

ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA *BUS RAPID TRANSIT* EM GRANDES CENTROS URBANOS

Ruane da Cunha Gracio – ruane.gracio@hotmail.com

Sergio Vicente Denser Pamboukian (Orientador) – sergio.pamboukian@gmail.com

RESUMO

Os grandes centros urbanos, por serem atrativos populacionais, acabam tendo que desenvolver alternativas viáveis para que os deslocamentos sejam feitos de maneira segura e eficiente. Enquanto existirem baixos investimentos nos meios de transporte coletivos, os congestionamentos formados por veículos individuais irão se tornar cada vez mais caóticos, gerando perdas financeiras, de tempo, aumento do stress e poluição do meio ambiente. A implantação do sistema coletivo *Bus Rapid Transit (BRT)* poderia ser uma alternativa para aliviar os meios de transporte já existentes em uma certa região, visando atrair uma parte dos usuários dos meios coletivos já saturados. Este trabalho realizou um estudo de caso utilizando o Visum, *software* de macro simulação, para analisar os impactos causados pela implantação desse sistema na Avenida Brigadeiro Faria Lima em São Paulo. Através da simulação, foi possível ver que o *BRT* apresenta algumas vantagens frente aos trens e metrô da região, viabilizando as transferências modais, atraindo uma quantidade significativa de usuários.

Palavras-chave: Bus Rapid Transit. Software de simulação. Macro simulação.

1 INTRODUÇÃO

As grandes capitais abrigam as principais empresas e universidades ao redor do mundo, motivo pelo qual são consideradas os centros de oportunidades. Isso faz com que a sua atratividade populacional aumente a cada ano, trazendo consigo a necessidade de deslocamento, ou seja, um aumento no número de viagens realizadas diariamente.

Com esse adicional de pessoas nos grandes centros, é possível perceber a diferença entre eles com relação a importância que é depositada nas infraestruturas

urbanas. Tóquio, Nova York, Paris e Moscou são as líderes no ranking mundial de melhores transportes públicos oferecidos, respectivamente (CICLOVIVO, 2016). Isso foi possível, principalmente, por existir um estilo de mudança baseado em melhorar o meio de transporte coletivo e desfavorecer o individual.

Em Paris, por exemplo, as velocidades para os carros na região central, são limitadas a 30 km/h (MALAN, 2015), e em Nova York diversas ruas centrais não permitem a passagem dos mesmos. Mas em contrapartida, linhas metroviárias e de ônibus estão distribuídas pela cidade como um todo, com frequências e pontualidades garantidas, além de ter toda a infraestrutura adequada para que o acesso consiga ser realizado para todos os pedestres, fazendo com que o uso do veículo individual não seja vantajoso.

Já no Brasil, existe uma distinção social relacionada ao tipo de transporte utilizado. O coletivo é visto como meio de transporte da classe com renda mais baixa, enquanto que o individual, da classe com maior renda. Isso motivou o governo a tomar medidas facilitadoras para a aquisição do automóvel próprio, incentivando a migração modal do coletivo para o individual.

Em cidades como São Paulo, a discrepância entre a quantidade de automóveis e ônibus circulando nas vias é enorme, resultando numa baixa eficiência de ambos, pois como a rede viária não foi adaptada para comportar esse acréscimo de volume, o funcionamento do meio individual acaba prejudicando a operação do coletivo, e vice-versa. Mesmo possuindo uma rede metroviária de 77,4 quilômetros de extensão, e transportando cerca de 4,7 milhões de passageiros diariamente, o meio possui deficiências, como superlotações, não atendimento em toda a região da cidade, lentidões frequentes causadas por problemas operacionais, que acabam prejudicando a preferência modal (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2015).

O termo mobilidade urbana é definido como a capacidade que um indivíduo tem de se deslocar. A escolha do meio é baseada em dois componentes: a performance do sistema de transporte, onde são consideradas a infraestrutura, os horários de atendimento, as frequências, as rotas e os tempos de viagem, e as características do usuário, como a disponibilidade para utilizar o meio individual e a sua renda.

Baseado nisso, é nítida a necessidade de mudança no sistema de transporte em cidades com altos níveis de congestionamento, visando despertar o sentimento de

confiabilidade no usuário em utilizar os meios coletivos, podendo assim extinguir seus estereótipos, atraindo todas as classes sociais.

O *Bus Rapid Transit (BRT)* poderia ser utilizado como possível opção de melhoria, já que se trata de um meio de transporte coletivo de alta capacidade, semelhante ao metrô, porém com gastos operacionais e de implantação menores.

No entanto, como o sistema de tráfego urbano é uma rede complexa e dependente, necessita-se de uma integração entre os diferentes meios de transporte, além de um estudo prévio para visualizar as mudanças que ocorreriam com a sua disponibilidade.

Com base nisso, essa pesquisa visa analisar a viabilidade da implantação do sistema *BRT* em grandes centros urbanos, servindo de apoio para os meios já existentes que se encontram em situações saturadas de serviço, contribuindo para a mobilidade local.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido através de pesquisas bibliográficas, práticas e simulações em *software*.

A pesquisa bibliográfica foi fundamentada na realização de um estudo detalhado sobre o mecanismo do sistema *Bus Rapid Transit* e suas características.

A parte prática contempla um estudo de caso na cidade de São Paulo, simulando a implantação do sistema *BRT*. Para isso, utilizou-se dados de viagens, tráfego, velocidades e informações sobre os transportes coletivos, levantados em documentos da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) (2015) e da Companhia do Metropolitano de São Paulo (METRÔ) (2007).

A partir disso, é feita a simulação no software Visum, fornecido ao Autor pela empresa alemã PTV exclusivamente para o desenvolvimento dessa pesquisa. A simulação permite verificar as mudanças ocorridas com relação às migrações modais e à escolha dos usuários, permitindo a análise da viabilidade da opção para o local.

3 MOBILIDADE URBANA EM GRANDES CENTROS URBANOS

A circulação feita por transporte individual sempre foi vista como símbolo de poder e status. Na Europa pós Segunda Guerra, a base das políticas públicas e de mobilidade era o pensamento “tudo pelo automóvel, nada contra o automóvel” (SILVA, 2013). Possuir o próprio veículo forneceria liberdade de escolha de caminhos e independência. Entretanto, o disparo no crescimento populacional seguido do aumento de automóveis nas vias, acarretou diversos problemas para a sociedade.

Essa desestruturação motivou a busca por alternativas capazes de favorecer a preferência pelo modo coletivo e pelos meios sustentáveis, como bicicletas ou a pé.

3.1 Mobilidade urbana na cidade de São Paulo

A cidade de São Paulo é o principal centro econômico do país e, por isso, sofre com o aumento populacional significativo.

A existência de uma cultura que relaciona o tipo de transporte com a classe social faz com que o governo deixe de investir em melhorias no transporte público para criar facilidades no processo de aquisição dos veículos individuais, gerando um aumento excessivo da frota de automóveis nas vias com apenas um passageiro em média.

Além disso, existe uma descentralização na capital, onde o uso do solo está mal distribuído. A região central da cidade contempla os escritórios e empresas, tornando o seu valor habitacional maior. Isso faz com que a classe trabalhadora mais baixa seja obrigada a morar em locais cada vez mais distantes, em regiões periféricas, onde o custo é menor. Essa distribuição gera viagens extremamente longas, e que muitas vezes não foram planejadas para serem feitas diretamente, fazendo com que o usuário, além de gastar muito tempo, tenha que fazer diversas trocas de meios para chegar ao seu destino.

Uma pesquisa feita pela Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU) revelou que houve uma queda de demanda dos meios coletivos de 9% entre 2014 e 2015, maior do que a média já existente anualmente de 2% (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DDE TRANSPORTES URBANOS, 2016). Em centros urbanos mais desenvolvidos, a demanda aumenta no sentido oposto, ou seja, a cada ano os usuários passam a preferir o transporte público frente ao

individual. Uma realidade marcada por um aumento cada vez maior do número de veículos individuais nas vias não indica um processo de desenvolvimento de uma capital em termos de mobilidade, e sim de uma crise de circulação causada pela precariedade e baixos investimentos em transportes coletivos. Os resultados são alarmantes, e refletem uma necessidade de mudança e de busca por alternativas para melhorar a mobilidade urbana.

O surgimento do conceito de Cidades Inteligentes é uma alternativa para favorecer os meios públicos. A cidade passa a ser inteiramente monitorada por um centro de gerenciamento, e recebe alterações necessárias de acordo com a demanda. Por exemplo, em corredores exclusivos, em horários de pico, existe uma necessidade de aumentar a oferta de veículos em circulação. Para favorecer a circulação dessa quantidade maior que irá circular pelas faixas, e não aumentar o congestionamento, os tempos de semáforos podem ser modificados pelo sistema, dando preferência à sua passagem, e dificultando a dos veículos individuais (ENGEBRAS, 2017).

Isso é uma maneira de tornar o meio mais rápido, e de permitir um aumento da quantidade de veículos, de modo que se reduza a superlotação existente, mantendo o conforto e confiabilidade do usuário.

A combinação desse sistema com meio de transporte coletivo já existe no sistema *Bus Rapid Transit (BRT)*, mas ainda não é utilizado na capital. Entretanto, poderia ser visto como uma opção de inovação e fornecimento de uma atratividade aos usuários do meio individual, buscando a sua transferência modal.

3.2 Sistema *Bus Rapid Transit*

Desenvolvido na cidade de Curitiba em 1974, o *Bus Rapid Transit (BRT)* é um sistema inovador, que oferece uma capacidade elevada de transporte a um baixo custo frente aos outros meios de transporte existentes. A Administração Federal de Trânsito dos Estados Unidos (*Federal Transit Administration - FTA*) define o *BRT* como: “[...] um meio de transporte rápido, que combina a qualidade do tráfego sobre trilhos com a flexibilidade dos ônibus.” (LEVINSON *et al.*, 2003).

O *BRT* é formado pela combinação de veículos, estações, serviços e corredores, que, ao serem integrados com o sistema inteligente de transporte (*Intelligent*

Transportation System - ITS), torna-se um meio de transporte coletivo mais eficiente frente aos demais (LEVINSON *et al.*, 2003).

A implantação do sistema *BRT* traz diversas vantagens, não só para o meio ambiente, como para os seus usuários e envolvidos.

Como circula com o uso de energias limpas, ocorre uma redução da emissão de gases poluentes, contribuindo para o meio ambiente melhorando a qualidade do ar.

Com relação aos usuários, ocorre uma redução no tempo de viagem, por vários motivos:

- a passagem é cobrada na entrada da estação, descartando as perdas por filas no interior do veículo, como ocorre nos ônibus convencionais;
- o acesso aos veículos é feito em nível com a plataforma da estação, ou seja, as perdas de tempo causadas pela entrada e saída devido a existência de escadas é nula;
- a frequência dos veículos é modificada de acordo com a demanda, e é controlada pelo Sistema de Transporte Inteligente, de modo que não exista uma aglomeração de usuários nas plataformas ou no interior dos veículos, mantendo o conforto e segurança;
- as vias que circulam são fechadas, evitando a ocorrência de invasões indevidas por outros meios de transporte, assim como ocorre nas faixas de ônibus convencionais, que dividem espaço com os táxis, veículos individuais ou motos, que as utilizam para sair dos congestionamentos, fazendo com que a sua velocidade prevista seja atendida, aumentando a confiabilidade.

O tempo influencia em grande parte no momento de realizar uma escolha modal, por isso, deve ser o principal fator a ser levado em conta ao se implantar um novo sistema de transporte coletivo.

Além disso, o custo de sua implantação e operação é relativamente baixo. Ao comparar o sistema com a implantação do metrô, a diferença no custo é grande, podendo cobrar tarifas mais baixas ao usuário (VOLVO, 2014).

4 ESTUDO DE CASO

A cidade de São Paulo foi escolhida neste trabalho como estudo de caso para analisar os efeitos causados pela implantação do sistema *BRT*. Isso é possível através do *software* de macro simulação em Engenharia de Tráfego, Visum, desenvolvido pela empresa alemã PTV, o qual foi fornecido ao Autor exclusivamente para o desenvolvimento desse estudo.

Como as regiões do Itaim Bibi, Vila Olímpia e suas proximidades passaram a ser principalmente comerciais, a quantidade de viagens geradas vem aumentando significativamente. Com a implantação da linha 4–Amarela do metrô pela empresa privada Via Quatro, a estação Faria Lima, localizada no cruzamento entre a avenida Brigadeiro Faria Lima e a rua Teodoro Sampaio, recebe uma movimentação grande de usuários, principalmente dos que trabalham na região.

Entretanto, a estação não está próxima da região da Vila Olímpia, a qual também gera uma grande atratividade de pessoas por motivos de trabalho, principalmente. Para chegar nela, as transferências do metrô para os ônibus são necessárias.

No período da manhã, ocorre uma maior demanda no ponto de ônibus localizado junto à saída da estação, gerada principalmente pelos usuários vindos do metrô, com destino aos escritórios distribuídos na região. Mesmo com uma variedade de linhas de ônibus percorrendo partes da avenida Brigadeiro Faria Lima, e com a maioria delas passando pela estação do metrô, as que trafegam ao longo de sua extensão como um todo são poucas. Isso acarreta problemas já no ponto de embarque, tais como a superlotação dos veículos, pois a oferta das linhas e a frequência dos ônibus não são suficientes para atender toda a demanda existente, provocando uma demora muito acima das normais dos demais pontos, já que surge uma fila para realizar a cobrança e passagem pela catraca. Além disso, foi observado que os próprios usuários, por falta de opção, acabam segurando as portas dos ônibus abertas, impedindo que o mesmo prossiga a viagem.

No trajeto, mesmo com a existência de uma faixa exclusiva de cada lado da avenida, a presença de outros veículos, como táxis ou automóveis que necessitam acessar as ruas laterais ou estacionamentos, compromete a velocidade de fluxo livre dos ônibus.

Esses fatores geram atrasos no percurso, prejudicando o sentimento de confiabilidade no meio, além do desconforto e falta de segurança de estar transitando em um veículo com um número excessivo de usuários.

Por conta disso, a avenida Brigadeiro Faria Lima foi a escolhida como alternativa para estudar a implantação do sistema *BRT* na cidade de São Paulo, substituindo as linhas de ônibus que trafegam por ali por um meio mais confiável e com uma frequência maior para levar os usuários da estação do metrô Faria Lima até o bairro Vila Olímpia.

A simulação no *software* foi feita em duas etapas: a primeira etapa reproduziu a situação atual do local, e a segunda incluiu a implantação do sistema *BRT* neste cenário, permitindo assim que os impactos na região fossem analisados.

4.1 Simulação da situação atual

O *software* de simulação funciona através de uma transferência base de informações entre seus elementos, como pode ser visto na Figura 1.

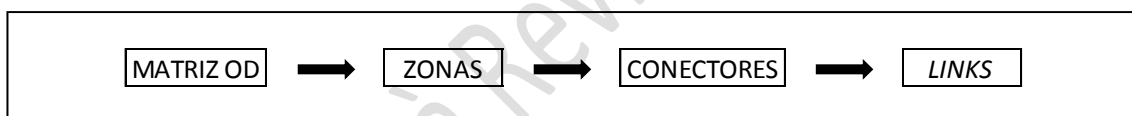


Figura 1 – Sequência de transferência de dados.
Fonte: autoria própria (2017).

As matrizes Origem Destino (OD) são compostas por dados sobre as viagens geradas (origem) e atraídas (destino) pelas zonas da região em estudo. As zonas são regiões delimitadas de uma cidade, podendo ser um bairro ou uma área qualquer definida. Os *links* são linhas que formam a rede viária, e são classificados em viário, linhas de metrô, trem, faixas de ônibus ou calçadas. O tipo de *link* é determinado pelos *links types*, os quais definem todos os parâmetros aplicados em cada *link* específico, como as velocidades, os sistemas de transporte que são permitidos circular, por exemplo automóveis, ônibus, entre outros.

Os conectores também são representados graficamente por linhas, porém possuem a função de alocar a matriz OD na rede viária, ou seja, são responsáveis por distribuir as viagens realizadas entre as zonas, carregando os *links*.

Antes de iniciar a representação gráfica do cenário, é necessário definir três parâmetros básicos: *Transport Systems (TSys)*, *Modes* e *Demand Segments (DSeg)*.

Os *TSys* são os sistemas de transporte existentes na rede, tais como automóvel, ônibus, pedestre, bicicleta, entre outros.

Esses sistemas são agrupados em modos de transporte ou *Modes*, ou seja, como a movimentação será feita na rede. Pode ser individual, coletivo ou a pé.

Os *DSegs* são os segmentos de demanda, ou seja, posicionam os diferentes sistemas de transporte dentro dos seus respectivos modos.

Para o modelo de São Paulo, foram definidos os parâmetros de estudo ilustrados no Quadro 1.

<i>DSEG</i>	<i>NOME</i>	<i>MODE</i>	<i>TSYS</i>
1COL	Passageiros de coletivo	Coletivo	AcessoPe, Trem, Ônibus, Metrô
2AUTO	Passageiros de auto	Individual	Automóvel

Quadro 1 – Parâmetros iniciais dos usuários.

Fonte: autoria própria (2017).

Analisando o Quadro 1, verifica-se que as viagens serão feitas através dos modos coletivos e individuais, sendo que os usuários poderão circular de trem, metrô e ônibus se forem utilizar o primeiro modo, ou de automóvel se estiverem no segundo modo.

O *TSys* “AcessoPe” é englobado no modo coletivo, pois é o acesso a pé ao transporte coletivo. Os acessos podem ser realizados por meio de ônibus, carros ou bicicletas, porém para esse modelo, adotou-se somente o do pedestre.

A classificação dos *links* também deve ser pré-determinada, para que durante a criação do modelo, os dados necessários já sejam associados. Foram definidos os seguintes *link types*:

- Pedestre: onde só é permitida a passagem do *TSys* “AcessoPe”, com velocidade de 4 km/h;
- Trem: onde só é permitido o tráfego de trens, com velocidade admitida em 15 km/h;
- Metrô: onde só é permitido o tráfego dos metrôs, com velocidade de 30 km/h;
- Viário: onde é permitido a passagem de automóveis. A velocidade estabelecida é de 20 km/h;

- Expressa: onde é permitido o acesso de automóveis individuais com velocidade de 50 km/h.

As velocidades definidas visam representar as médias aproximadas, e não as máximas permitidas na via, pois em uma situação real sabe-se que esta não é a mais frequente.

É possível acessar o *Google Maps* dentro do Visum, o qual serve como auxílio para posicionar as vias nos locais corretos. Com esse conjunto de elementos base interligados corretamente, pode-se criar o cenário da rede viária.

Como os dados de viagens são baseados nas pesquisas desenvolvidas pela CET e pelo METRÔ, reproduziu-se o mesmo padrão de zonas para permitir uma utilização correta das informações posteriormente. Por conta disso, toda a região metropolitana de São Paulo está dividida em 460 zonas, sendo que a capital somente, é composta por 320 zonas. É importante ressaltar que algumas zonas estão com tamanhos relativamente grandes, e que para uma maior precisão, seria necessário realizar uma nova divisão das mesmas em zonas menores. Isso implicaria em uma mudança dos dados matriciais utilizados, motivo pelo qual não foram alteradas.

Na Figura 2 é possível ver as zonas, representadas pelos seus respectivos números. A Região Metropolitana de São Paulo se apresenta na cor azul, enquanto que a capital, na cor verde.

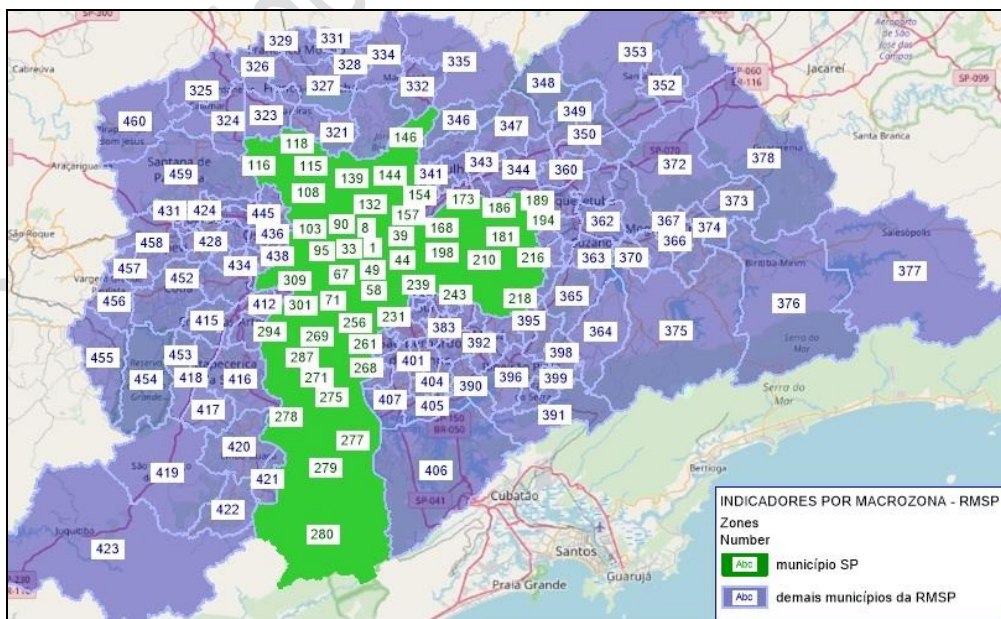


Figura 2 – Zonas da Região Metropolitana de São Paulo.

Fonte: autoria própria (2017).

Definidas as zonas, inicia-se a representação das principais vias da cidade, formando a rede viária. Para as ruas e avenidas, utilizou-se o *link type* viário, enquanto que para as Marginais e a Avenida 23 de Maio, utilizou-se a expressa.

Todas as zonas devem estar ligadas à rede viária através de um conector, no mínimo, permitindo a alocação das pessoas a pé e de automóvel nas vias. Quanto maior o número de conectores, mais alternativas de caminhos irão existir, melhorando a distribuição de viagens na rede.

A Figura 3 mostra uma parte da cidade com a rede viária. Os *links* verdes são os viários, os rosas são as expressas e os amarelos são os de pedestre. Já os conectores estão representados pelas linhas pretas, ligando cada uma das zonas na rede, através do *link* mais próximo. No canto superior direito da Figura 3 é apresentada uma zona ampliada para melhor entendimento.

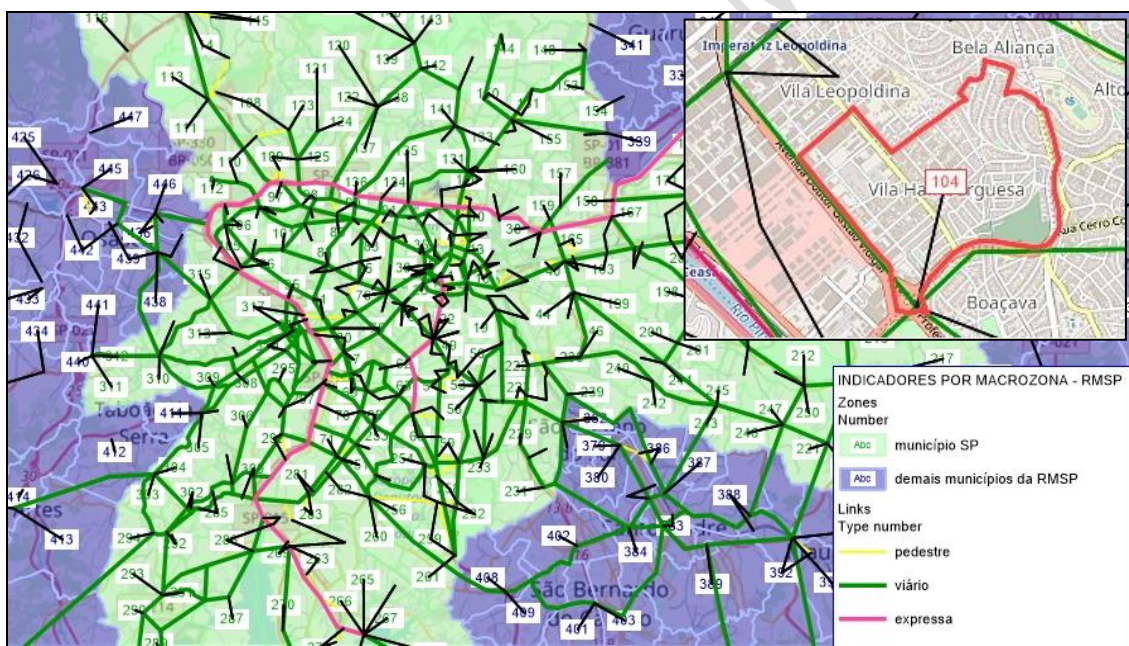


Figura 3 – *Links* do meio individual e conectores.
Fonte: autoria própria (2017).

Além dos *links* viários, foram desenhados os *links* de transporte coletivos, representando os trilhos dos trens e dos metrô que circulam em São Paulo. Neles foram associados os *Stop Points*, elementos gráficos que simbolizam as estações, que são os pontos de reconhecimento da entrada e saída dos usuários. Semelhante a rede viária, os *Stop Points* também devem receber conectores vindos das zonas, além de *links* de

Diferente do meio individual, que representa as viagens sobre os *links*, o meio coletivo só as identifica por meio de uma linha de trem ou metrô associada aos trilhos, ou seja, um caminho pré-definido para a circulação desses sistemas de transporte. Por isso, foram criadas as 11 linhas: 1-Azul, 2-Vermelha, 3-Verde, 4-Amarela e 5-Lilás do Metrô, e 07-Rubi, 08-Diamante, 09-Esmeralda, 10-Turquesa, 11-Coral e 12-Safira dos trens da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM).

Para cada linha, foram definidos dois sentidos, o de ida e o de volta. Neles foram inseridos os intervalos entre a passagem dos veículos pelas estações, chamados de *headway*. Foram estabelecidos 15 minutos de intervalo entre os trens e 5 minutos entre os metrôs. Além disso, adotou-se uma circulação ideal, das 00:00 às 23:59, denominada *timetable* no Visum.

O *software* possui um método de cálculo que permite definir como a simulação deverá ocorrer. Na Figura 6, é possível ver a sequência feita para esse estudo, dividida em três processos de rodagem. O primeiro processo, chamado *Initial assignment*, irá simular a situação inicial do modelo, limpando todas as informações resultantes de simulações anteriores. Esse item garante que cada vez que o sistema for rodado, não ocorrerão interferências por conta de resultados anteriores.

Em seguida, executam-se os processos *Private (PrT) assignment* e *Public (PuT) assignment*, os quais irão alocar na rede, as viagens lidas nas matrizes dos meios individuais e coletivos, respectivamente.

Count	Execution	Active	Procedure	Reference object(s)	Variant/file
1	▶	<input checked="" type="checkbox"/>	Init assignment		All
2		<input checked="" type="checkbox"/>	PrT assignment	2AUTO passageiros de auto	Stochastic assignment
3		<input checked="" type="checkbox"/>	PuT assignment	1COL passageiros de coletivo	Headway-based

Figura 6 – Sequência de cálculos para a simulação.
Fonte: autoria própria (2017).

As matrizes utilizadas foram geradas a partir da pesquisa Origem-Destino (OD) do METRÔ [COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2007], e são referentes às viagens de 2007, pois como a mesma é realizada de 10 em 10 anos, essa é a última disponível. Apesar de não ser do ano atual, foi notado uma mudança de comportamento nos deslocamentos ao se comparar as matrizes de 1997 e 2007, já

existindo uma atratividade pela região da avenida Brigadeiro Faria Lima. Por isso, apesar de não apresentar os valores de 2017, foi possível utilizá-las como referência para esse estudo.

Ao serem inseridas no Visum, e associadas aos seus respectivos meios de transporte, a alocação das viagens na rede é feita pela execução da sequência de rodagens citadas anteriormente.

Como resposta para cada simulação realizada, o *software* gera linhas mais grossas, chamadas de barras, desenhadas sobre os *links* da rede, representando o carregamento, ou seja, o volume de usuários que trafega por ali. A sua espessura é proporcional ao volume, por isso quanto mais usuários estiverem utilizando um determinado *link*, maior estará representada a barra sobre ele. Isso permite a visualização dos carregamentos de cada sistema de transporte, tanto separadamente quanto aglomerados nos meios individual e coletivo.

A Pesquisa de Monitoração da Mobilidade realizada pela CET todos os anos mostra rotas definidas pela cidade de São Paulo, com os seus respectivos volumes de veículos separados por tipo de transporte, para os horários de pico da manhã e da tarde (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO, 2015). Ela foi utilizada como referência para verificar o nível de calibração do modelo. Quando as quantidades de viagens simuladas em cada *link* do cenário estiverem próximas das informadas pela pesquisa, o modelo estará representando a situação real, ou seja, estará calibrado.

Atingir a calibração do modelo é difícil e demanda informações muito mais detalhadas e específicas de cada *link* da rede, como a determinação das suas curvas de velocidade e suas capacidades, necessitando de amostras retiradas das medições em campo por um certo tempo. Como essa pesquisa visa mostrar a situação dos sistemas de transporte de maneira geral, não seria viável coletar todas essas informações, por isso o estudo com o meio individual não foi realizado.

Analisando o meio coletivo como um todo, na Figura 7 é possível ver o resultado da simulação, apresentado pelas barras laranjas sobre os *links* dos metrô e trens. Elas representam a distribuição das viagens de todos os sistemas de transporte coletivos, que foram realizadas no período do pico da manhã.

Como as barras mais grossas representam os *links* com as maiores demandas, identificou-se com os resultados, que as linhas de trem e a linha 2-Vermelha do metrô, a

qual cruza a cidade na direção Leste-Oeste são as que possuem maior volume de usuários. Essa situação está coerente com a realidade.

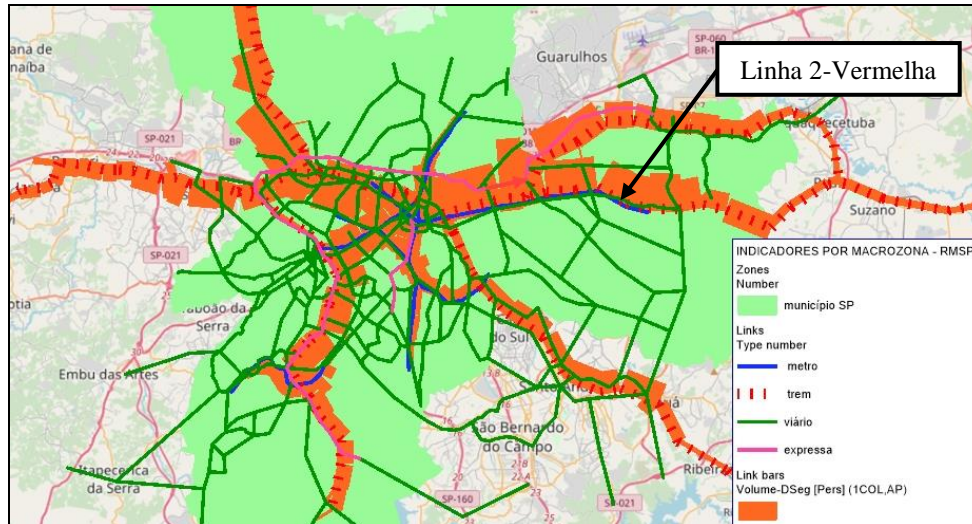


Figura 7 – Alocação das viagens do modo coletivo.
Fonte: autoria própria (2017).

Ao verificar as demandas dos trens e metrô separadamente, apresentadas na Figura 8 pelas barras de cores azul clara e amarela, respectivamente, é possível ver que todas as linhas estão sendo carregadas, ou seja, os usuários acessaram o sistema coletivo com a simulação.

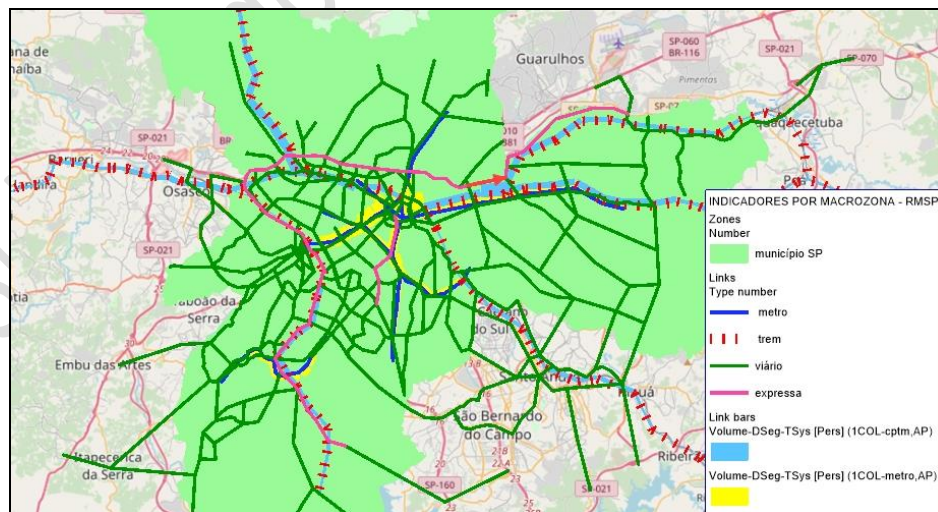


Figura 8 – Carregamento das linhas dos trens e metrô.
Fonte: autoria própria (2017).

Focando na região da avenida Brigadeiro Faria Lima, na Figura 9 é possível ver através das espessuras das barras laranjas, que existe uma demanda grande pelo meio coletivo, tanto na linha 09-Esmeralda do trem, quanto na linha 4-Amarela do metrô, principais acessos à região.

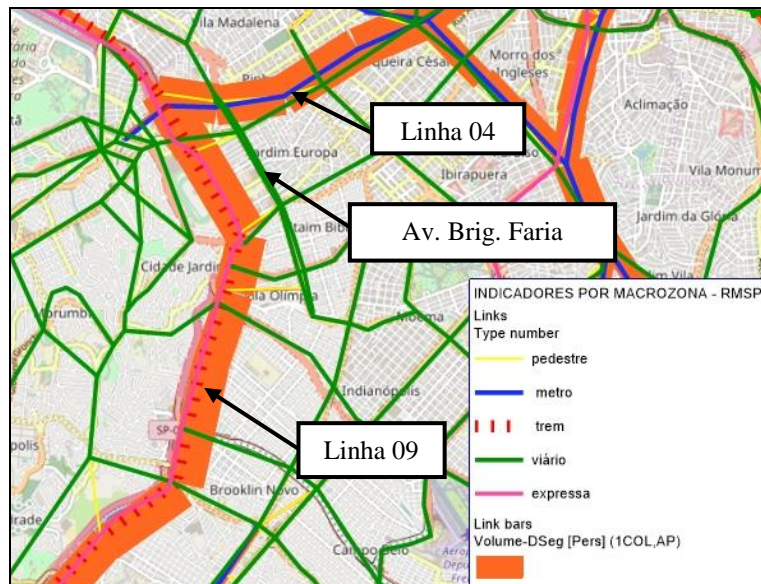


Figura 9 – Alocação das viagens do modo coletivo na região da avenida Brig. Faria Lima.
Fonte: autoria própria (2017).

4.2 Simulação da implantação do sistema *BRT*.

A avenida Brigadeiro Faria Lima possui diversas linhas de ônibus circulando. Para representá-las no modelo, é necessário inserir todas as suas grades de horários de paradas separadamente. Com a implantação do sistema *BRT* e a retirada dos ônibus convencionais da avenida, considera-se que seus atuais usuários estariam migrando para o novo meio disponível, e por isso não foi necessário representa-las no cenário.

Foram estabelecidas algumas mudanças na disposição dos elementos viários existentes do local. Serão duas faixas destinadas ao *BRT*, por sentido, evitando que ocorra uma paralização do fluxo de todo o sistema por conta de imprevistos, como algum veículo parado na pista. A entrada de outros veículos não é permitida, por isso devem ser separadas das faixas de automóveis por uma barreira de concreto e telas, assegurando também contra a passagem de pessoas. Como as estações devem ser instaladas de modo a permitir que o usuário acesse os dois sentidos, foi definido que o

sistema estará implantado nas duas faixas ao lado do canteiro central, com as estações no mesmo.

Para isso, admitiu-se que todos os acessos de retorno existentes na própria avenida serão fechados, e passarão a ser realizados pelas ruas que a cruzam.

Foram definidas quatro estações, três localizadas juntas aos principais cruzamentos da região, nas avenidas Rebouças, Nove de Julho e Presidente Juscelino Kubitschek, e uma que se encontra junto a estação Faria Lima do metrô.

Nos cruzamentos da avenida, é possível manter os tempos dos faróis de modo a beneficiar o *BRT* através do sistema *ITS*, reduzindo as perdas de velocidade e tempo. Como a via é exclusiva, as velocidades conseguem se manter mais elevadas do que a dos ônibus convencionais. Assim adotou-se 30 km/h para a simulação.

Para que a linha do *BRT* seja carregada pelos usuários, foi necessário desenvolver os mesmos procedimentos feito nos outros meios de transporte coletivos: criou-se uma linha de circulação para cada sentido e adotou-se 4 minutos como intervalo entre os veículos. Inseriu-se conectores das zonas para as suas estações, e as interligou com as estações dos trens e do metrô localizados na região, por meio dos *links* de acesso ao pedestre, fornecendo para os usuários a possibilidade de transferência entre os meios.

Na Figura 10, o corredor do *BRT* aparece representado pelos *links* tracejados em azul escuro, com as suas quatro estações e os seus acessos.

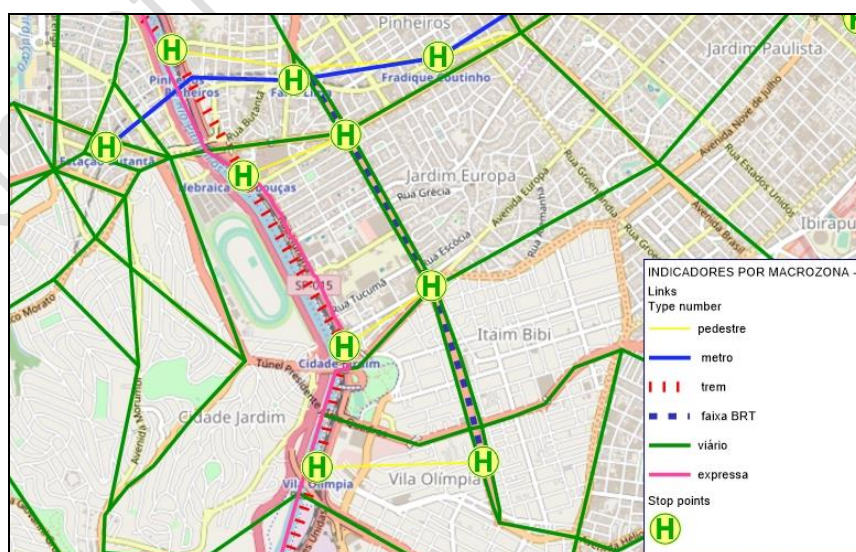


Figura 10 – Cenário com o corredor do BRT.

Fonte: autoria própria (2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 11 apresenta o resultado da simulação após a implantação do *BRT* na avenida Brigadeiro Faria Lima. É possível ver os carregamentos do meio coletivo como um todo, representado pelas barras na cor laranja, e do *BRT* exclusivamente, representado pela barra na cor rosa. Isso mostra que, além de existir a demanda pelo meio coletivo na avenida Brigadeiro Faria Lima, os usuários apresentaram uma atração pelo novo sistema implantado.

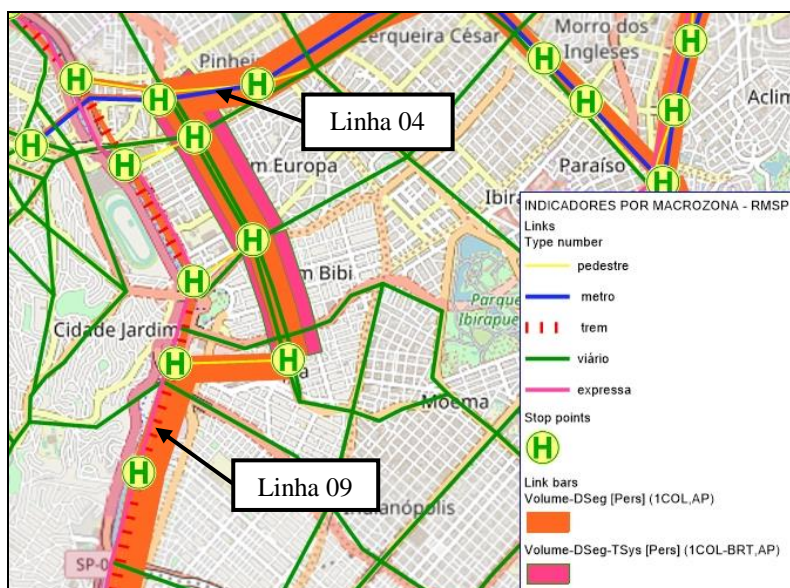


Figura 11 – Carregamentos do meio coletivo e da linha do *BRT*.

Fonte: autoria própria (2017).

Analisando separadamente a espessura das barras laranjas, é possível identificar que os usuários da linha 09-Esmeralda do trem acabaram migrando para o *BRT* na primeira alternativa de transferência modal, feita pelo link de acesso ao pedestre. A linha 4-Amarela do metrô, também mostra uma preferência pelo *BRT* frente a transferência para os trens da linha 09-Esmeralda.

A tabela ilustrada na Figura 12 foi gerada dentro do *software*, para comparar a quantidade de usuários nas linhas dos meios coletivos sem e com a implantação do *BRT*.

Count	LineName	Name	DirectionCode	Length	LinkRunTime	PassKmTrav(AP)	PTripsUnlinked(AP)	PTripsUnlinked(AP)	VolComBRT	VolSemBRT	DiferençaVol
1	BRT	BRT	>	3.260km	3min 53s	0.000km	0	0	16872.73	0.00	16872.73
2	BRT	BRT	<	3.260km	3min 53s	0.000km	0	0	11130.63	0.00	11130.63
3	CPTM 07	CPTM 07	>	38.503km	46min 4s	142364.508km	12744	12744	12926.38	12744.43	181.95
4	CPTM 07	CPTM 07	<	38.503km	46min 4s	765174.458km	46770	46770	46870.11	46770.20	99.91
5	CPTM 08	CPTM 08	>	34.430km	41min 8s	449866.553km	37770	37770	36767.88	37769.60	-1001.72
6	CPTM 08	CPTM 08	<	34.430km	39min 6s	191762.430km	23643	23643	24637.76	23642.54	995.22
7	CPTM 09	CPTM 09	>	31.374km	4min	386646.028km	36956	36956	35737.00	36956.04	-1219.04
8	CPTM 09	CPTM 09	<	31.374km	37min 38s	157488.915km	20181	20181	15125.35	20180.87	-5055.52
9	CPTM 10	CPTM 10	>	35.017km	41min 55s	80472.394km	11647	11647	11647.61	11647.13	0.48
10	CPTM 10	CPTM 10	<	39.783km	47min 38s	364530.371km	35075	35075	35074.84	35075.31	-0.47
11	CPTM 11	CPTM 11	>	47.029km	54min 14s	109416.756km	12181	12181	12181.18	12181.21	-0.02
12	CPTM 11	CPTM 11	<	54.449km	1h 3min 8s	767905.696km	47337	47337	47336.88	47337.00	-0.12
13	CPTM 12	CPTM 12	>	37.854km	43min 13s	146868.123km	14377	14377	14376.78	14376.78	0.00
14	CPTM 12	CPTM 12	<	35.968km	40min 58s	559461.571km	34698	34698	34697.89	34697.89	0.00
15	linha 1-azul	LINHA 1 AZUL	>	20.297km	24min 28s	140589.993km	35816	35816	35818.03	35816.46	1.58
16	linha 1-azul	LINHA 1- AZUL	<	20.297km	24min 28s	128297.387km	28454	28454	28452.30	28454.15	-1.85
17	Linha 2- vermelha	LINHA 2- VERMELHA	>	21.440km	25min 44s	104263.473km	29378	29378	29574.51	29378.11	196.40
18	Linha 2- vermelha	LINHA 2 VERMELHA	<	21.440km	25min 44s	434532.433km	69171	69171	69461.91	69171.04	290.87
19	Linha 3- verde	LINHA 3- VERDE	>	14.271km	17min 37s	114773.490km	21732	21732	21731.83	21731.69	0.14
20	Linha 3- verde	LINHA 3- VERDE	<	14.271km	17min 37s	41366.496km	16208	16208	16208.09	16207.61	0.48
21	LINHA 4 - AMARELA	LINHA 4 - AMARELA	<	9.106km	10min 56s	154646.818km	35690	35690	36553.32	35690.49	862.83
22	LINHA 4 - AMARELA	LINHA 4 AMARELA	>	9.106km	10min 56s	102050.008km	22602	22602	23598.05	22601.83	996.22
23	LINHA 5 - LILAS	LINHA 5 - LILAS	>	11.940km	14min 19s	18033.940km	5042	5042	5041.98	5042.09	-0.11
24	LINHA 5 - LILAS	LINHA 5 - LILAS	<	11.940km	14min 19s	105614.207km	24176	24176	24175.69	24175.79	-0.11

Figura 12 – Comparação dos volumes de usuários com e sem o *BRT*.

Fonte: autoria própria (2017).

As três últimas colunas mostram o volume de usuários por sentido com o *BRT*, sem o *BRT* e a diferença entre elas, respectivamente.

Os valores negativos indicam que ocorreu uma transferência na escolha modal. Na linha 08-Diamante, um dos sentidos mostrou que em torno de 1000 usuários deixaram o trem para utilizar o *BRT*. Isso foi notado também na linha 09-Esmeralda, em que um dos sentidos apresentou migração modal de aproximadamente 1200 usuários, e o outro, 5000.

Além disso, é possível reconhecer as regiões de interferência do corredor *BRT*, ou seja, os *links* da rede que os usuários passaram para chegar no corredor e os que foram utilizados como caminho após a passagem pelo *BRT*. Essas regiões são representadas por um método de cálculo do *software* chamado *Flow Bundle*.

Nas Figuras 13(a) e 13(b), os locais marcados com as linhas na cor preta comprovam, para cada sentido, tanto a representação gráfica da simulação no cenário quanto os dados apresentados na Figura 12, pois as linhas com maior espessura estão vindo das linhas 08-Diamante e 09-Esmeralda do trem, e da linha 4-Amarela do metrô, que apesar de não resultar em valores negativos na comparação, possui usuários que se deslocaram para acessar o *BRT*, ou que saíram do mesmo para embarcar no metrô.

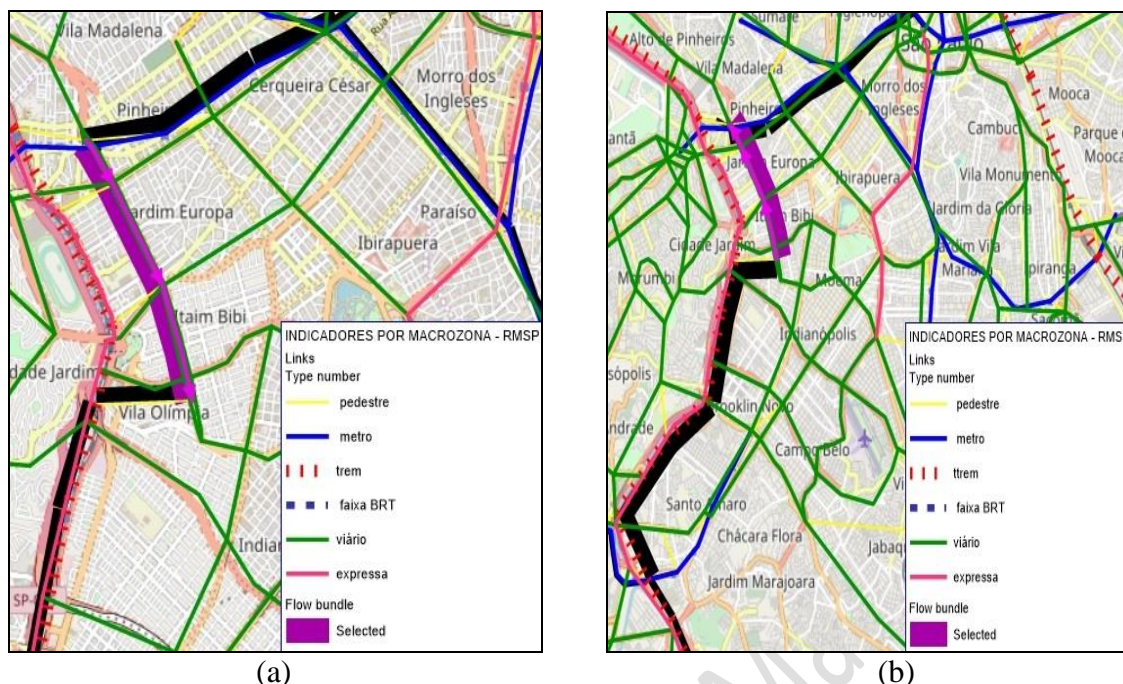


Figura 13. (a) – *Flow Bundle* rota Norte-Sul. (b) – *Flow Bundle* rota Sul-Norte
 Fonte: autoria própria (2017).

6 CONCLUSÃO

A busca por opções que agregam valor para o meio de transporte coletivo é necessária para os grandes centros urbanos, para que o trânsito não fique cada vez mais caótico, a poluição do ar não se agrave e as perdas tanto financeiras quanto de saúde não ocorram por tempo gasto nos congestionamentos.

Assim, a oferta do sistema *Bus Rapid Transit* foi escolhida como alternativa para um meio de transporte coletivo que conquiste a confiança dos usuários, visando a segurança e eficiência, como o cumprimento correto dos horários de parada, a frequência dos veículos, as velocidades mais altas graças as suas faixas exclusivas e separadas das faixas comuns, o acesso às estações mediante pagamento, eliminando a existência de filas no interior dos veículos, e com um custo de implantação baixo.

A avenida Brigadeiro Faria Lima, em São Paulo, foi a escolhida como local para o estudo da aplicação do *BRT* como apoio para os trens e metrô da região, feito por meio de macro simulação no *software* Visum.

Mesmo com dificuldades apresentadas na calibração do modelo para o meio individual, a simulação mostrou que a implantação do sistema *Bus Rapid Transit* na

avenida Brigadeiro Faria Lima consegue atrair usuários dos meios coletivos ao redor, aliviando-os e tornando-se uma opção mais vantajosa frente aos ônibus convencionais que circulam por ali atualmente.

Como sugestão para trabalhos futuros, existe o estudo do impacto da implantação do *BRT* sobre o meio de transporte individual, analisando a transferência modal entre os meios individual e coletivo, os volumes de automóveis na via, as suas novas velocidades, se ocorrerá formação de filas de veículos, as mudanças no nível de serviço da via, entre outros. Assim é necessário a realização de coleta de dados em campo para o desenvolvimento das curvas de velocidade de cada *link* da rede, e suas capacidades. Além disso, a nova divisão das zonas existentes em zonas menores, aumentando assim a quantidade de dados nas matrizes, também é fundamental para a calibração do modelo.

ANALYSIS OF A BUS RAPID TRANSIT SYSTEM DEPLOY IN LARGE URBAN CENTERS.

ABSTRACT

The large urban centers attract a lot of people. That's the reason why they must develop viable alternatives to make sure that the displacements will be made in a safe and efficient way. While regions have bad investments in mass transit, congestions formed by individual vehicles will become increasingly chaotic, leading to financial and time losses, increased stress and pollution of the environment. Therefore, the implementation of the Bus Rapid Transit (BRT) system can be done as an alternative to afford the existing systems, relieving the saturated public transports around. This research made a case study with the macro simulation software Visum, to analyze the impacts due the implementation of these new system on Brigadeiro Faria Lima Avenue, in São Paulo. The simulation's results showed some advantages over the trains and subways located in the area, making the modal transference possible, attracting a significative number os users.

Keywords: Bus Rapid Transit. Simulation software. Macro simulation.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à empresa alemã PTV pelo fornecimento do software Visum, sem o qual não seria possível realizar a simulação. Agradeço à Engenheira Maria Inês Lippe, a qual esteve muito presente, auxiliando e fornecendo toda a ajuda necessária para o desenvolvimento do estudo. E agradeço ao meu orientador Prof, Sergio Pamboukian, por ter me acompanhado e motivado por toda essa trajetória.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO. **BRT Brasil: A evolução das cidades**. 2016. Disponível em: <<http://www.brtbrasil.org.br/index.php/brt/oquebrt>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

CICLOVIVO, Redação. **Os 5 melhores transportes públicos do mundo**. 2016. Disponível em: <<http://ciclovivo.com.br/noticia/os-5-melhores-transportes-publicos-do-mundo/>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Pesquisa de Monitoração da Mobilidade**. 2015. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/499255/2015.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. **Pesquisa Origem Destino**. 2007. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/pesquisa-od/resultado-das-pesquisas.aspx>>. Acesso em: 11 set. 2017.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. **Quem somos**. 2015. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/metro/institucional/quem-somos/index.aspx>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

ENGEBRAS. **Cidade Inteligente**. Disponível em: <http://www.engebras.com.br/catalogo/media/com_flashmagazinedeluxe/pdf/PDF.pdf>. Acesso em: 25 maio 2017.

LEVINSON, Herbert S. *et al.* **BUS RAPID TRANSIT**. Disponível em: <https://nacto.org/docs/usdg/brt_synthesis_of_case_studies_levinson.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2017.

MALAN, Cecília. **Londres e Paris reduzem limite de velocidade em várias vias das cidades**. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2015/08/londres-e-paris-reduzem-limite-de-velocidade-em-varias-vias-da-cidade.html>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

VOLVO. **Volvo BRT - O que ganham os passageiros?** 2014. Disponível em: <<http://www.mobilidadevolvo.com.br/volvo-brt-o-que-ganham-os-passageiros/>>. Acesso em: 20 abr. 2017.