

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
ESCOLA DE ENGENHARIA
ENGENHARIA CIVIL

RUANE DA CUNHA GRACIO

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

São Paulo
2017

RUANE DA CUNHA GRACIO

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

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro.

ORIENTADOR: PROF. DR. SERGIO VICENTE DENSER PAMBOUKIAN

São Paulo

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu orientador pelo direcionamento, paciência e incentivo para a realização desse trabalho.

A minha família e amigos, pelo apoio nesta etapa final do curso.

A empresa alemã *PTV Group* por ter fornecido o *software* Visum, para o desenvolvimento das simulações.

E um agradecimento especial para a Engenheira Maria Inês Lippe, pelo auxílio e atenção ao longo de toda a simulação.

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.

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 had 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.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1	Capacidade entre diferentes meios de transporte	17
Figura 1	Veículo <i>BRT</i>	23
Figura 2	Via <i>BRT</i>	24
Figura 3	Estação <i>BRT</i>	25
Figura 4	TransMilenio	28
Figura 5	Intervenções da Operação Urbana Consorciada Faria Lima	30
Figura 6	Zonas da Região Metropolitana	34
Figura 7	<i>Links</i> do meio individual	36
Figura 8	<i>Links</i> do meio coletivo	37
Figura 9	Nó em um cruzamento de avenidas	38
Figura 10	Estações dos <i>links</i> coletivos	39
Figura 11	Conectores	40
Figura 12. (a)	Conector entre a zona e o link viário	41
Figura 12. (b)	Conector entre a zona e as estações	41
Figura 13	<i>Procedure Sequence</i>	42
Figura 14	Carregamento <i>links</i> individuais	44
Figura 15	Carregamento <i>links</i> coletivos	45
Figura 16	Carregamento das linhas de trens e metrô	46
Figura 17	Alocação das viagens do modo coletivo na região da avenida Brig. Faria Lima	46
Figura 18	Corredor <i>BRT</i>	49
Figura 19	Carregamentos do meio coletivo e da linha do <i>BRT</i>	50
Figura 20. (a)	<i>Flow bundle</i> rota Norte-Sul	51
Figura 20. (b)	<i>Flow bundle</i> rota Sul-Norte	51

LISTA DE QUADROS, DIAGRAMAS E TABELAS.

Quadro 1	Comparação de custo entre os meios de transporte coletivos	27
Quadro 2	Parâmetros iniciais dos usuários.....	33
Quadro 3	Linhas de trem e metrô de São Paulo	39
Diagrama 1	<i>Links types</i>	35
Diagrama 2	Sequência de transferência de dados	41
Tabela 1	Comparação dos volumes de usuários com e sem o <i>BRT</i>	52

LISTA DE SIGLAS

BRT	Bus Rapid Transit
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
FTA	Federal Transit Administration
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IRBEM	Indicadores de Referência de Bem-Estar no Município
ITS	Intelligent Transportation System
METRÔ	Companhia do Metropolitano de São Paulo
NTU	Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.1.1	Objetivo geral	12
1.1.2	Objetivos específicos	12
1.2	JUSTIFICATIVA.....	12
1.3	METODOLOGIA	13
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	MOBILIDADE URBANA NOS GRANDES CENTROS URBANOS	18
2.2	MOBILIDADE URBANA NA CIDADE DE SÃO PAULO	20
3	SISTEMA <i>BUS RAPID TRANSIT</i>	22
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA <i>BRT</i>	22
3.1.1	Veículo	23
3.1.2	Via	23
3.1.3	Estações	24
3.1.4	Sistema Inteligente de Transporte	26
3.1.5	Vantagens frente aos outros meios de transporte	26
3.1.6	Implantação do sistema <i>BRT</i> em outros centros urbanos	27
4	ESTUDO DE CASO	29
4.1	MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1.1	Software Visum	32
4.1.2	Dados	32
4.2	GERAÇÃO DO CENÁRIO DA CIDADE DE SÃO PAULO	32
4.2.1	Zonas	33
4.2.2	Links	34
4.2.3	Nós	37
4.2.3.1	Estações	38
4.2.4	Conectores	40
4.2.5	Dados	41
4.3	SIMULAÇÃO INICIAL	43
4.4	IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA <i>BRT</i> NO CENÁRIO	47

5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	49
5.1	ANÁLISES	49
5.1.1	Análise da migração modal	50
6	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS.....	55

1.INTRODUÇÃO

As grandes capitais ao redor do mundo abrigam as principais empresas e universidades, sendo consideradas os centros das oportunidades. Isso gera uma grande atração de pessoas todos os anos, e conseqüentemente, uma necessidade de realizar seus respectivos deslocamentos pela cidade.

A partir desse aumento populacional nos grandes centros, pode-se perceber as diferenças com relação a importância que se deposita na infraestrutura urbana. Em cidades como Tóquio, Nova York, Londres, Paris e Moscou, que lideram o ranking mundial de melhores transportes públicos, respectivamente (CICLOVIVO, 2016), existe um estilo de mudança baseado em melhorar o meio de transporte coletivo e dificultar o individual. Por exemplo, em Paris as velocidades para os carros no centro são limitadas a 30 km/h (MALAN, 2015), e em Nova York diversas ruas centrais não permitem a passagem de carros. Mas em contrapartida, existem linhas metroviárias e de ônibus pela cidade como um todo, com uma frequência e pontualidades garantidas, sem contar a estrutura adequada para que o pedestre consiga realizar os acessos aos meios coletivos. Isso faz com que o uso do veículo individual não seja vantajoso para o usuário, aumentando a preferência pelo meio coletivo.

No entanto, quando esses investimentos não ocorrem, o sistema público sofre uma deterioração, aumentando o uso do meio de transporte individual. Esse disparo na demanda da rede viária urbana, a qual não foi projetada para comportá-lo, acaba sobrecarregada, resultando em congestionamentos.

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 de renda mais alta. Por conta disso, o governo tomou medidas facilitadoras do processo de aquisição do automóvel próprio, incentivando a população a migrar do transporte público para o individual.

Visto que os meios de transporte públicos não possuem a mesma liberdade de escolha de caminhos como os carros, já que devem cumprir uma rota previamente definida, a discrepância na quantidade entre automóveis, ônibus e micro-ônibus que circulam em cidades com baixa visão em termos de infraestrutura, como São Paulo, compromete diretamente a eficiência de ambos na via. Além disso, apesar de mesma possuir uma rede metroviária com 77,4 quilômetros de extensão e transportar cerca de 4,7 milhões de passageiros diariamente, o meio possui deficiências, como superlotação, não atendimento em toda a região da cidade e

lentidões causadas por problemas operacionais, considerados desvantagens em momentos de escolhas modais (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2015).

Mobilidade urbana significa a capacidade que um indivíduo tem de se deslocar. Esse conceito envolve dois componentes: a performance do sistema de transporte, onde são consideradas a infraestrutura, os horários, rotas e tempo de viagem, e as características do usuário, tais como suas necessidades, sua disponibilidade de utilizar o meio individual e sua renda.

Por isso, em cidades grandes com altos níveis de congestionamento, é nítida a necessidade de mudança no sistema de transporte. A base dessa alteração está em conseguir despertar o sentimento de confiabilidade nos usuários em utilizar os modos coletivos, e a partir disso, extinguir os estereótipos associados ao meio, de forma que possam ser usufruídos por todas as classes sociais igualmente.

Na cidade de Curitiba, foi implantado o *Bus Rapid Transit (BRT)* como opção de melhoria. Trata-se de um sistema de transporte coletivo de alta capacidade, cujo funcionamento é semelhante ao do metrô, porém com gastos operacionais e de implantação menores, com o propósito de, não só atrair os usuários do meio de transporte individual como conduzir o crescimento urbano.

Conforme a demanda foi aumentando, ocorreram adaptações no sistema, como a aquisição de veículos biarticulados para comportar uma quantidade maior de usuários e o uso de combustíveis mais limpos, reduzindo a emissão de gases poluentes. Isso mostra que, mesmo sendo um transporte público, foram tomados os devidos cuidados para que o meio não perdesse preferência por falta de investimentos visando o conforto e segurança do usuário.

Dentre as suas vantagens frente aos meios já existentes, a principal é a eficiência no seu trajeto. A circulação dos ônibus e microônibus nos corredores exclusivos é usualmente comprometida pela presença de veículos não autorizados que invadem esse espaço para evitar os congestionamentos, acarretando atrasos pela redução da velocidade. Já no sistema *BRT*, isso não ocorre, pois ele é composto por uma faixa de circulação exclusiva e fechada, impedindo qualquer acesso. Com isso, a sua velocidade se mantém constante e, conseqüentemente, o tempo de percurso também, criando uma confiabilidade maior por parte do usuário (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO, 2016).

Entretanto, como o sistema de tráfego urbano é uma rede complexa e dependente, é necessário que ocorra uma integração entre os diversos meios de transporte para que os benefícios ocorram de maneira geral na rede de transporte urbano.

Espera-se que a realização dessa pesquisa contribua com a mobilidade de grandes centros urbanos, servindo de apoio para os meios já existentes que se encontram em situações saturadas de serviço.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Analisar a eficiência da implantação do sistema *Bus Rapid Transit (BRT)* em grandes centros urbanos.

1.1.2. Objetivos específicos

Caracterizar o sistema *Bus Rapid Transit*.

Verificar as migrações modais de usuários.

Analisar o apoio do *Bus Rapid Transit* aos meios coletivos existentes nas proximidades.

1.2. JUSTIFICATIVA

Enquanto o meio de transporte coletivo é muito utilizado em algumas cidades grandes, tais como Nova York, Paris, Londres e Tóquio, em outras, como por exemplo São Paulo, ele passa por uma deterioração cada vez maior. Isso afeta diretamente na confiança e segurança dos usuários, considerados os principais fatores usados para realizar a escolha modal, resultando em uma preferência pelo uso do meio individual.

Entretanto, a existência de um número alto de veículos nas vias resulta em prejuízos para a própria população. Na cidade de São Paulo, a média diária de tempo perdido com os congestionamentos é de duas horas e quarenta minutos. Como o tempo parado é sinônimo de ausência de produção, é possível ver que um valor significativo acaba sendo desperdiçado no trânsito.

Além disso, os congestionamentos acarretam uma queda na qualidade do ar, pois o nível de emissão de gases poluentes é agravado.

Com isso, a necessidade de redução na quantidade de automóveis nas vias é um bem comum para a cidade. A base para que isso ocorra está em fornecer alternativas vantajosas de transporte coletivo, permitindo que haja uma migração modal, ou seja, é preciso recuperar a confiabilidade do usuário pelo meio público.

Uma possível opção é o sistema *Bus Rapid Transit*, já implantado em algumas capitais, que poderá ser uma solução de atratividade do usuário do meio individual para o coletivo nos grandes centros urbanos, proporcionando melhoras tanto físicas quanto ambientais ao local.

1.3. METODOLOGIA

Este trabalho é desenvolvido por meio de pesquisas bibliográficas, práticas e simulações em *software*.

A pesquisa bibliográfica se fundamenta na realização de um estudo detalhado sobre o mecanismo do sistema *Bus Rapid Transit*, suas características e implantação.

A parte prática possui como estudo de caso a cidade de São Paulo, a qual será usada para simular a implantação do sistema *BRT*. Para isso, é feito o levantamento dos dados de tráfego locais, em documentos registrados pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) e pela Companhia do Metropolitano de São Paulo (METRÔ), tais como os meios de transporte presentes, as demandas de cada tipo, as suas respectivas velocidades e os principais locais de origem e destino dos usuários.

A partir disso, é possível simular em um *software*, sobre um desenho real da região estudada, a implantação do sistema *BRT*, verificando as mudanças ocorridas com relação a migração modal dos usuários para o novo meio ofertado e a sua atratividade, podendo assim, analisar se seria uma solução viável para o local.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será estruturado em cinco seções.

A seção 1 será composta pela introdução, na qual será apresentada uma visão geral sobre o assunto estudado, juntamente com os objetivos, seguido pela justificativa do problema pesquisado e o método para alcançar tais objetivos.

A seção 2, através de uma revisão da literatura, se aprofundará na mobilidade dos grandes centros urbanos. Contemplará também informações sobre as características e o

funcionamento do sistema *Bus Rapid Transit*, identificando os possíveis fatores atrativos que serão fornecidos para os usuários.

A seção 3 irá constar dados sobre os diversos meios de transporte existentes na cidade de São Paulo e sobre o sistema *BRT* que será simulado. Irá conter uma descrição sobre a simulação feita e apresentará seus resultados, verificando os efeitos causados na rede.

A seção 4 contemplará a análise e discussão dos resultados obtidos.

A seção 5 apresentará a conclusão final do trabalho, e indicará possíveis continuações dessa linha de pesquisa

2. REVISÃO DA LITERATURA

A região mais ativa de uma cidade é chamada de centro urbano, ou seja, onde estão localizadas as principais atividades comerciais e financeiras. Como exemplo, pode-se citar a cidade de São Paulo, responsável por grande parte das oportunidades de trabalho nas áreas de consumo e prestação de serviços do Brasil (BARBON *et al.*, 2015). Em virtude disso, todos os anos ocorre uma migração de pessoas. No período de um ano, entre julho de 2015 e de 2016, o maior município brasileiro recebeu 70,3 mil novos moradores, ultrapassando uma quantidade de 12 milhões de habitantes, segundo uma estimativa fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (LEAL; L., 2016).

Entretanto, esses centros, como o próprio nome já diz, estão localizados nas regiões centrais da cidade, enquanto que as áreas residenciais ficam mais afastadas (BARBON *et al.*, 2015). Essa distribuição de usos de solo acaba gerando um número significativo de viagens diárias realizadas pelas cidades, que são escolhidas de maneira mais vantajosa para o usuário.

Apesar de já possuírem uma rede de transporte integrada, algumas cidades grandes sofrem com a falta de investimentos e manutenção no sistema de transporte coletivo, resultando na queda da sua qualidade, eficiência e preferência frente ao meio individual.

Dentre os fatores que influenciam na escolha do usuário estão a segurança e a confiabilidade do meio, sendo essa última relacionada ao tempo gasto com o deslocamento. Tratando-se de locais com baixo investimento em infraestrutura, ao analisar os ônibus, identifica-se que um dos principais problemas é a incerteza de influências na rota, por exemplo, como esse meio não possui liberdade de escolha de caminhos, qualquer intervenção como alagamentos, acidentes ou congestionamentos, resultam em uma perda de tempo importante. Já com os veículos individuais isso é menos ocorrente, pois existe a possibilidade de se alterar a rota caso ocorra algum imprevisto.

Com relação aos sistemas metroviários e ferroviários, apesar de também terem suas rotas definidas, existem menos interferências como as citadas, pois possuem um traçado exclusivo. Porém, estão sujeitos a problemas técnicos, comprometendo seu bom funcionamento. Além disso, não é sempre que a malha se estende pela cidade toda e a frequência nos horários de pico possui problemas, acarretando uma superlotação tanto nas estações quanto nos vagões, fazendo com que percam preferência.

A falta de preferência pelo transporte coletivo e o crescimento desordenado de veículos em algumas cidades pode ser comprovado pelas taxas de ocupação média, como por

exemplo, na cidade de São Paulo temos 1,4 pessoas para os automóveis contra 72 para os ônibus urbanos, ou seja, a maioria dos veículos individuais da cidade transportam um usuário somente (DUTRA *et al.*, 2016).

Esse é um conceito que precisa ser revertido, ou seja, precisam ocorrer mudanças que façam com que os sistemas de transporte coletivos sejam mais atraentes do que o meio individual, trazendo benefícios para o desenvolvimento da cidade e para a qualidade de vida da população, além da economia financeira, como é visto nas cidades mais desenvolvidas.

Segundo o professor Orlando Strambi, do Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, está ocorrendo uma mudança na visão das políticas de transporte, cujo foco sempre esteve nos automóveis. De umas décadas para cá foi possível perceber que quanto mais pessoas utilizam o meio individual, menos eficiente ele se torna, chamando a atenção para três novos eixos principais: o incentivo ao uso do transporte público, a promoção do transporte não motorizado e o desestímulo ao uso de automóveis (LEAL; J., 2016).

As faixas exclusivas de ônibus na capital paulista aumentaram em 2016, passando de 90 para aproximadamente 500 quilômetros de extensão. Isso permitiu que a velocidade média dos ônibus sofresse um acréscimo, diminuindo o tempo do percurso, além de ser interessante para o meio ambiente, já que a emissão de gases poluentes, conseqüentemente, reduziu (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO, 2016a). No entanto, existem fatores que comprometem o fluxo livre, tais como os veículos que invadem a faixa indevidamente, a presença de táxis, que possuem permissão para circular desde que estejam ocupados, e até mesmo outros ônibus que ficam parados na faixa por terem problemas técnicos ou por excesso de passageiros esperando para embarcar e desembarcar.

Segundo os Indicadores de Referência de Bem-Estar no Município (IRBEM), o número de pessoas que utilizam os ônibus diariamente na cidade de São Paulo aumentou de 68% para 71% no último ano, mas tratando-se de satisfação com relação aos serviços oferecidos, em uma escala de zero a dez, sua pesquisa demonstrou nota média de 3,9, revelando que ainda existem muitos problemas a serem solucionados (BAZANI, 2016b).

Mesmo trazendo mudanças no sistema viário, as faixas de ônibus precisam se tornar corredores exclusivos de alto desempenho para que possam auxiliar com capacidade elevada (LEAL; J., 2016).

O *Bus Rapid Transit (BRT)* é um sistema de transporte coletivo de alto desempenho, que visa a mobilidade urbana rápida, confortável e segura. Necessita de uma

infraestrutura segregada, atingindo assim uma operação eficiente e frequente (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO, 2016).

Seu funcionamento é similar ao metrô, porém com custos e tempo de implantação significativamente menores. As estações são construídas no mesmo nível das portas dos veículos, e a cobrança da passagem feita na sua entrada, por meio de catracas, diferenciando-se dos ônibus comuns, nos quais existe uma perda de tempo para o acesso dos passageiros, causado pela existência de degraus na sua entrada, e pela espera devido as filas para o pagamento da passagem na catraca (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO, 2016).

Os veículos articulados possuem capacidade de transportar uma média de 160 a 270 passageiros, substituindo o equivalente a 100 veículos nas vias. Ao compará-lo com os outros meios de transporte coletivos, nota-se que para uma demanda de até 45 mil passageiros/hora-sentido, ele possui uma capacidade maior frente aos demais, como é mostrado no Gráfico 1. A partir disso, o sistema precisará trabalhar como apoio para o Metrô. Sua circulação é feita em pistas exclusivas e fechadas, evitando os problemas ocorrentes para os ônibus comuns, e possuem um sistema inteligente, monitorado pelo *Global Positioning System* (GPS), o qual permite o controle e realização de mudanças de acordo com a necessidade da via (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO, 2016).

Gráfico 1 – Capacidade entre diferentes meios de transporte



Fonte: Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano (2016).

Por ser um meio de alta capacidade, esse sistema poderia ser usado como alternativa para a melhoria da crise de mobilidade urbana vivida em diversos centros urbanos,

porém como a sua implantação demanda uma modificação na via existente, é necessário que se faça um estudo detalhado sobre seus futuros efeitos, para que ele possa contribuir de maneira integrada com os outros sistemas da rede, aliviando-os.

2.1. MOBILIDADE URBANA NOS GRANDES CENTROS URBANOS

As principais capitais do mundo concentram as melhores oportunidades de estudo e trabalho, gerando uma atratividade para as pessoas de cidades menores, fazendo com que se mudem motivadas a uma qualidade de vida melhor.

Esse aumento populacional que ocorre ano a ano traz consigo uma necessidade de movimentação interna, principalmente no trajeto entre os locais de trabalho ou estudo e de moradia, acarretando uma necessidade de replanejamento e adaptações do sistema viário com relação às novas demandas.

A circulação feita por transportes individuais sempre foi vista como símbolo de poder e status. Na Europa pós Segunda Guerra, o pensamento “tudo pelo automóvel, nada contra o automóvel” foi a base das políticas públicas de mobilidade (SILVA, 2013). Ter seu próprio veículo forneceria liberdade de escolha de caminhos e independência. Entretanto, com o crescimento populacional e, conseqüentemente, o aumento de veículos nas vias, resultou em diversos problemas.

Um artigo publicado na Arthur D. Little sobre o futuro da mobilidade urbana classifica esses problemas em desafios que deverão ser enfrentados pelas cidades, de acordo com o meio afetado. Para o planeta, o foco deverá ser na poluição do ar, emissão de CO₂ e o barulho causado pelos veículos (VAN AUDENHOVE *et al.*, 2014).

Tratando-se da população, resume-se no caos gerado pelos congestionamentos descontrolados, assim como a perda de tempo que este acarreta. O fato é revertido em prejuízos financeiros, visto que o usuário está deixando de produzir durante esse percurso, que em média, leva em torno de duas horas (VAN AUDENHOVE *et al.*, 2014).

A crise de mobilidade urbana afetou os principais centros no mundo. Essa desestruturação motivou a busca por alternativas capazes de reduzir a preferência pelo modo individual de transporte, através de incentivos ao uso do meio coletivo e dos meios sustentáveis, tais como bicicletas ou a pé.

A cidade de Nova Iorque aderiu ao bloqueio do acesso de veículos em algumas avenidas mais movimentadas, como as da região da Times Square, e investiu em ciclovias e em infraestrutura que permitisse conforto e segurança ao usuário que caminha pelas calçadas. Além disso, possui uma rede metroviária extensa, que percorre 1.062 quilômetros de vias e é composta por 468 estações, fornecendo acesso aos cinco grandes bairros da capital com funcionamento ao longo das 24 horas do dia. Para complementar a rede, foram implantados ônibus que permitem a transferência dos usuários do metrô para os locais mais internos dos bairros (UNIVERSIA, 2016).

Famosa por seus arranha-céus imensos, a cidade segue uma política que autoriza a construção mediante a não existência de estacionamentos próprios, ou seja, mesmo atraindo um número grande de pessoas, essas não poderão ir de carro, pois não existe local para estacioná-los, incentivando o uso do meio coletivo de transporte.

Com isso tornou-se um dos únicos centros urbanos dos Estados Unidos que conseguiu ter a prioridade pelo uso do transporte coletivo frente ao individual (UNIVERSIA, 2016). Segundo uma pesquisa realizada pelo Centro de Estudos Urbanos LSE Cities, da Escola de Economia e Ciência Política da Universidade de Londres, após estudar doze grandes centros urbanos, concluiu que a taxa mais elevada de utilização do meio metroviário para realizar os percursos casa-trabalho-casa é a de Nova Iorque, com 40% das preferências (GAETE, 2017).

No caso de Londres, a variedade de transportes coletivos é vasta. Possui uma rede de metrô com 270 estações, sendo que em 114 delas o usuário pode usufruir do *wi-fi* grátis, e 480 quilômetros de extensão, que percorre as seis zonas da capital. O *Overground* é um sistema de trens com 83 estações. Sua circulação ocorre por cima do solo em todo o território Londrino e pelas regiões periféricas. O DLR é o metrô mais simples que permite a ligação até o aeroporto (MAIA, 2017).

Com o aumento dos congestionamentos ocorridos na região sul, foi implantado nos anos 2000 o bonde elétrico, conhecido por *Tramlink*, como alternativa de transporte, o qual colheu bons resultados na mobilidade do local (MAIA, 2017).

Os ônibus vermelhos de dois andares, vistos como símbolo da cidade, realizam paradas a cada 200 metros e o tempo de espera não ultrapassa os 3 minutos nos horários de pico, circulando por todo o território 24 horas por dia, complementam a rede de transportes públicos (MAIA, 2017).

Em Paris, os sistemas existentes são semelhantes. Possui uma das redes de metrô mais completas do mundo, com estações espalhadas pela cidade inteira, que se interligam com os sistemas de trens e ciclovias.

Para desfavorecer o uso dos veículos individuais, a capital vem reduzindo o limite de velocidade das vias da região central, chegando ao limite de 30 km/h.. Além disso, reduziu-se o número de faixas comuns para a implantação de faixas de ônibus, transferindo a atratividade para o meio público de transporte (INFOMONEY, 2017).

Essas capitais investiram em implantar alternativas que favorecessem o meio de transporte coletivo, mudando o cenário crítico de congestionamentos por veículos individuais, melhorando não só o tempo de viagem, mas a qualidade do ar, além de reverter a imagem de que o transporte público é utilizado por pessoas de rendas menores.

2.2. 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 descontrolado todos os anos.

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 agravamento do trânsito fez com que surgissem tecnologias inteligentes capazes de captar informações em tempo real e transmiti-las ao usuário, visando auxiliá-los no trajeto por veículos individuais, como é o caso dos aplicativos de celular como *Waze* e *Google Maps*. Entretanto, existem situações em que as vias estão com a circulação tão crítica, que mesmo com o seu uso, os trajetos tornam-se inviáveis.

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, a frequência dos veículos sofre uma necessidade de aumentar a oferta. 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 a 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 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. SISTEMA *BUS RAPID TRANSIT*

Ao longo dos anos, a busca por soluções que reduzam o tempo de deslocamento de pessoas e bens dentro dos grandes centros vem aumentando, e em conjunto, surge o interesse por meios de transporte sustentáveis, ou seja, beneficiar os usuários dos meios de transporte públicos e criar restrições para o meio individual, por meio de aplicação de taxas ou redução de velocidades nas vias.

Assim, o surgimento de inovações para tornar o meio de transporte coletivo mais atrativo é fundamental. Isso pôde ser visto no sistema *Bus Rapid Transit (BRT)*, que vem ganhando credibilidade ao redor do mundo. Segundo o BRT DATA, o meio já está presente em 205 cidades e transporta em torno de 34 milhões de passageiros por dia (GLOBAL BRT DATA, 2017).

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 (FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION, 20017). 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.*, 2017).

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.*, 2017).

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA *BRT*

Apesar da sua semelhança com os ônibus convencionais, o sistema *BRT* possui quatro elementos que proporcionam características exclusivas, tornando-o um meio diferenciado.

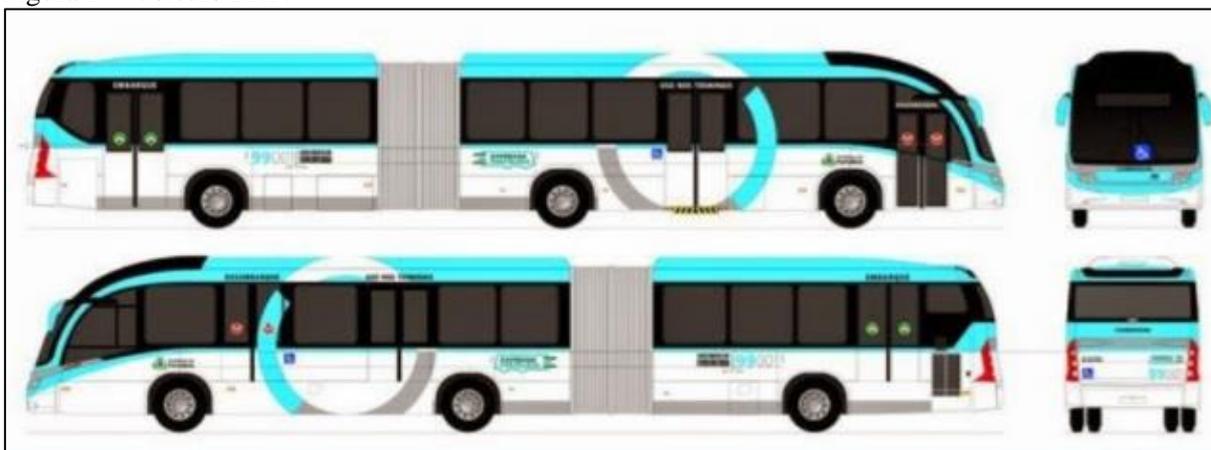
3.1.1. Veículo

Os veículos que circulam no sistema podem ser convencionais ou articulados, dependendo da quantidade de usuários previstos, e movidos à diesel, mas fazem parte da constante inovação do uso de energias mais limpas como combustível, reduzindo a emissão de gases poluentes, visto que a sustentabilidade foi uma das motivações do seu desenvolvimento.

Possui alguns itens funcionais que auxiliam na circulação, tais como, câmera traseira, sensor de estacionamento com indicação de distância e aparelho de *GPS*. Além disso, tratando-se do conforto ao passageiro, possuem rede *wireless* no seu interior, sistema de anunciador de voz junto às portas, informações sobre a localização das rotas e das estações, área privativa para o motorista e local para o transporte de bicicletas (FORTALBUS, 2014).

Na figura 1 está representado um modelo de veículo com design futurístico, desenvolvido pela Mercedes-Benz Mega BRT.

Figura 1 – Veículo *BRT*.



Fonte: Fortalbus (2014).

3.1.2. Via

Os veículos circulam por faixas exclusivas implantados nas vias, os quais possuem uma proteção que evita o acesso indevido de outros veículos. Isso permite que a velocidade do *BRT* se mantenha constante a maior parte do tempo e, conseqüentemente, que o tempo de viagem seja menor e pré-determinado (WRI BRASIL, 2014).

O tempo é um dos fatores influenciadores na escolha modal dos usuários. A medida que o sistema promete fornecer um determinado serviço em um certo intervalo de

tempo, e o executa dentro do previsto, desperta um sentimento de confiabilidade nos usuários, o qual é de extrema importância, já que fará com que o mesmo retorne ao meio.

Poderá ter faixas simples ou duplas, com faixas adicionais nas estações, para que a parada de um veículo não interfira nos demais. Essas devem receber uma manutenção constante em relação ao pavimento, para que a segurança e conforto fornecido aos usuários não sejam comprometidos (GERALDES, 2017).

Na figura 2 é possível visualizar uma via de faixa dupla em ambos os sentidos do *BRT* de Bogotá, Colômbia.

Figura 2 – Via *BRT*.



Fonte: Prefeitura de Jundiaí (2013).

3.1.3. Estações

Com design moderno e atrativo, as estações devem ser rigorosamente dimensionadas, pois são responsáveis pelo início do bom funcionamento do sistema.

A distância entre as estações é determinante na escolha dos locais de implantação. Esta não poderá ser muito grande, prejudicando os usuários que terão que percorrer um caminho mais longo para acessá-la, e conseqüentemente, surgirá uma maior

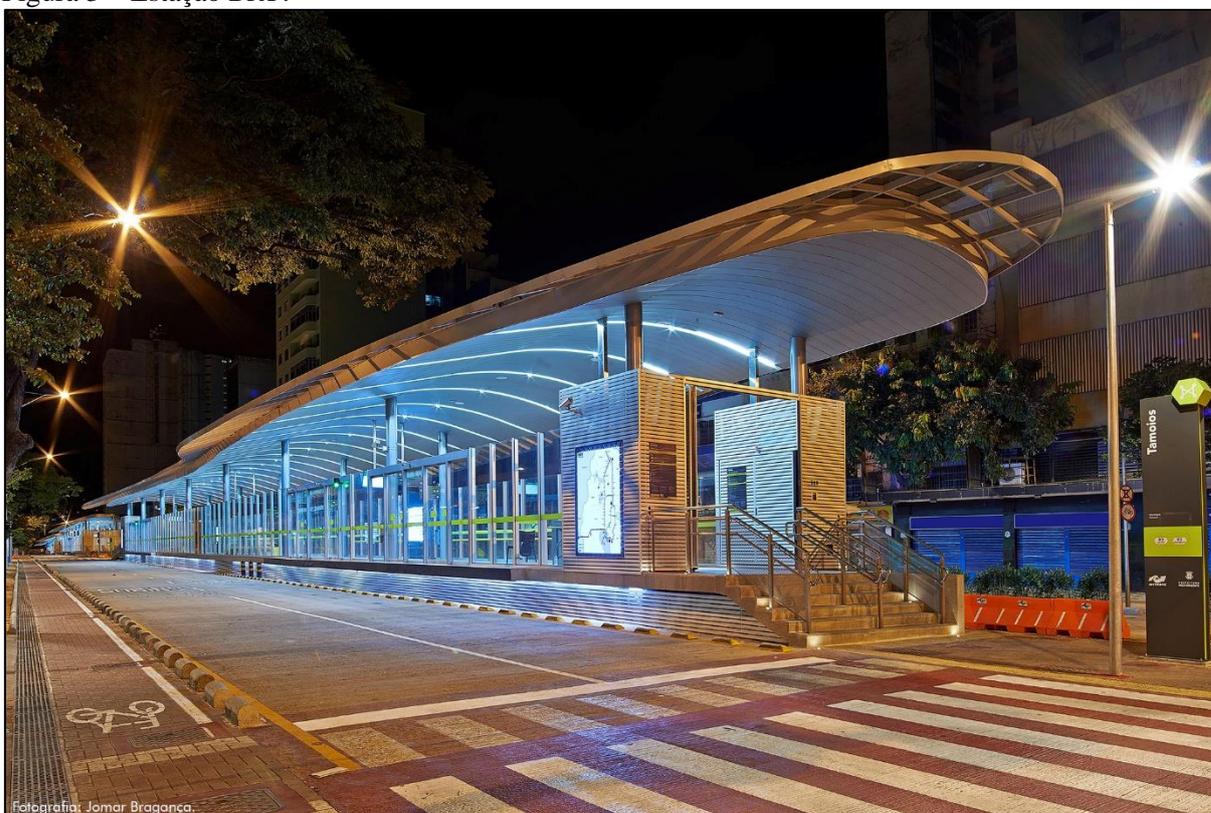
concentração para o embarque, comprometendo o tempo e o conforto. Por outro lado, também não poderá ser pequena, evitando que o veículo tenha pouco espaço para percorrer até a próxima parada, comprometendo as velocidades mais altas do sistema (GERALDES, 2017).

Os usuários realizam o acesso aos veículos em nível, reduzindo o tempo gasto para embarque e desembarque causado pelas escadas de entrada, como nos ônibus convencionais. Além disso, o sistema *BRT* conta com o pagamento antecipado das passagens, na entrada das estações, já que não existe cobrador no interior dos veículos, visando reduzir as filas que prejudicam o bom funcionamento do meio (WRI BRASIL, 2014).

As estações fornecem informações ao usuário em tempo real, tais como horário de chegada dos veículos e tempo de percurso, por meio do sistema inteligente de transporte implantado (WRI BRASIL, 2014).

Na figura 3 está representada uma das estações do sistema *BRT MOVE*, localizada na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Figura 3 – Estação *BRT*.



Fonte: Belarq (2017).

3.1.4. Sistema Inteligente de Transporte

O *Intelligent Transport System (ITS)* é uma tecnologia implantada no *BRT* que permite um maior aproveitamento da via, enquanto fornece um aumento no conforto do usuário.

Com capacidade de captar informações em tempo real da situação da via e transmiti-las aos usuários, é possível criar uma confiabilidade no serviço, buscando a pontualidade e cumprimento dos tempos apresentados.

Além disso, ao se tratar do sistema de trânsito, possui a função de se adaptar de acordo com a situação. No caso interno, se as estações receberem mais usuários do que o previsto, o sistema se modifica para aumentar a frequência dos veículos no local, buscando atender todos sem causar problemas pela desigualdade entre oferta e demanda. Já se tratando das vias, existe uma modificação nos tempos dos semáforos, de forma que o *BRT* seja priorizado nas interseções (GERALDES, 2017).

Possui uma variedade de câmeras espalhadas nas estações, nos veículos e nas vias, as quais são monitoradas em um centro de controle operacional, aumentando a segurança do usuário e identificando problemas mais rapidamente (WRI BRASIL, 2014).

3.1.5. Vantagens frente aos outros meios de transporte

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 feita 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 dos mesmo;
- as vias que circulam são fechadas, não ocorrendo invasões indevidas por outros meios de transporte, assim como ocorre nas faixas de ônibus convencionais que dividem espaço com os táxis, veículos individuais que as utilizam para sair dos congestionamentos, ou motos, fazendo com a 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).

O quadro 1 abaixo foi retirada do site do BRT Brasil, e compara os custos desde o projeto básico até o executivo do sistema metroviário, do veículo lento sobre trilhos (VLT) e do *BRT*, mostrando que o mesmo é vantajoso desde o início.

Quadro 1 – Comparação de custo entre os meios de transporte coletivos.

ETAPAS	METRÔ		VLT		BRT		ÔNIBUS COMUM	
	Prazo (anos)	Custo (R\$ milhões)						
Projeto básico	1	4,5	1	1,5	0,5	0,3	-	-
Financiamento	2	0,5	2	0,5	0,5	0,2	-	-
Projeto executivo	1	5,0	1	2,0	0,5	0,5	-	-

Fonte: Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano (2016).

3.1.6. Implantação do sistema *BRT* em outros centros urbanos

Presente atualmente em 205 cidades, o sistema *BRT* está sendo muito usado como opção frente aos congestionamentos por conta da sua boa relação custo/benefício (GLOBAL BRT DATA, 2017).

Em Bogotá, por exemplo, o TransMilenio foi escolhido para substituir o transporte coletivo até então realizado por microônibus. Com a sua implantação, se tornou o sistema com maior demanda e capacidade do mundo, podendo transportar até 45000 passageiros por hora, mesmo nos horários de pico, em seus aproximadamente 1800 veículos (GERALDES, 2017).

Além de ter melhorado as condições de mobilidade urbana na cidade, resultou em uma redução de acidentes a uma taxa de 90% e emissão de poluentes cinco vezes menor do que antes.

A figura 4 a seguir mostra um veículo articulado em uma estação, onde é possível ver a existência de uma faixa de ultrapassagem, de modo que a parada para embarque não prejudique a circulação dos outros.

Figura 4 - TransMilenio



Fonte: Wikimedia (2017).

Na cidade do Rio de Janeiro, o *BRT* foi implantando em três corredores: o Transsoeste, com 60 quilômetros de pista exclusiva, seguido do Transcarioca, inaugurado às vésperas da Copa do Mundo no Brasil em 2014, com 39 quilômetros de extensão, e por fim, o Transolímpica, em 2016 para atender o público das Olimpíadas no Rio, com 26 quilômetros de pista (BRT RIO, 2016).

4. ESTUDO DE CASO

Atualmente, todas as mudanças desejadas relacionadas a infraestrutura local, só são permitidas com um estudo prévio dos possíveis impactos que serão causados. Isso certifica que todos os problemas sejam identificados e analisados, viabilizando ou não a realização da obra.

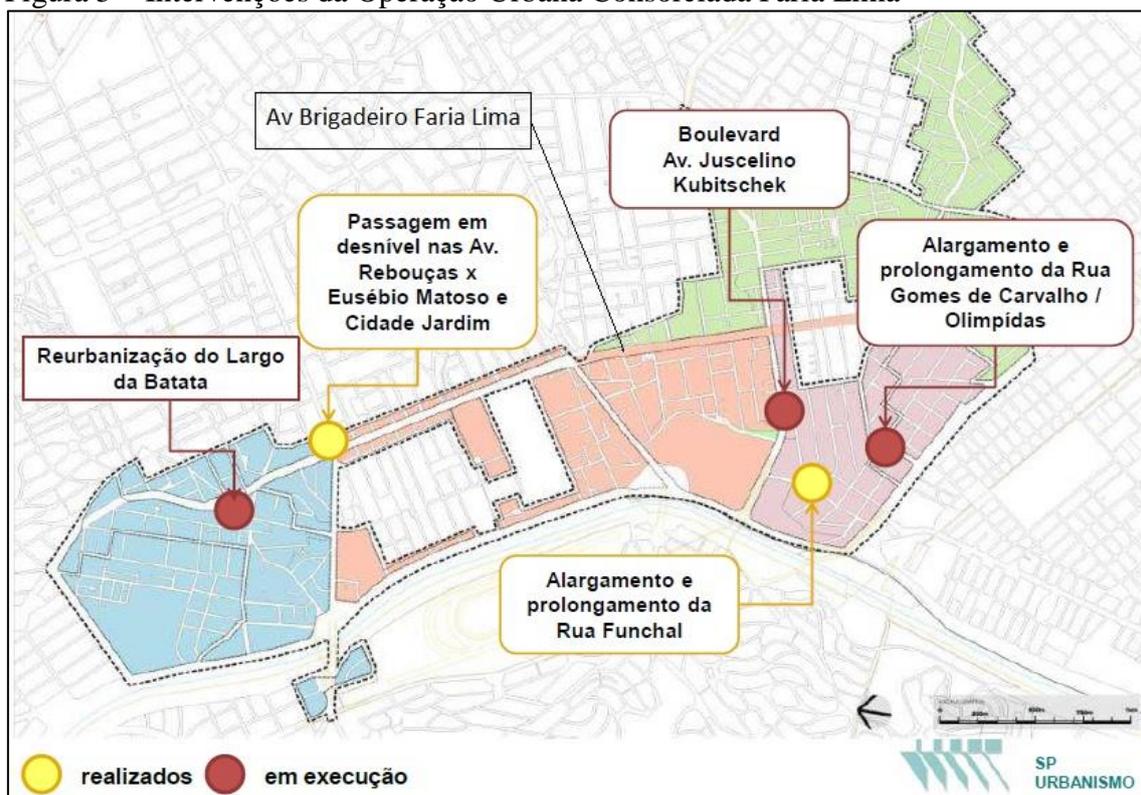
A implantação do *BRT* deve manter o mesmo padrão. Com base nisso, definiu-se como estudo de caso a Avenida Brigadeiro Faria Lima, localizada na região oeste da cidade de São Paulo.

A Operação Urbana Consorciada Faria Lima visou reestruturar os fluxos de tráfego individuais e coletivos através do prolongamento da avenida Brigadeiro Faria Lima, interligando-a com as avenidas Pedroso de Moraes e Hélio Pelegrino, alcançando a República do Líbano, próximo ao Parque do Ibirapuera, e da construção de um terminal multimodal junto com as estações da CPTM e do Metrô na região.

Além disso, com a implantação metroviária da Linha 4- Amarela, a região do Largo da Batata irá ser reurbanizada, para atender as necessidades da estação Faria Lima (SÃO PAULO, 2010).

As intervenções realizadas englobam também o alargamento da avenida Faria Lima, as passagens em desnível das avenidas Cidade Jardim e Rebouças, a implantação das ciclovias e passarela na avenida Juscelino Kubitschek, mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Intervenções da Operação Urbana Consorciada Faria Lima



Fonte: São Paulo (2010).

As alterações na rede viária fizeram com que o cenário imobiliário do local também se adaptasse, surgindo diversos prédios comerciais modernos nos bairros de Pinheiros, Itaim Bibi e Vila Olímpia. Esse conjunto de mudanças na região gerou uma atratividade muito grande, fazendo com que o centro financeiro de São Paulo migrasse da avenida Paulista para a Brigadeiro Faria Lima, onde hoje estão instaladas as principais empresas e bancos do país.

O resultado disso foi um aumento enorme do número de pessoas que precisam realizar suas viagens até a região diariamente.

Como alternativas de sistemas de transporte para alcançar o destino final, existem os trens da Linha 09- Esmeralda da CPTM, que passa pela Marginal Pinheiros e acessa o bairro pela estação Vila Olímpia, os metrô da Linha 4- Amarela, que possui a estação Faria Lima, localizada na própria avenida, as linhas de ônibus que trafegam pela faixa exclusiva existente na via, e os veículos individuais.

A avenida é extensa e a estação do Metrô está no Largo da Batata, lado oposto do bairro Vila Olímpia, o que gera uma necessidade de transferências para os ônibus.

Mesmo com um ponto de ônibus localizado na saída da estação Faria Lima, a quantidade de veículos que percorrem toda a avenida é pequena, e a frequência durante os

horários de pico é baixa. Isso gera uma superlotação dos ônibus que seguem para o bairro durante o pico da manhã, e oposta no pico da tarde.

Quando o veículo está em estado de superlotação, os usuários viajam de maneira desconfortável e sem segurança, já que a maioria está em pé, além dos atrasos gerados por aqueles que acabam segurando as portas caso não consigam embarcar ou desembarcar no ponto desejado ou pela velocidade comprometida causada pelos automóveis que cruzam a faixa exclusiva para acessarem as vias laterais. Esses fatores afetam a confiabilidade dos indivíduos, fazendo com que aumente a preferência daqueles que possuem como alternativa, o meio individual.

Baseado nisso, é nítida a necessidade de implantação de uma interligação entre a estação Faria Lima com toda a extensão da avenida, que seja mais eficiente e segura, ganhando a confiabilidade do usuário.

O meio coletivo só poderá ser vantajoso quando existirem interligações entre os sistemas existentes, permitindo que o alcance seja grande. Com isso, o sistema *BRT* poderia ser utilizado como um sistema de apoio para as redes existentes na Avenida Brigadeiro Faria Lima.

Para confirmar a sua eficiência, é necessário realizar simulações da rede atual e da futura, visando analisar os impactos causados pelo novo sistema *BRT* implantado no local. Assim, esse trabalho busca verificar se a sua implantação seria vantajosa ou não, analisando a atração dos usuários ao meio.

4.1. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de caso foi desenvolvido no software de macro simulação Visum, fornecido pela empresa alemã PTV Group ao Autor para essa pesquisa.

Inicialmente foram inseridos dados sobre a demanda que foi estudada, os sistemas de transportes que circulam em toda a cidade de São Paulo, seguido das velocidades das vias retirados da CET, das linhas de transporte coletivo e das viagens dos usuários baseado na Pesquisa Origem Destino do METRÔ, realizada a cada 10 anos

Com isso, diversas simulações foram executadas, até que se alcançasse a calibração do modelo, ou seja, até que a distribuição das viagens pela cidade estivesse de acordo com a realidade.

A partir disso, foi possível inserir o sistema *BRT* no cenário, e estudar os seus impactos através dos resultados retirados pela simulação.

4.1.1. *Software* Visum

O Visum é um *software* de macro simulação desenvolvido pela empresa alemã PTV Group.

É utilizado para modelar redes de tráfego e suas demandas de viagens, analisar fluxos de veículos, planejar a implantação de sistemas de transporte coletivos, além de buscar soluções para problemas já existentes. Isso é feito em cenários criados sobre imagens georreferenciadas, garantindo a confiabilidade das simulações.

Além disso, ele possui mecanismos para calcular tarifas para os meios de transportes coletivos, gastos em meios individuais e analisa a emissão de gases poluentes por ambos os meios.

4.1.2. Dados

Para o desenvolvimento da simulação, foram utilizados dados referentes às viagens realizadas por toda a região metropolitana de São Paulo, os quais foram retirados da Pesquisa Origem Destino do METRÔ, de 2007 (COMPANHIA DO METROPOLITANO, 2007).

Com eles, foi elaborada uma matriz com as informações dos sistemas coletivos utilizados, e as zonas de origem e destino das viagens coletadas.

Além disso, foram utilizados dados de velocidade das vias simuladas.

4.2. GERAÇÃO DO CENÁRIO DA CIDADE DE SÃO PAULO

O software Visum é utilizado para estudar os efeitos causados por mudanças desejadas na rede viária. Isso é feito através de simulações sobre os cenários desenvolvidos e as condições impostas, como por exemplo a velocidade média de circulação da via.

Antes de iniciar o desenvolvimento do cenário, é necessário definir os três parâmetros base do software, que serão usados para direcionar a representação gráfica e as simulações futuras. São eles: Transport Systems (TSys), Modes e Demand Segments (DSeg).

Os TSys são todos os sistemas de transporte que se deseja ter circulando na rede, tais como automóvel, ônibus, pedestre, bicicleta, entre outros.

Os sistemas com as mesmas características de deslocamento pela rede, seja individual, coletivo ou a pé, são agrupados em meios de transporte ou “Modes”.

O Mode “a pé” é diferente do Transport System “AcessoPe”, pois o primeiro indica que toda a viagem é realizada a pé, enquanto que o segundo possui função de acessar os diferentes sistemas.

Os DSegs são os segmentos de demanda, ou seja, associam os diferentes sistemas de transporte dentro dos seus respectivos meios.

Para desenvolver o cenário da região Metropolitana de São Paulo, foram definidos dois segmentos de demanda, 1COL e 2AUTO, representando os usuários dos meios coletivo e individual, respectivamente. Para finalizar, os sistemas de transporte coletivos definidos foram o ferroviário, metroviário, ônibus e o acesso a pé, enquanto que para o individual, somente o automóvel, como está ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Parâmetros iniciais dos usuários.

<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

Fonte: autoria própria (2017).

O cenário é composto por um conjunto de elementos com suas funções. Esses devem estar completamente interligados para que durante a simulação, a distribuição das viagens inseridas seja possível, mostrando as melhores opções de caminhos ou o comportamento provável dos usuários com a nova mudança.

Com o auxílio da imagem de satélite retirada do *Google Maps*, a reprodução de toda a rede viária se torna compatível com a real, já que consegue ser desenhada sobre a mesma.

Os elementos básicos que formam o cenário são: zonas, links, nós e conectores. Além deles, existem outros que podem ser inseridos em função das características e necessidades da simulação.

4.2.1. Zonas

As zonas são regiões delimitadas, que podem representar um bairro ou um conjunto de bairros, ou até mesmo uma área qualquer de estudo definida. Elas conseguem separar as regiões residenciais, comerciais, mistas ou industriais dentro de uma cidade.

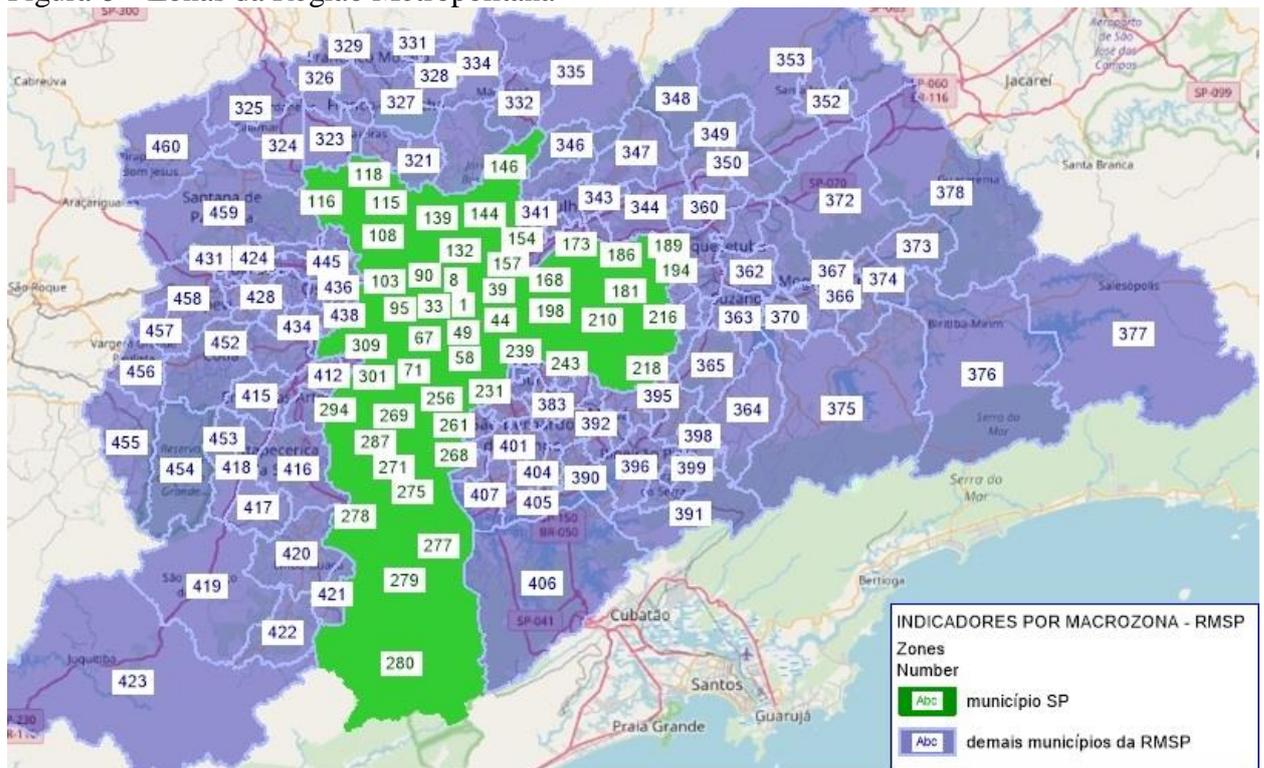
A principal função de uma zona é de direcionar as viagens realizadas, pois existe um local de origem, ou seja, início do deslocamento do usuário, e o local de destino,

ponto final da viagem. Por isso, todos os cenários possuem como início a identificação das zonas de interesse para o estudo.

A região Metropolitana de São Paulo é representada por 460 zonas, sendo que somente a capital possui 320. São consideradas macro zonas, pois não são todos os bairros, e sim um conjunto de bairros aglomerados, formando uma zona. Cada uma foi codificada com o seu número, facilitando a sua identificação.

Na Figura 6, é possível observar em azul as zonas correspondentes à região Metropolitana de São Paulo, e em verde, a capital.

Figura 6 – Zonas da Região Metropolitana



Fonte: autoria própria (2017).

4.2.2. Links

Os *links* são apresentados graficamente por linhas, que formam a rede viária. É sobre eles que o sistema irá distribuir os usuários com base nos dados de viagem, e buscar os melhores caminhos.

Cada *link* poderá atender a um ou mais meios de transporte, seja o individual, o coletivo ou os dois. Os meios são formados pelos sistemas de transporte, como por exemplo, o automóvel faz parte do individual enquanto que o metrô e os ônibus formam o coletivo.

Nesse cenário, o meio individual foi dividido em dois sistemas que representam as principais ruas e avenidas de toda a região Metropolitana. Eles se diferem na

sua classificação, pois o sistema viário está representando as vias arteriais e coletoras, ou seja, possuem velocidade máxima entre 40 e 60 km/h, com intervenções semaforicas e acessos em nível.

As Marginais Tietê e Pinheiros, junto com a avenida 23 de Maio, foram classificadas como vias expressas, pois não possuem interferências semaforicas e suas velocidades máximas vão de 60 a 90 km/h.

Entretanto, como as velocidades máximas permitidas da via não são as que ocorrem nos horários de pico, foram estabelecidas para esse estudo, velocidades médias de 20 km/h para o viário e de 50km/h para as expressas.

Já o meio coletivo está composto pelo sistema metroviário, ferroviário e o acesso ao pedestre. Para o metrô, a velocidade média estabelecida foi de 30 km/h, enquanto que para o trem, 20 km/h. O sistema “acesso ao pedestre” existe para que a transferência entre os sistemas seja feita, pois o acesso do usuário à uma estação de metrô ou de trem é feito a pé.

Esse acesso não precisa ser feito exclusivamente a pé, podendo ser de bicicleta ou automóveis que estacionam os veículos nas estações e continuam sua viagem pelo meio coletivo, táxis que deixam passageiros nas estações, ou qualquer meio que forneça ao usuário o acesso aos sistemas coletivos.

O Diagrama 1 mostra os *link types* criados com base nos sistemas de transporte com circulação permitida em cada um.

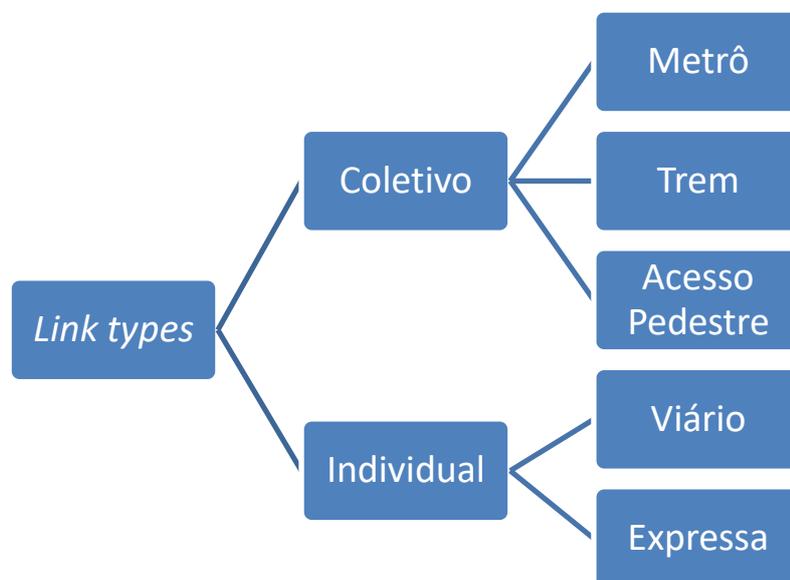
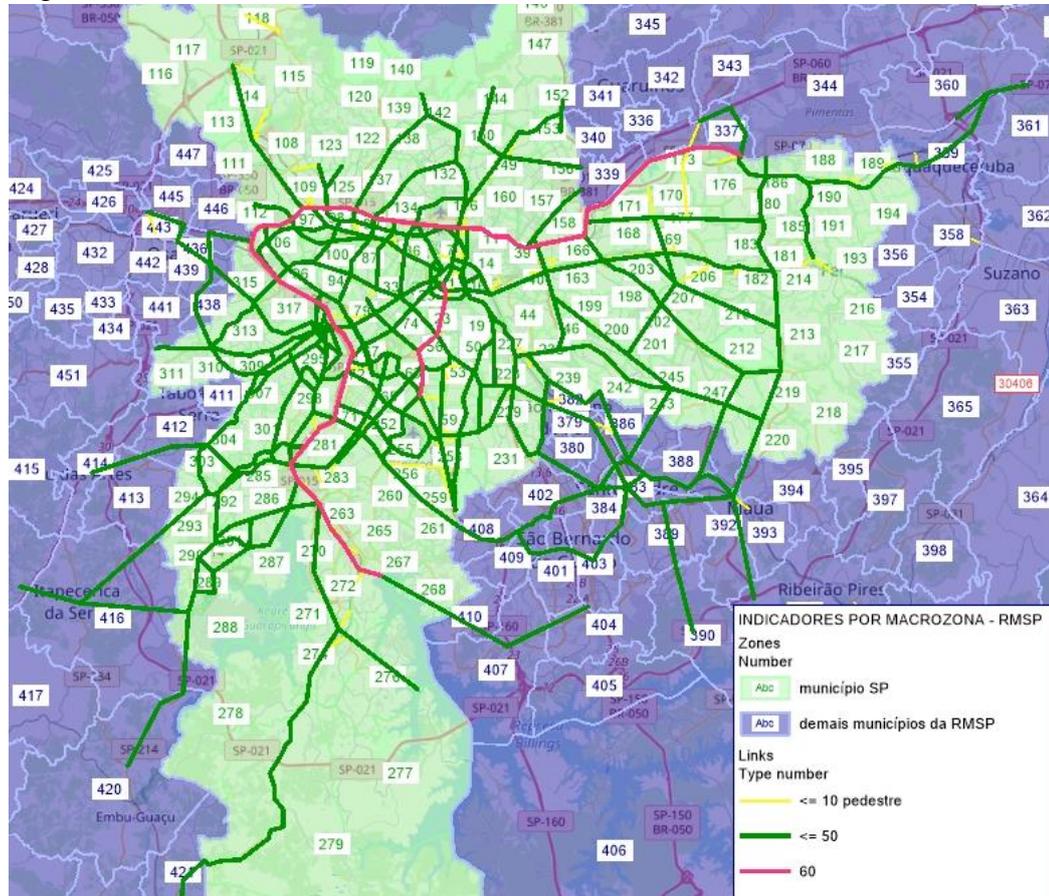


Diagrama 1 – *Link types*
Fonte: autoria própria (2017).

Os *links* do meio individual estão representando as principais vias, e a rede que foi gerada está representada na Figura 7, onde as linhas verdes são link types “viário” e as rosas, “expressa”.

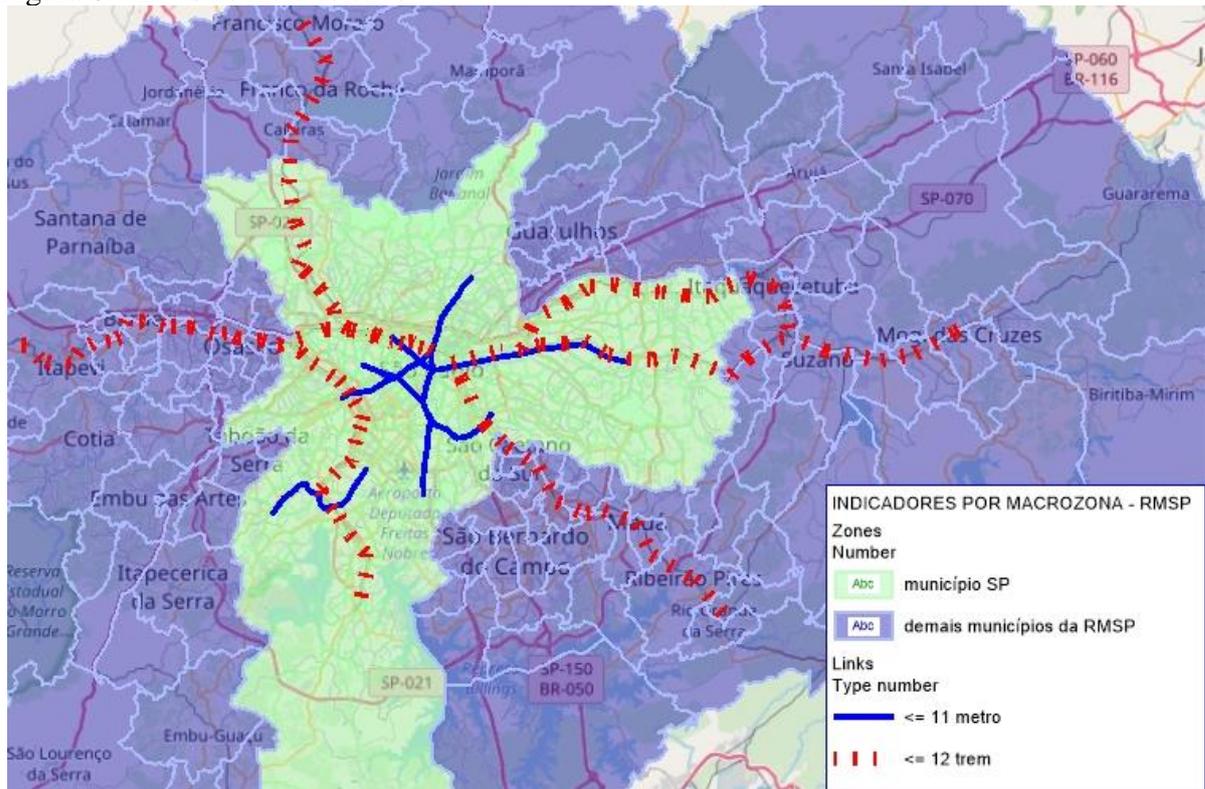
Figura 7 – *Links* do meio individual



Fonte: autoria própria (2017).

Já os *links* do meio coletivo podem ser vistos na Figura 8, onde os trilhos do metrô estão representados pelas linhas azuis e os do trem, pelas linhas vermelhas pontilhadas. As linhas amarelas mostram os *links* de acesso ao pedestre, interligando os diferentes modais.

Figura 8 – Links do meio coletivo



Fonte: autoria própria (2017).

4.2.3. Nós

Os nós ou *nodes*, como são nomeados pelo *software*, são representados por pontos que realizam as ligações entre os *links*. No meio individual, em um cruzamento de vias, para que o sistema identifique que existe a possibilidade de acesso para a via lateral, é necessário inserir um nó. Caso contrário, o Visum entende que os cruzamentos estão em níveis diferentes, não existindo acessos entre as vias. Na Figura 9 é possível ver o cruzamento entre a avenida Brasil e a 9 de Julho, juntas por um nó para liberar o acesso entre elas. Outra função do nó é dividir um *link* principal para ligá-lo a novos *links* que chegam nessa via.

Figura 9 –Nó em um cruzamento de avenidas



Fonte: autoria própria (2017).

Já para o meio coletivo, os nós são necessários para que as estações possam ser representadas.

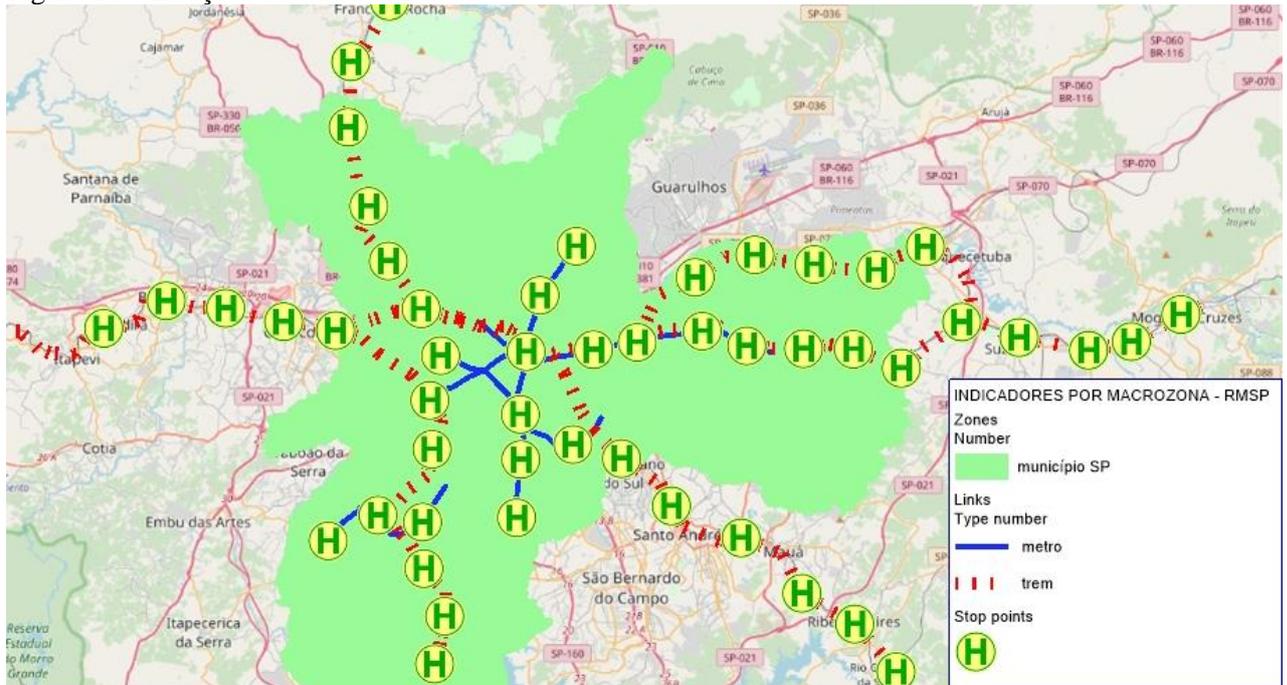
4.2.3.1. Estações

Os links dos sistemas coletivos só serão diferenciados dos individuais quando forem inseridas características particulares a eles. A principal delas são as linhas.

As linhas mostram os trajetos que aqueles determinados veículos irão percorrer, assim como os pontos em que irão parar para embarcar ou desembarcar os passageiros. Para que elas sejam criadas, é necessário determinar esses pontos de parada, no caso do sistema metroviário e ferroviário, são as estações.

O *software* chama as estações de “*Stop Points*”, e só podem ser criados se estiverem associados aos nós. Por conta disso, a função dos nós nos *links* coletivos é fundamental.

Após posicionar os *link types* coletivos no cenário, insere-se um nó no local de cada estação, e o transforma em um *Stop Point*. Assim é possível criar as linhas de ida e volta dos metrô e trens, assim como está mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Estações dos *links* coletivos

Fonte: autoria própria (2017).

A partir das linhas, é possível inserir outras características, como o tempo de frequência do sistema, ou seja, o intervalo entre a passagem dos veículos pelas estações, além da tabela de horários de circulação, na qual estão representados os horários de início e fim da circulação do sistema, a qual associada às informações de frequência, permite que o *software* estime todos os horários em que os veículos irão passar por cada estação durante todo o seu período de funcionamento. No Quadro 3 é possível ver todas as linhas de metrô e trem da cidade de São Paulo, que foram criadas no estudo.

Quadro 3 – Linhas de trem e metrô de São Paulo.

Name	In selection
CPTM 07	<input checked="" type="checkbox"/>
CPTM 08	<input checked="" type="checkbox"/>
CPTM 09	<input checked="" type="checkbox"/>
CPTM 10	<input checked="" type="checkbox"/>
CPTM 11	<input checked="" type="checkbox"/>
CPTM 12	<input checked="" type="checkbox"/>
EMTU 300	<input checked="" type="checkbox"/>
EMTU 400	<input checked="" type="checkbox"/>
linha 1- azul	<input checked="" type="checkbox"/>
Linha 2- vermelha	<input checked="" type="checkbox"/>
Linha 3- verde	<input checked="" type="checkbox"/>
LINHA 4 - AMARELA	<input checked="" type="checkbox"/>
LINHA 5 - LILAS	<input checked="" type="checkbox"/>

Only active ones 0 (16)

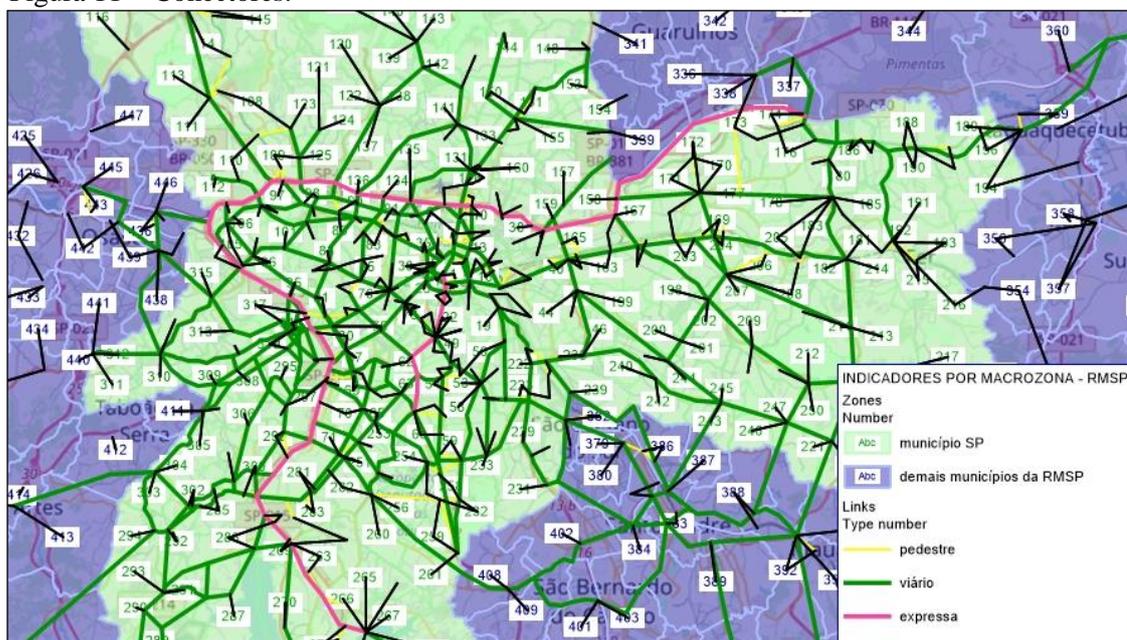
Initialize
Zoom
Timetable

Fonte: autoria própria (2017).

4.2.4. Conectores

Os conectores também são representados graficamente por linhas, porém diferenciam-se dos *links* na sua função. Eles são os responsáveis por alocar os dados da matriz Origem Destino na rede criada, ou seja, é através deles que as viagens são distribuídas pelos *links*. Na Figura 11, estão representados na cor preta.

Figura 11 – Conectores.



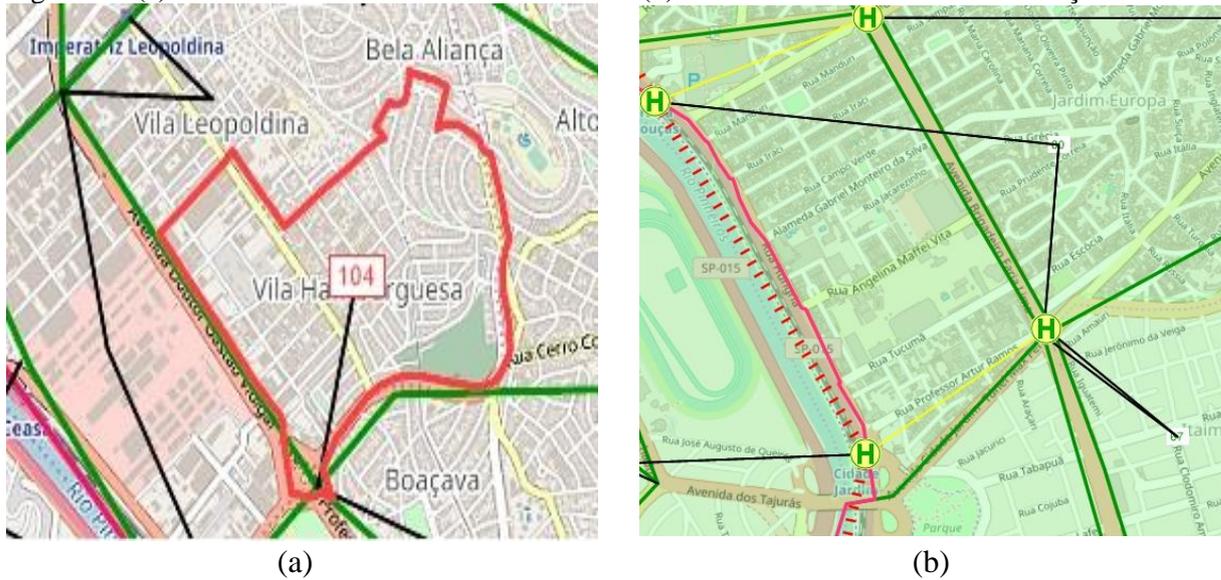
Fonte: autoria própria (2017).

Cada zona deve estar interligada com a rede de transporte coletivo e individual por no mínimo um conector para cada, caso contrário a simulação não será concluída, pois as viagens com origem ou destino nessa determinada zona não possuem acesso a nenhum sistema de transporte. Quanto mais conectores existirem, mais alternativas de caminhos serão simuladas e melhor será a distribuição no cenário.

No caso dos links coletivos, o acesso dos usuários só é permitido através das estações, diferente dos links individuais, onde o usuário poderá acessá-los em qualquer lugar. Assim, os conectores das viagens coletivas deverão ligar as zonas com as estações próximas.

Na Figura 12 a e b é possível ver o conector ligando a zona na via e nas estações, respectivamente.

Figura 12. (a) – Conector entre a zona e o *link* viário. (b) – Conector entre a zona e as estações



Fonte: autoria própria (2017).

4.2.5. Dados

De maneira geral, o sistema possui uma sequência de transferência de dados, desde a sua inserção até a distribuição pela rede viária, apresentada no Diagrama 2.

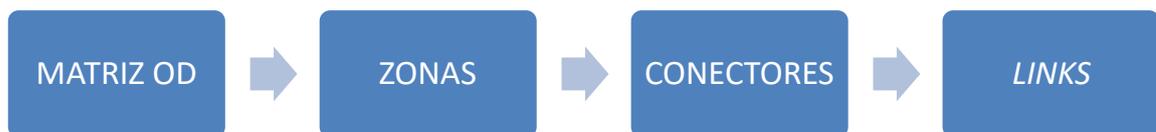


Diagrama 2 – Sequência de transferência de dados.

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.

O METRÔ realiza a Pesquisa Origem Destino a cada dez anos na região Metropolitana de São Paulo (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2007). Eles utilizam uma quantidade amostral de famílias residentes em diferentes zonas para, por meio da aplicação de parâmetros de majoração, representarem um equivalente a todas as viagens realizadas dentro dessa região, além do sistema de transporte utilizado.

Essa pesquisa divide toda a região Metropolitana em 460 zonas, sendo que somente a capital está representada em 320 zonas. Por conta disso, as zonas desse cenário foram feitas com a mesma divisão, pois caso contrário, a matriz utilizada deveria ser adaptada para o novo número de zonas estabelecidos.

A última Pesquisa OD disponível é a de 2007, já que a de 2017 ainda não foi concluída. Mesmo sendo desatualizada, ao comparar os dados de viagens apresentados na matriz de 1997 com a de 2007, é possível notar o início da atratividade populacional para a região da avenida Brigadeiro Faria Lima, então a sua utilização não prejudica esse estudo.

Assim, foi utilizada a matriz de 2007 contendo todas as viagens realizadas entre as 460 zonas da região Metropolitana de São Paulo, feitas pelos meios de transporte coletivos e individuais. Essas foram inseridas no item “*Matrizes*” do software, e associadas aos seus respectivos meios de transporte.

O *software* irá ler todos os deslocamentos que constam nas matrizes para representá-los no cenário por um método de cálculo chamado “*Procedure Sequence*”, o qual é definido de acordo com a necessidade do estudo.

O foco desse trabalho é analisar os deslocamentos realizados por diferentes meios de transporte. Para isso, foram estabelecidos três processos de rodagem, mostrados na Figura 13.

Figura 13 – *Procedure Sequence*.

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

Fonte: autoria própria (2017).

O primeiro processo estabelecido foi o “*Init assignment*”. Ele irá retirar todas as simulações já realizadas, e apresentará como resultado, o cenário da maneira com que foi desenvolvido inicialmente. É uma etapa importante para garantir que todas as simulações posteriores não sofrerão possíveis interferências pelas realizadas anteriormente.

Em seguida, o software irá calcular o segundo processo, o “*PrT assignment*”. *PrT* é a sigla utilizada pelo *software* para *Private Transportation*, ou seja, ele irá ler a matriz inserida para o meio de transporte privado ou individual, e representar suas viagens sobre cenário inicial. Esse utiliza como variável o “*Stochastic assignment*”, ou seja, os veículos

individuais serão representados nas vias que permitem o seu acesso., porém ao ficarem sobrecarregadas, o software automaticamente irá realocá-los em outro caminho.

A simulação termina com o terceiro processo, “*PuT assignment*”. Semelhante a anterior, a sigla *PuT* representa *Public Transportation*, e irá realizar a mesma leitura do segundo processo, porém representando as viagens realizadas pelos meios de transporte coletivos. Esse tem como variante, o “*Headway*”, que é o intervalo de tempo de circulação dos veículos coletivos. Esse intervalo é estabelecido junto com a definição das rotas, ou seja, de quanto em quanto tempo o veículo de uma determinada rota irá passar pelas estações.

Para que a simulação seja realizada, as matrizes inseridas anteriormente precisam ser associadas aos seus respectivos processos de cálculo. Isso pode ser visto na coluna “*Reference Object*” da Figura 13, onde cada processo possui uma matriz específica para realizar a leitura.

Após rodado, o *software* demonstra os resultados por meio de barras sobre os *links* do cenário. Essas barras representam o volume de viagens que está passando por aquele determinado *link*, variando a sua espessura. Quanto mais viagens forem realizadas por aquele caminho, mais grossas ficaram as barras, assim como as vias que não possuem tanta preferência estarão com barras mais finas.

4.3. SIMULAÇÃO INICIAL

Após definir todas as informações necessárias para o estudo e alimentar o *software* com os devidos dados, é possível dar início nas simulações com o objetivo de calibrar o modelo, ou seja, verificar se a maneira com que as viagens estão sendo distribuídas pela rede está equivalente à situação real.

A primeira simulação desenvolvida foi com relação ao meio de transporte individual, a qual teve a matriz de viagens realizadas por automóveis como referência.

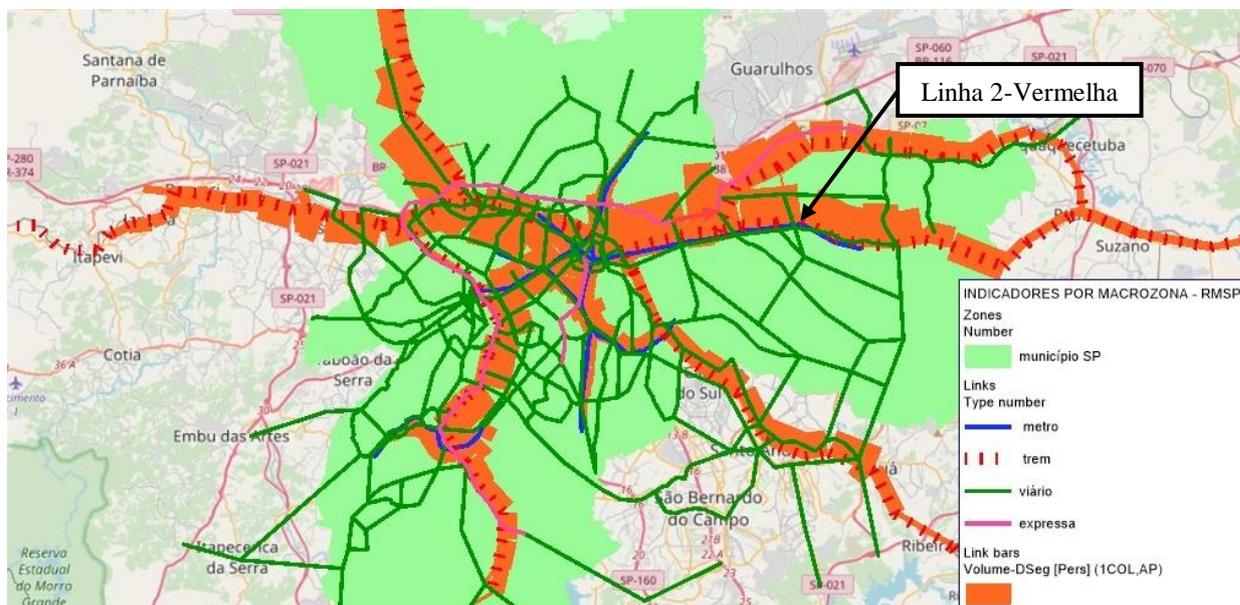
A calibração se foi verificada por meio de comparações entre os valores apresentados pelo *software* para determinadas vias, e os valores existentes na Pesquisa de Monitoração da Mobilidade, realizada pela CET anualmente, para computar informações sobre o volume de veículos e os tipos que trafegam nas principais vias de São Paulo.

Durante a simulação, o *software* determina os trajetos para realizar as viagens existentes na matriz, buscando sempre os caminhos com menor tempo, os quais não são necessariamente os mais carregados na realidade. Como exemplo podemos citar uma via com

Assim, para atingir a calibração do cenário individual, seria necessário inserir informações muito detalhadas e específicas para cada *link* da rede, as quais demandariam uma medição em campo, como o desenvolvimento de uma curva de velocidades para cada uma das principais vias da cidade de São Paulo, onde existiria toda a oscilação de valores encontrados ao longo do dia, e as capacidades de cada *link*. No entanto, como esse trabalho visa estudar o meio de transporte coletivo, a calibração do meio de transporte individual não foi desenvolvida.

A segunda simulação foi feita com base na matriz de viagens pelos meios de transporte coletivos, resultando no carregamento com barras laranjas sobre os *links* que representam os sistemas de transporte coletivos, trens e metrô, assim como é possível ver na Figura 15.

Figura 15 – Carregamento *links* coletivos.

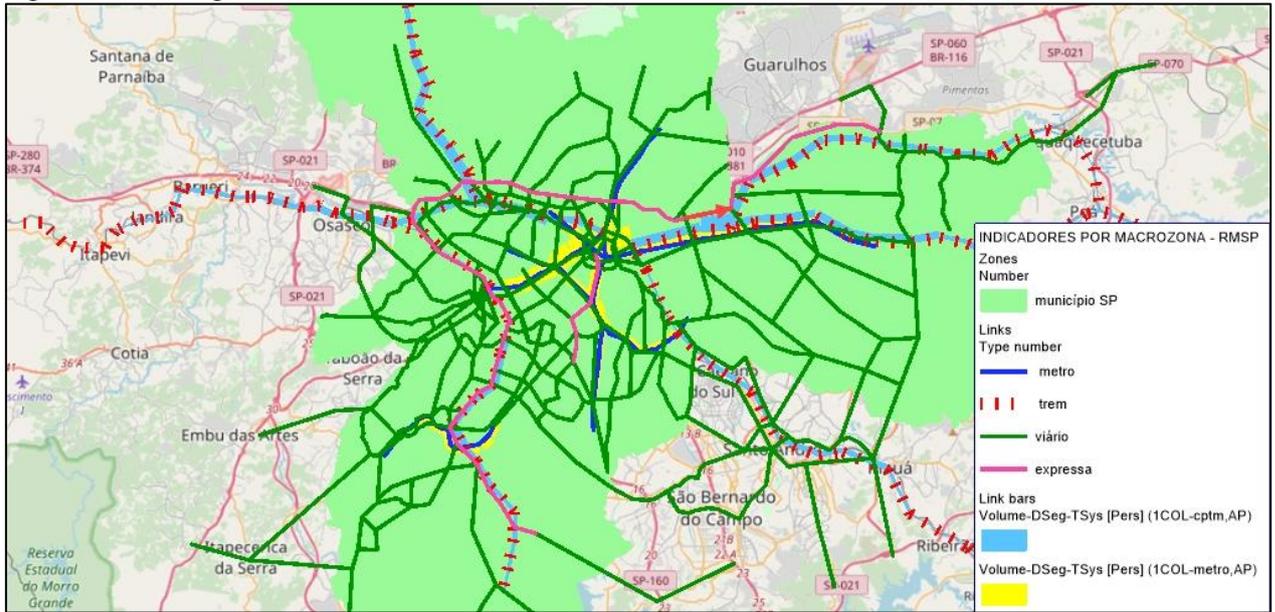


Fonte: autoria própria (2017).

As barras mais grossas representam os *links* com volumes maiores de usuários. Observando o resultado da simulação, é possível verificar que todas as linhas de trem e a linha-2 Vermelha do metrô, a qual cruza a cidade na direção Leste-Oeste, são as mais carregadas, ou seja, as que estão recebendo o maior número de viagens. Essa situação ocorre no dia a dia, portanto a simulação está coerente com a realidade.

Para confirmar a anterior, foram feitas novas simulações para cada sistema de transporte individualmente, carregando as linhas de trens e metrô, e não o sistema coletivo como um todo. A Figura 16 mostra o resultado dessa simulação, sendo as barras azuis claras o carregamento dos trens da CPTM, e as amarelas, o carregamento das linhas dos metrô.

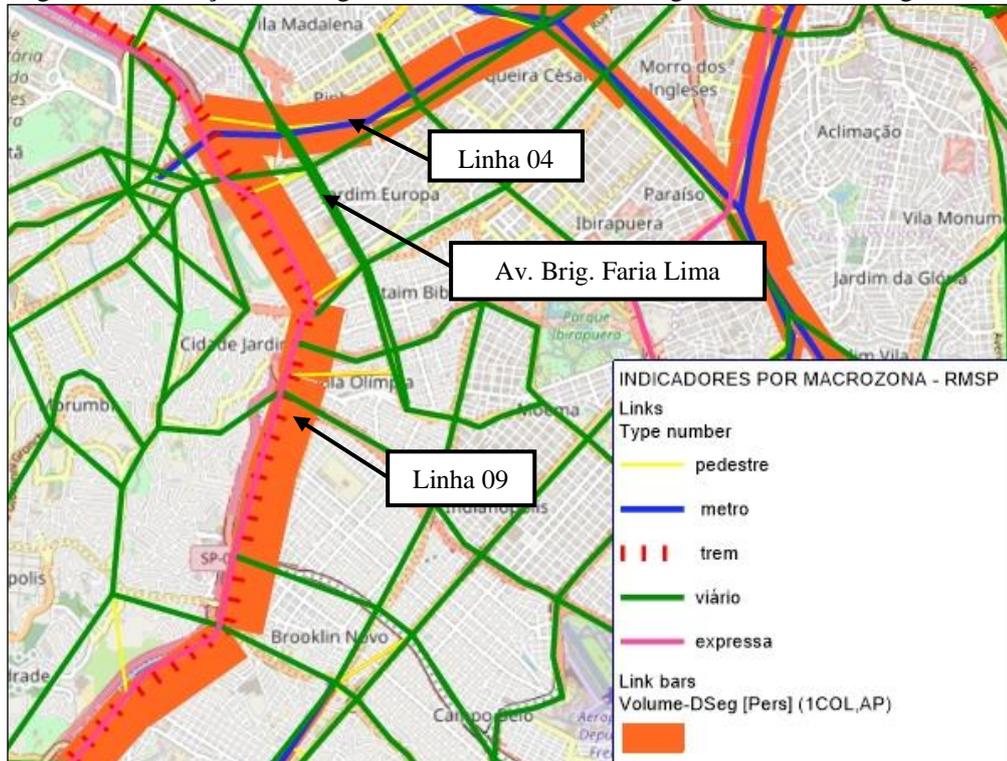
Figura 16 – Carregamento das linhas de trens e metrô.



Fonte: autoria própria (2017).

Verificada a coerência da distribuição das viagens por meios coletivos no cenário, pode-se fazer uma análise mais detalhada na região da avenida Brigadeiro Faria Lima, como está apresentado na Figura 17.

Figura 17-Alocação das viagens do modo coletivo na região da avenida Brig. Faria Lima



Fonte: autoria própria (2017).

Analisando a simulação do meio de transporte coletivo na região da avenida Faria Lima, é possível ver pelas espessuras grossas das barras de volume apresentadas na cor laranja, que existe uma demanda significativa tanto na linha 09-Esmeralda do trem, como na linha 4-Amarela do metrô.

Nessa avenida existe a circulação de diversas linhas de ônibus. Entretanto, a faixa exclusiva está implantada a direita da via, tendo que ser dividida com outros veículos individuais que acessam as ruas laterais ou os estacionamentos, ou mesmo com táxis que são autorizados a circular na via, parando para realizar o embarque e desembarque de passageiros.

Isso acaba prejudicando o fluxo livre dos ônibus, os quais precisam sair da sua faixa para circular nas outras vias, causando uma redução na velocidade e, conseqüentemente, aumentando o tempo de viagem.

Além disso, as linhas de ônibus que percorrem a avenida por inteiro, ligando a estação de metrô Faria Lima até o bairro comercial Vila Olímpia, são poucas, e nos horários de pico acabam sofrendo com superlotações dentro dos veículos, comprometendo com a segurança e conforto do usuário, assim como causando atrasos nos pontos de embarque e desembarque.

A análise do sistema de circulação ônibus demanda dados de embarque e desembarque de todas as linhas, em todos os pontos de parada da rota. Entretanto, a representação desse meio no cenário não foi realizada, pois considera-se que os usuários dessas linhas de ônibus irão migrar para o *BRT*, novo meio de transporte implantado na via, substituindo a atual faixa exclusiva de ônibus, já que irá percorrer o mesmo caminho ao longo da avenida e com velocidade maior.

4.4 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA *BRT* NO CENÁRIO.

A implantação do sistema *BRT* na avenida Brigadeiro Faria Lima necessita de espaço para as suas faixas. Assim, adotaram-se algumas mudanças nos elementos existentes na via.

Em alguns pontos da avenida, cada sentido é composto por três faixas de veículos, e outros por quatro, além da faixa da direita, a qual é sempre utilizada como faixa de circulação exclusiva de ônibus.

Como um dos diferenciais do *BRT* é a existência de estações fechadas para realizar o embarque e desembarque de passageiros, o ideal seria que as faixas fossem implantadas em locais próximos, permitindo que os dois sentidos ficassem interligados.

Baseado nisso, foram adotadas duas faixas para cada sentido do sistema, sendo uma para a circulação em condições normais de funcionamento, e outra para apoio, caso ocorra algum problema com o veículo que está em operação na via, evitando assim que ocorra uma interrupção no percurso, comprometendo o tempo de viagem dos usuários. Essas faixas devem ser separadas das outras vias com barreiras de concreto estreitas, apenas para evitar que outros veículos acessem as vias, como ocorre nas faixas exclusivas de ônibus, juntamente com telas, impedindo que as pessoas invadam a via por cima das barreiras.

Essas faixas foram implantadas ao longo do lado esquerdo da via, juntamente com o canteiro central da avenida, no qual foram colocadas as estações. Assim, adotou-se que os retornos existentes pela própria avenida serão fechados, e poderão ser feitos pelas ruas que a cruzam.

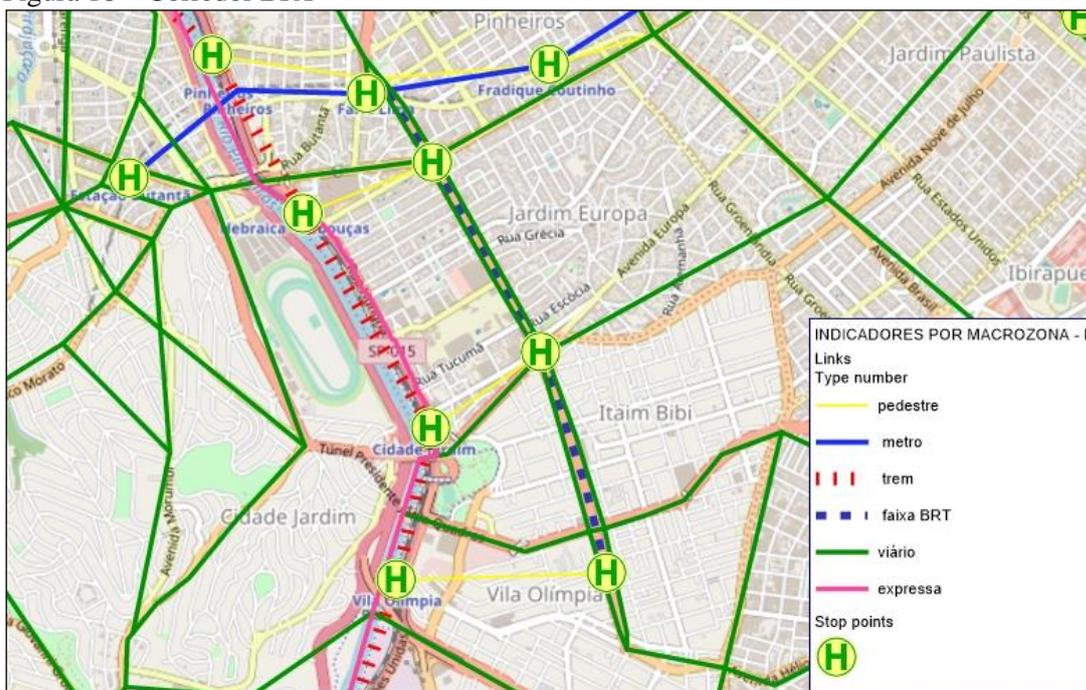
O ideal seria que a faixa de circulação do *BRT* não tivesse nenhum tipo de interferência. No entanto, como está sendo instalado em uma via extensa e com diversos acessos existentes, seria inviável retirar todos os cruzamentos. Para isso, utilizou-se o sistema *ITS* para a programação semafórica, de modo que as faixas do *BRT* estariam sempre sendo beneficiadas frente as vias de cruzamento de veículos, minimizando perdas de tempo com a redução de velocidade e paradas.

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.

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, com velocidade de 30 km/h, 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 18, os *links* tracejados na cor azul escuro representam o corredor *BRT*, interligados pelas quatro estações e seus acessos.

Figura 18 – Corredor BRT



Fonte: autoria própria (2017).

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

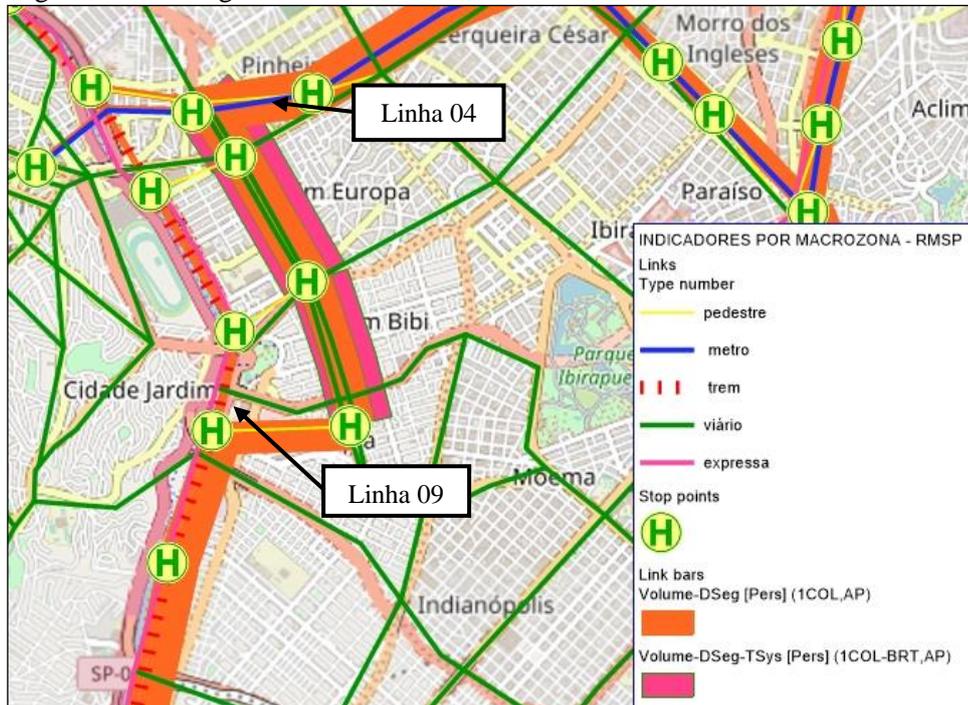
5.1. ANÁLISE

A implantação do sistema *BRT* na avenida Brigadeiro Faria Lima motivou o desenvolvimento de um novo cenário viário, onde as faixas de automóveis foram reduzidas, e as faixas exclusivas de ônibus foram substituídas por duas faixas de circulação do *BRT*, em cada sentido. Além disso, a implantação de pequenas estações no canteiro central, cujo principal objetivo é a eliminação de perdas de tempo causadas por filas no interior dos veículos, assim como existe nos ônibus convencionais na passagem pela catraca, além do acesso mais fácil e rápido feito em nível.

Para verificar o comportamento dos usuários dos meios coletivos da região com o novo sistema implantado, foi realizada a simulação desse cenário, apresentada na Figura 19. Assim como nas simulações anteriores, o *software* representa o volume dos usuários em cada meio de transporte com barras sobre as suas respectivas vias, e nesse caso, o carregamento de todo o meio coletivo está representado pela cor laranja e, somente o

carregamento do *BRT* está na cor rosa. Essa separação ocorre para que seja possível verificar se o novo meio está sendo carregado, ou seja, se existe demanda de usuários.

Figura 19 – Carregamentos do meio coletivo e da linha do *BRT*.



Fonte: autoria própria (2017).

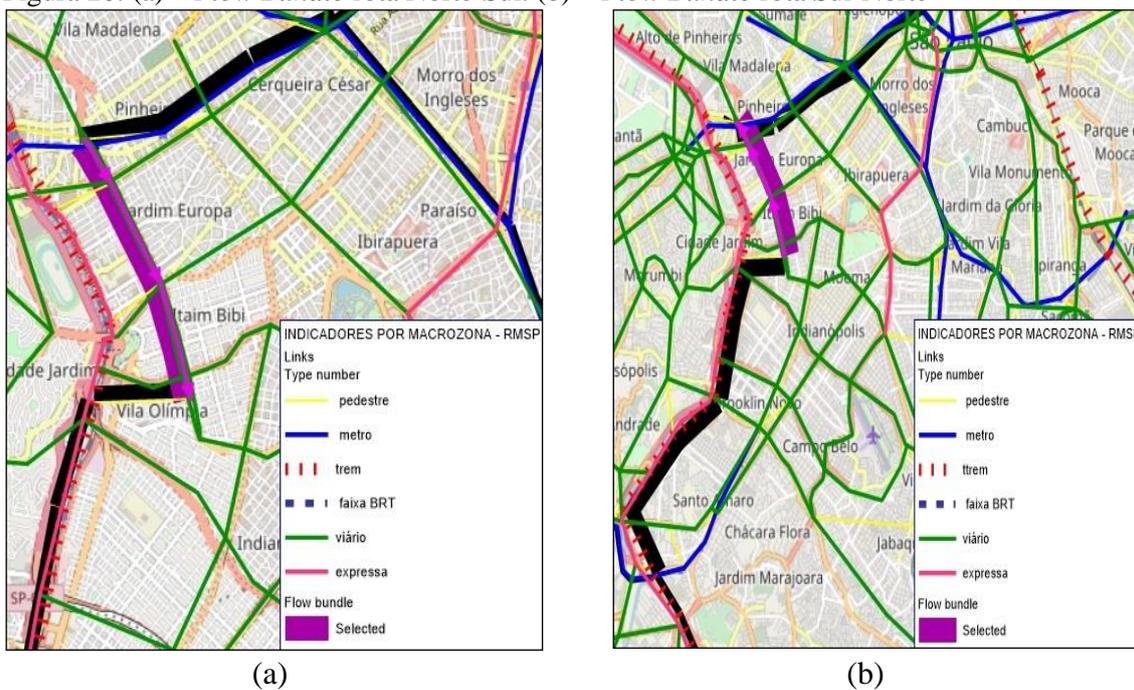
Analisando a simulação, é possível ver através da espessura da barra cor de rosa, que ocorreu uma atratividade dos usuários, carregando a linha nos dois sentidos. Além disso, ao verificar a espessura das barras laranjas, é possível perceber que os usuários da linha 09-Esmeralda do trem, que seguem da zona sul da cidade para a região da Faria Lima, migraram para o *BRT* na primeira alternativa de transferência modal, através do link de acesso ao pedestre, que interliga as estações. Assim como, na outra extremidade do sistema, os usuários da linha 04-Amarela do metrô optaram pelo *BRT* para realizar os seus deslocamentos ao longo da avenida, frente à linha de trem 09-Esmeralda, na marginal Pinheiros, como foi mostrado na Figura 17, do cenário inicial.

5.1.1. Análise da migração modal

A distribuição apresentada através da simulação das viagens do meio de transporte coletivo mostra que o novo sistema de transporte implantado na via poderia sim atrair usuários dos outros meios existentes na região. Para reforçar esse resultado, o *software*

possui uma ferramenta chamada *Flow Bundle*, a qual realiza o processo de cálculo da mesma maneira que as simulações anteriores, porém como resposta, não irá mostrar a distribuição das viagens nos diversos meios existentes e os seus carregamentos e sim o mapeamento das regiões de interferência do meio. Irá mostrar o caminho percorrido por cada usuário que passou pelo *link* selecionado, e o caminho para onde os usuários seguiram após utilizarem aquele meio. No cenário, foram selecionados os *links* correspondentes a cada um dos sentidos do *BRT*, separadamente, e realizada a simulação. Nas Figuras 20(a) e 20(b) é possível ver através das linhas roxas com setas, quais foram os sentidos de circulação dos *links* selecionados para analisar os usuários. Como resultado, as barras na cor preta representam o trajeto escolhido pelos usuários para chegar até o *BRT*, e para onde seguiram após utilizá-lo.

Figura 20. (a) – *Flow Bundle* rota Norte-Sul. (b) – *Flow Bundle* rota Sul-Norte



Fonte: autoria própria (2017).

Assim como na simulação inicial, o cálculo do *Flow Bundle* também demonstrou que os usuários que optaram pelo sistema *BRT* irão sair da linha 04-Amarela do metrô e da linha 09-Esmeralda do trem. Isso confirma que o novo meio gera uma migração modal, principalmente pela redução de tempo alcançada com o aumento da velocidade de circulação, o que só é possível com as faixas exclusivas e fechadas aos outros veículos.

As duas simulações anteriores apresentaram os resultados no próprio cenário, de modo a permitir uma maior visualização da situação estudada. Entretanto, é possível gerar tabelas com diversas informações representadas no cenário, escolhidas conforme a necessidade de cada projeto. Assim, visando apresentar também os resultados numéricos, a

Tabela 1 foi desenvolvida através da opção “lists” que o *software* fornece, para comparar a quantidade de usuários nas linhas de todos os meios de transportes coletivos antes e após a instalação do *BRT* no local.

Tabela 1 – Comparação dos volumes de usuários com e sem o *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	142364.506km	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

Fonte: autoria própria (2017).

As colunas dois e três mostram todas as linhas percorridas pelos meios de transporte coletivos, as quais foram inseridas durante o desenvolvimento do cenário, e os seus respectivos nomes. Na quarta coluna, estão os comprimentos de cada uma delas, em quilômetros. Seguindo para a quinta coluna, foram inseridos os dados de tempo de viagem, ou seja, o tempo gasto para completar o trajeto de uma linha inteira. Nas colunas sete, oito e nove, existem alguns dados que não são interessantes para o estudo.

A décima coluna “*VolComBRT*” mostra o volume de usuários que utilizaram as linhas de transportes coletivos com o sistema *BRT* já implantado. Já na coluna onze “*VolSemBRT*”, a linha do *BRT* precisou ser desativada do cenário, e a simulação refeita, para que pudesse colher os dados do volume de usuários circulando pelos meios de transporte coletivos sem a implantação do *BRT*, ou seja, a situação inicial do estudo.

A última coluna foi associada a uma conta simples, mostrando a diferença do volume de usuários antes e depois da implantação do meio na região. Em paralelo com os resultados apresentados no cenário, os locais com valores negativos na diferença de volume são os que sofreram migração modal. Isso ocorreu nos dois sentidos da linha 09-Esmeralda da CPTM, um com 1200 usuários e outro com 5000, ou seja, essas pessoas deixaram de usar o trem e optaram pelo *BRT* naquele trecho.

Na linha 08-Diamante, também da CPTM, ocorreu uma mudança em torno de 1000 usuários no sentido sul. Já a linha 04- Amarela do metrô não apresentou valores negativos, mas é possível ver que ocorreu uma diminuição no volume de usuários.

CONCLUSÃO

As grandes cidades estão sempre atraindo novos habitantes e crescendo cada vez mais. Cada indivíduo possui uma necessidade de locomoção diária e de acesso aos diversos lugares, principalmente trabalho ou escola, e para que isso ocorra, a rede viária precisa estar sempre se adaptando ao aumento da demanda.

Assim, a busca por alternativas que agreguem valor aos meios de transporte coletivos é constante e fundamental para cidades grandes, 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.

O sistema *Bus Rapid Transit* é um meio de transporte coletivo com capacidade equivalente ao metrô, porém com custos de implantação inferiores. Além disso, possui diversas vantagens frente aos ônibus convencionais, tais como a existência de faixas exclusivas sem nenhum tipo de acesso aos veículos que estão nas faixas ao lado, presença de estações, acesso em nível para o interior do veículo, entre outras.

A implantação desse sistema foi simulada ao longo da avenida Brigadeiro Faria Lima, na cidade de São Paulo, com o auxílio do *software Visum*, para que pudesse servir de apoio e aliviar os meios de transportes coletivos existentes na região, já que se encontram em condições de saturação devido ao alto volume da demanda.

Apesar das dificuldades encontradas para a calibração do modelo com o meio individual, a simulação da implantação do sistema *BRT* na avenida Brigadeiro Faria Lima mostrou que existe a atração de usuários dos meios coletivos locais, aliviando-os. Isso reduz o tempo de viagem do usuário e permite que as viagens sejam feitas de maneira mais segura e confiável.

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.

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.

BARBON, Ângela Luppi et al. **São Paulo: transformações na ordem urbana.** 2015.

Disponível em:

<http://www.observatoriodasmetropoles.net/index.php?option=com_k2&view=item&id=1232:a-crise-da-mobilidade-urbana-na-metrópole-de-são-paulo#>. Acesso em: 15 fev. 2017.

BAZANI, Adamo. São Paulo perde cerca de R\$53,4 bi por causa do trânsito e da falta de prioridade ao transporte público. **Diário do Transporte.** São Paulo, out. 2016a. Disponível em: <<https://diariodotransporte.com.br/2016/10/13/sao-paulo-perde-r-534-bi-por-causa-do-transito-e-da-falta-de-prioridade-ao-transporte-publico/>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

BAZANI, Adamo. MOBILIDADE URBANA: Número pessoas que usam ônibus de São Paulo aumenta, de acordo com pesquisa Ibope/Rede Nossa São Paulo. **Diário do**

Transporte. São Paulo, Jan. 2016b. Disponível em:

<<https://diariodotransporte.com.br/2016/01/19/mobilidade-urbana-numero-pessoas-que-usam-onibus-de-sao-paulo-aumenta-de-acordo-com-pesquisa-iboperede-nossa-sao-paulo/>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

BELARQ. **BRT- Área Central.** Disponível em: <<http://www.belarq.com.br/?portfolio=brt>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

BRT RIO. **Conheça o BRT.** 2016. Disponível em: <<http://www.brtrio.com/conheca>>. Acesso em: 20 maio 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 (São Paulo). **Operação Dá Licença para o Ônibus:** São Paulo chega a 500 km de faixas exclusivas com a inauguração de novos trechos nesta segunda-feira, 29. 2016a. Disponível em:

<<http://www.cetsp.com.br/noticias/2016/02/26/sao-paulo-chega-a-500-km-de-faixas-exclusivas-com-a-inauguracao-de-novos-trechos-nesta-segunda-feira,-29.aspx>>. Acesso em: 17 fev. 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.

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.

DUTRA, Paulo Roberto et al. **Política de mobilidade urbana**. Diário Oficial da Cidade de São Paulo. São Paulo, p. 16. Fev. 2016. Disponível em: <<http://www.docidadesp.imprensaoficial.com.br/NavegaEdicao.aspx?ClipId=8SS4M4QR5H DJUeBTC2I18UA4PJ1>>. Acesso em: 21 fev. 2017.

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

FORTALBUS. **Modelos de ônibus articulados em produção par o BRT Fortaleza**. 2014. Disponível em: <<http://www.fortalbus.com/2014/09/modelos-de-onibus-articulados-em.html>>. Acesso em: 16 maio 2017.

GAETE, Constanza Martinez. **Doze sistemas de transporte público do mundo e como influenciam a mobilidade urbana**. 2017. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/802650/doze-sistemas-de-transporte-publico-do-mundo-e-como-influenciam-a-mobilidade-urbana>>. Acesso em: 25 maio 2017.

GERALDES, Pedro di Luccio. **Análise da eficiência do sistema "Bus Rapid Transit" na cidade do Rio de Janeiro**. 2017. 121 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019660.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

GLOBAL BRT DATA. **Key indicators**. Disponível em: <<http://www.brtdata.org/>>. Acesso em: 26 maio 2017.

INFOMONEY. **As dez cidades com os melhores transportes públicos do mundo**. Disponível em: <<http://www.infomoney.com.br/minhas-financas/turismo/noticia/3926369/cidades-com-melhores-transportes-publicos-mundo>>. Acesso em: 26 maio 2017.

LEAL, Luciana Nunes. **Cidade de São Paulo chega a 12 milhões de habitantes. O Estadão**, São Paulo, Ago. 2016. Disponível em: <<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,cidade-de-sao-paulo-chega-a-12-milhoes-de-habitantes,10000072909>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

LEAL, Joana. **Projetos para mobilidade podem transformar a vida em São Paulo, defende especialista**. 2016. Disponível em: <<http://www5.usp.br/103949/projetos-para-mobilidade-podem-transformar-a-vida-na-cidade-defende-especialista/>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

MAIA, Érico. **Transporte público de Londres**. Disponível em: <<https://www.elondres.com/transporte-publico-de-londres/>>. Acesso em: 25 maio 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.

PREFEITURA DE JUNDIAÍ. Jundiaí, abr. 2013. Disponível em: <<http://www.jundiai.sp.gov.br/noticias/2013/04/01/prefeito-vai-a-bogota-para-conhecer-experiencia-do-brt/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

SÃO PAULO. PREFEITURA DE SÃO PAULO. . **Operação Urbana Consorciada Faria Lima.** 2010. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/urbanismo/sp_urbanismo/operacoes_urbanas/faria_lima/index.php?p=19591 [Referencia Consorciada Faria Lima]>. Acesso em: 01 nov. 2017.

SILVA, Fernando Nunes da. Mobilidade urbana: os desafios do futuro. **Cadernos Metr pole**, São Paulo, v. 15, n. 30, p.377-388, dez. 2013. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/17486/13005>>. Acesso em: 15 maio 2017.

UNIVERSIA. **Estudar em Nova York.** 2016. Disponível em: <<http://www.universia.com.br/estudar-exterior/estados-unidos/cidades/nova-york/transporte/2473>>. Acesso em: 20 maio 2017.

VAN AUDENHOVE, François-joseph et al. **The future of Urban Mobility.** 2014. Disponível em: <[http://www.uitp.org/sites/default/files/members/140124 Arthur D. Little & UITP_Future of Urban Mobility 2 0_Full study.pdf](http://www.uitp.org/sites/default/files/members/140124%20Arthur%20D.%20Little%20&%20UITP_Future%20of%20Urban%20Mobility%200_Full%20study.pdf)>. Acesso em: 20 maio 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.

WIKIMEDIA. **Transmilenio por la Caracas, Bogotá.** Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transmilenio_por_la_Caracas,_Bogot .JPG>. Acesso em: 20 abr. 2017.

WRI BRASIL. **BRT - Bus Rapid Transit.** 2014. Disponível em: <<http://wricidades.org/BRT>>. Acesso em: 15 abr. 2017.