configurações físicas e operacionais que melhoram o desempenho de sistemas tradicionais de superfície baseado em ônibus, tornando o modal sobre pneus mais competitivo. O valor social dos congestionamentos é muito alto, justificando o melhor entendimento de iniciativas que priorizem o transporte coletivo. (SILVA, 2015)

3.4.1 TEMPO DE VIAGEM

Segundo Ferraz e Torres (2004, p.101), o tempo de viagem corresponde ao tempo gasto no interior dos veículos e depende da velocidade média de transporte, da distância percorrida entre

os locais de embarque e desembarque, do grau de separação da via de transporte público do tráfego geral, das condições da superfície de rolamento, das condições de trânsito e do tipo de tecnologia dos veículos. Para avaliar a qualidade em relação ao tempo de viagem, pode ser empregada a relação entre os tempos de viagem por transporte público e por carro, devendo ser considerados os dois sentidos de viagem.

O valor atribuído ao tempo de viagem é um importante indicador nos estudos para planejamento de transportes (SANTOS, 2012). Dentre suas principais aplicações, destacam-se a avaliação econômica de projetos e estudos envolvendo previsões da escolha do modal.

A importância do estudo desse indicador pode ser destacada pois as economias de tempos de viagem são os benefícios mais importantes nos projetos de transporte (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 2011 apud SANTOS, 2012). Em alguns projetos de transportes, a economia do tempo de viagem pode representar 80% dos benefícios sociais. Por conta disso é que, quando se faz a priorização dos projetos de transporte, avaliam-se diversos indicadores, especialmente os benefícios econômicos decorrentes de sua capacidade de reduzir o tempo de viagem (SANTOS, 2012).

Para Santos (2012, p. 41), alguns conceitos são fundamentais para a caracterização do tempo de viagem, dentre os principais pode-se citar:

- Custo de oportunidade – o tempo gasto no trânsito é um dos componentes mais críticos do “preço” que os usuários pagam. Esse tempo perdido poderia ser dedicado a outras atividades, como aumentar sua renda ou em atividades de lazer. O valor destas outras atividades representa o custo de oportunidade do tempo de viagem. (JOAQUIM, 2011 apud SANTOS, 2012);
- Valor do tempo de viagem – o tempo economizado em viagens terá valor por duas razões principais: i) ele poderá ser utilizado em outras atividades preferidas pelos viajantes. Essas atividades podem ser o trabalho remunerado ou de lazer e, ii) o tempo gasto em viagens geralmente está associado a situações desagradáveis, como locais lotados, exposição às condições climáticas (chuva, vento, calor), esforços ou aborrecimentos. Assim, reduzir esse tempo representa ganhos em termos de benefícios de qualidade de vida. Com isso, o valor do tempo de viagem pode variar dependendo

do motivo da viagem, das alternativas de uso do tempo, e das condições em que a viagem ocorre (KRUESI, 1997 apud SANTOS, 2012);

3.4.2 CONFIABILIDADE

Para Ferraz e Torres (2004, p.101), a confiabilidade está relacionada ao grau de certeza dos usuários de que o veículo de transporte público vai passar na origem e chegar ao destino no horário previsto, com, evidentemente, alguma margem de tolerância. O parâmetro confiabilidade engloba a pontualidade e a efetividade na realização da programação operacional.

A avaliação da confiabilidade pode ser realizada por porcentagem de viagens programadas não realizadas por inteiro ou concluídas com atraso superior a cinco minutos ou adiantamento maior do que três minutos. (FERRAZ E TORRES, 2004)

3.4.3 FREQUÊNCIA DE ATENDIMENTO

Está relacionada ao intervalo de tempo da passagem dos veículos de transporte público, o qual afeta diretamente o tempo de espera nos locais de parada para os usuários que não conhecem os horários ou que chegam aleatoriamente aos mesmos, bem como influi na flexibilidade de utilização do sistema para os usuários que conhecem os horários (FERRAZ E TORRES, 2004). A avaliação da qualidade de frequência de atendimento pode ser realizada com base no intervalo de tempo entre viagens consecutivas.

4 FAIXAS EXCLUSIVAS

Ferraz e Torres (2004, p. 276) citam que para aumentar a velocidade dos coletivos e a capacidade de transporte, muitas cidades têm implementado medidas de priorização dos coletivos no sistema viário. Para Vasconcellos (2000, p. 241) a forma mais promissora de transporte em massa é dada pelas vias exclusivas, na forma de espaços exclusivos junto ao canteiro central ou vias totalmente segregadas.

Faixas segregadas são fisicamente separadas (por pintura, por barreiras físicas, por tachões) do tráfego dos demais veículos, mas contemplam cruzamentos tanto com outros veículos como com pedestres no mesmo nível (VUCHIC, 2007 apud SILVA, 2015). No entanto, a experiência internacional em geral (UNCH, 1992 apud VASCONCELLOS 2000) e a experiência brasileira em particular, mostram que esse tipo de faixa apresenta problemas operacionais, tendo resultados tímidos caso não seja adequadamente planejada e operada. O primeiro problema é o conflito com as operações de entrada e saída nos lotes lindeiros e com as atividades de carga e descarga, o segundo grave problema é a fiscalização do estacionamento irregular, principalmente quando a faixa exclusiva atravessa áreas comerciais de classe média, com intensa utilização de automóveis. O terceiro problema é o congestionamento causado pelos próprios ônibus, quando seu número é elevado e quando não há espaço para ultrapassagem entre eles junto aos pontos de parada. (VASCONCELLOS, 2000, p. 253)

Conforme Vasconcellos (2000, p. 241), as faixas exclusivas de ônibus permanecem como um dos recursos operacionais mais promissores nos países em desenvolvimento. Quando se oferece prioridade à circulação dos ônibus é possível reduzir os efeitos indesejáveis do congestionamento sobre o transporte coletivo. A priorização através de adoção de faixas é considerada uma forma eficaz na medida que separa o ônibus das interferências de circulação do tráfego misto (SILVA, 2015). Caso sejam bem operados e fiscalizados, as faixas de ônibus podem servir de 15.000 a 20.000 passageiros por hora por sentido, em velocidade em torno de 20km/h. (LINDAU, 1990 apud VASCONCELLOS, 2000).

De acordo com Ferraz e Torres (2004, p. 276) os requisitos necessários para a implantação de faixa exclusiva para os coletivos junto às calçadas são:

- a) mínimo de 25 coletivos por hora;
- b) grande fluxo do tráfego em geral;
- c) mais de 2 faixas para o tráfego geral.
- d) faixas de 3,25 a 3,50 m;
- e) sobrelargura nas curvas;
- f) não estacionamento junto às calçadas;
- g) carga e descarga noturna;
- h) regulamentação da conversão a direita e da entrada e saída de garagens;
- i) separação das faixas com tachões e/ou pinturas.

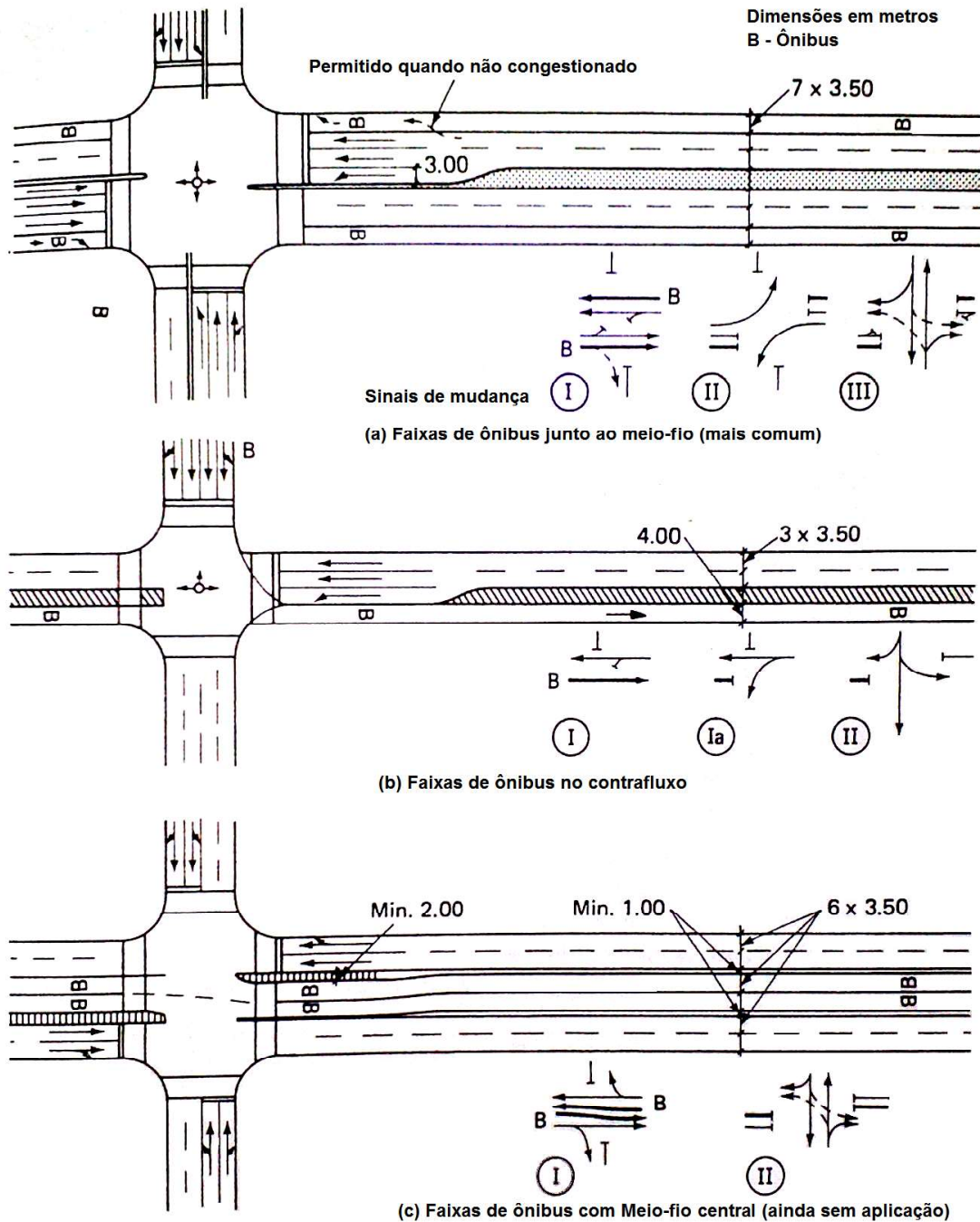
Dentre as vantagens citadas por Ferraz e Torres (2004) para o uso de faixas exclusivas para os coletivos junto às calçadas está a maior segurança para os passageiros devido ao acesso direto aos pontos de parada. Das principais desvantagens citadas por Ferraz e Torres (2004) está a falta de fiscalização para evitar invasões e estacionamento irregulares.

Adicionalmente, segundo Vuchic, (2007, p.244, tradução própria), a mais importante medida preferencial para ônibus é a separação longitudinal das faixas. Estas podem ser providenciadas de diversas formas de acordo com o tipo de via, alinhamento e qualidade da separação das outras categorias de veículos. Conforme a figura 5, os layouts mais comuns de ruas com faixas para ônibus, são classificadas em:

- a) RBL (Regular Bus Lane) – São as faixas mais comum de ônibus nas ruas junto ao meio-fio. Sua implantação influi na proibição de estacionamentos e paradas. O tráfego nos cruzamentos requer solução especial. São convenientes pois permitem uma parada fácil para o embarque e desembarque de passageiros. Contudo, são normalmente mais lentos do que as outras faixas devido ao conflito nas interseções de vias.
- b) CBL (Contraflow Bus Lane) – Possuem direção oposta das outras faixas da mesma pista. Deve estar posicionada ao longo do meio-fio ao lado esquerdo da direção principal do tráfego. Desse modo, desencorajando a invasão de outros veículos na via.

- c) EBL (Exclusive Bus Lane) – fisicamente separada do tráfego em geral, possibilita dois fluxos de viagem em sentidos opostos ao mesmo tempo.

Figura 5 - Diferentes tipos de Faixas de ônibus



(fonte: Urban Transit: Systems and Technology, 2007, p.249, Tradução própria)

De fato, a grande razão para o tratamento de faixas preferenciais para os ônibus pode ser evidenciada por:

- A grande importância do transporte público devido ao seu papel fundamental nas cidades, sua maior eficiência e menos efeitos negativos;
- Uma maior ocupação dos veículos públicos frente aos veículos privados.

4.1 HISTÓRICO DA CIDADE DE PORTO ALEGRE

O sistema de transporte coletivo por ônibus na cidade de Porto Alegre foi autorizado na década de 1920 (PORTO ALEGRE, 2012, p.10). Tratava-se de um veículo com baixa capacidade, para cerca de 20 passageiros, com carroceria de madeira adaptadas sobre chassis de pequenos caminhões. Já na década de 1930, devido a dificuldades encontradas pelo setor público em atender as necessidades de locomoção da população, proprietários de cerca de 400 veículos, tornaram-se pequenas empresas privadas, que deram origem às empresas que ainda hoje operam, e começam a fazer viagens com rotas e horários alternativos aos bondes.

O surgimento das linhas de ônibus, com suas rotas mais flexíveis que as dos bondes, contribuíram para o desenvolvimento da Capital e a expansão da Região Metropolitana juntamente com o crescimento das indústrias e residências ao longo dos cursos das viagens para as periferias. Este crescimento colaborou para o aparecimento de comércio e serviços nas regiões periféricas, de baixa renda, e no aumento do deslocamento diário dos moradores das cidades vizinhas ao centro da cidade. Foram, assim, criados dois grandes eixos de circulação, o norte e o nordeste da cidade, que possuem as maiores densidades de pessoas na região Metropolitana dada sua localização geográfica (COSTA et al., 1999 p.343)

Embora, a prioridade aos ônibus tenha iniciado na década de 60, foi somente em 1979 que os corredores de ônibus nas principais avenidas da cidade foram construídos (PORTO ALEGRE, 2012, p.10).

A Empresa Pública de Transporte e Circulação – EPTC, foi criada pela Lei Municipal 8.133 de 13 de janeiro de 1998, e regulamentada pelo Decreto Municipal 12.373, com o objetivo de regular e fiscalizar as atividades relacionadas com o trânsito e os transportes do município de Porto Alegre. (PORTO ALEGRE, 2012, p.10)

A EPTC atua também no planejamento e regulação do sistema de transporte público do município, onde operam atualmente 1.704 ônibus, 403 lotações, 623 veículos escolares, 3.917 taxis convencionais e 3 táxis exclusivos para o transporte de pessoas com necessidades especiais, totalizando 3.920 táxis. (PORTO ALEGRE).

A cidade de Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, apresenta uma população de 1.476.867 habitantes (IBGE, jul/2015), possui uma frota total de 824.543 veículos (DETRAN, 2016), equivale a uma taxa de motorização de 1,80 habitantes por veículo.

A representatividade do veículo particular na frota da capital é de 72% contra apenas 0,64% do transporte por ônibus (IBGE, 2015).

4.2 INFRAESTRUTURA DO SISTEMA DE TRANSPORTE COLETIVO

O sistema de transporte convencional de Porto Alegre possui, aproximadamente 62 km de corredores exclusivos para ônibus, 128 estações de embarque e desembarque (BRTData, 2016), e mais de 5.000 paradas de ônibus dispostas pelas vias da cidade. (EPTC, 2012, p.4). O sistema de convencional por ônibus transporta mensalmente em torno de 25.101.925 passageiros (EPTC, 2015), em um conjunto de cerca de 400 linhas ofertadas.

As viagens por transporte público representam 43% de todas as viagens diárias da cidade (BRTData.org, 2016). As características gerais do transporte público da cidade de Porto Alegre estão apresentadas na tabela 3 abaixo. A operação dos ônibus é realizada por quatro concessionárias (Consórcio Mob Mobilidade em Transportes, Consórcio Viva Sul, Consórcio Via Leste e Consórcio Mobilidade da Área Sudeste – Mais) e uma empresa pública (Carris).

Tabela 3 - Indicadores da Infraestrutura do sistema de transporte por ônibus da cidade de Porto Alegre

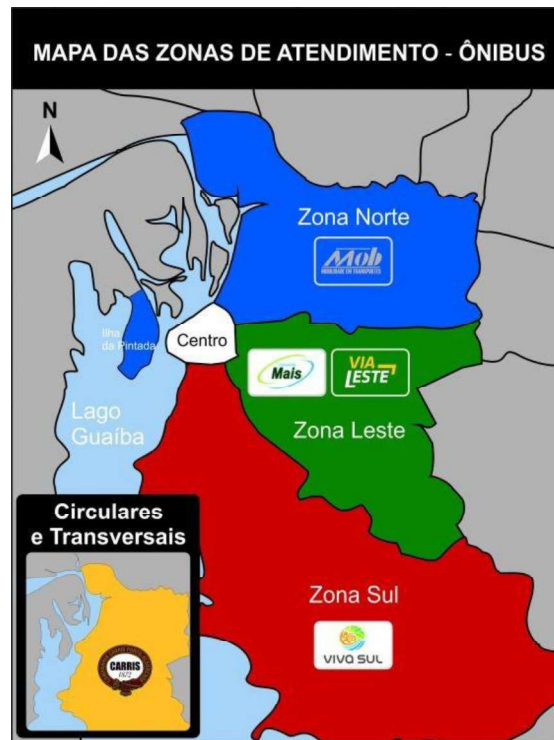
Indicador	2011¹	2016²
Total de tratamento de pista exclusiva (km) – corredor	55,20	62,00
Total de tratamento de faixa preferencial (km)	39,00	-
Estações para embarque/desembarque para pista exclusiva	87,00	128,00
Velocidade média dos ônibus (pico manhã) (km/h)	18,63	-
Velocidade média dos ônibus (pico tarde) (km/h)	17,86	-
Velocidade média dos ônibus (linhas com denominação direta) (km/h)	26,97	19,80
Total de extensão de vias (km) em Porto Alegre	2.733,00	-
Extensão da rede de ônibus (km)	931,50	-
Quantidade de corredores	11	14

(1) EPTC, 2012; (2) BRTData, 2016

(Fonte: adaptado de EPTC, 2012 e BRTData, 2016)

Uma melhor visualização da divisão das regiões de atendimento de cada concessionária é apresentada na figura 6.

Figura 6 - Mapa das linhas de ônibus



(Fonte: CARRIS, 2016)

Embora Porto Alegre apresente uma malha viária bem distribuída, sua operação muitas vezes acaba sendo prejudicada em virtude da necessidade dos ônibus compartilharem da mesma via que os veículos particulares.

Com um tráfego misto, é notório que os ônibus são impostos aos mesmos tempos semafóricos que os veículos privados e acabam ficando presos nos congestionamentos, tendo seus tempos de viagens aumentados e o cumprimento de suas tabelas horárias comprometidas (SOUZA, 2012, p.58).

Uma das soluções possíveis para qualificar o sistema de transporte coletivo é através da implantação de faixas de uso exclusivo aos ônibus. Esta alternativa poderá fornecer melhorias como: aumento da velocidade média dos ônibus, diminuição do tempo de viagem dos passageiros, confiabilidade no sistema, entre outros.

5 ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE FAIXA EXCLUSIVA AO TRANSPORTE COLETIVO EM HORA-PICO NA AVENIDA IPIRANGA

Definido o objetivo de trabalho, a escolha do local de estudo deu-se a partir da facilidade em obter-se os dados necessários para a simulação. Assim, tendo estabelecido que o objeto de estudo seria um trecho da Avenida Ipiranga, verificou-se junto à Empresa Pública de Transporte e Circulação, o segmento da via que apresentava a maior saturação de veículos e, conseqüentemente, os maiores atrasos nos tempos de viagem em hora de pico.

Após verificação dos dados disponibilizados, foi identificado um trecho de aproximadamente 2,1 km compreendido entre as ruas Guilherme Alves e Silva Só. Optou-se por estudar apenas o sentido bairro-centro desta extensão.

As Horas de Pico, contendo os maiores volumes de veículos de uma via em determinado dia, variam de local para local, mas tendem a se manter estáveis em um mesmo local, no mesmo dia da semana. Enquanto a hora de pico em um determinado local tende a se manter estável, o seu volume varia dentro da semana e ao longo do ano (DNIT, 2006). Foi determinado como sendo a hora de pico da avenida Ipiranga, no sentido bairro-centro (BC), o intervalo de tempo que inicia as 07:00 da manhã e encerra as 09:00 do mesmo turno. Assim, todos os dados necessários para a simulação foram obtidos para este intervalo de horário.

5.1 METODOLOGIA

Para a análise e comparação dos tempos de viagem em virtude da implantação de uma faixa exclusiva para o transporte coletivo em hora pico em um trecho da avenida Ipiranga, fez-se o uso do software de simulação de tráfego, o VISSIM, que permitiu reproduzir o cenário de trânsito real e, a partir deste, um cenário de estudo com a implantação de uma faixa exclusiva.

5.1.1 O SIMULADOR VISSIM

Seja comparando as geometrias de junção da via, analisando as estruturas de prioridade ao coletivo ou, ainda, levando em consideração os efeitos de determinadas sinalizações, o VISSIM permite que sejam feitas simulações exatas do tráfego (PTV VISSIM, 2016, Tradução própria).

O software oferece flexibilidade em vários aspectos: o conceito de ligação e conectores permite ao usuário modelar geometrias com qualquer nível de complexidade. Os atributos para as características do condutor e do veículo permitem a parametrização individual. Além disso, um extenso número de interfaces proporciona a integração perfeita com outros sistemas de controladores de sinal, gerenciamento de tráfego ou modelos de emissões (PTV VISSIM, 2016, Tradução própria).

Dentre as aplicações do software pode-se citar:

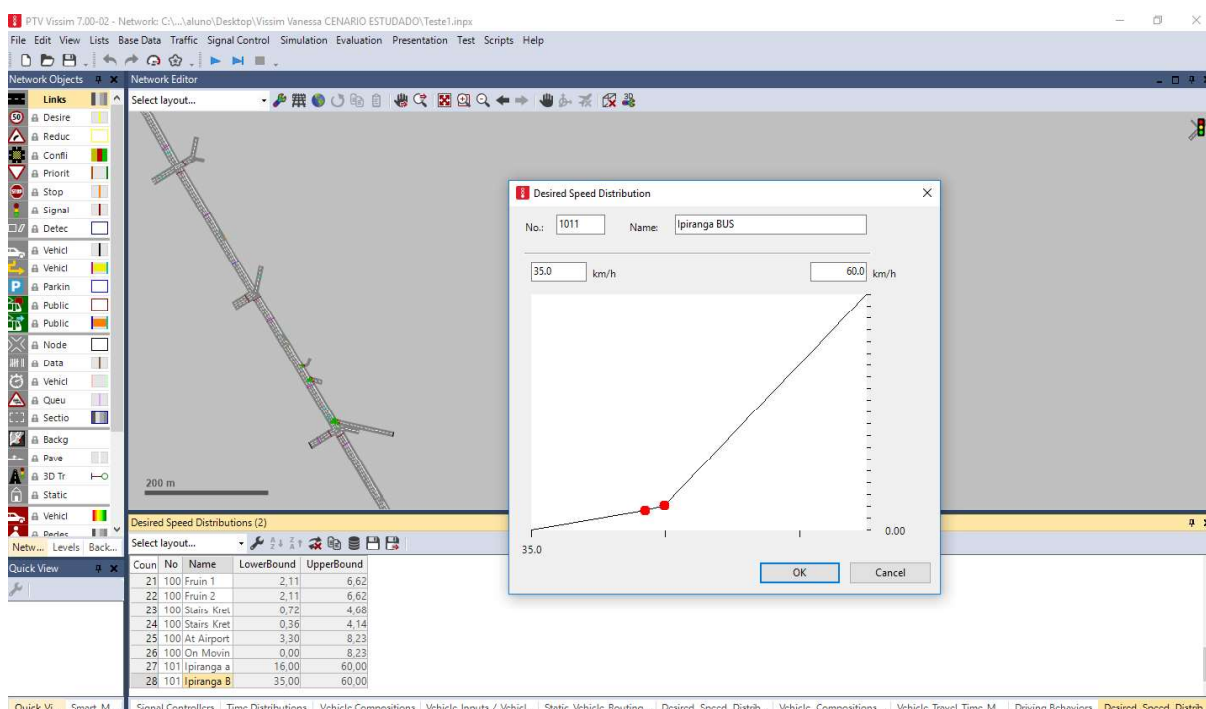
- Geometrias de junção da via – com o VISSIM, é possível modelar e estudar qualquer geometria e qualquer tipo de prioridade e sinalização. Têm-se como exemplo as interseções simples, cruzamentos controlados por semáforo, rotatórias, entre outros;
- Sistema multimodal – o VISSIM é a única ferramenta de simulação microscópica do mundo que pode ser utilizada para representar todos os modos de transporte e simular suas interações. Como resultado de seu uso, diferentes cenários multimodais podem ser modelados de forma realística de modo a permitir uma análise do efeito que os modais têm sobre o tráfego;
- Tráfego na autoestrada – a avaliação do tráfego da qualidade do tráfego nas autoestradas é tipicamente baseada em variáveis macroscópicas tais como tempos de viagem e comprimento de filas. O VISSIM obtém dados realistas por meio de uma geometria detalhada e de modelos de comportamento microscópicos;
- Gerenciamento de Tráfego Ativo – pode ser utilizado tanto em autoestradas quanto em áreas urbanas com o objetivo de qualificar o tráfego. Com a utilização do software é possível modelar todas as intervenções operacionais e avaliar seus efeitos sobre o fluxo de tráfego com a finalidade de reduzir os congestionamentos;
- Transporte Público – o software auxilia no planejamento do transporte público a partir de uma extensa gama de recursos dedicados, possibilitando uma modelagem detalhada. A elaboração de um tráfego sustentável coloca a ênfase na promoção do transporte público.
- Modelagem de Emissões – as emissões vêm se tornando um assunto cada vez mais importante nos estudos do tráfego. Neste caso, tanto os volumes totais de toda a rede viária como os volumes locais são relevantes. Com a utilização do software, é possível determinar as emissões de poluentes com base nas trajetórias dos veículos e outros dados (PTV VISSIM, 2016, Tradução própria).

5.1.2 A CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO SOFTWARE

A micro simulação é uma ferramenta capaz de reproduzir diversos cenários reais de tráfego, e é amplamente usada na elaboração de estudos e desenvolvimentos de projeto de engenharia de transportes. (Park e Qi, 2006 apud CALEFFI, 2013). Para que os modelos de simulação pareçam reais, é necessário calibrar e validar estes modelos. A calibração é definida como o processo pelo qual os componentes individuais do modelo passam por ajustes, com o objetivo de representar precisamente medições de campo ou condições de tráfego observadas. (Park e Schneeberger, 2003 apud CALEFFI, 2013).

Na figura abaixo está representado o modelo de estudo aplicado no software VISSIM. A partir dessa imagem, é possível observar o layout do programa e algumas ferramentas que são utilizadas para desenvolver a simulação.

Figura 7 - Modelo do estudo aplicado no VISSIM

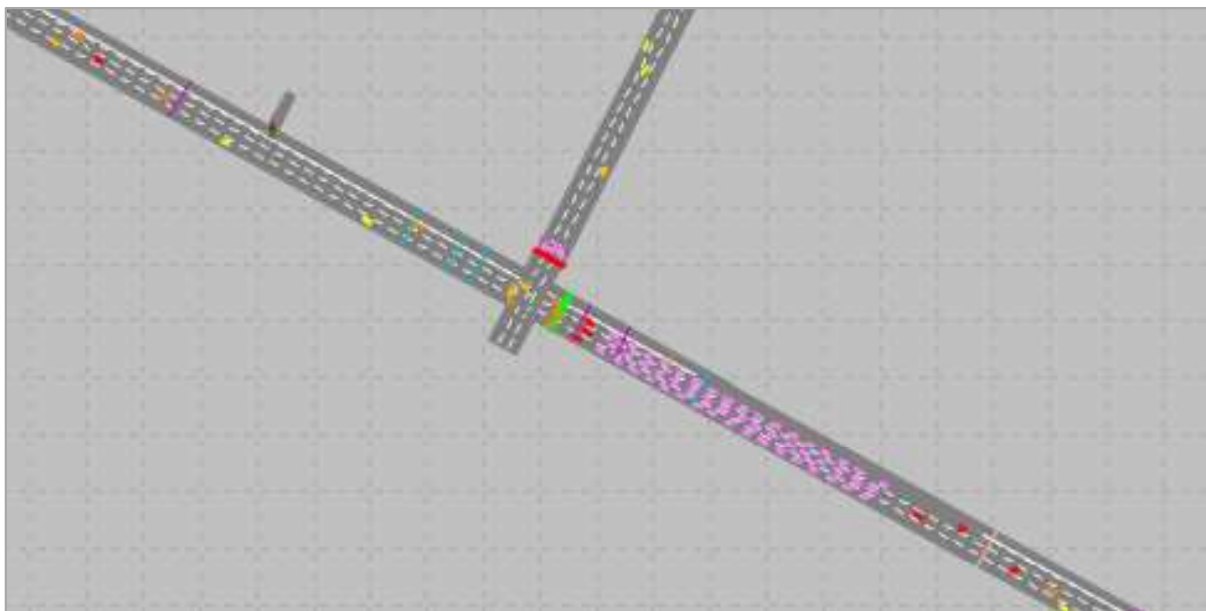


(Fonte: VISSIM)

O Software VISSIM permite que a simulação em estudo seja acompanhada em uma visualização em duas dimensões, apresentado na figura 8, ou ainda, em uma visualização de três dimensões, representada na figura 9.

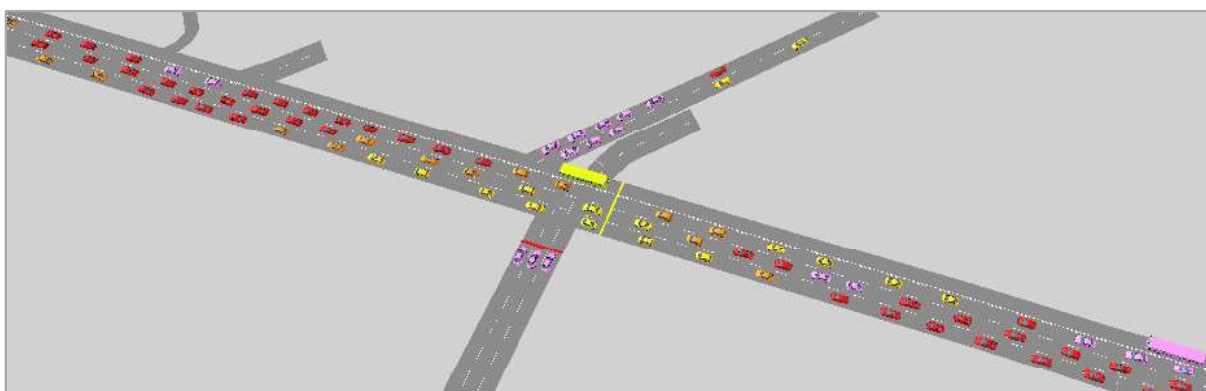
Essa ferramenta possibilita uma análise do que, de fato, está ocorrendo na via no momento da simulação. A partir dessa ferramenta, é possível verificar os potenciais conflitos que estão ocorrendo, assim como, investigar eventuais erros na simulação

Figura 8 - Modelo do estudo aplicado no VISSIM em 2D



(Fonte: VISSIM)

Figura 9 - Modelo do estudo aplicado no VISSIM em 3D



(Fonte: VISSIM)

5.1.3 ANÁLISE DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA

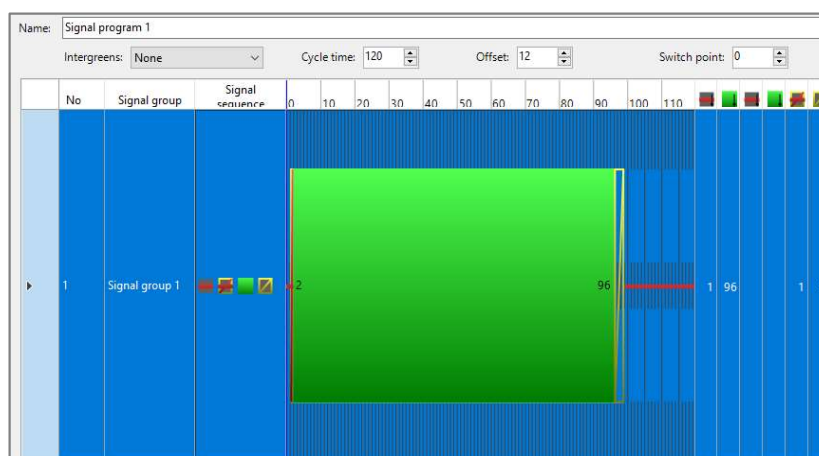
A análise do transporte coletivo na Avenida Ipiranga foi feita de forma objetiva. Certas características do sistema foram obtidas pela simples verificação visual, pesquisa bibliográfica ou dados fornecidos pela EPTC.

Nesta seção, são elencadas todas as características necessárias para a realização da Calibração e Validação do modelo.

5.1.3.1 CALIBRAÇÃO DO MODELO

- a) **Geometria da Via** – as informações necessárias para a modelagem do trecho de estudo, foram obtidas através da verificação visual, referências bibliográficas e ainda, por intermédio da Engenheira Maria Cristina Molina Ladeira, Diretora de Transportes da EPTC. O trecho modelado possui 2,1 km de extensão com 4 faixas de sentido único com 3,0 m de largura.
- b) **Programação semafórica** – os dados de programação semafórica utilizados no modelo, foram disponibilizados pela Empresa Pública de Transporte e Circulação e encontra-se no Apêndice B deste trabalho. São oito semáforos, ao longo de 2,1 km de via, que impactam no tempo de viagem dos veículos e, por conta disso, foram cuidadosamente inseridos na simulação. Um dos modelos utilizados para a programação semafórica realizada no simulador, pode ser visualizada na figura 10 abaixo.

Figura 10 - Modelo de programação semafórica utilizado no simulador



(Fonte: VISSIM)

- c) **Localização das estações de embarque/desembarque** – nove paradas estão distribuídas em 2,1 km de via. As informações a respeito dos tempos de embarque e desembarque, fornecidos pela EPTC, foram obtidos através de coleta nos dias 31/08/2016 e 01/09/2016. Uma vez que, não foi possível realizar a coleta de dados de todas as estações, foi proposto utilizar a média dos tempos de embarque e desembarque nos pontos faltantes. Os tempos de parada utilizados no simulador, encontram-se na figura abaixo.

Figura 11 - Tempos de Embarque/Desembarque utilizado no simulador

Time Distributions							
Select layout...							
Coun	No	Name	Type	LowerBound	UpperBound	StdDev	Mean
▶ 1	1		Normal	0,00	40,00	2,00	20,00
2	2		Empiric	4,00	12,00	0,00	20,00
3	3		Empiric	1,00	11,00	0,00	20,00
4	4		Empiric	4,00	16,00	0,00	20,00
5	5		Empiric	2,00	6,00	0,00	20,00
6	6		Empiric	3,00	7,00	0,00	20,00

(Fonte: VISSIM)

- d) **Vias secundárias** – determinou-se as vias secundárias que teria um maior impacto sobre a via principal através de verificação visual e pesquisa bibliográfica.
- e) **Volume: Transporte Coletivo** – a partir dos dados fornecidos pela EPTC, apresentados na tabela 4 deste trabalho, coletados nos dias 24/08/2016 e 25/08/2016, foi possível determinar a quantidade de ônibus que circulam no trecho de estudo, no período de hora de pico.
- f) **Volume: Veículos de Passeio** – os volumes foram disponibilizados pela Empresa Pública de Transporte e Circulação. Todavia, são dados que foram coletados em anos anteriores ao vigente e, por conta disso, ainda que utilizados na simulação, não podem ser considerados como uma representação exata do volume de veículos do cenário atual, sendo assim, tratados como uma estimativa. Os dados podem ser encontrados no apêndice C deste trabalho.

- g) Zonas de Conflito** – a partir de uma verificação visual, determinou-se as zonas que apresentavam conflitos entre a via principal e secundária, deu-se a devida prioridade no modelo para que estes atritos fossem evitados e não prejudicassem a simulação.
- h) Velocidades** – as velocidades máximas e mínimas utilizadas no simulador, são referentes às permitidas na via estudada. Para a devida calibração do modelo, foi necessário assumir algumas restrições de velocidade para os automóveis de passeio e ao transporte coletivo.

A representação simplificada do cenário de referência, com a indicação dos semáforos, estações de embarque/desembarque e as vias secundárias, encontra-se no Anexo A deste trabalho.

5.1.3.2 VALIDAÇÃO DO MODELO

A validação do modelo testa a precisão da modelagem, comparando dados gerados pelo modelo de simulação com medições de campo. A validação está diretamente relacionada com o processo de calibração, porque ajustes na calibração são necessários para melhorar a capacidade do modelo de representar as condições de campo. (Park e Schneeberger, 2003 apud CALEFFI, 2013).

A validação do modelo se deu através da comparação entre os resultados obtidos na simulação com os dados disponibilizados pela Empresa Pública de Transporte e Circulação, coletados no ano de 2016.

a) Dados da EPTC:

- **Ônibus** – as informações que foram fornecidas para poder estabelecer o tempo de viagem real dos ônibus no trecho de estudo, incluem a lista das linhas que alimentam a via com seus respectivos tempos de embarque/desembarque em cada estação. Assim, através da diferença dos valores obtidos no início e fim do trecho, foi possível estabelecer os tempos médios de percurso.
- **Veículo de Passeio** – para o tempo de viagem dos automóveis, foi realizado uma pesquisa de tempos de percurso com a utilização do medidor automático EPTRAS da EPTC. As informações que foram coletadas nos dias 31/08/2016 e 01/09/2016 indicam o tempo de viagem médio e as velocidades médias do trecho

na hora-pico da manhã, no sentido bairro-centro. No Apêndice D é apresentado um quadro de como os dados foram apresentados para esta pesquisa.

b) Resultados da Simulação:

- Ônibus – para a definição da média dos tempos de viagem do transporte coletivo, utilizou-se o resultado de diversas simulações com o objetivo de minimizar as variações do resultado. Desta coleta de dados do simulador, foram descartados os primeiros e últimos 10 minutos de simulação do resultado, pois estes não representariam a realidade do fluxo contínuo dos veículos.
- Veículo de passeio – assim como foi feito para o transporte coletivo, buscou-se a aproximação mais exata do tempo de viagem real dos automóveis com o resultado obtido pela simulação. Portanto, os primeiros e últimos 10 minutos de simulação foram descartados por não representarem a realidade da via.

5.1.4 ANÁLISE DO CENÁRIO DE ESTUDO

Após o modelo da situação atual estar devidamente calibrado, foi possível realizar alterações na via, acrescentando restrições ao modelo para que este se adequasse ao objetivo de estudo. Os dados obtidos a partir da simulação foram:

a) Ônibus:

- Tempos de viagem,
- Velocidades (máximas, mínimas e médias).

b) Automóveis:

- Tempo de viagem,
- Velocidades (máximas, mínimas e médias).

A representação simplificada do Cenário de Estudo, segue a mesma geometria do cenário atual com a adição da faixa de uso exclusivo ao transporte coletivo. Esta situação também está representada no Anexo A deste trabalho.

5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS

Nesta seção são expostos os resultados obtidos com a utilização do simulador para o cenário de referência (calibrado e validado) e para o cenário de estudo.

As análises comparativas, geradas a partir do desfecho das simulações, são apresentadas na seção subsequente a esta.

5.2.1 CENÁRIO DE REFERÊNCIA

Com o aumento do número de veículos particulares em circulação que ocorreu ao longo dos anos, houve um aumento nos tempos de deslocamento, principalmente dos veículos de transporte coletivo (EPTC, 2013).

Segundo dados fornecidos pela Empresa Pública de Transporte e Circulação, o sistema de transporte coletivo por ônibus na Avenida Ipiranga transportou em maio de 2016 uma média de 96.218 passageiros por dia, no sentido bairro-centro. O levantamento da demanda ocorrida na hora de pico, das 07:00 as 09:00 da manhã, na Avenida Ipiranga pode ser verificada na tabela 4 abaixo.

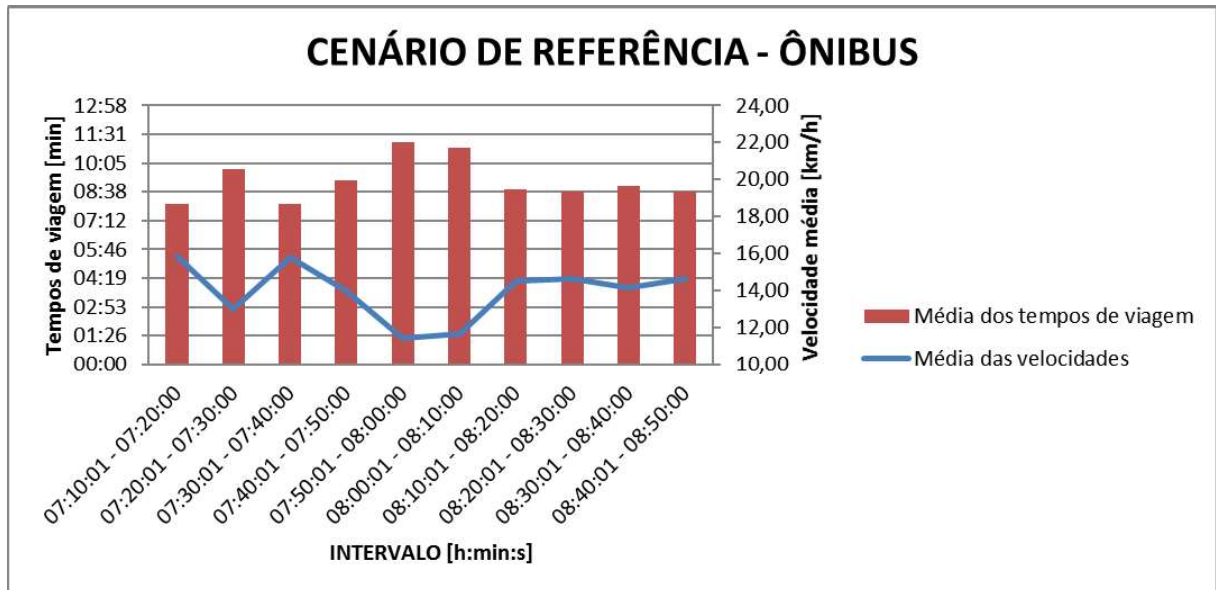
Tabela 4 - Demanda de passageiros na Hora de Pico - Avenida Ipiranga

LINHA	SENTIDO	2/5	3/5	4/5	5/5	6/5	9/5	10/5	11/5	12/5
216	CB	135	128	137	162	143	165	159	167	143
280	CB	310	382	343	385	345	469	395	405	414
340	BC	315	391	408	413	384	353	380	379	381
343	BC	584	636	614	634	526	618	654	651	567
349	CB	149	179	133	94	121	126	160	131	119
353	BC	563	684	681	554	677	576	622	594	703
375	BC	1145	1179	1291	1259	1160	1182	1132	1254	1229
497	BT	293	307	293	309	288	312	305	276	272
2802	BC	242	232	259	277	290	265	222	226	216
3943	BC	414	403	449	436	449	454	436	445	413
3973	BC	578	592	641	634	635	694	649	609	651
3983	BC	591	596	577	588	653	625	639	593	667
4971	BT									
D43	BC	785	853	787	765	793	777	806	867	824
T1	NS	1588	1587	1698	1708	1693	1647	1589	1551	1740
T12	SN	669	692	641	687	750	618	632	649	624
T13	LN	250	210	275	314	247	251	237	278	307
T1D	NS	1263	1381	1312	1326	1291	1249	1360	1344	1250
T3	NS	1261	1325	1412	1352	1334	1339	1361	1303	1179
T4	NS	1447	1466	1472	1506	1583	1540	1476	1511	1571
T5	NS	1082	1233	1219	1312	1144	1175	1236	1264	1238
T6	NS	1815	2012	1922	1931	1895	1797	1879	1916	1922
T9	LN	1591	1671	1657	1746	1577	1608	1704	1734	1638
TOTAL		17070	18139	18221	18392	17978	17840	18033	18147	18068

(Fonte: Dados fornecidos pela EPTC, 2016)

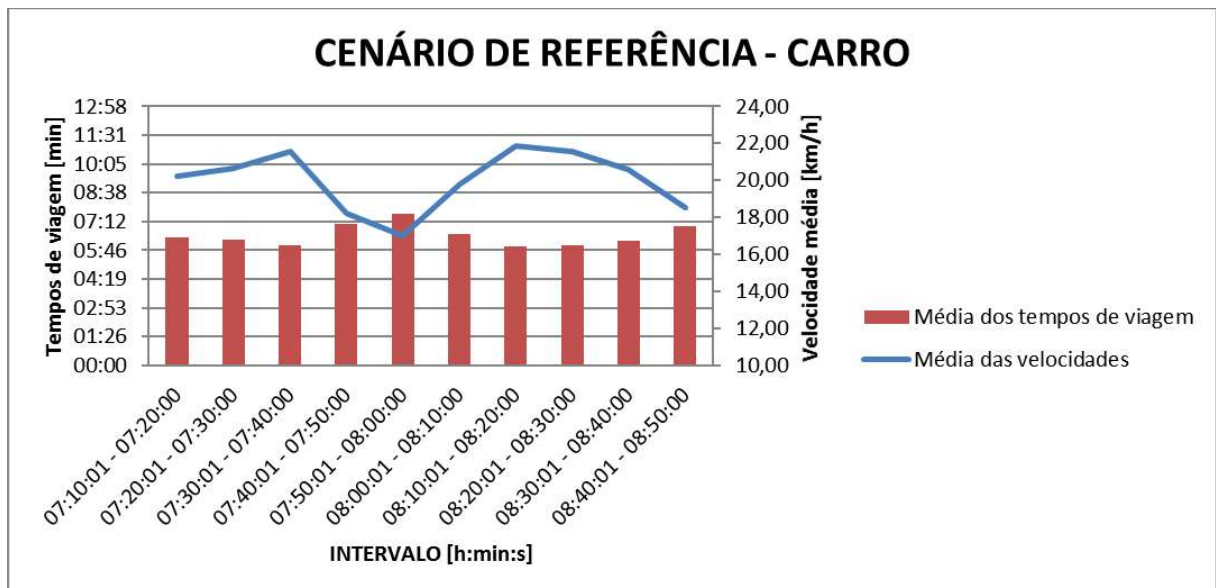
Os resultados gerados para o modelo na situação de **Cenário de Referência**, se deu a partir dos itens citados nas seções 5.1.1.1 e 5.1.1.2, calibração e validação, e estão apresentados graficamente através das figuras 12 e 13 abaixo.

Figura 12 - Cenário de Referência - Média dos tempos de viagem e velocidade do Transporte Coletivo



(Fonte: Própria da autora, 2016)

Figura 13 - Cenário de Referência - Média dos tempos de viagem e velocidade dos Veículos de Passeio



(Fonte: Própria da autora, 2016)

Uma análise desse primeiro resultado indica que as velocidades médias dos veículos de passeio são superiores ao do transporte coletivo e, conseqüentemente, seus tempos de percurso são inferiores. A partir de uma avaliação visual da simulação realizada, verifica-se que, ainda que os tempos de embarque/desembarque tenham uma interferência direta no tempo de viagem dos ônibus, os conflitos gerados pelas ultrapassagens promoveram atrasos ao transporte coletivo.

A tabela 5 abaixo, apresenta a média dos tempos de viagem, assim como, as velocidades médias, máximas e mínimas do transporte coletivo e dos veículos de passeio para o cenário de Referência.

Tabela 5 - Resultados Cenário de Referência

	MÉDIA DOS TEMPOS DE VIAGEM	VELOCIDADE MÉDIA	MENOR TEMPO DE VIAGEM	VELOCIDADE MÁXIMA	MAIOR TEMPO DE VIAGEM	VELOCIDADE MINIMA
VEÍCULO DE PASSEIOS	00:06:30	19,39 km/h	00:03:29	36,21 km/h	00:12:16	10,27 km/h
ONIBUS	00:09:02	13.94 km/h	00:06:45	18.67 km/h	00:12:23	10,17 km/h

(Fonte: Própria da autora, 2016)

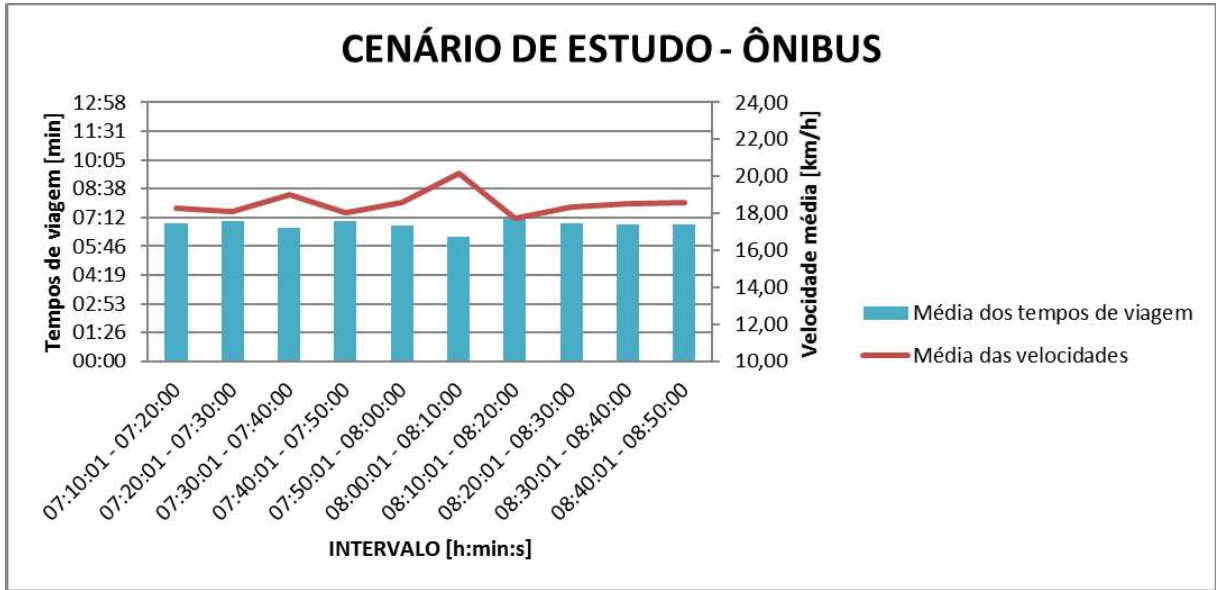
5.2.2 CENÁRIO DE ESTUDO

Para a simulação do Cenário de Estudo, manteve-se o posicionamento e o número de paradas da situação original, assim como, a mesma programação semaforica e volumes de veículos utilizados na calibração do modelo.

A faixa de uso exclusivo ao transporte coletivo, foi implantada a direita da via. Utilizou-se como restrição ao transporte coletivo a impossibilidade de ultrapassagem, todavia, manteve-se a viabilidade do cruzamento dos veículos de passeio sobre a faixa quando necessária entrada e saída da via principal.

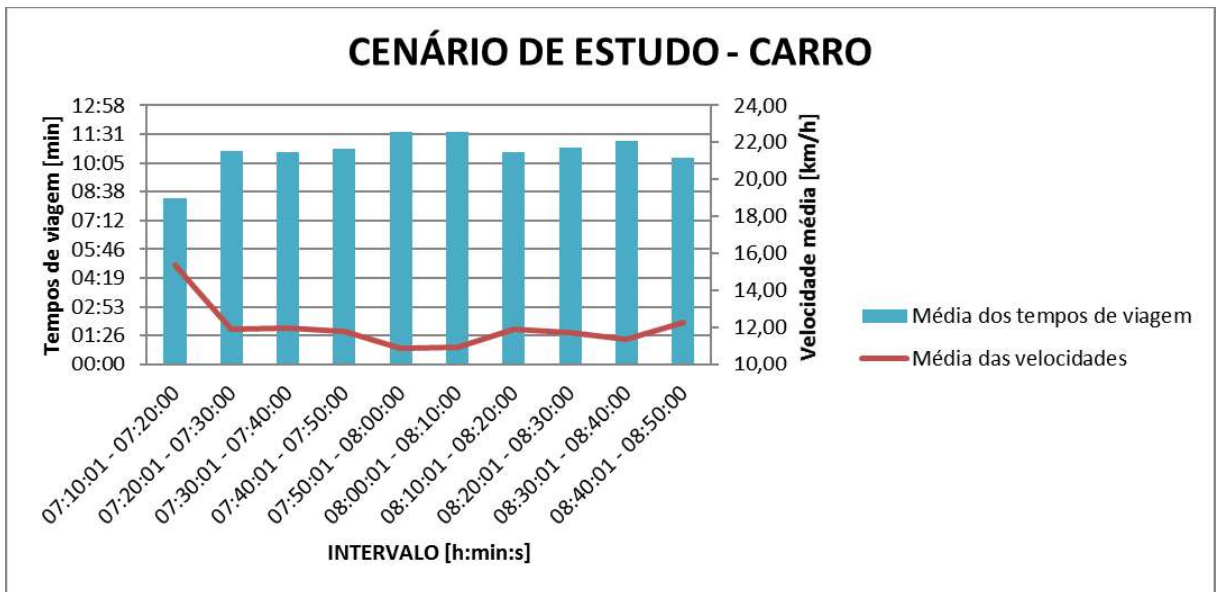
Os resultados obtidos para este cenário de estudo, estão representados nos gráficos das figuras 14 e 15.

Figura 14 - Cenário de Estudo - Média dos tempos de viagem e velocidade do Transporte Coletivo



(Fonte: Própria da autora, 2016)

Figura 15 - Cenário de Estudo - Média dos tempos de viagem e velocidade dos Veículos de Passeio



(Fonte: Própria da autora, 2016)

A análise desta simulação indica que os tempos de viagem do transporte coletivo por ônibus diminuíram e conseqüentemente suas velocidades médias aumentaram. Todavia, a implantação da faixa gerou um aumento considerável do tempo de viagem dos veículos de passeio.

A tabela 6 abaixo, apresenta a média dos tempos de viagem, assim como, as velocidades médias, máximas e mínimas do transporte coletivo e do veículo de passeio para o cenário de estudo.

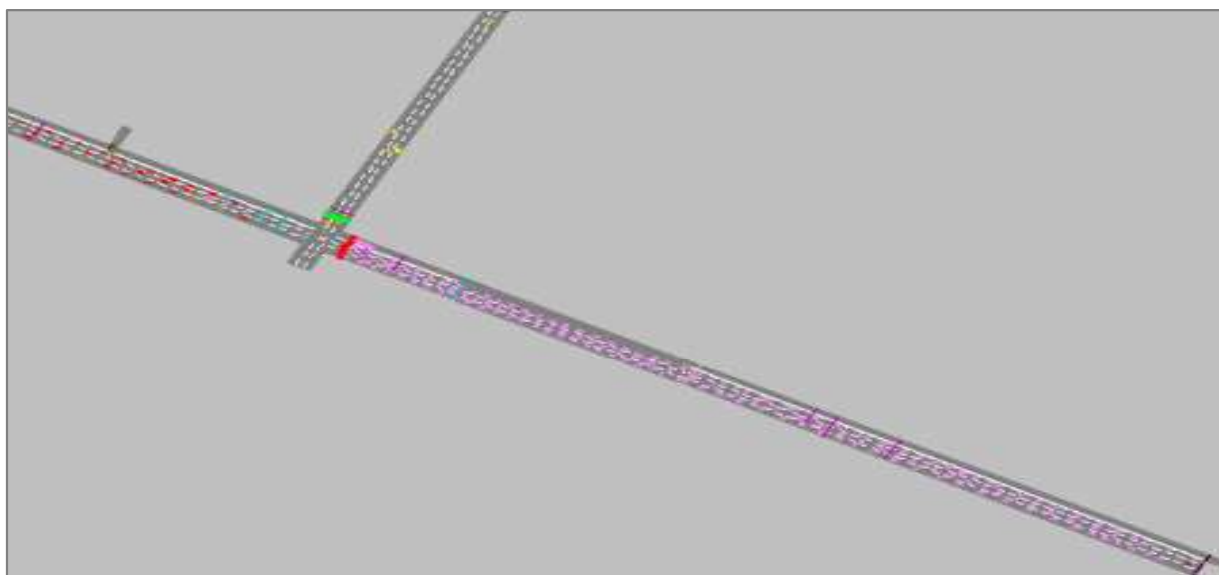
Tabela 6 - Resultados Cenário de Estudo

	MÉDIA DOS TEMPOS DE VIAGEM	VELOCIDADE MÉDIA	MENOR TEMPO DE VIAGEM	VELOCIDADE MÁXIMA	MAIOR TEMPO DE VIAGEM	VELOCIDADE MÍNIMA
VEÍCULO DE PASSEIOS	00:10:45	11,72 km/h	00:06:00	21,00 km/h	00:14:28	8,71 km/h
ONIBUS	00:06:53	18.30 km/h	00:05:48	21,74 km/h	00:08:27	14,9 km/h

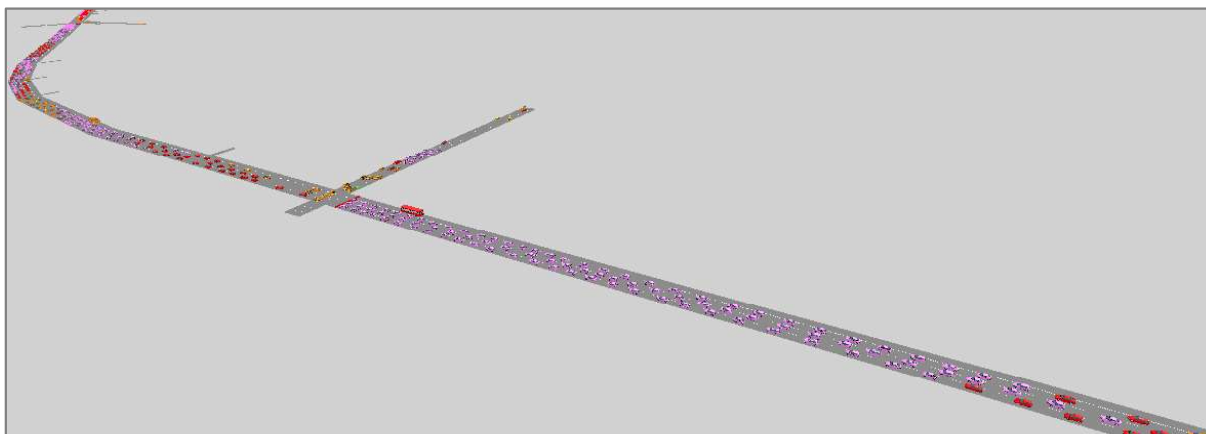
(Fonte: Própria da autora, 2016)

Adicionalmente, verificou-se através do software de simulação que, devido a redução do número de faixas disponíveis para a circulação dos veículos de passeio, a via rapidamente alcançou sua capacidade máxima e não permitiu que a demanda total dos veículos fosse simulada. Esta situação pode ser percebida nas figuras abaixo, coletadas diretamente da simulação.

Figura 16 - Via com sua capacidade máxima - 2D



(Fonte: VISSIM)

Figura 17 - Via com sua capacidade máxima - 3D

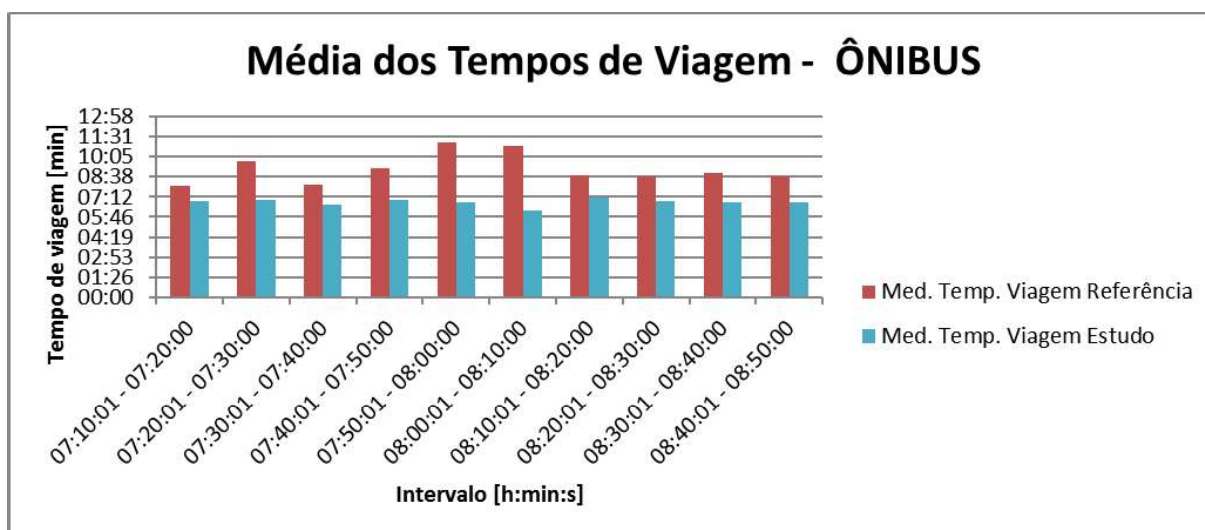
(Fonte: VISSIM)

5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

Uma análise comparativa dos resultados obtidos se fez necessária para o melhor entendimento do impacto que a implantação de uma faixa exclusiva poderá ter sobre o tempo de viagem dos veículos que circulam na via.

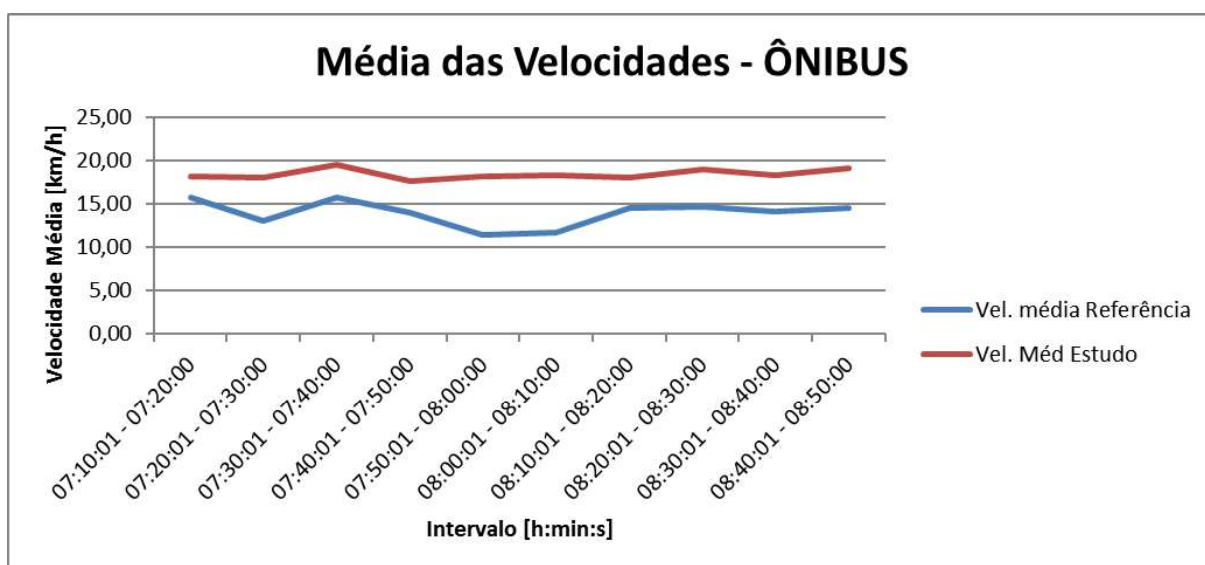
As figuras 18 e 19 abaixo, apresentam graficamente as comparações entre os cenários de referência e de estudo com relação às velocidades médias e tempos de viagem médios do transporte por ônibus.

Figura 18 - Comparação dos tempos de viagem médios do Transporte Coletivo



(Fonte: Própria da autora, 2016)

Figura 19 - Comparação das velocidades médias do Transporte Coletivo

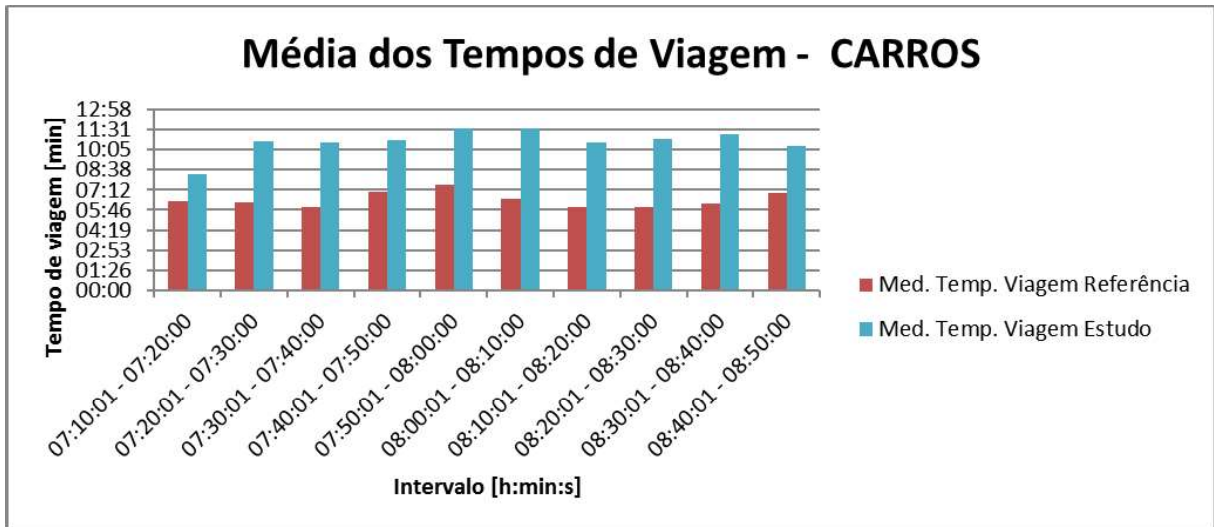


(Fonte: Própria da autora, 2016)

Quando analisado apenas o cenário do transporte coletivo por ônibus, observa-se que os resultados obtidos são satisfatórios uma vez que verifica-se uma melhora na qualidade do sistema de transporte público com a redução dos tempos de viagem.

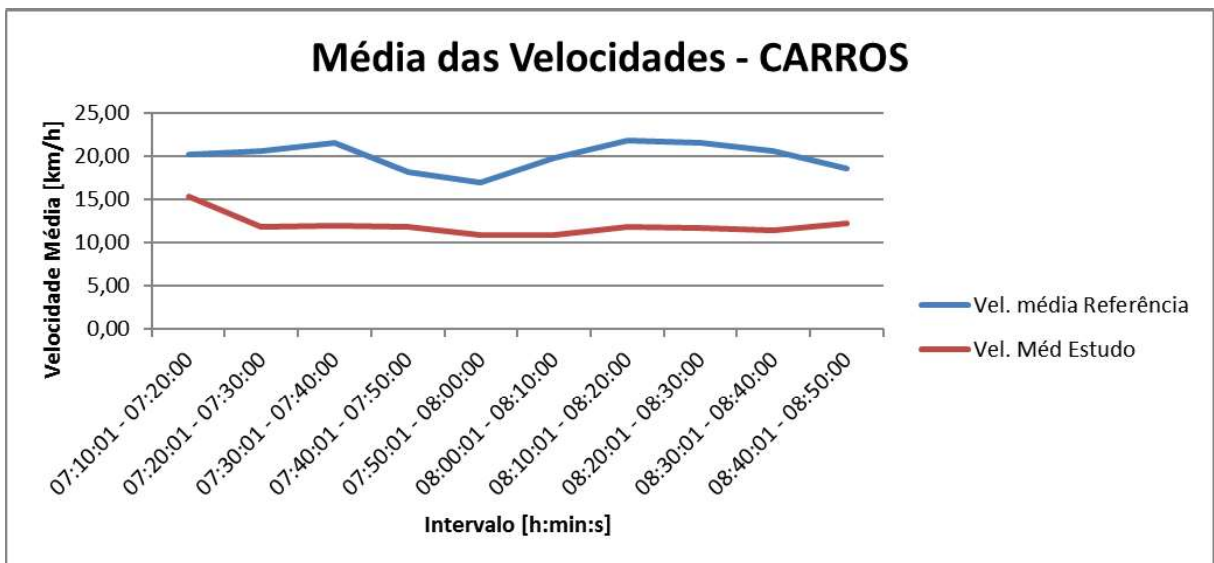
As figuras 20 e 21 abaixo, apresentam graficamente as comparações entre os cenários de referência e de estudo com relação às velocidades médias e tempos de viagem médios dos veículos de passeio.

Figura 20 - Comparação dos tempos de viagem médios dos automóveis de passeio



(Fonte: Própria da autora, 2016)

Figura 21 - Comparação das velocidades médias dos automóveis






(Fonte: Própria da autora, 2016)

Ainda que se verifique um impacto negativo nos tempos de percurso dos automóveis, a proposta de implantação de uma faixa de uso exclusivo para o transporte coletivo em hora-pico não deve ser descartada. Com a utilização de outras estratégias de controle de tráfego, o impacto gerado sobre os veículos de passeio pode ser amenizado.

É importante entender que a implantação da faixa preferencial é necessária para a evolução do sistema e atua em prol da estruturação urbana de qualidade (EPTC, 2013). Com base nos dados

apresentados na tabela 7, percebe-se que uma maior parcela da sociedade será beneficiada com a proposta de implantação da faixa de uso exclusivo ao transporte coletivo.

Tabela 7 - Resumo Comparativo

QUADRO RESUMO DAS 07:00 ÀS 09:00					
Modo	Frota	Nº de passageiros		Tempo Antes	Tempo Depois
			%		
	99	17.729⁽¹⁾	63%	00:09:02	00:06:53
	7000	10.500⁽²⁾	37%	00:06:30	00:10:45
Total de usuários		28.229	100%		

¹ Fonte: EPTC

² Ocupação por veículo de passeio é de 1,5 pessoas/veículo. Fonte: Maria Cristina M. Ladeira, Diretora de Transportes da EPTC

(Fonte: Própria da autora, 2016)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos na análise realizada no software VISSIM, observa-se que a inserção de uma faixa de uso exclusivo ao transporte coletivo, em um trecho da avenida Ipiranga, apresentou resultados satisfatórios com relação ao tempo de viagem dos ônibus. Portanto, verifica-se que sua implantação é viável desde que esta não seja executada isoladamente. É fundamental incorporar a este projeto outros métodos de gerenciamento de tráfego para que o impacto gerado nos tempos de viagem dos automóveis particulares não seja tão elevado.

Dentre as possíveis técnicas a se utilizar em conjunto com a faixa exclusiva, pode-se citar um ajuste na programação semafórica e ainda, a redução da velocidade máxima da via.

Segundo Relatório Técnico da Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República em conjunto com a Associação Nacional de Empresas de Transportes Urbanos, realizado em 2002, as medidas de prioridade para o transporte coletivo no sistema viário urbano têm se mostrado eficazes para resolver os problemas que comprometem a eficiência e capacidade de competição dos mesmos. Ao criar infraestruturas viárias exclusivas para a circulação dos ônibus, aumenta-se suas velocidades – com impactos positivos sobre os tempos de viagem e conforto dos usuários, os custos operacionais, as tarifas e a regularidade/confiabilidade dos serviços.

Adicionalmente ao resultado desta análise, deve-se acrescentar que, embora os dados fornecidos pela EPTC sejam válidos, os períodos de coleta dessas informações tiveram influência de obras viárias que estavam sendo realizadas na região e, conseqüentemente, impactaram no volume de veículos que passaram a circular na avenida Ipiranga.

A tabela a seguir indica as datas de início e término das obras que tiveram influência no remanejamento do tráfego durante o período da coleta de dados.

Tabela 8 - Lista das obras que influenciaram na coleta de dados

Obra	Início	Término
BRT Bento Gonçalves	Março/2012	Julho/2016
BRT Protásio Alves	Março/2012	Junho/2016
BRT João Pessoa	Setembro/2012	Não concluída
Viaduto Bento Gonçalves	Agosto/2012	Julho/2016

(Fonte: EPTC, 2016)

Conforme série histórica dos volumes veiculares, fornecidos pela EPTC, verificou-se que para este estudo foi utilizado, em média, 10% a mais do volume de veículos que atualmente circulam na avenida Ipiranga. Isso se deve ao fato de que os dados, disponibilizados para o estudo, foram coletados em anos anteriores ao vigente.

Embora algumas informações utilizadas nesta análise sejam tratadas como estimativas, o estudo para implantação de uma faixa de uso exclusivo ao transporte coletivo não deve ser descartado. Ainda que haja um impacto negativo nos tempos de viagem dos veículos individuais, é necessário considerar o cenário em que a sociedade terá um benefício maior. Os resultados mostraram que há vantagens significativas em se implantar uma faixa de uso exclusivo na avenida Ipiranga. Para trabalhos futuros sugere-se a utilização de dados atualizados, do trecho em estudo, para aplicar no modelo. Para efeitos de calibração é necessário realizar uma análise mais profunda a respeito das variações de velocidade na via a fim de minimizar hipóteses e se aproximar do cenário real. Avaliar a aplicabilidade do simulador para toda extensão da via e ainda, combinar outras estratégias de gerenciamento de tráfego para reduzir impactos nos tempos de viagem.

REFERÊNCIAS

BRT Center of Excellence; EMBARQ; IEA e SIBRT (2014). Global BRT Data: version 3.14, última modificação em: jun. 07,2016. Disponível em: <brtdata.org>. Acesso em 07 jun. 2016.

CALEFFI, F. Gerenciamento ativo de tráfego: estudo de caso de uma Autoestrada Brasileira. 2013. 65 f. Dissertação de Mestrado. – Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

COSTA,B.; LINDAU, L.A.; NODARI, C.; SENNA, L. A. dos S.; VEIGA, I. Ônibus e lotação: uma experiência de convívio regulamentado em Porto Alegre. In: BRASILEIRO, A; HENRY, E. (org). Viação Ilimitada: ônibus das cidades brasileiras. São Paulo: Cultura. Editores Associados. 1999. p. 337-370

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Estudos de Tráfego. Rio de Janeiro, 384 p. IPR. Publ., 723, p. 66, Junho 2006. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_estudos_trafego.pdf>. Acesso em 24 Out. 2016.

EPTC. Empresa Pública de Transporte e Circulação. Relatório Preliminar Zona Sul. Porto Alegre. Novembro 2013. Disponibilizado pela Engenheira Maria Cristina Molina Ladeira, Diretora de Transportes da EPTC, na data de 20 de outubro de 2016.

FARIASAB, E.D.; BORENSTEINB, D. Mobilidade Urbana e Transporte Público: Modelos e perspectiva a partir da pesquisa operacional. Revista eletrônica Pesquisa Operacional para o desenvolvimento. São Paulo, v.6, n.3. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000936918&loc=2014&l=87f4c662420cae16>>

FERRARO, G. Avaliação de corredores do sistema de Transporte Coletivo por ônibus – atual e projetado – da cidade de Porto Alegre. Comparação usando os critérios do padrão de qualidade de BRT 2013. 2013. 90 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FERRAZ, A.C.P.; TORRES, I.G.E. Transporte Público Urbano. São Paulo: Rima, 2004. v. 2.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=431490&idtema=153&search=rio-grande-do-sul|porto-alegre|frota-2015>>. Acesso em 08 jun. 2016

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Frota. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=431490>>. Acesso em 08 jun. 2016

PORTO ALEGRE. Empresa Pública de Transporte e Circulação. Modal ônibus. Transporte em números: Indicadores anuais de mobilidade urbana. Porto Alegre, n.5, p. 1-28, Junho 2012. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/revista_onibus.pdf>. Acesso em 08 jun. 2016.

_____. Empresa Pública de Transporte e Circulação. O Sistema. Porto Alegre, Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/eptc/default.php?p_secao=152>. Acesso em 08 jun. 2016.

_____. Prefeitura de Porto Alegre. Mapas de linhas de ônibus. Porto Alegre, 2012. Disponível em:

<http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/mapa_transporte2012.pdf>. Acesso em 08 jun.2016

SANTOS, C.C. O valor do tempo na avaliação de projetos de transportes. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SEDU/PR e NTU. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República e Associação Nacional de Empresas de Transportes Urbanos . Relatório Técnico: Prioridade para o Transporte Coletivo Urbano. Brasília, 67 p., Agosto 2002. Disponível em: <<http://www.fetranspordocs.com.br/downloads/09PrioridadeTransporteColetivoUrbano.pdf>> Acesso em 24 Out. 2016.

SILVA, C.A.M. Análise de corredores prioritários ao ônibus: panorama mundial, clusterização, seleção de variáveis relevantes e relação entre variáveis. 2015. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

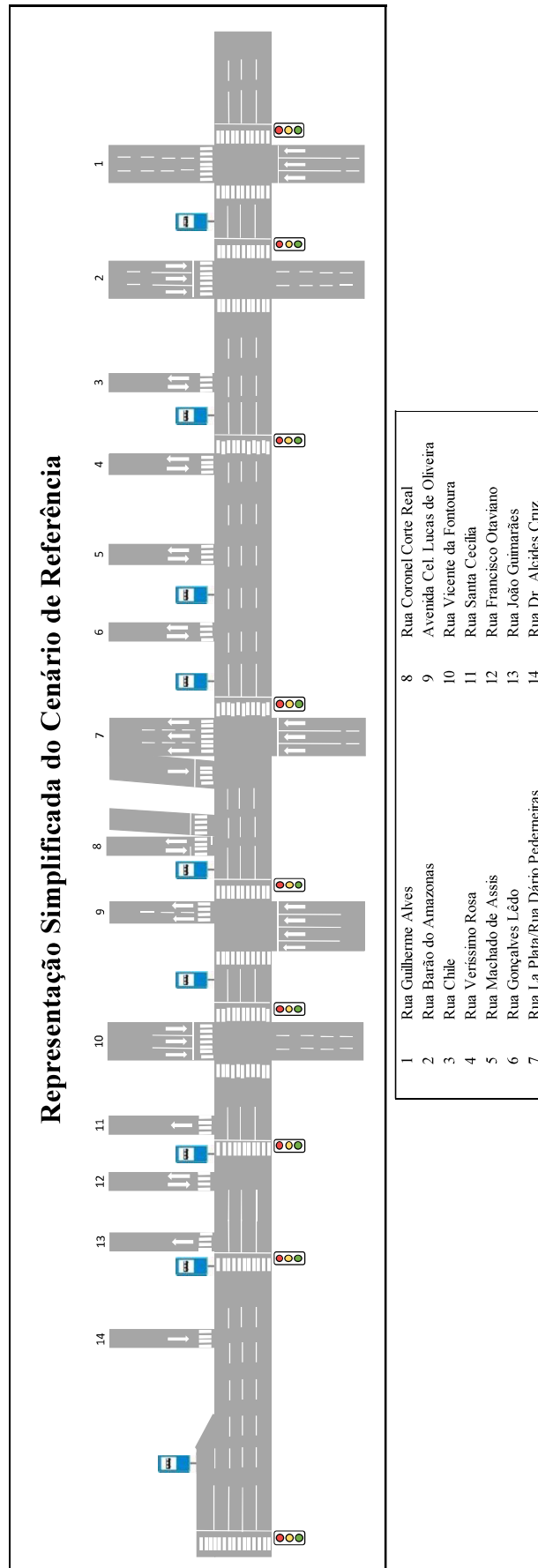
SOUZA, N.M. Transporte Público Coletivo: ônibus na cidade de Porto Alegre e os diversos fatores que contribuem para sua ineficiência. 2012. 82 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

VASCONCELLOS, E.A. Transporte Urbano nos países em Desenvolvimento – Reflexões e Propostas. São Paulo: Annablume, 2000. v. 3.

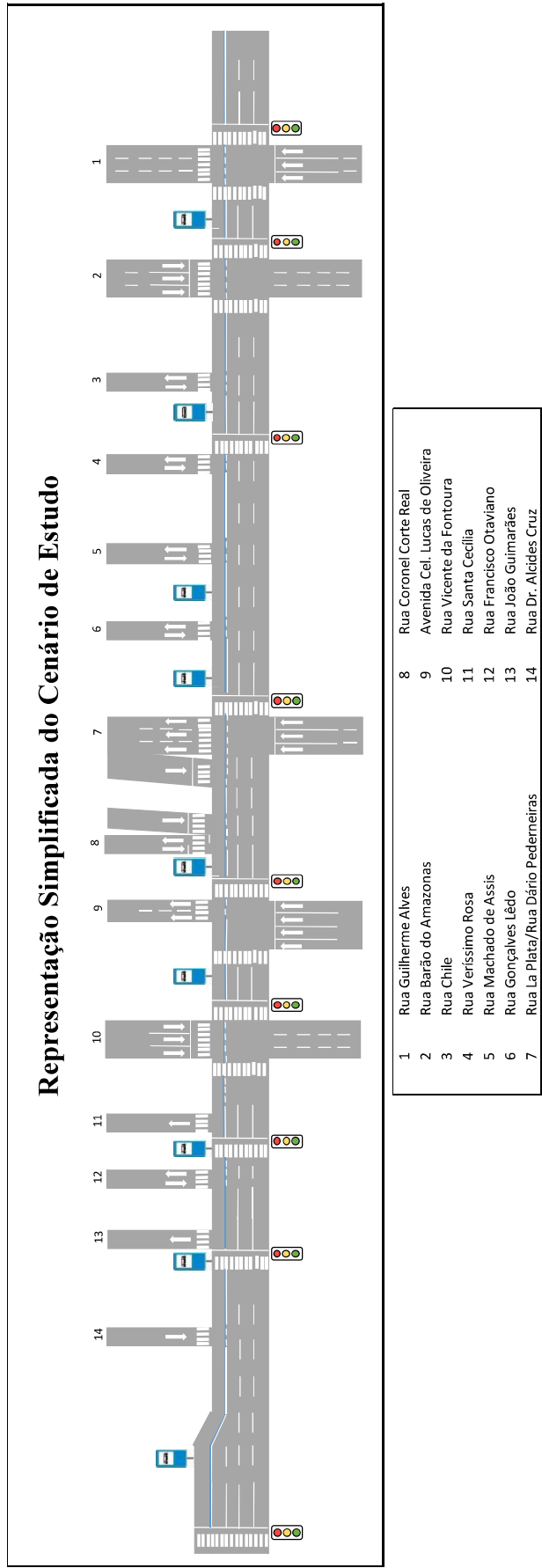
PTV VISSIM. Verkehr In Städten – SIMulationsmodell. Alemanha, 2016. Disponível em: <<http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-vissim/>>. Acesso em 15 de dezembro de 2016

VUCHIC, V.R. Urban Transit: Systems and Technology. United States: John Wiley Professio. 2007. v. 1

APÊNDICE A – Representação Simplificada dos cenários de Referência e de Estudo.

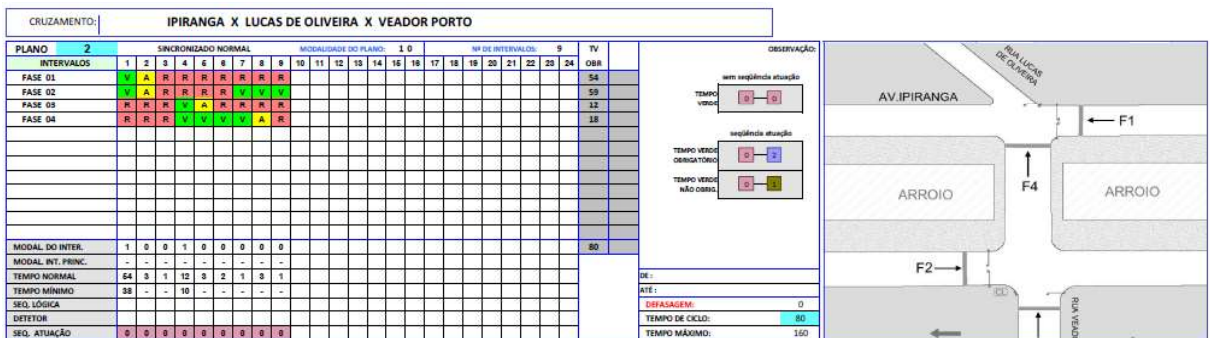
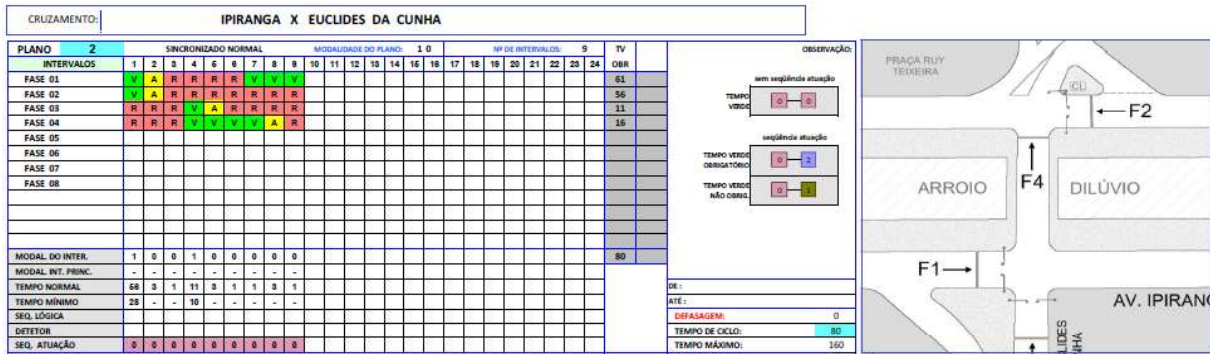
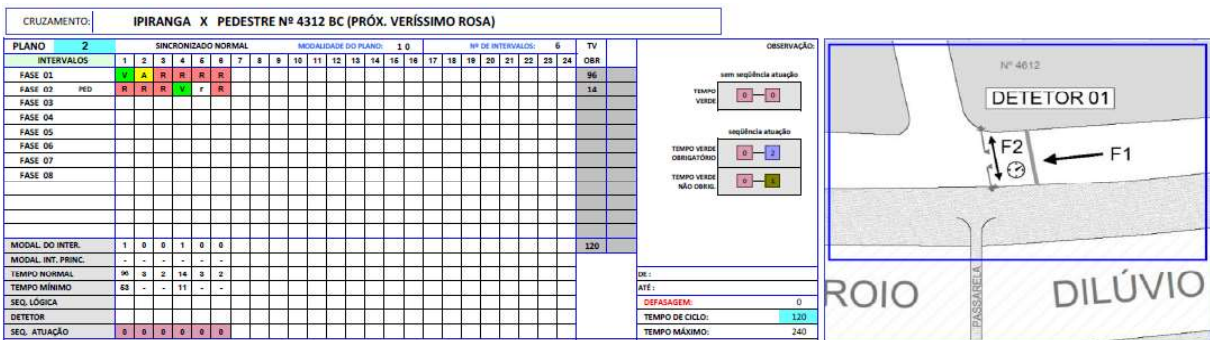
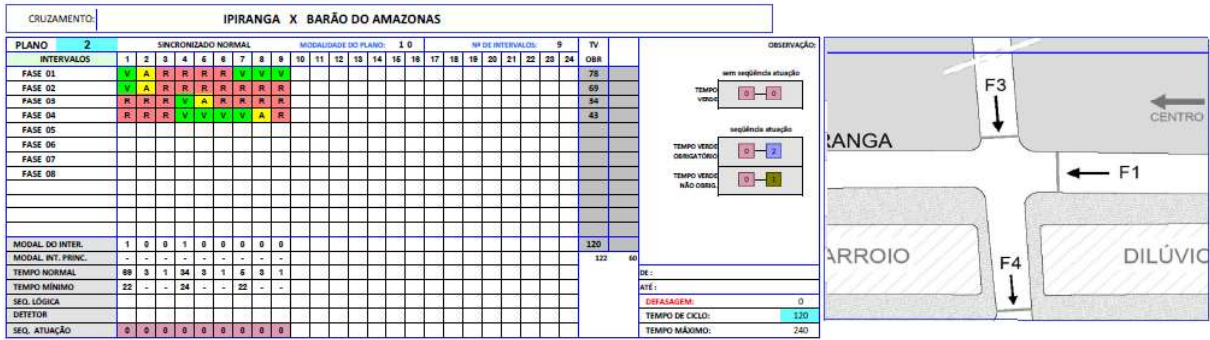


(Fonte: Própria da autora. 2016)



(Fonte: Própria da autora. 2016)

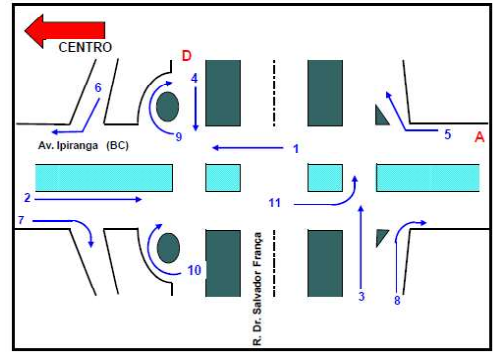
APÊNDICE B – Dados da Programação Semafórica (EPTC)



APÊNDICE C – Fluxo de Veículos (EPTC)

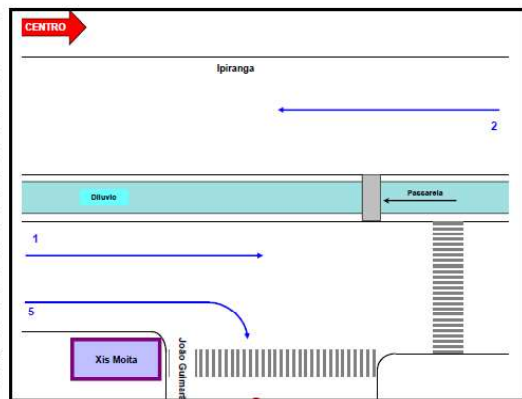
LOCAL: Ipiranga X Salvador Franca

INTERVALOS	FLUXOS																TOTAL
	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
00:00-01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00-02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00-03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00-04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00-05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00-06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00-07:00	653	437	649	539	49	64	135	100	88	97	0	0	0	0	0	0	2811
07:00-08:00	1813	2155	1711	1487	203	187	351	253	297	345	0	0	0	0	0	0	8782
08:00-09:00	1760	2509	1574	1342	257	240	405	226	256	370	0	0	0	0	0	0	8939
09:00-10:00	1884	2127	1406	1519	180	218	349	300	313	394	0	0	0	0	0	0	8688
10:00-11:00	2207	2019	1349	1625	231	270	304	273	296	469	0	0	0	0	0	0	9193
11:00-12:00	2420	2146	1406	1651	306	362	273	243	330	530	0	0	0	0	0	0	9575
12:00-13:00	2223	2081	1356	1467	293	277	309	270	349	508	0	0	0	0	0	0	9133
13:00-14:00	2373	2048	1284	1703	267	303	389	252	379	555	0	0	0	0	0	0	9553
14:00-15:00	2390	2158	1293	2088	316	332	322	293	353	514	0	0	0	0	0	0	10060
15:00-16:00	2291	2252	1278	1538	399	338	344	278	382	557	0	0	0	0	0	0	9059
16:00-17:00	2330	2464	1348	1692	284	300	314	299	344	592	0	0	0	0	0	0	9957
17:00-18:00	2387	2458	1490	2036	286	325	381	323	406	635	0	0	0	0	0	0	10677
18:00-19:00	2402	2448	1368	2232	250	267	405	353	433	545	0	0	0	0	0	0	10701
19:00-20:00	2337	2419	1314	2208	246	251	358	260	443	552	0	0	0	0	0	0	10388
20:00-21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00-22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00-23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00-24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	30450	30750	18796	33108	3616	3628	4650	3722	4778	6632	0	0	0	0	0	0	126089
MEDIA	1227	1238	783	963	151	151	193	155	199	276	0	0	0	0	0	0	5337
COEF. VAR.	0,69	0,90	0,57	0,91	0,93	0,91	0,69	0,89	0,91	0,92							5337



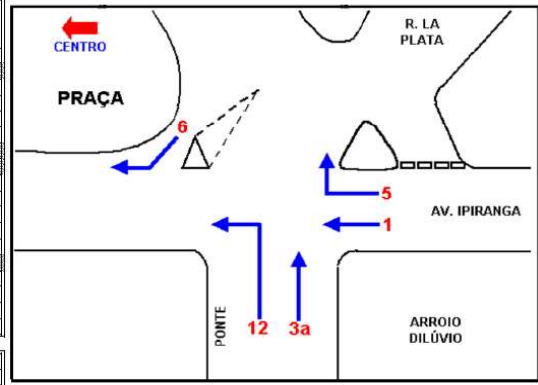
LOCAL: Ipiranga x João Guimarães

INTERVALOS	FLUXOS					TOTAL
	1	2	5			
07:00-08:00	2954	1821	441			5216
08:00-09:00	3599	2047	533			6178
09:00-10:00	2650	2045	400			5095
10:00-11:00	2532	2091	356			4979
11:00-12:00	2352	2229	403			4984
12:00-13:00	2249	2117	363			4729
13:00-14:00	3130	2296	353			5779
14:00-15:00	2876	2407	434			5717
15:00-16:00	2391	2642	348			5381
16:00-17:00	2151	2708	359			5197
17:00-18:00	2129	2708	328			5166
18:00-19:00	2270	3089	424			5783
19:00-20:00	2203	2610	388			5201
TOTAL	33486	30808	5111			69403
MEDIA	2576	2370	393			5339
COEF. VAR.	0,17	0,15	0,14			0,07
HORA+CAR.	3599	3089	533			6178
HORA-CAR.	2129	1821	328			4729



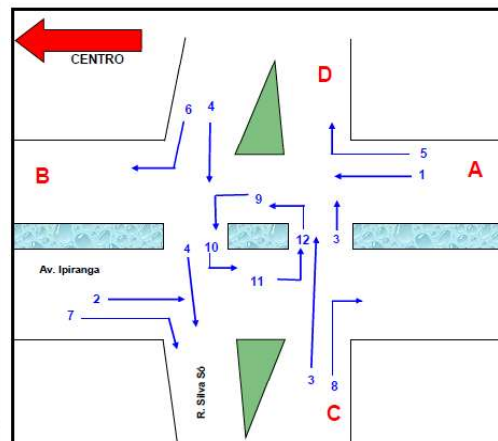
LOCAL: Av. Ipiranga x R. Euclides da Cunha x La Plata

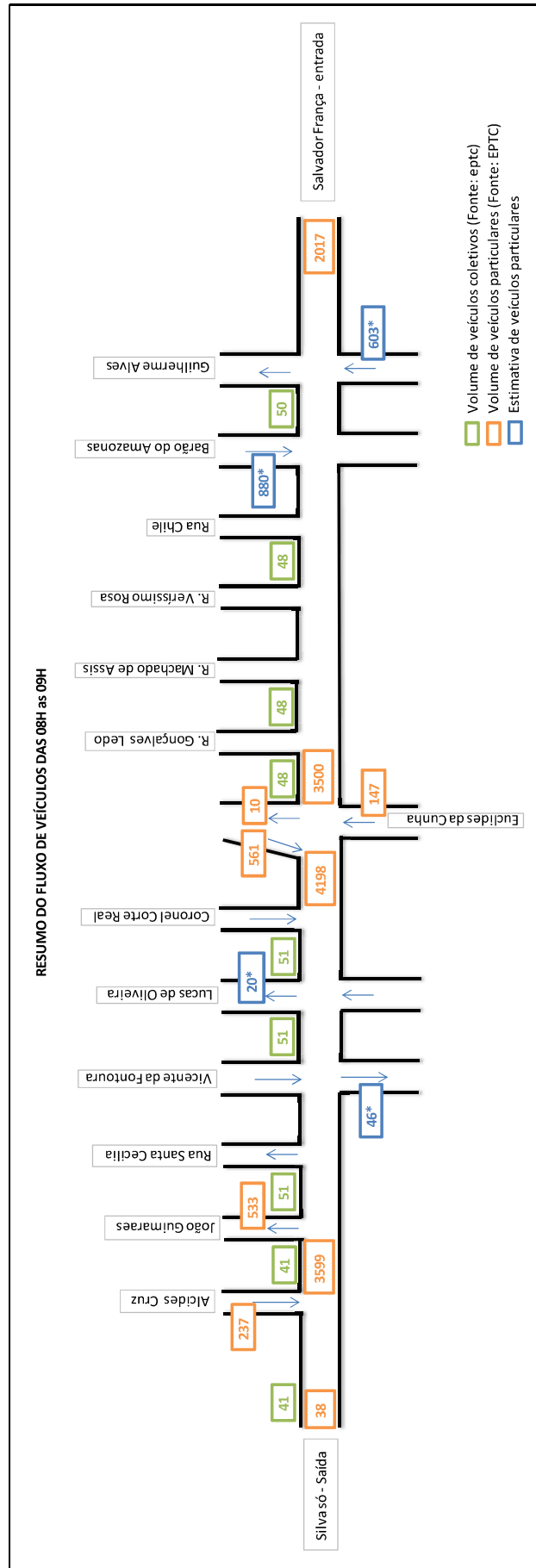
INTERVALOS	FLUXOS												TOTAL	
	1	2	3	3a	5	6	8	11	12					
07:00-08:00														
08:00-09:00	3490	1941	147	210	10	561	72	200	147					6779
09:00-10:00	2770	2398	183	269	10	446	66	278	172					6591
10:00-11:00	2834	2465	158	233	16	400	59	219	159					6543
11:00-12:00	2704	2140	191	357	24	361	79	235	132					6223
12:00-13:00														
13:00-14:00														
14:00-15:00	2449	2214	146	211	12	471	55	229	130					5916
15:00-16:00	2420	2718	137	204	14	406	40	200	163					6301
16:00-17:00	2557	2810	134	251	9	369	62	247	156					6595
17:00-18:00	2517	2571	152	287	6	393	53	314	157					6450
18:00-19:00	2580	3001	195	431	6	417	79	381	171					7261
19:00-20:00														
TOTAL	24320	22257	1442	2453	107	3823	567	2303	1387					58659
MEDIA	2702	2473	160	273	12	425	63	256	154					6518
COEF. VAR.	0,11	0,13	0,14	0,26	0,45	0,14	0,19	0,22	0,09					0,05
HORA+CAR.	3490	3001	195	431	24	561	79	381	172					7261
HORA-CAR.	2420	1941	134	204	6	361	40	200	130					5916



LOCAL: Ipiranga x Silva S6

INTERVALOS	FLUXOS												TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
00:00-01:00	436	411	128	395	66	230	1	20	91	220	69	38		2183
01:00-02:00	189	223	58	215	18	117	0	14	52	77	39	31		1035
02:00-03:00	115	104	33	107	14	62	1	3	29	66	38	16		578
03:00-04:00	74	81	20	99	9	45	0	6	14	48	23	13		438
04:00-05:00	76	62	25	81	17	45	0	11	7	34	14	6		379
05:00-06:00	234	114	90	144	32	65	4	8	24	86	28	17		834
06:00-07:00	1443	568	431	424	214	318	1	23	112	316	137	63		4018
07:00-08:00	3135	1973	1148	1408	648	944	1	22	236	763	653	245		11177
08:00-09:00	3413	1845	1248	1384	433	1132	3	24	258	730	701	204		11261
09:00-10:00	3223	1957	1249	1410	425	1089	4	51	247	790	580	212		11235
10:00-11:00	2383	2214	1059	1343	392	1110	16	75	367	811	821	184		10973
11:00-12:00	2379	2386	1068	1363	490	1085	24	67	290	815	946	188		11240
12:00-13:00	2497	2373	937	1359	482	1158	13	59	213	818	1084	182		11175
13:00-14:00	3071	2325	1104	1338	479	1150	16	77	219	889	773	176		11616
14:00-15:00	3751	2418	1068	1375	435	1190	18	102	244	910	810	177		11487
15:00-16:00	2422	2523	896	1576	438	1125	29	61	338	990	965	170		11523
16:00-17:00	2416	2766	1096	1783	379	1063	22	83	339	737	1089	142		11745
17:00-18:00	3183	3153	1058	1614	463	928	19	52	259	1041	1268	134		12171
18:00-19:00	1811	3353	1165	1622	358	1024	6	36	331	878	1330	141		12073
19:00-20:00	1657	2731	1031	1728	358	889	12	55	273	924	1045	117		10817
20:00-21:00	1588	1957	725	1334	287	955	5	56	238	687	615	120		8527
21:00-22:00	1233	1653	565	1152	239	674	3	45	169	576	508	121		6956
22:00-23:00	1248	1492	497	1063	283	580	2	41	171	634	421	118		6549
23:00-24:00	801	716	542	1053	145	445	5	21	106	337	246	63		4480
TOTAL	40947	39399	17093	25230	7101	17321	204	1005	4650	14130	14302	2875		184191
MEDIA	1706	1642	712	1051	296	722	8	42	193	590	582	120		7673
COEF. VAR.	0,64	0,64	0,61	0,54	0,62	0,60	1,03	0,64	0,58	0,57	0,72	0,59		7673
HORA+CAR.	3413	3353	1249	1728	648	1190	20	102	367	1041	1350	245		12171
HORA-CAR.	74	62	20	81	9	45	0	3	7	34	14	6		10817





(Fonte: Própria da autora, 2016)

APÊNDICE D – Medidor automático EPTRANS (EPTC)

5

VIA:		IPIRANGA		SENTIDO:	BAIRRO / CENTRO		DATA:	01/09/2016		quinta-feira							
PONTO DE INÍCIO:		IPIRANGA X GUILHERME ALVES				HORA DE INÍCIO:		8:36:33 AM		PERÍODO:		PICO MANHÃ					
PONTO DE FIM:		IPIRANGA X SILVA SÓ				HORA DE FIM:		8:44:23 AM									
PESQUISADOR:		LUIZ		DISTÂNCIA PERCORRIDA (km)		2,16		TEMPO TOTAL (h:mm:ss)		0:07:50		CONDIÇÕES CLIMÁTICAS		BOM			
VELOCIDADE MÉDIA:		17		km/h		MÁXIMA		44		km/h		MÍNIMA		8		km/h	
VELOCIDADE DE CRUZEIRO:		20		km/h		MÁXIMA		44		km/h		MÍNIMA		10		km/h	
ATRASO TOTAL:		00:01:13		hh:mm:ss		NÚMERO TOTAL DE PARADAS:						3					
MOTIVOS DOS ATRASOS																	
SEMÁFORO CRUZAMENTO		SEMÁFORO PEDESTRE		CONGESTION.		PARADA TRANSPORTE PÚBLICO		ESTACIONAMENTO IRREGULAR		ACIDENTE		OBRAS NA PISTA		OUTRO			
																	
PARADAS PRIMÁRIAS		PARADAS SECUNDÁRIAS															
2		0		0		1		0		0		0		0			

VIA:		IPIRANGA		SENTIDO:	BAIRRO / CENTRO		DATA:	31/08/2016		quarta-feira							
PONTO DE INÍCIO:		IPIRANGA X GUILHERME ALVES				HORA DE INÍCIO:		8:38:27 AM		PERÍODO:		PICO MANHÃ					
PONTO DE FIM:		IPIRANGA X SILVA SÓ				HORA DE FIM:		8:46:04 AM									
PESQUISADOR:		LUIZ		DISTÂNCIA PERCORRIDA (km)		2,16		TEMPO TOTAL (h:mm:ss)		0:07:37		CONDIÇÕES CLIMÁTICAS		CHUVA			
VELOCIDADE MÉDIA:		17		km/h		MÁXIMA		35		km/h		MÍNIMA		9		km/h	
VELOCIDADE DE CRUZEIRO:		23		km/h		MÁXIMA		35		km/h		MÍNIMA		17		km/h	
ATRASO TOTAL:		00:01:59		hh:mm:ss		NÚMERO TOTAL DE PARADAS:						4					
MOTIVOS DOS ATRASOS																	
SEMÁFORO CRUZAMENTO		SEMÁFORO PEDESTRE		CONGESTION.		PARADA TRANSPORTE PÚBLICO		ESTACIONAMENTO IRREGULAR		ACIDENTE		OBRAS NA PISTA		OUTRO			
																	
PARADAS PRIMÁRIAS		PARADAS SECUNDÁRIAS															
1		0		0		3		0		0		0		0			