

# **SOBRE O IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DE UM CORREDOR EXCLUSIVO PARA ÔNIBUS EM CENTROS URBANOS: UM ESTUDO DE CASO PARA BELO HORIZONTE**

**Clarissa Pontes**

UFMG – Brasil

**Ewerton Sanches**

ImTraff Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda – Brasil

**Michelle Maura Ribeiro**

ImTraff Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda – Brasil

**Frederico Rodrigues**

ImTraff Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda – Brasil

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo avaliar a variação de indicadores de desempenho de tráfego (velocidade média, tempo de viagem e nível de serviço) de um trecho de Avenida em Belo Horizonte após a segregação hipotética de uma faixa exclusiva para o transporte coletivo. Para isto foi utilizado o *Software* AimSun, para simular o cenário atual da avenida, que opera em trânsito misto e o cenário proposto com a segregação dos ônibus em uma faixa exclusiva. O trabalho baseou-se em artigo recentemente publicado no congresso brasileiro ANPET, porém as simulações foram feitas para condições diferentes. Os resultados obtidos apontaram para uma melhoria do nível de serviço e velocidade média para os ônibus. Já as pistas de tráfego misto apresentaram uma piora para os mesmos parâmetros. No entanto, levando-se em consideração a divisão modal, verifica-se que pelo fato da taxa de ocupação do transporte coletivo ser significativamente superior ao dos veículos leves, tal intervenção beneficiou um maior número de pessoas, mesmo com a piora nos indicadores para as faixas mistas remanescentes.

## **1. INTRODUÇÃO**

A mobilidade urbana no Brasil obedece a uma política não explícita, centrada na existência de um único modo de transporte - o automóvel (ANTP, 2003). Isso, porém, tem gerado problemas diversos tais como emissão de gases, ruído, acidentalidades, congestionamentos, etc. Somam-se a tais efeitos a redução de velocidade média do transporte coletivo por ônibus que, no caso do Brasil, é o modo preponderante na divisão modal do transporte de passageiros em centros urbanos.

Outra dimensão do problema se expressa na apropriação desigual do sistema viário. De acordo com a ANTP (2003), entre setenta e noventa por cento do espaço viário é ocupado pelo automóvel, porém um número significativamente inferior refere-se ao total de viagens geradas por este modo nas cidades brasileiras, dezenove por cento. Corroborando de forma quantitativa esta estimativa, Rodrigues (2010) mostrou que, para o caso do sistema

rodoviário de Belo Horizonte, a preponderância dos veículos em circulação é realmente a dos automóveis (78%), com uma pequena participação dos ônibus (3%). No entanto, ao se avaliar a divisão modal do transporte de passageiros verifica-se uma inversão. Isto é, os ônibus, que representam uma pequena parcela dos veículos em circulação, são responsáveis pelo transporte da maior parcela de pessoas (54%), contra os automóveis responsáveis por 39% (Rodrigues, 2010).

Neste contexto, segundo a ANTP (2003), o espaço das vias ocupado pelos passageiros de automóveis pode ser de seis até vinte e sete vezes maior que aquele em ônibus. Segundo Rodrigues *et al.* (2010), considerando a média usual de ocupação de automóveis e ônibus na cidade de Belo Horizonte, cada ônibus é capaz de tirar de circulação 36 automóveis, caso houvesse transferência modal.

O transporte público é um serviço essencial para a sociedade, na medida em que propicia mobilidade e acessibilidade para as pessoas que precisam atingir distâncias que não podem ser percorridas a pé. No caso brasileiro, tanto a rápida urbanização, quanto a renda relativamente baixa tornam esse tipo de transporte a única forma de deslocamento motorizado da maioria da população (ANTP, 2003). Além disso, uma rede de transporte público com atratividade e que atenda bem os usuários beneficia à redução dos índices de congestionamento e a mitigação de vários impactos ambientais e econômicos negativos causados pelo uso indiscriminado do transporte individual (FERRAZ E TORRES, 2004).

Os problemas relatados, com relação ao uso não democrático do sistema viário, acontecem em grande parte das cidades com mais de um milhão de habitantes, especialmente no Brasil, como é o caso de Belo Horizonte. A configuração do sistema viário da capital mineira é do tipo radial, ou seja, os principais corredores de tráfego dão acesso à região central da cidade, o que agrava ainda mais a circulação de veículos em função do tráfego de passagem que ocorre em uma das áreas mais sensíveis da cidade (o centro). Este cenário leva a significativos volumes de tráfego nos principais corredores da cidade, o que por sua vez implica em congestionamentos, atrasos, entre outros.

Motivada pelo problema específico (tráfego de passagem na região central da cidade), bem como os demais relatados no que diz respeito à divisão modal presente nos centros urbanos, patologias oriundas do uso indiscriminado do automóvel, entre outros, a Prefeitura de Belo Horizonte, juntamente com a BHTrans, estuda a implantação de diversos corredores exclusivos de ônibus na cidade. Entre eles, o da Av. Pedro II.

Segundo Bernardes *et al.* (2011) é possível obter melhorias no nível de serviço de vias onde se segrega uma faixa para o transporte coletivo, porém desde que realizadas algumas intervenções específicas como, por exemplo, eliminação de estacionamento paralelo na via e também eliminação de conversões à esquerda no corredor em questão. No entanto, para

a situação específica do corredor em Belo Horizonte, estas configurações não se aplicam por já não haver estacionamentos e conversões à esquerda no trecho em estudo.

Assim, motivado pela necessidade de se verificar quais seriam os impactos em indicadores de desempenho de tráfego para uma situação divergente da proposta por Bernardes *et al.* (2011), o presente trabalho tem o objetivo de avaliar os impactos, de forma quantitativa, em se segregar uma faixa de tráfego para uso exclusivo do transporte coletivo, em um trecho de via em Belo Horizonte-MG, Brasil.

## **2. ESTUDOS DE TRANSPORTE COLETIVO ENVOLVENDO SIMULAÇÕES DE TRÁFEGO**

Diversos estudos têm sido realizados, utilizando-se *Softwares* de simulação de tráfego para gerar indicadores que explicam o comportamento de operação da via, seja por meio da velocidade veicular, fluxo, filas nível de serviço, grau de saturação, entre outros indicadores.

Por exemplo, Bernardes *et al.* (2011) fez sua pesquisa, análoga à proposta neste artigo, utilizando o *software* ARTPLAN.

Pereira *et al.* (2012) exploraram o sistema de BRT em termos de capacidade e velocidade operacional, por meio da realização de um projeto de experimentos abrangendo 324 cenários. Para este caso também foi utilizado um *software* de simulação. Avaliaram-se o impacto da demanda, taxas de embarque/desembarque, distância entre estações, fator de carregamento de veículos, quantidade de baias por plataforma e posicionamento de semáforos. A animação da simulação proporcionada pelo *software* contribuiu para as análises qualitativas ao identificar filas de veículos no corredor e de passageiros nas estações, típicas de situações operacionais que beiram o limite de desempenho.

Para o presente trabalho, será utilizado o *software* AimSun, já bastante difundido na academia e no mercado de engenharia de transportes, no Brasil e no mundo, conforme melhor explicado na seção 3.

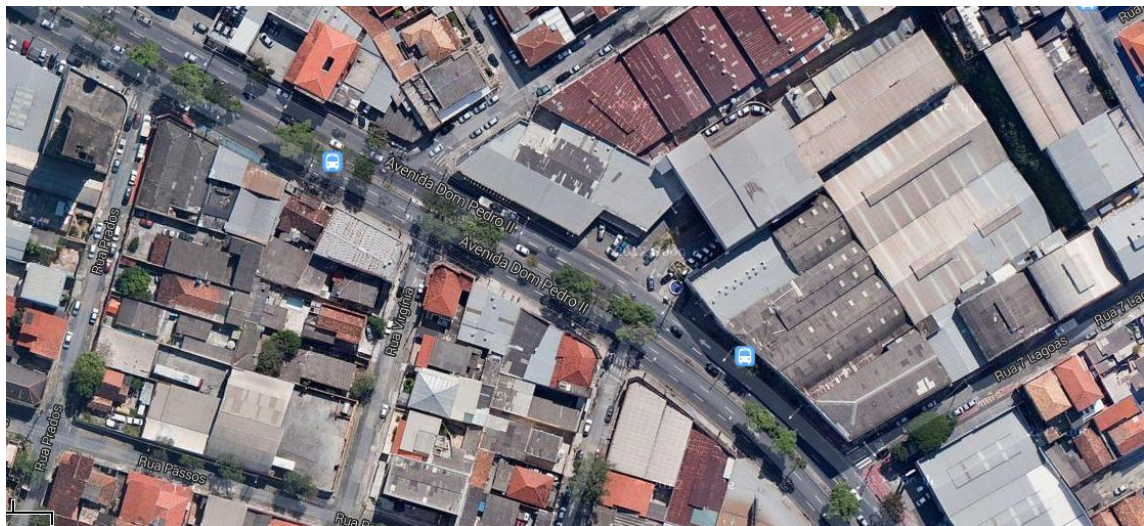
## **3. METODOLOGIA DE TRABALHO**

### **3.1 Seleção do Local**

Definiu-se, primeiramente, o trecho a ser estudado (um trecho da Av. Pedro II - importante corredor viário de Belo Horizonte), em função da disponibilidade de dados no local bem como o fato de ser um trecho onde é real a possibilidade de implantação de um corredor exclusivo para ônibus, conforme estudos realizados pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Em seguida foram obtidos os dados de volume veicular possibilitando a caracterização de diferentes comportamentos de viagens e composições de tráfego, de forma a viabilizar as análises de circulação de veículos.

Com considerável capacidade e demanda de tráfego e caracterizada como arterial, o trecho em análise é responsável pela conexão do centro da cidade aos bairros da região noroeste da capital. O segmento específico selecionado para avaliação situa-se na porção inicial da avenida, situado entre as vias Rio Casca e Itanhomi.

Apresentando três faixas de tráfego por sentido, separadas por estreito canteiro central, observam-se, ao todo no trecho, dez interseções, interceptando vias, sobretudo locais. A sinalização horizontal e o pavimento estão em bom estado de conservação. Atualmente, esta importante artéria de conexão da cidade não apresenta qualquer tipo de priorização para o transporte coletivo. As características viárias do corredor foram obtidas por meio de visitas ao local, registros fotográficos e ainda com o auxílio do *Software* Google Earth. A Figura 1 ilustra superficialmente o trecho em questão.



**Figura 1 – Localização do trecho em estudo, pertencente à Avenida Pedro II, em Belo Horizonte**

**Fonte: Google Earth, com alterações dos autores**

### **3.2 Tratamento dos Dados de contagem Volumétrica**

Utilizaram-se os dados de volume veicular da Avenida Pedro II, levantados por Rodrigues (2010), quando se realizou a tabulação em planilhas eletrônicas e obtidas diversas médias e totalizações. Fazendo-se uma média entre os volumes em ambos os sentidos viários, identificou-se que o pico volumétrico do trecho aconteceu no turno da manhã, no período de 09h00 as 10h00, conforme Tabela 1.

HORA CHEIA	FLUXO SENTIDO CENTRO>> BAIRRO OP				FLUXO SENTIDO BAIRRO>>CENTRO AD				FLUXO TOTAL GERA
	AUTO	CAMINHÃO	MOTO	TOTAL ONIBUS	AUTO	CAMINHÃO	MOTO	TOTAL ONIBUS	
05:00 AS 06:00	51	3	25	19	182	10	36	144	470
06:00 AS 07:00	197	5	39	33	912	20	137	183	1526
07:00 AS 08:00	566	12	131	39	1375	35	310	170	2638
08:00 AS 09:00	519	20	137	34	1314	32	308	187	2551
09:00 AS 10:00	714	35	192	46	1282	65	337	138	2809
16:00 AS 17:00	927	29	225	44	1040	27	285	153	2730
17:00 AS 18:00	871	23	178	31	1009	12	314	174	2612
18:00 AS 19:00	713	13	140	62	1031	13	268	164	2404
19:00 AS 20:00	649	5	87	38	724	7	110	165	1785
20:00 AS 21:00	522	3	51	56	550	7	59	110	1358

**Tabela 1- Volume por tipo de veículo, por hora no trecho em estudo da Av. Pedro II**

Para possibilitar a simulação no *Software AimSun* foi necessário integrar os volumes dos diversos modos. Assim somaram-se os dados de ônibus + ônibus articulados + micro ônibus criando-se um único dado denominado “total ônibus”, e automóveis + (motocicletas\*0,2) denominado como “leves”. Foi adotado o valor 0,2 por ser o fator multiplicador para comparação de espaço físico ocupado pelas motocicletas com os automóveis, conforme recomendado pelo manual de Semáforos do DENATRAN. Caminhões foram considerados à parte, também como veículos pesados. Denominou-se C1 o fluxo sentido centro e C2 o sentido bairro. Os dados são apresentados na tabela 2.

HORA CHEIA	CAMINHÃO	TOTAL ONIBUS	LEVES=AUTO + (MOTO*0,2)	FLUXO TOTAL FINAL
C2=FLUXO SENTIDO CENTRO>> BAIRRO	35	46	752,4	2385,8
C1=FLUXO SENTIDO BAIRRO>>CENTRO	65	138	1349,4	

**Tabela 2 - Volume médio na Av. Pedro II para a hora pico de 09h00 às 10h00**

Uma vez que os dados são de 2009, utilizou-se a taxa média de crescimento de tráfego identificada nos radares da cidade de Belo Horizonte nos últimos anos, identificada como 3,5% a.a., gerando a tabela com a previsão dos volumes para o ano atual (2013) conforme Tabela 3.

Contador	Volume	Tipo de veículo
C1	75	Caminhão
C1	158	Ônibus
C1	1548	Automóvel
C2	40	Caminhão
C2	53	Ônibus
C2	863	Automóvel

**Tabela 3: Volume final por modo de transporte, extrapolado para 2013, para o trecho da Av. Pedro II**

Para possibilitar a comparação e utilização dos resultados no *software* AimSun gerou-se os dados apresentados na Tabela 4, com dados gerais calculando a média dos volumes de 2013. Com relação à taxa de ocupação dos veículos, utilizada para a consideração final da pesquisa, foram utilizados os dados extraídos de Rodrigues (2010), para a cidade de Belo Horizonte.

MODO DE TRANSPORTE	OCUPAÇÃO MÉDIA	VOLUME 2009		VOLUME 2013 (VOLUME REAL * (1,035^4))		MÉDIA DO VOLUME 2013
		C2=Fluxo Centro>> Bairro	C1=Fluxo Bairro>>Centro	C2=Fluxo Centro>> Bairro	C1=Fluxo Bairro>>Centro	
AUTO	1,38	714	1282	819	1471	1145
Caminhão	3	35	65	40	75	57
Motocicleta	1,14	192	337	220	387	304
Ônibus	20,57	46	138	53	158	106
TOTAL GERAL:				1133	2091	1612

**Tabela 4: Volume por modo de transporte na Av. Pedro II para a hora pico**

### 3.3 Modelagem utilizando-se o *Software* AimSun

A metodologia utilizada contemplou a simulação de tráfego no *Software* AimSun de dois cenários, um atual – que opera em trânsito misto, e o cenário proposto com a via exclusiva de ônibus, utilizando-se, para ambos os casos, os mesmos dados de volume.

O *software* AIMSUN (*Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks*) é de origem espanhola produzido pela empresa TSS. Segundo Rodrigues e Araújo (2012) o *software* adota a abordagem microscópica e é capaz de representar os cenários em três dimensões, além de operar com volumes de tráfego ou com matrizes O/D, permitindo a modelagem do comportamento individualizado do motorista que reage a ocorrência de incidentes que venham a bloquear uma via ou mesmo indicações de painéis de mensagens.

A versão utilizada no presente trabalho foi a 6.1.3, utilizando exclusivamente os indicadores de desempenho velocidade média e relação v/c, para associação ao nível de serviço, conforme manual de engenharia de tráfego (TRB, 2010). A opção por estes indicadores foi devido à capacidade dos mesmos em representar a operação de uma via em situações diversas, como as comparadas na presente pesquisa. Especialmente para o cálculo de nível de serviço, relacionou-se os dados de relação volume capacidade (v/c) fornecidos pelo *software*, para comparação aos patamares definidos por TRB (2010), para seções de via, conforme simplificado apresentado a seguir:

- *GS (Grau de Saturação)  $\leq 80\%$ , correspondendo aos níveis A, B, C e D, indica que a aproximação viária não apresenta problemas operacionais;*
- *$80\% < GS < 100\%$ , correspondendo ao nível E, indica que a aproximação está operando próximo ou no limite da capacidade de tráfego;*
- *$GS = 100\%$  (ou superior), nível F, indica estado de saturação, onde a demanda é superior à capacidade viária, causando excessivas filas de veículos e atrasos.*

A Figura 2 ilustra um trecho da simulação para o cenário atual, onde se observa a representação dos veículos na via, o número de faixas, principais interseções, etc.



**Figura 2 – Vista geral da simulação, extraída pelo *Software* AimSun**

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir das simulações feitas obtiveram-se os resultados para os indicadores de desempenho escolhidos para realizar a comparação dos cenários, atual e futuro. Com relação ao Nível de Serviço, o cenário atual apresentou, de forma geral, NS “D” em toda a extensão do trecho, com saturação entre 60% e 80%, conforme Figura 3.



**Figura 3 – Saturação do trecho em análise para o cenário atual**

No cenário proposto, onde uma faixa é dedicada exclusivamente para os ônibus, houve uma piora na saturação das faixas do fluxo misto (passando para entre 80% e 100%) com um decréscimo do Nível de Serviço (NS E para o sentido bairro centro e NS D para o sentido centro bairro). Já na pista exclusiva do transporte coletivo, verificam-se melhorias significativas, refletidas por uma saturação menor que 20%, operação em nível A (Figura 4).

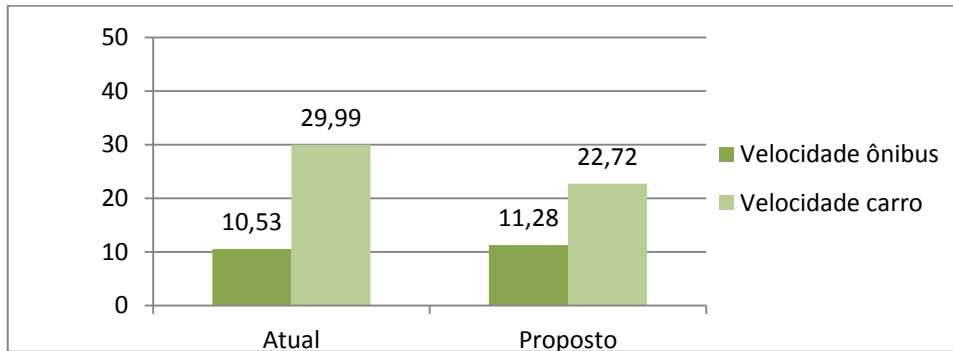


**Figura 4 – Nível de serviço para o cenário proposto**

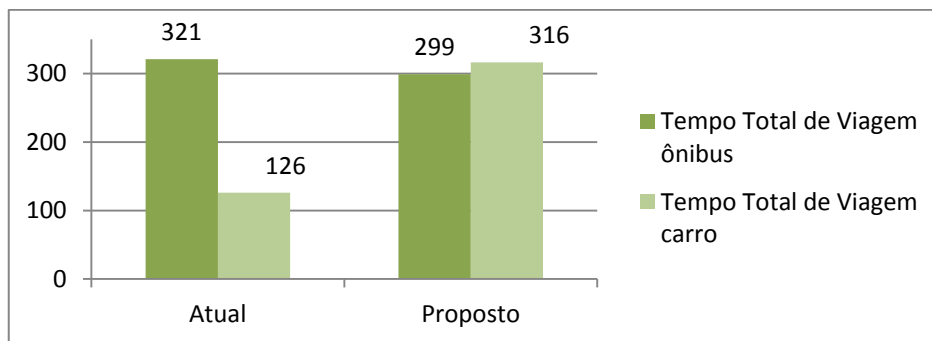
A velocidade média dos veículos leves caiu de 29,99 km/h para 22,72 km/h, o que representa uma queda de aproximadamente 25%. No entanto, a velocidade média dos ônibus aumentou de 10,53 km/h para 11,28, acréscimo de cerca de 7%, conforme Figura 5. Cabe destacar, que este aumento de velocidade somente não foi maior, por inexistir neste cenário uma faixa de ultrapassagem nas estações de ônibus, fazendo com que nestes pontos,



os ônibus sempre sofrerem paradas, mesmo quando não necessário. Esta variação de velocidade provocou alteração do tempo total de viagem dos veículos localizados em ambas as pistas. Aqueles situados na via de tráfego misto (veículos leves), o cenário proposto gerou aumento de 190 s no tempo de viagem, enquanto para o transporte coletivo houve diminuição de 22 s, conforme Figura 6.

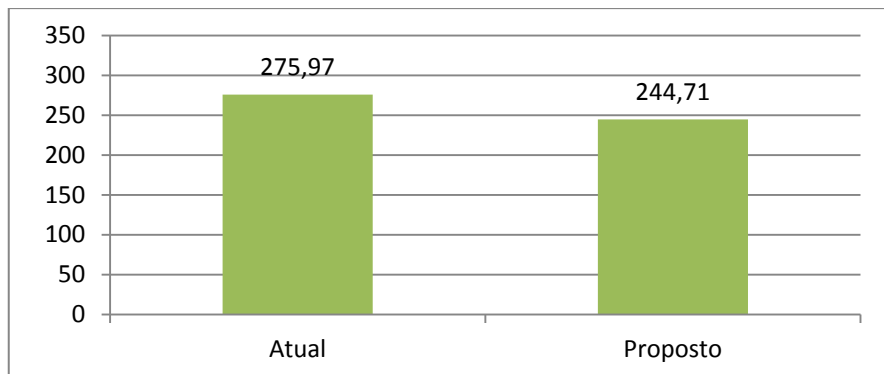


**Figura 5 – Velocidade média (km/h) para veículos localizados nas faixas de tráfego misto e para a pista de ônibus**



**Figura 6 – Tempo de viagem para veículos localizados nas faixas de tráfego misto e para a pista de ônibus (segundos)**

Um dos motivos da diminuição do tempo de viagem do transporte coletivo trata-se da diminuição do tempo de parada nos pontos de embarque e desembarque (PEDS), para ambos os sentidos. Enquanto, no cenário atual os ônibus ficam, em média, 265 s parados (devido ao congestionamento e às operações de embarque e desembarque) para o cenário proposto ficam 244 s, ou seja, 31 s a menos. Neste segundo caso o tempo de parada refere-se somente aos PEDS (Figura 7). Se houvesse uma faixa de ultrapassagem do transporte coletivo no cenário proposto, o tempo de parada seria significativamente inferior, o que diminuiria o tempo total de viagem deste modo no trecho em estudo. No entanto, a simulação realizada no presente trabalho não contemplou a possibilidade de desapropriação lindeira, utilizando apenas o espaço viário já existente.



**Figura 7 – Tempo de parada dos ônibus para o cenário atual e proposto em segundos**

## **5. AVALIAÇÃO ESPECÍFICA NO IMPACTO EM NÚMERO DE PESSOAS**

Com relação à ocupação dos veículos por modos de transporte, conforme dito anteriormente, verifica-se que a maior parte da população está sendo transportada pelo modo ônibus. Dessa forma, mesmo que a segregação da pista exclusiva gere uma piora nos indicadores de desempenho das pistas mistas, tem-se um total de 55% das pessoas beneficiadas (nos ônibus) contra 39% sofrendo uma piora dos indicadores de desempenho operacional das faixas mistas.

Com a priorização do modo coletivo existe a possibilidade de ocorrer a transferência modal, isto é, uma parte dos usuários do automóvel migrarem para os ônibus. Conforme Rodrigues *et al.* (2008), que fez simulações dos impactos em indicadores de desempenho de tráfego, para diversas situações de transferência modal, uma migração de 5% (automóvel para ônibus) já apresenta significativas melhorias em diversos indicadores utilizados na pesquisa.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A presente pesquisa avaliou os efeitos da segregação de uma faixa de tráfego para uso exclusivo de ônibus do transporte coletivo em um centro urbano. Os resultados obtidos apontaram uma melhoria significativa do nível de serviço (D para A), velocidade média, tempo de parada e tempo de viagem da via destinada ao transporte coletivo, com diminuição desses indicadores para a via de tráfego misto (veículos leves). A velocidade média, inclusive, pode ter uma redução da ordem de 25%.

Diferentemente da pesquisa realizada por Bernardes *et al.* (2011), que para uma situação específica verificou melhorias para todos os modos, com as limitações e características da via simulada no presente trabalho, as faixas remanescentes para tráfego misto sofrem uma piora nos indicadores de desempenho analisados. No entanto, levando-se em conta que a taxa de ocupação do transporte coletivo é significativamente superior ao dos veículos leves, tal intervenção beneficiou maior número de pessoas que utilizam o trecho em estudo. Isto é, na impossibilidade de realizar intervenções de maior vulto, a segregação de uma faixa para uso exclusivo do transporte coletivo é uma ação democrática, já que prioriza o maior número de usuários.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANTP - Associação nacional de transportes públicos (2003). *Mobilidade & Cidadania*. ANTP, São Paulo.

BERNARDES *et al.* (2011). Análise do Nível de Serviço do Tráfego de uma Via Arterial para a Implantação de uma Via Segregada. *ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 1565-1576 2011*, Belo Horizonte.

FERRAZ, A. C. C. P e TORREZ. G. E. (2004). *Transporte Público Urbano*, Ed. Rima, São Carlos.

RESENDE, C. (2008). Avaliação da Influência da Divisão Modal na Operação do Tráfego em Centros Urbanos. *Pluris 2008*, Santos.

RODRIGUES, F. (2010). Metodologia para Investigação de Relação entre Ruído de Tráfego e Condições Operacionais do Fluxo em Centros Urbanos. *UFRJ/COPPE*, Rio de Janeiro.

RODRIGUES *et al.* (2012). Comparação entre Ferramentas Específicas dos *Softwares* de Microsimulação AIMSUN e SYNCHRO/SIMTRAFFIC na Construção de Pequenas Redes. *X Rio de Transportes, Agosto 2012*, Rio de Janeiro.

PEREIRA *et al.* (2011). Impacto de Elementos de Projeto no Desempenho de Sistemas BRT de Faixa Única sem Ultrassagem. *XXV ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 623-634 2011*, Belo Horizonte.

TRB – Highway Capacity Manual 2010. Transportation Research Board, Washington, D.C.