

## Priorização semafórica em corredores do BRT: análise de estratégias através de microssimulação

**Fernanda Amorim Ludgero**  
E-mail: fernanda\_ludgero@hotmail.com

**Gregório Coelho de Moraes Neto**  
E-mail: gregorioufes@msn.com

**Marta Monteiro da Costa Cruz**  
E-mail: mcruznpd@gmail.com

Universidade Federal do Espírito Santo

Políticas que beneficiam a produção e o consumo de veículos particulares alinhadas à falta de investimentos no sistema de transporte coletivo e à ampliação da infraestrutura viária fizeram com que o número de carros particulares crescesse aproximadamente 106% nos últimos dez anos no Brasil, segundo dados do Denatran (2016). Uma das consequências deste aumento de veículos é a deteriorização da mobilidade urbana nas cidades brasileiras.

Visando conter o aumento do número de carros e incentivar a transferência dos usuários do transporte particular para o público, algumas cidades vêm adotando o sistema BRT. De acordo com Wright e Hook (2008), o sistema Bus Rapid Transit (BRT) combina corredores exclusivos para ônibus, estações confortáveis e acessíveis, serviços especiais para os usuários e elementos do Inteligente Transportation System (ITS).

Entre as tecnologias ITS utilizadas nos corredores do BRT, tem-se a Transit Signal Priority (TSP), que prioriza a passagem de ônibus nas interseções semaforizadas. Segundo Smith, Hemilly e Ivanovic (2005), os benefícios obtidos com a priorização semafórica variam de acordo com as características do sistema na qual é implantada, porém observa-se que geralmente os resultados estão relacionados ao aumento da velocidade e, conseqüentemente, à redução dos tempos de viagem e melhoria na aderência da grade horária. Entre os impactos negativos, ressalta-se o aumento dos atrasos para os modos não priorizados. Estas características resultam em uma maior confiança do usuário e um aumento na utilização do sistema de transporte público.

Este artigo aborda a contribuição do Transit Signal Priority no desempenho da operação de um corredor do BRT, tendo como cenário o



www.antp.org.br

corredor projetado para a avenida Nossa Senhora da Penha, uma das avenidas mais importantes da Grande Vitória (ES). Para realizar a avaliação será utilizado o microssimulador Vissim<sup>®</sup> juntamente com o controlador de lógica externo Visvap<sup>®</sup>, que permite ao usuário definir a lógica do controle semafórico.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Medidas de priorização do transporte público

As políticas de priorização do transporte público incluem implantação de faixas exclusivas para ônibus, faixas segregadas para o transporte público, veículos leves sobre trilhos, priorização semafórica, entre outras, e podem ser divididas em duas categorias gerais: corredores exclusivos e controle operacional em tempo real (Diakaki *et al.*, 2014).

Vias exclusivas para o transporte público, vias exclusivas para veículos de alta ocupação (HOV) e faixas exclusivas segregadas são alguns dos exemplos de medidas de priorização do transporte coletivo. O controle do tráfego em tempo real pode ser representado pelos vários tipos de controle semafórico nos cruzamentos, que vão desde a alteração do tempo semafórico em determinados horários a mudanças do tempo de sinal verde ou vermelho em um ciclo.

Os benefícios obtidos com priorização do transporte público podem incluir: menores tempos de viagem, maior confiabilidade no cronograma do sistema de transporte público, aumento dos usuários, diminuição dos custos operacionais e maior quantidade de passageiros em trânsito (TPB, 2011).

### Corredores exclusivos

Como forma de diminuir as interferências no trajeto do transporte público, algumas estratégias de priorização, como as pistas exclusivas de ônibus, apresentam-se como uma boa solução (Alemán, 2013).

O NTU e SEDU/PR (2002) acrescentam que uma via em que o transporte coletivo opera de forma totalmente separada do tráfego geral é certamente a que oferece as melhores possibilidades de um desempenho operacional mais eficiente.

### Sistema de priorização semafórica

Também conhecido como TSP (Transit Signal Priority), o sistema de priorização semafórica é uma estratégia operacional que facilita a circulação de determinados veículos, geralmente do transporte público, através do controle semafórico das interseções. A circulação é facilitada, pois quando o veículo priorizado é detectado se aproximando da

interseção, o sistema modifica a programação semaforica para que o veículo não pare no semáforo.

Estas modificações são realizadas para reduzir o atraso e o tempo de viagem dos veículos priorizados, sem gerar grandes impactos nas operações normais do tráfego, além de melhorar o cumprimento do plano horário, reduzir o número de paradas dos ônibus (diminuindo o desgaste mecânico dos veículos e aumento no conforto dos passageiros e motoristas) e as emissões de gases poluentes (Smith; Hemilly; Ivanovic, 2005).

Em geral, as estratégias de priorização podem ser classificadas em duas categorias principais: prioridade passiva e prioridade ativa ou adaptativa, que pode ser incondicional ou condicional. A prioridade passiva é uma estratégia que consiste em ajustar a programação semaforica de forma isolada ou continua com base nos dados históricos da via e dos veículos. Um exemplo é a implantação de ondas verdes para o transporte público, situação na qual os tempos são cronometrados utilizando a velocidade média dos ônibus ao invés da velocidade média dos carros (Alemán, 2013). Segundo Neto (2004), a priorização ativa funciona com dados obtidos em tempo real (*online*), fazendo com que a programação semaforica seja modificada quando necessário. A priorização ativa concedida a todos os ônibus que passarem pela interseção, independentemente das condições da via e dos ônibus (como atraso e lotação) é denominada ativa incondicional. Já a ativa condicional é concedida quando uma condição predefinida for atendida como o grau de saturação nas aproximações não priorizadas, a pontualidade ou aderência à programação dos ônibus, a quantidade de passageiros dentro do ônibus, o tempo decorrido desde a última detecção e o tamanho da fila nas aproximações não priorizadas.

Alemán (2013) apresentou um estudo que avalia a implantação de diferentes estratégias de TSP em Boston (EUA) e em Santiago (Chile). Como resultados, a autora relata que, nos dois locais, a priorização proporcionou uma redução nos tempos de viagens, porém os resultados se mostram muito sensíveis ao aumento do tráfego e de congestionamentos. Por este motivo, a pesquisa apresenta melhores resultados para a cidade de Santiago que possui vias mais congestionadas que as de Boston.

Outro estudo de priorização semaforica em corredores de BRT foi desenvolvido por Yang *et al.* (2013), que investigaram duas estratégias de controle da prioridade semaforica, uma usando a detecção antecipada do veículo e a outra o controle de velocidade do trânsito. As duas estratégias foram modeladas e avaliadas usando o Vissim® e os resultados mostraram que a eficiência do BRT e do tráfego geral poderia ser melhorada. A detecção antecipada apresentou mais vantagens, pois o ônibus é detectado um ciclo antes de sua chegada à interseção, possibilitando ao controlador semaforico um melhor planejamento.

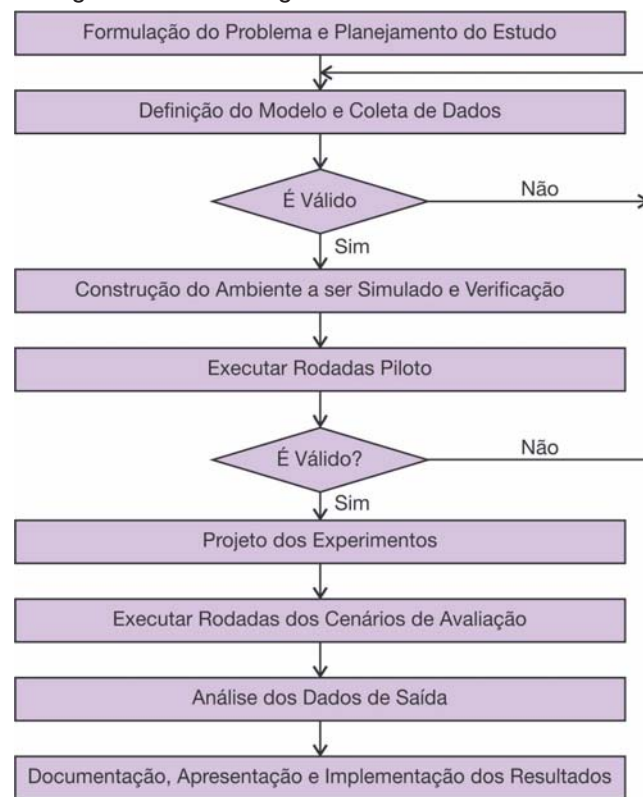


Um estudo baseado na realidade brasileira é o de Peron (2015), que discutiu o desempenho do corredor BRS, Bus Rapid Service, com o TSP condicional nas vias de Campo Limpo – Rebouças – Centro em São Paulo. Através do simulador Vissim® foram obtidos resultados que apresentaram a melhora do desempenho do corredor com a implantação da prioridade semaforica. Ressalte-se também que a prioridade semaforica condicional foi capaz de reduzir os retardos, inclusive nas vias transversais não priorizadas.

## METODOLOGIA

Para simulação das estratégias, será utilizada a metodologia proposta por Law e Kelton (2000), cujas fases são apresentadas na figura 1 abaixo.

Figura 1  
Fluxograma da metodologia



Fonte: Law e Kelton (2000).

A formulação do problema e planejamento do estudo, fase inicial da simulação computacional, precisam de atenção especial, pois um bom conhecimento do problema e um bom plano influenciam diretamente a qualidade dos resultados. A definição do modelo é a etapa na qual o sistema real é transformado em conceitual, e para a construção do ambiente é necessário realizar a coleta de dados quantitativos e qualitativos de entrada e saída do sistema.

A validação do modelo conceitual é realizada através da análise da sua estrutura, observando as características do elaborado com o real. A próxima etapa, de construção do ambiente e verificação, é dividida em duas atividades: a programação do modelo em uma ferramenta de simulação e a verificação e eliminação de erros do programa de simulação computacional. Executar a rodada piloto é a etapa de calibração, que consiste em um processo de comparação entre o modelo e o comportamento real do sistema, bem como na análise de discrepâncias entre os dois. Após as possíveis correções, o modelo programado é avaliado e validado, se for uma boa representação do sistema real. Após a validação do modelo é realizada a etapa de projeto dos experimentos para determinar o tempo de simulação, o número de repetições, suas configurações e as condições iniciais. Finalmente, são feitas as rodadas de simulação, a análise dos dados de saída e a documentação e apresentação dos resultados.

### Atributo de avaliação

Redman *et al.* (2012) realizaram uma revisão bibliográfica dos principais atributos que contribuem para a qualidade de um sistema de transporte público, que resultou na identificação de 12 atributos divididos em duas categorias: atributos físicos e atributos percebidos.

Entre os atributos apresentados, o que é mais significativo para este trabalho é a velocidade (tempo gasto no deslocamento), pois o aumento da velocidade resulta em impactos positivos para o sistema de ônibus, como: menor tempo de viagem, melhoria da regularidade, confiabilidade do sistema e redução dos custos operacionais e tarifários (Neto, 2004).

Assim, o atributo velocidade foi utilizado como indicador do desempenho dos veículos do sistema BRT e será obtido na forma de tempo gasto no deslocamento a partir da microssimulação realizada no Vissim®.

### ESTUDO DE CASO

A via selecionada para o estudo foi a avenida Nossa Senhora da Penha, também conhecida como Reta da Penha, que receberá o BRT, de acordo com o projeto de mobilidade da Região da Grande Vitória, e é uma importante rota do sistema de transporte público, o Transcol.



www.antp.org.br

A via possui aproximadamente três quilômetros de extensão, mas a simulação foi realizada em um trecho de aproximadamente um quilômetro de extensão, por falta de dados do tráfego de toda a extensão da via. No trecho selecionado encontram-se seis interseções, sendo que duas apresentam os maiores problemas de retenção da via – avenida Reta da Penha com avenida Desembargador dos Santos Neves e com a Avenida Rio Branco e pontos de retenção.

Ao longo deste eixo viário estão localizados empreendimentos empresariais e comerciais, hotéis, shoppings, hipermercados e residências, tornando a região um polo gerador de viagens e uma importante área econômica, o que justifica uma parte do alto fluxo de automóveis e transporte coletivo na via, trazendo consequências negativas à mobilidade. Para o sistema Transcol, a avenida Reta da Penha também é uma importante via de integração, pois por ela circulam ônibus que fazem os trajetos Cariacica - Serra, Cariacica - Vila Velha e Serra - Vila Velha, ou seja, que interligam todos os municípios que possuem terminais do sistema Transcol, dentre os quais muitos são longos e demorados.

O microssimulador utilizado foi o Vissim® e para construir a rede de simulação foram coletados dados do tráfego geral, do transporte coletivo e da infraestrutura da via. Os dados do transporte público foram fornecidos pelas empresas que operam este tipo de serviços e pela companhia reguladora do sistema; e os das pesquisas de tráfego e da infraestrutura foram fornecidos pela Prefeitura de Vitória e pelo governo do Estado.

### Levantamento de dados

Para construir a rede no Vissim® três características são fundamentais para representar o funcionamento atual do trecho:

- Tráfego geral: volume, velocidade média e composição do tráfego;
- Transporte coletivo: itinerários, intervalos, tipos de veículo, velocidade;
- Infraestrutura: geometria da via, quantidade de faixas de rolamento, localização dos pontos de parada e interseções semaforizadas e respectivos ciclos semaforizados.

O volume e a composição do tráfego foram obtidos através de duas pesquisas de tráfego direcionais e seletivas, com registros de fluxos por tipo de veículo em intervalos de 15 minutos em 15 minutos, no período de pico da tarde. A primeira pesquisa, que contempla as interseções da avenida Reta da Penha entre a rua José Teixeira até a interseção com a rua Constante Sodré, foi realizada no dia 14 de maio de 2015. A segunda, que possui dados da interseção da avenida Reta da Penha com a avenida Desembargador dos Santos Neves, foi realizada em 24 de fevereiro de 2016.

Em relação às datas diferentes da realização das pesquisas, julgou-se que, para o objetivo deste estudo, elas poderiam ser utilizadas sem gerar grandes prejuízos, uma vez que durante esse período não foram observadas modificações no sistema viário que interferissem no fluxo do eixo estudado e a variação da quantidade de veículos entre os períodos foi considerada na equivalência de períodos.

Para a realização da equivalência dos dados de maio de 2015 para fevereiro de 2016 buscou-se no site do Denatran a frota de veículos por município, de fevereiro de 2016 e de maio de 2015. Como a via estudada faz ligação entre os principais municípios da Grande Vitória (Vitória, Serra, Vila Velha e Cariacica) foram selecionados os dados desses quatro municípios e feito o cálculo das proporções entre os dados de 2015 e 2016 e estes valores foram multiplicados pelos volumes totais das contagens de 2015.

Os dados do transporte público listados acima foram fornecidos pela Companhia de Transportes Urbanos da Grande Vitória (Ceturb-GV) e os da infraestrutura pelo governo do Estado do Espírito Santo e pela Prefeitura de Vitória.

### Cenários

Para Fellendorf e Vortisch (2010), a avaliação das estratégias de priorização semaforica deve envolver comparação de cenários com base em critérios de avaliação. O critério de avaliação será o atributo velocidade (tempo) e os cenários simulados são os apresentados a seguir:

- Cenário 1: situação atual da via, ou seja: sem o BRT e sem a priorização semaforica. Este será o cenário base a ser comparado como os demais cenários.
- Cenário 2: situação com a implantação do BRT, mas sem a priorização semaforica. Neste caso, será considerada a configuração da via proposta pelo governo do Estado do Espírito Santo no projeto do BRT.
- Cenário 3: situação com a implantação do BRT com a prioridade semaforica ativa condicional. Neste cenário, foram adotadas as seguintes premissas: prioridade semaforica condicional baseada no atraso; sensor posicionado após a estação do BRT; e estratégia de prioridade semaforica com extensão de verde.

Os dados do tráfego geral, tráfego de ônibus e dos ciclos semaforicos do cenário 1 foram os obtidos nas pesquisas de tráfego. Para os cenários com o BRT (2 e 3), os dados do tráfego de ônibus e geral serão os obtidos nas pesquisas, com exceção do volume e composição do tráfego geral, pois para estes foi considerada a transferência de modo de transporte após a implantação do BRT.



www.antp.org.br

No cenário 2, foi considerado o ciclo semaforico atual e, no cenário 3, foi utilizado o módulo externo do Vissim®, o Visvap®, para programar os ciclos semaforicos.

Portanto, os resultados das simulações apresentados ilustram a variação dos tempos médios de viagem e as velocidades médias – obtidas ao longo da extensão do trecho simulado. Os resultados estão apresentados para os veículos priorizados – ônibus – e demais veículos não priorizados, nos dois sentidos de circulação.

### Calibração do estudo de caso

Conforme Medeiros (2012), a grande variedade de parâmetros de entrada nos modelos contribui para que não exista um consenso na literatura de uma única metodologia para a calibração de modelos de microsimulação. A escolha da metodologia a ser utilizada depende do problema e objetivo da pesquisa.

Nesta pesquisa, para os modelos comportamentais dos condutores, foram utilizados os valores *default* do Vissim®, com exceção dos motociclistas que possuem um comportamento agressivo andando no corredor e trafegando entre os carros. Para isso, foram configurados dois parâmetros no comportamento de condução das motos, especificamente no modo lateral, deixando em *desired position at free flow* o item *Any* e também foi configurado o item que força as motos a manterem um distanciamento lateral mínimo de segurança em relação aos demais veículos. Esta configuração foi necessária para tornar o movimento das motos mais próximo da realidade.

Como apresentado por Peron (2014), a calibração do modelo foi realizada através da comparação dos volumes observados com os volumes simulados. Para analisar o comportamento do conjunto modelado x observado, foi utilizada a equação de regressão linear, que descreve a relação entre as duas variáveis, e o coeficiente de correlação linear ( $R^2$ ), que indica o grau de relação entre as variáveis de uma amostra.

Os valores de volume comparados foram os de três interseções da rede de simulação, em que a PMV realizou pesquisa de tráfego – as interseções 1963, 1934 e 1937. Foram utilizados os dados fornecidos pela contagem de tráfego e os obtidos no microsimulador Vissim® através de contadores de tráfego. A tabela 1 apresenta a relação entre volume observado e o volume simulado para o cenário 1: na coluna de interseção são discriminadas as interseções de tráfego e as letras após a identificação da interseção significam o movimento dos veículos.

- Interseção 1934 - Movimento D: veículos que estão na avenida Reta da Penha e permanecem na via (sentido Ufes).



- Interseção 1934 - Movimento H: veículos que saem da rua Constante Sodré com direção à avenida Reta da Penha (sentido Ufes).
- Interseção 1963 - Movimento B: veículos que saem da avenida Nossa Senhora da Penha com direção à Terceira Ponte.
- Interseção 1963 - Movimento A: veículos que saem da avenida Nossa Senhora da Penha com direção ao centro de Vitória.
- Interseção 1937 - Movimento C: veículos que saem da avenida Rio Branco com direção à avenida Reta da Penha (sentido Ufes).
- Interseção 1937 - Movimento F: veículos que saem da avenida Rio Branco com direção à avenida Reta da Penha (sentido Ufes).
- Interseção 1937 - Movimento J: veículos que estão na avenida Reta da Penha e permanecem na via (sentido Ufes).
- Interseção 1937 - Movimento A: veículos que estão na avenida Reta da Penha e permanecem na via (sentido Terceira Ponte).
- Interseção 1937 - Movimento E veículos que saem da avenida Rio Branco com direção à avenida Reta da Penha (sentido Terceira Ponte).
- Interseção 1937 - Movimento I: veículos que saem da avenida Rio Branco com direção à avenida Reta da Penha (sentido Terceira Ponte).

Tabela 1  
Volume observado x volume simulado

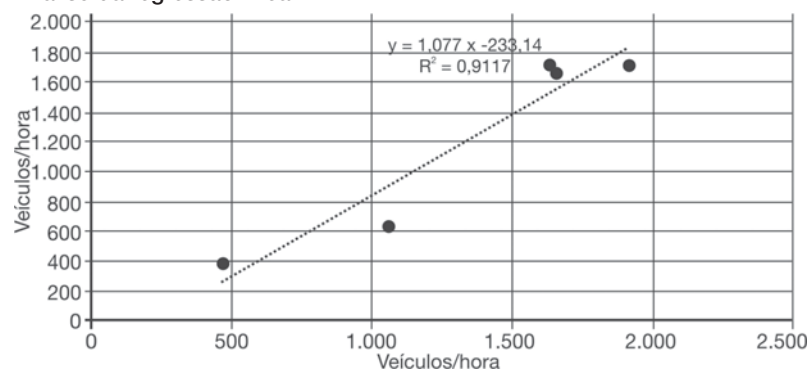
Interseção (movimento)	Volume observado (veic/h)	Volume simulado(veic/h)
1934 (D+H)	1.915	1.708
1963(B)	1.061	628
1963 (A)	469	383
1937 (C+F+J)	1.655	1.657
1937 (A+E+I)	1.633	1.710

Para a interseção 1934 foi realizada a soma dos movimentos D e H para obter o valor total dos veículos, nessa interseção, que trafegam pela avenida Nossa Senhora da Penha. O movimento D representa os carros que estão na avenida e continuam nela e o H os veículos que saem da rua Constante Sodré para a avenida Reta da Penha.

Foi realizado o mesmo procedimento para a interseção 1937, os movimentos C, F e J representam os carros que trafegam na Reta da Penha no sentido Terceira Ponte-Ufes, sendo C e F carros que saem da avenida Rio Branco e J os carros que já trafegam pela Reta da Penha. Os movimentos A, E e I representam os carros que trafegam na avenida Nossa Senhora da Penha no sentido Ufes-Terceira Ponte, sendo I e E carros que saem da avenida Rio Branco e A os carros que já trafegam pela Reta da Penha.



Figura 2  
Análise da regressão linear

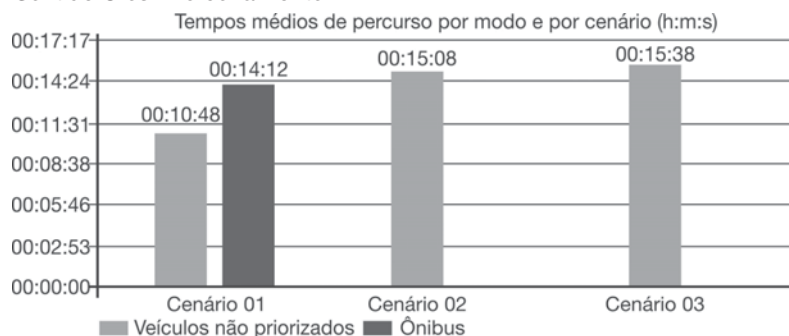


Através destes resultados é possível analisar a aderência dos dados e validá-los. A figura 2 mostra que o modelo de simulação consegue explicar 91% dos volumes observados pela contagem, e que pode ser utilizado para as análises propostas.

## RESULTADO

A seguir, são apresentados os resultados encontrados da microsimulação.

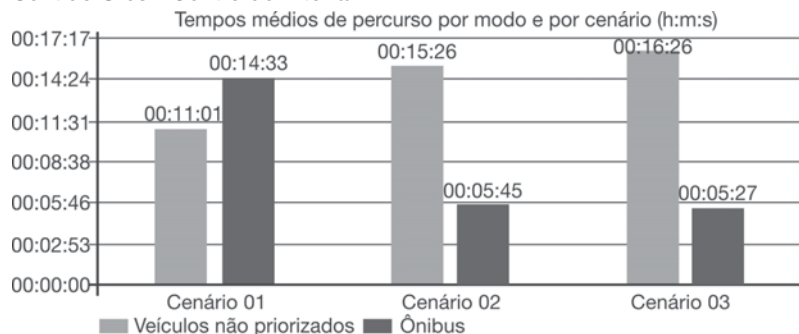
Figura 3  
Sentido Ufes - Terceira Ponte



Pela figura 3, com a implantação do BRT, o tempo médio de percurso dos veículos não priorizados aumentou e isto foi motivado pela limitação do espaço destinado a estes veículos, ou seja, pela redução de três para duas faixas por onde eles circulam. O aumento de tempo entre os cenários 1 e 2 foi bem significativo, de 43,82%, o que já era esperado pelo volume de carros que fazem este trajeto no horário analisado. Já entre o cenário 2 e 3, houve um aumento de 6%, motivado pela extensão do

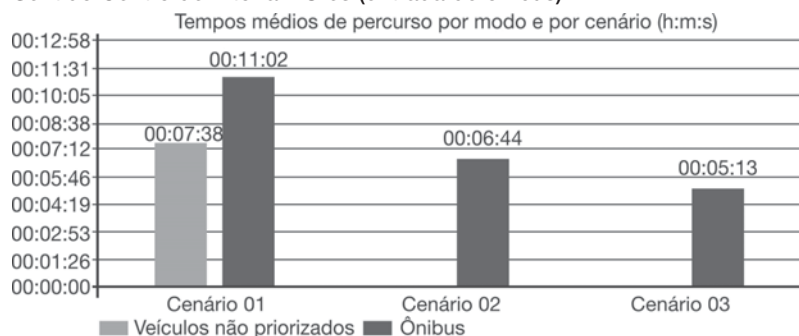
tempo de sinal verde no semáforo equipado com a priorização semafórica, pois os veículos não priorizados não ficaram retidos quando ocorria a extensão do verde e, assim, aumentavam o congestionamento no semáforo seguinte. Para o entendimento dos resultados apresentados na figura 3, é importante salientar que, após a implantação do BRT, os ônibus com direção à cidade de Vila Velha mudarão o trajeto da saída da avenida Reta da Penha até a Terceira Ponte e, por este motivo, seus resultados não aparecem nos cenários 2 e 3 desta figura.

Figura 4  
Sentido Ufes - Centro de Vitória



Na figura 4, quando se compara o cenário 1 com o cenário 2, tem-se a maior porcentagem de redução, 61,96%, pois os ônibus passam a ter uma faixa exclusiva para o deslocamento e dessa forma não dividem espaço com os outros meios de transporte e nem precisam realizar troca de faixa. Quando se compara o cenário 2 com o 3, a redução do tempo de viagem é de 10,52%. Para os veículos não priorizados, o tempo médio de percurso aumentou, pois a quantidade de faixas para esse tipo de veículo foi reduzida de três para duas.

Figura 5  
Sentido Centro de Vitória – Ufes (entrada de ônibus)



A figura 5 representa o tempo médio de percurso de uma via exclusiva de ônibus já existente na avenida Desembargador Santos Neves. No cenário 1, apresenta-se o tempo de veículos não priorizados, pois na contagem da Prefeitura de Vitória havia a presença desses veículos neste movimento, ou seja, foi constatado que alguns veículos não respeitaram as regras de exclusividade. Mas para os demais cenários, com a implantação do corredor do BRT a utilização dessa via por veículos não priorizados será mais dificultada, pois a infraestrutura do BRT tem elementos de segregação mais eficientes. Assim, para a simulação dos cenários 2 e 3, não foram inseridos veículos não priorizados nesse movimento. Os resultados de tempo médio de percurso dos ônibus quando comparados os cenários 1 e 2, são uma redução de 42% e do cenário 2 para o 3, de 20%. Essas reduções são decorrentes das priorizações estabelecidas para os ônibus.

Figura 6  
Sentido Terceira Ponte – Ufes

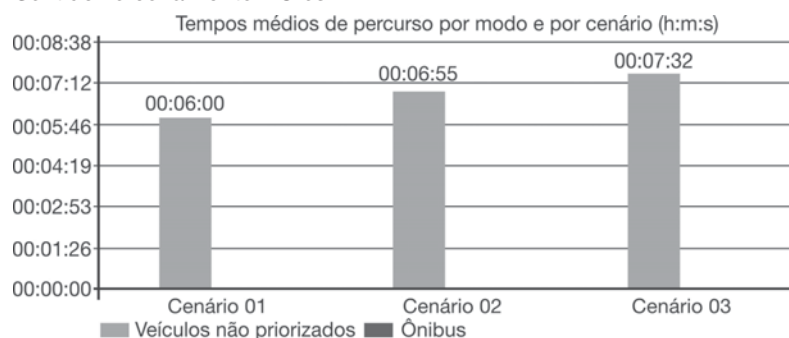
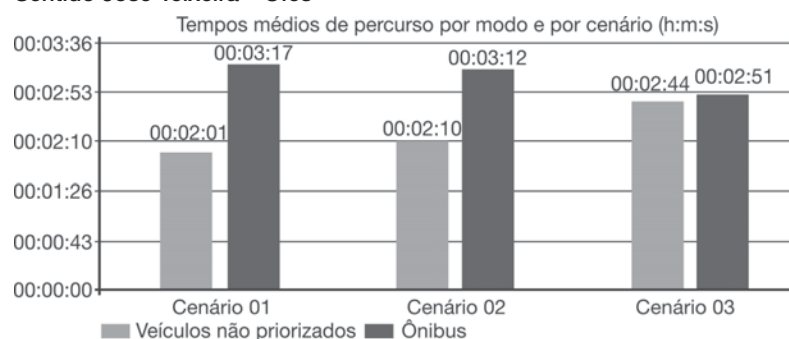


Figura 7  
Sentido José Teixeira – Ufes



As figuras 5, 6 e 7 são os resultados do sentido com menor fluxo no horário analisado. Igualmente aos demais, ocorre uma diminuição do tempo de viagem dos ônibus com a implantação do BRT e da priorização semafórica e aumento do tempo médio de deslocamento dos demais veículos não priorizados.

De uma forma geral, os resultados mostram que, para os veículos priorizados, o tempo de percurso é reduzido com a implantação do sistema BRT, ou seja, o desempenho dos ônibus no cenário 2 é melhor que no cenário 1, conforme era esperado, pois os ônibus trafegam em via exclusiva sem ter que compartilhar o espaço com os demais veículos. Quando se compara o cenário 3 com o cenário 2, também se observa redução do tempo médio de deslocamento dos ônibus, o que era esperado. Essa redução é ocasionada pela implantação da priorização semafórica na interseção da avenida Nossa Senhora da Penha com a rua José Teixeira. Pode-se observar, também, que as reduções são mais significativas no sentido Ufes-Terceira Ponte ou Ufes-Centro de Vitória, pois é o sentido com maior fluxo no horário analisado.

Como, em todos os casos, o tempo médio de percurso dos ônibus diminuiu e as distâncias foram mantidas, pode-se afirmar que houve um incremento em suas velocidades. Para os veículos não priorizados foi observado um aumento do tempo médio de percurso, explicado pela redução de uma faixa para esses veículos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A segregação da via pelo sistema BRT e a implantação da priorização semafórica contribui para a redução do tempo médio de percurso dos ônibus. Consequentemente, com a redução dos tempos médios de percurso, pode-se afirmar que houve um aumento na velocidade média dos ônibus.

Os resultados, principalmente no sentido de maior fluxo, mostram que, com a implantação do BRT e do TSP, o ônibus, no trecho analisado, torna-se mais atrativo que o automóvel, quando se compara o tempo de percurso, uma vez que o tempo médio de percurso do ônibus se torna menor que o dos transportes não priorizados. Este fato pode ser importante para que as pessoas façam a transferência do transporte particular para o público, já que a qualidade e eficiência do ônibus aumentam.

## AGRADECIMENTOS

À Fapes pela bolsa de mestrado concedida e de produtividade de pesquisa, e ao PTV Group pelo fornecimento da licença acadêmica do *software* Vissim®.



www.antp.org.br

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEMÁN, A. C. M. *Evaluation of bus strategies for BRT operations*. Dissertação de mestrado em Ciências de Transportes, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2013.
- DENATRAN. Frota de veículos: fevereiro de 2016. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/frota2016.htm>. Acesso em: 27 fev. 2016.
- DIAKAKI, C.; PAPAGEOUGIOU, M.; DINOPOULOU, V.; PAPAMICHAIL, I.; GARYFALIA, M. State-of-the-art and practice review of public. *Intelligent Transport Systems*, 2014, p. 391-406.
- FELLENDORF, M. & VORTISCH, P. *Microscopic traffic flow simulator Vissim. Fundamentals of traffic simulation*, 2010.
- LAW, A. M. & KELTON, W. D. *Simulation modeling and analysis*. Boston: McGraw-Hill, 2000.
- MEDEIROS, A. L. *Aplicabilidade de algoritmos genéricos para calibração de redes viárias urbanas microssimuladas*. Dissertação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- NETO, F. M. O. *Priorização do transporte coletivo por ônibus em sistemas centralizados de controle de tráfego*. Dissertação de mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- NTU & SEDU/PR. *Prioridade para o transporte coletivo urbano*. Brasília, 2002.
- PERON, L. *Contribuição metodológica para aplicação de prioridade semafórica condicional em corredores de ônibus*. Dissertação de mestrado em Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- REDMAN, L.; FRIMAN, M.; GARLING, T.; HARTING, T. Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport Polity*, 2012, p. 119-127.
- SMITH, H. R.; HEMILLY, B.; IVANOVIC, M. *Transit Signal Priority (TSP): a planning and implementation handbook*. Washington, DC: ITS America, 2005.
- TPB – Transportation Planning Board Metropolitan. *Bus priority treatment guidelines*. Washington D.C, Columbia: Washington Council of Governments, 2011.
- WRIGHT, L. & HOOK, W. *Manual de BRT (Bus Rapid Transit): Guia de planejamento*. Brasília: Ministério das Cidades, 2008.
- YANG, M; WANG, W.; WANG, B.; HAN, J. Performance of the priority control strategies for Bus Rapid Transit: comparative study from scenario microsimulation using Vissim. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2013, p. 1-9.