

ANÁLISE DOS IMPACTOS CAUSADOS PELA IMPLANTAÇÃO DE FAIXAS EXCLUSIVAS DE ÔNIBUS EM GRANDES CENTROS URBANOS

Caio Lima Souza Canabrava Mota – caiolscmota@hotmail.com

Felipe Domingues Falcão – felipedominguesfalcao@hotmail.com

Lucas Cavallini de Queiroz – srcavallini@hotmail.com

Mayara Cizotto – mayara_cizotto94@outlook.com

Priscilla Bernardi Longo Molento – priscilla.molento@gmail.com

Sergio Vicente Denser Pamboukian (Orientador) – sergio.pamboukian@mackenzie.br

RESUMO

As distâncias entre origem e destino em grandes centros urbanos vêm aumentando consideravelmente com o passar dos anos e, como principal consequência disto tem-se o trânsito caótico. Como tentativa de melhorar a mobilidade urbana, tem-se optado pelo incentivo ao transporte coletivo através de medidas como, por exemplo, implantação de corredores ou faixas exclusivas de ônibus nas principais vias da cidade. Neste contexto, o presente trabalho examina os aspectos positivos e negativos da implantação de uma faixa exclusiva de ônibus. Um estudo de caso é realizado através de microssimulação para a Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, localizada na Zona Sul da cidade de São Paulo. Informações foram coletadas em campo e a análise de algumas características, como volume de veículos e nível de serviço, com e sem a implantação da faixa exclusiva de ônibus, foi feita através de simulação computacional. A partir dos dados obtidos pela simulação chegou-se à conclusão de que a implantação de uma faixa exclusiva de ônibus é viável, visto que os resultados mostram pequeno aumento nas filas e o nível de serviço se mantém constante.

Palavras-chave: Faixa exclusiva de ônibus. Simulação. Transporte coletivo.

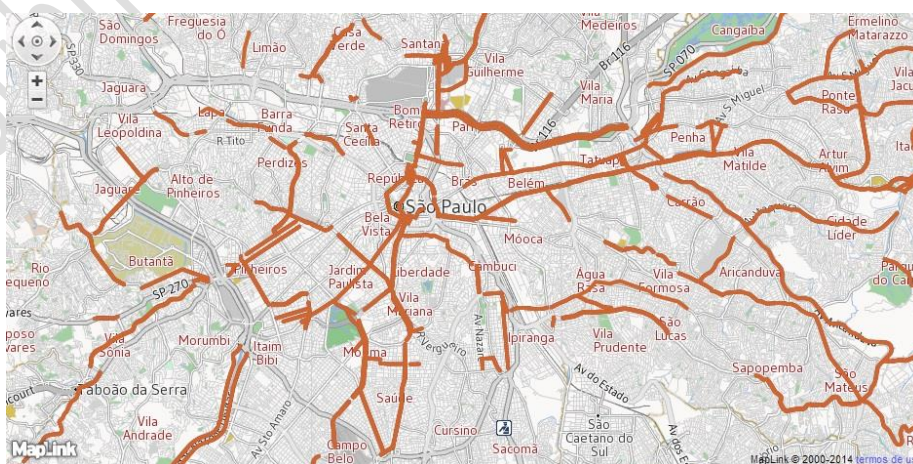
1 INTRODUÇÃO

O crescimento dos centros urbanos e a conseqüente especulação imobiliária fizeram com que a população iniciasse um processo de habitação nas periferias, à procura de moradia de qualidade com baixo custo. Assim, as distâncias a serem percorridas por essas pessoas até os centros comerciais aumentaram. Diante deste problema, faz-se necessário analisar e buscar alternativas para o incentivo ao uso do transporte coletivo em preferência ao transporte individual.

A tentativa de usar transporte coletivo e privilegia-lo com a implantação de faixas exclusivas e corredores não é recente. Os Estados Unidos já apresentam faixas exclusivas para a circulação de ônibus desde a década de 1930. E, atualmente, além das faixas, algumas cidades norte americanas estão conseguindo reduzir o tempo de viagem dos seus veículos públicos, com a utilização de sistemas semafóricos que dão prioridade aos mesmos (ECCEL, 2015).

Já no Brasil, as faixas exclusivas de ônibus surgiram entre as décadas de 1970 e 1980, mas só ganharam foco na última década. Atualmente, estão em operação 125 corredores com 901 km de extensão total, sendo 10 corredores na cidade de São Paulo com 130 km de extensão total e 3.194.000 passageiros transportados por dia, o que corresponde a 26,24% dos usuários totais da cidade (EMBARQ, 2016). A Figura 1 mostra os corredores e faixas exclusivas de ônibus presentes no sistema viário da cidade de São Paulo.

Figura 1 – Mapa das faixas exclusivas e corredores de ônibus de São Paulo



Fonte: Mobilize Brasil (2014)

Os congestionamentos em grandes centros urbanos afetam seriamente a mobilidade urbana de uma região. Além de perdas econômicas diretas com combustíveis e tempo gasto pela população no trânsito, ainda geram outras perdas e efeitos colaterais, como poluição do ar, sonora e ambiental, acarretando problemas de saúde pública e bem-estar populacional, acidentes, conflitos entre veículos e pedestres, multas e aumento nos preços de produtos entregues com atraso por veículos de transporte de carga. Para medir a qualidade da mobilidade urbana é utilizado o conceito de nível de serviço. Nível de serviço é uma medida qualitativa das condições de operação, conforto e conveniência, e são divididos em seis níveis. Essa é uma classificação utilizada pela CET e os seis níveis são A, B, C, D, E e F, onde o nível A apresenta as melhores condições de tráfego, e o nível F apresenta as piores condições.

O transporte público de qualidade é uma alternativa para mitigar os engarrafamentos, porém isso não é realidade em grande parte dos centros urbanos mais movimentados, visto que este transporte é superlotado e pouco eficiente. Segundo a Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano (ANTP) (2016), em 2016 em média 34,4 milhões de passageiros foram transportados pela frota de ônibus no Brasil. Isso demonstra que grande parte da população depende do transporte público para se deslocar pela cidade e buscar alternativas para melhorar a qualidade dos mesmos é essencial.

A implantação de faixas exclusivas de ônibus em vias arteriais onde elas são inexistentes visa otimizar os tempos de percurso e aumentar as velocidades operacionais das vias dos ônibus, tornando-as mais eficientes, e também melhorar a qualidade de vida dos usuários, dando maior conforto e segurança com ônibus menos lotados e garantindo horários fixos de chegada dos veículos coletivos aos pontos de parada e terminais, diminuindo assim os atrasos e perdas que afetam diretamente a economia de uma cidade e tornando o transporte coletivo mais atrativo em comparação ao individual.

Segundo estudos do Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Públicos (2016), o transporte coletivo tem maior eficiência econômica, energética e ambiental, sendo menos favorável apenas no tempo de circulação da população. Com um transporte público com tempo de circulação e conforto relativo comparável aos dos automóveis particulares, o transporte de massa se tornará o meio mais efetivo no tráfego urbano.

A implantação de uma faixa exclusiva de ônibus não compromete em grande escala as atividades e o cotidiano de uma cidade, não havendo a necessidade de desapropriação, tendo um custo consideravelmente baixo e tendo seu projeto realizado em vias já existentes. Sua utilização depois de implantada é imediata, atendendo rapidamente as necessidades dos usuários.

Para que essas grandes mudanças no sistema viário de uma cidade possam ser testadas antes da aplicação nas vias, são realizadas simulações por meio de softwares especializados. Segundo Sousa, Azevedo Filho e Cunto (2015), hoje em dia, a simulação em softwares designa-se como uma ferramenta importante na análise de sistema de transportes. Um dos programas mais utilizados para que sejam feitas essas simulações é o PTV Vissim. Os softwares de simulação em Engenharia de Tráfego permitem fazer modelagens de diversas situações de deslocamento de veículos e pessoas, sem que haja a necessidade de fazer alguma intervenção física no sistema viário.

Esses softwares também são muito utilizados para estudos no sistema de transportes públicos. Com a simulação realizada nos programas, é possível realizar análises de posicionamento e configurações das estações de parada dos ônibus, análise de operações estratégicas de prioridade para o transporte público e embarque e desembarque dos usuários desse transporte. Assim é possível averiguar o desempenho dos corredores e faixas exclusivas de ônibus em diferentes horários e situações de trânsito.

O objetivo desse trabalho é analisar o impacto causado pela implantação de faixas exclusivas de ônibus em grandes centros urbanos. Também são analisados os condicionantes técnicos da implantação de uma faixa exclusiva, alterações no tempo de viagem, velocidade e distância percorrida pelos veículos de cada modal, destacando suas diferenças, a fluidez do trânsito de automóveis e os diversos impactos dessa implantação.

2 METODOLOGIA

Esse trabalho é composto por pesquisa teórica, levantamento de dados, pesquisa de campo e simulações em softwares.

A pesquisa teórica foi feita através de levantamento bibliográfico e de informações de órgãos governamentais com o objetivo de obter definições e normas técnicas referentes às faixas exclusivas de ônibus.

A definição da avenida do município de São Paulo a ser estudada levou em consideração o volume do tráfego de pessoas e veículos, e aspectos socioeconômicos conforme as características apresentadas no presente trabalho.

O levantamento de dados deste trabalho foi desenvolvido com pesquisas de origem-destino, levantamentos em campo de dados de veículos (automóveis, motos, ônibus e caminhões), capacidade das vias, quantidade e largura das faixas, nível de serviço e análise de cruzamentos e interseções.

Os dados utilizados nas simulações foram coletados por meio de pesquisa de campo. Foram realizadas contagens nos piores horários de tráfego, os considerados horários de pico, e detalhadas a cada 15 minutos. Os horários de picos considerados foram das 7:00 às 10:00, no período da manhã, e das 18:00 às 21:00, no período noturno. Essas contagens detalham o fluxo na via, enumerando a quantidade de carros, motos, ônibus, caminhões, Veículos Urbanos de Carga (VUC), ciclistas e pedestres.

Foram também coletados os tempos de ciclos dos semáforos, através de cronometragem, em toda a avenida estudada. Com os tempos dos semáforos, foi possível também calcular os fluxos de saturação de cada semáforo.

As simulações para verificar a viabilidade da inserção de uma faixa exclusiva de ônibus foram realizadas com o software PTV Vissim, da empresa alemã PTV Group. Esse software permite diferentes tipos de modelagem das vias e demandas a serem estudadas, assim oferecendo uma simulação mais completa.

Para tal simulação, após a coleta de dados, foram calculados os volumes simples e os volumes equivalentes da avenida. O volume simples é a somatória de todos os veículos que transitaram na via naquele período e o volume equivalente é uma ponderação da soma dos veículos levando em consideração o espaço que cada um ocupa na via, multiplicando-se o número de veículos pelo peso de cada categoria, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Pesos correspondentes de cada tipo de veículo

CATEGORIA	PESO CORRESPONDENTE
Automóvel	1
Moto	0,5
Ônibus	2
Caminhão	2
VUC	2

Fonte: adaptado de CET.

Um exemplo de alguns dados obtidos em campo e inseridos nas simulações é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Exemplo de tabela de contagem de veículos

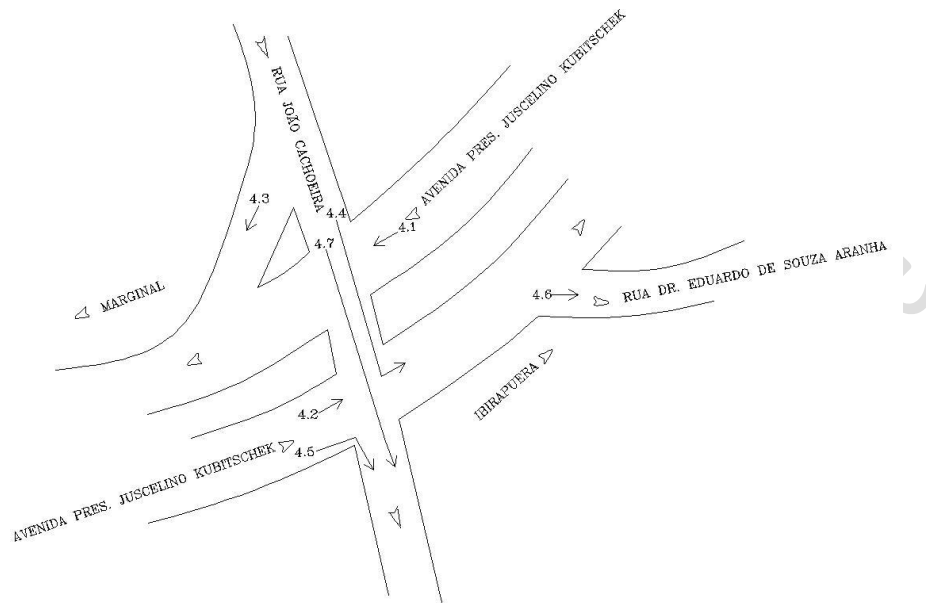
Horário	Fluxos	Autos	Ônibus	Caminhões	VUC	Motos	Vol. Simples	Vol. Equivalente
7:00 7:15	4.1	608	2	1	4	52	667	648
	4.2	842	2	0	3	130	977	917
	4.3	12	0	1	0	0	13	14
	4.4	52	6	0	1	2	61	67
	4.5	101	0	0	0	14	115	108
	4.6	86	0	0	0	2	13	101

Fonte: próprio Autor.

A Tabela 2 mostra a quantidade de carros, ônibus, caminhões, VUCs e motos que passam em um dia útil, num período de 15 minutos, das 7:00 às 7:15, no cruzamento da Avenida Presidente Juscelino Kubitschek com a Rua João Cachoeira, em todos os seus fluxos.

Os fluxos do cruzamento são exemplificados na Tabela 2 pelos itens 4.1 ao 4.6 e representam os diferentes movimentos e sentidos percorridos pelos veículos, conforme Figura 2.

Figura 2 – Fluxos do cruzamento da Avenida Presidente Juscelino Kubitschek com a Rua João Cachoeira



Fonte: próprio Autor

Com o intuito de analisar a implantação de uma faixa exclusiva de ônibus em uma movimentada avenida de uma metrópole, foram examinados os dados para a escolha da melhor opção, visando a melhoria da fluidez do trânsito e a otimização do tempo de viagem da população.

3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi elaborado com simulações realizadas na Avenida Presidente Juscelino Kubitschek (JK), localizada na Zona Sul da cidade de São Paulo. Esta avenida foi escolhida devido ao fato de ser uma importante via para a cidade de São Paulo, cuja região abriga um grande centro comercial, com diversos edifícios comerciais, restaurantes e bares. Além disso, há um grande fluxo de carros e pessoas em toda a avenida, gerando congestionamento ao longo de toda a via.

3.1 CARACTERÍSTICAS DA VIA

A Avenida Presidente Juscelino Kubitschek é uma via arterial localizada na Zona Sul da cidade de São Paulo. A via percorre desde a Avenida das Nações Unidas (Marginal Pinheiros) até a Avenida Santo Amaro (bairro do Itaim Bibi). Também dá acesso a dois túneis, o Túnel Jânio Quadros que liga a avenida até a região do Morumbi, e o Complexo Viário Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo, ligando a avenida escolhida até à Avenida Vinte e Três de Maio. A região onde a via está localizada carece de variedade de transporte público, havendo pouca oferta de transporte sobre trilhos, além de poucas linhas de ônibus que percorrem a avenida.

A região estudada é considerada um centro comercial bastante movimentado da cidade de São Paulo, pois possuem grandes edifícios comerciais, hotéis, restaurantes, bares, shopping e um parque municipal. Com a deficiência do transporte público no local, a via fica saturada com a alta quantidade de automóveis particulares, causando trânsito intenso em toda a região.

3.2 MODELAGEM E CALIBRAÇÃO DA VIA

A modelagem do projeto no software PTV Vissim iniciou-se com o traçado dos links da via em estudo em seus dois sentidos e com seus respectivos cruzamentos, todos projetados com número e largura de faixas de acordo com a realidade da via, sendo que os links são a própria delimitação da via. Após este traçado, as vias e cruzamentos foram interligados por conectores de acordo com os sentidos e rotas de cada movimento que determinada via possuía.

As rotas, por sua vez, são os movimentos de cada via, ou seja, os fluxos. O volume de veículos que transitam em cada rota é dado através de porcentagens. Essas porcentagens são inseridas no software para que a simulação seja fiel ao que foi visto nos cruzamentos, mostrando o volume de veículos que seguem para cada sentido e destino.

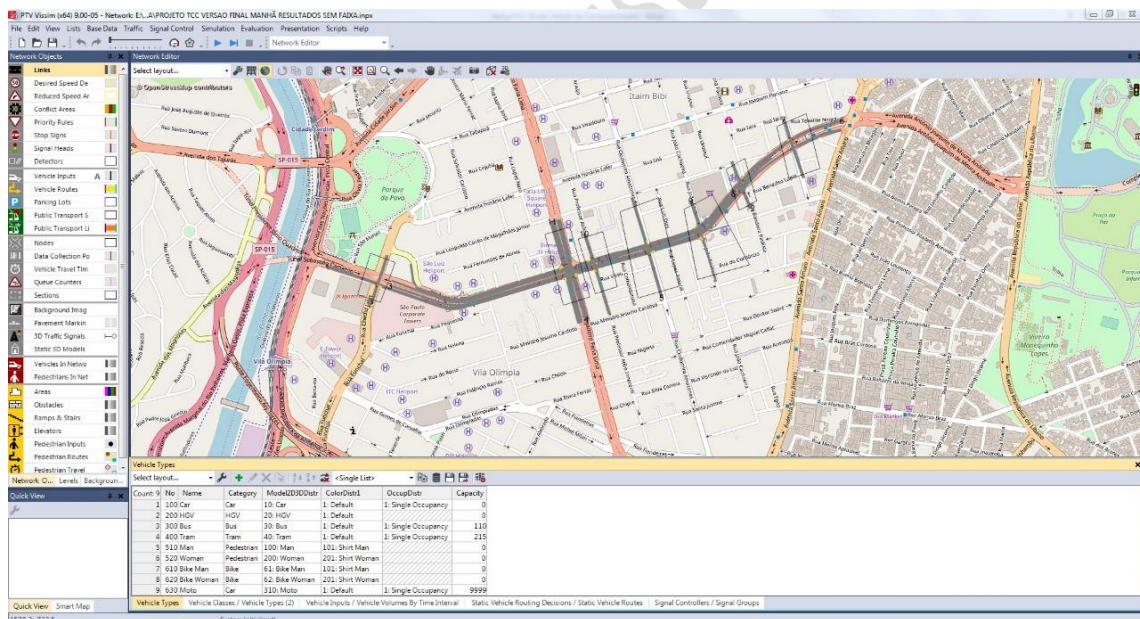
Finalizada a parte da construção do sistema viário, iniciou-se o processo de calibração do sistema, que é a inserção no programa dos dados coletados em campo. Primeiramente, foram selecionados no programa os tipos de veículos que circulam pela

via estudada, no caso do trabalho em estudo, consideramos: carros, motos, VUCs, caminhões e ônibus.

Em cada cruzamento da via foi feita a somatória dos volumes de cada fluxo e foi escolhido o maior volume, no intervalo de 15 minutos, para representar o volume total da via em cada cruzamento. Nas pontas da avenida, que são as entradas da avenida Santo Amaro e da Marginal Pinheiros, e também em cada cruzamento foram colocados os *inputs*, que são os volumes totais inseridos para dar início à entrada de veículos no sistema.

Após a inserção dos *inputs* e com volume total das vias já calibrado, iniciou-se o processo de composição dos movimentos, estabelecendo a porcentagem volumétrica de cada tipo de veículo que trafega para cada fluxo. Em seguida, foi estabelecida a porcentagem de volume veicular que trafega para cada rota já projetada anteriormente. A Figura 3 mostra a tela do PTV Vissim com o desenho calibrado da avenida.

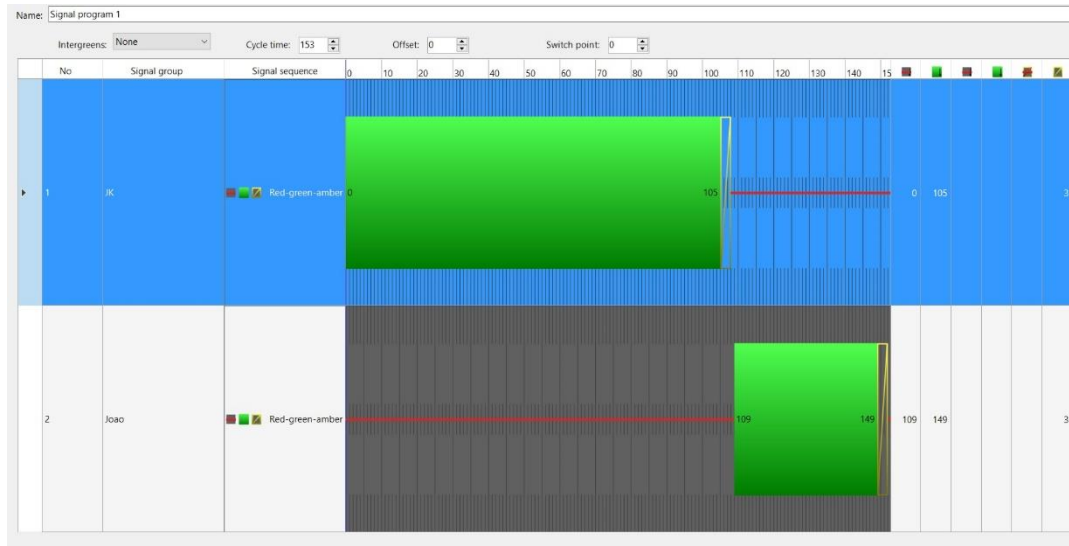
Figura 3 – Desenho completo da via no software PTV Vissim



Fonte: próprio Autor

Com a modelagem da via e a calibração do sistema completas, inseriram-se os semáforos com seus respectivos tempos de ciclo, determinados em campo por meio de cronometragem. Os tempos de verde, amarelo, vermelho e vermelho geral foram sincronizados para cada cruzamento da avenida estudada, conforme Figura 4.

Figura 4 – Gráfico com o tempo de ciclo do semáforo no cruzamento da Avenida Presidente Juscelino Kubitschek com a Rua João Cachoeira



Fonte: próprio Autor

A Figura 4 mostra o gráfico com o tempo de ciclo do semáforo no cruzamento da Avenida Presidente Juscelino Kubitschek com a Rua João Cachoeira. O tempo de ciclo total desse semáforo é de 153 segundos, sendo 105 segundos de verde para a avenida, 3 segundos de amarelo para a avenida e 1 segundo de vermelho geral. Depois são mais 40 segundos de verde para a Rua João Cachoeira, 3 segundos de amarelo e mais 1 segundo de vermelho geral.

Por fim, com toda rede já modelada e calibrada, iniciou-se o processo de obtenção dos resultados antes da implantação. Para a coleta de resultados, foram considerados dois métodos diferentes. Um dos métodos, conhecido como método dos nós, consiste em analisar cada cruzamento como um todo e o outro método consiste em analisar cada faixa da via em um determinado local.

O método dos nós consiste em delimitar a área a ser analisada através de pontos que formam uma poligonal em torno dos cruzamentos, de onde serão colhidos os resultados pelo software. Para isso, foi estabelecido um tempo total de análise de 3.600 segundos (60 minutos), que é o tempo máximo de simulação do programa, sendo os resultados coletados e apresentados em intervalos de 900 segundos (15 minutos).

Já o método de análise por faixa consiste em analisar cada faixa da via em um determinado cruzamento. O tempo estabelecido para essa análise é o mesmo tempo do método dos nós, ou seja, um tempo total de 60 minutos, com intervalos de 15 minutos. Esse método proporciona resultados de aceleração, comprimento de fila, número de veículos e média aritmética das velocidades dos veículos que trafegam em cada faixa.

3.3 ANÁLISE DA VIA NAS CONDIÇÕES ATUAIS

O trânsito na avenida durante o horário de pico da manhã pode ser considerado como fluido, apesar de haver uma grande quantidade de veículos trafegando na via. Foi possível fazer essa análise tanto pela pesquisa em campo como pelos resultados obtidos na simulação computacional.

Pelos resultados obtidos na simulação, foi possível notar que os piores cruzamentos com a Avenida Presidente Juscelino Kubitschek foram os das ruas João Cachoeira e Atílio Innocenti, assim como foi observado durante as contagens na via.

Na rua Atílio Innocenti foi constatado que, em média durante o período da manhã de simulação, cerca de 307 veículos que seguem na avenida JK sentido Avenida Santo Amaro param no semáforo do cruzamento com esta rua. Ainda foi possível analisar que, com esses valores, o comprimento máximo médio de fila de cada faixa é de 80 metros. Já do outro lado da avenida JK, sentido Marginal Pinheiros, o número médio de veículos que param no semáforo são de 281, e com um comprimento máximo médio de filas de 43 metros. Essa grande diferença entre os comprimentos de filas dá-se pelo fato de haver hoje na via mais faixa de fluxo no sentido da Marginal Pinheiros do que no sentido da Avenida Santo Amaro.

Já na rua João Cachoeira, o número médio de veículos no sentido Avenida Santo Amaro que param no semáforo são de 385 veículos, formando comprimentos máximos médios de mais de 85 metros. Já no outro sentido, o número médio de veículos é de 120 veículos, no que gerou um comprimento máximo médio de quase 39 metros. Mais uma vez, a explicação pela diferença entre comprimentos médios dá-se, além da diferença na quantidade de veículos, pelo maior número de faixas de tráfego no sentido da Marginal Pinheiros. A Figura 5 mostra a tabela com os resultados provenientes da simulação da via nas condições atuais.

Figura 5 – Tabela com resultados da simulação no PTV Vissim

Node Results	Count	SimRun	Time	Movement	QLen	QLenMax	Vehs	Pers	LOS	LOSVal	VehDelay	PerDelay	StopDelay	Steps	EmissionsCO	EmissionsNOx	EmissionsVOC	FuelConsumption	MovementDir
2711	Average	1-Chyddid - 1@1487.7 - 2@181.2	8.38	35.27	30	30	1	1	17.20	17.20	12.66	0.50	24.524	4.771	5.684	0.351	W-E		
2721	Average	1-Chyddid - 34@15.5 - 2@181.2	2.43	10.27	1	1	1	1	5.05	5.05	0.00	0.00	0.249	0.048	0.058	0.004	S-E		
2731	Average	1-Chyddid - 34@15.5 - 3@61.5	2.43	10.27	20	20	1	1	8.21	8.21	4.97	0.25	10.893	2.119	2.525	0.156	S-N		
2741	Average	1-Chyddid	5.41	35.27	51	51	1	1	13.44	13.44	9.40	0.39	35.664	6.939	8.265	0.510	Total		
2751	Average	2 - 12@36.6 - 13@27.4	0.00	0.00	10	10	1	1	0.81	0.81	0.00	0.00	2.275	0.443	0.527	0.033	E-W		
2761	Average	2 - 12@36.6 - 10@138.1	0.00	0.00	0	0	0	0	65.66	65.66	54.49	2.00	9.094	1.769	2.108	0.000	E-N		
2771	Average	2 - 10@40.5 - 13@27.4	16.67	39.04	4	4	5	5	53.53	53.53	44.22	1.00	49.841	9.097	11.551	0.130	N-W		
2781	Average	2 - 10@40.5 - 17@89.6	16.67	39.04	28	28	4	4	53.53	53.53	44.22	1.00	49.841	9.097	11.551	0.130	N-S		
2791	Average	2 - 18@80.2 - 3@253	18.27	44.15	5	5	5	5	65.43	65.43	52.31	2.20	11.815	2.399	2.738	0.169	S-E		
2801	Average	2 - 18@80.2 - 19@138.1	18.27	44.15	20	20	5	5	61.35	61.35	50.49	1.35	42.623	8.293	9.878	0.610	S-N		
2811	Average	2 - 30@388.4 - 3@253	0.00	0.00	16	16	1	1	0.02	0.02	0.00	0.00	5.603	1.090	1.299	0.080	W-E		
2821	Average	2 - 30@388.4 - 17@89.6	0.00	0.00	2	2	1	1	1.65	1.65	0.00	0.00	0.826	0.161	0.191	0.012	W-S		
2831	Average	3 - 3@45.9 - 4@42.5	8.74	44.15	85	85	4	4	39.15	39.15	32.09	0.87	121.553	23.650	28.171	1.739	Total		
2841	Average	3 - 3@45.9 - 4@42.5	2.22	12.27	11	11	1	1	0.02	0.02	0.00	0.00	2.177	0.423	0.504	0.031	W-E		
2851	Average	3 - 3@45.9 - 21@83.7	0.00	0.00	1	1	1	1	0.59	0.59	0.00	0.00	0.240	0.047	0.056	0.003	W-S		
2861	Average	3 - 20@12.8 - 1@42.5	7.04	15.69	4	4	4	4	49.97	49.97	42.35	1.00	5.865	1.141	1.359	0.084	N-E		
2871	Average	3 - 20@12.8 - 12@15.5	0.00	0.00	0	0	0	0	15.99	15.99	11.71	0.33	2.337	0.455	0.542	0.033	N-S		
2881	Average	3 - 20@12.8 - 21@83.7	7.04	15.69	3	3	2	2	15.99	15.99	11.71	0.33	2.337	0.455	0.542	0.033	N-S		
2891	Average	3 - 39@33.7 - 4@42.5	4.38	19.51	0	0	6	6	19.51	19.51	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	E-E		
2901	Average	3 - 39@33.7 - 21@83.7	4.38	19.51	12	12	1	1	4.71	4.71	0.13	0.17	5.248	1.021	1.216	0.075	E-W		
2911	Average	3 - 39@33.7 - 10@42.5	2.73	19.51	31	31	6	6	9.84	9.84	6.65	0.23	15.883	3.090	3.681	0.227	Total		
2921	Average	3	3.70	22.25	4	4	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.597	0.311	0.370	0.023	W-E		
2931	Average	4 - 4@117.2 - 5@71.5	8.41	17.93	8	8	3	3	33.22	33.22	27.45	0.75	10.052	1.956	2.330	0.144	S-E		
2941	Average	4 - 22@24.0 - 5@71.5	0.00	0.00	8	8	1	1	0.48	0.48	0.00	0.00	3.706	0.721	0.859	0.053	S-W		
2951	Average	4 - 22@24.0 - 11@60.7	0.00	0.00	0	0	6	6	0.14	0.14	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	S-N		
2961	Average	4 - 22@24.0 - 33@144.6	8.41	17.93	0	0	1	1	0.14	0.14	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	S-N		
2971	Average	4 - 38@104.7 - 11@60.7	1.47	6.33	15	15	1	1	0.14	0.14	0.00	0.00	6.292	1.224	1.458	0.090	E-W		
2981	Average	4 - 38@104.7 - 39@544.6	1.47	6.33	0	0	6	6	0.14	0.14	0.00	0.00	6.292	1.224	1.458	0.090	E-W		

Fonte: próprio Autor

3.4 INSERÇÃO DA FAIXA EXCLUSIVA DE ÔNIBUS

A inserção da faixa exclusiva de ônibus na simulação da avenida JK foi feita após a obtenção dos resultados da calibração da via, para que eles pudessem ser comparados.

A faixa exclusiva de ônibus foi inserida através de uma propriedade contida no software que bloqueia veículo em uma determinada faixa. Na faixa da direita, onde há circulação exclusiva de ônibus, os demais veículos tiveram circulação bloqueada, já nas demais faixas, todos os veículos estavam liberados para transitar, exceto os ônibus. Nos trechos de entrada e saída dos cruzamentos, houve uma quebra no link da via e liberação daquele trecho de faixa para todos os tipos de veículos.

Após essa atualização da via, utilizou-se os mesmos métodos para extrair os resultados. O intervalo de tempo de análise do programa foi de 900 segundos (15 minutos) e os resultados obtidos após um período de 3.600 segundos (60 minutos).

3.5 ESTUDO DE VIABILIDADE DE UM CORREDOR DE ÔNIBUS

Corredores de ônibus precisam estar localizados exclusivamente na faixa esquerda da via e suas paradas são localizadas no canteiro central, ao contrário da faixa exclusiva de ônibus que é implantada à direita da avenida, utilizando a calçada para alojar os pontos de parada de ônibus.

A Avenida Presidente Juscelino Kubistchek tem canteiro central em apenas alguns pontos de sua extensão e muitos não comportam o encaixe de um ponto de parada de ônibus, como por exemplo, entre os cruzamentos das ruas Clodomiro Amazonas e João Cachoeira.

Devido a esse problema, a implantação de um corredor de ônibus é inviável, pois a avenida precisaria de grandes reformas ao longo de sua extensão para a inserção de canteiro central ou ampliação dos já existentes, fazendo com que haja obra no local, perturbando o trânsito e diminuindo uma faixa de veículos naquela região. A faixa exclusiva de ônibus, por sua vez, permite sua acomodação quase que imediata, necessitando apenas de pintura de faixa e sinalização.

Dessa forma, foi considerado que a faixa exclusiva de ônibus seria uma melhor solução ao corredor, atendendo as necessidades da área e solucionando os problemas existentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da simulação foram extraídos após a calibração do software com os dados coletados em campo. Após a obtenção desses resultados, pôde ser feita a comparação deles com a inserção da faixa exclusiva de ônibus e sem a faixa exclusiva de ônibus e dessa forma validar o estudo.

4.1 IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DA FAIXA EXCLUSIVA DE ÔNIBUS – ANÁLISE POR NÓ

Após ser realizada a simulação do sistema viário com a inserção da faixa exclusiva de ônibus na avenida estudada, foi possível coletar os resultados gerados por essa mudança. A Tabela 3 mostra um comparativo entre os resultados totais do cruzamento da Avenida Juscelino Kubitschek com a Avenida Brigadeiro Faria Lima, onde são considerados os dados de todos os fluxos, obtidos na simulação da situação atual da via e com a inserção da faixa exclusiva de ônibus.

Tabela 3 – Resultado totais do cruzamento da Avenida JK com a Avenida Faria Lima.

Ciclo [min]	Fila Média [m]	Fila Máxima [m]	Nível de serviço	Atraso [s]	Tempo de parada [s]
0-15	16,37	65,66	C	34,68	27,24
0-15	16,54	68,40	C	34,70	26,99
15-30	17,61	76,59	D	37,34	29,65
15-30	19,25	90,33	D	37,45	28,93
30-45	17,24	74,74	D	35,82	28,48
30-45	18,09	85,85	D	36,09	28,32
45-60	17,75	73,68	D	36,76	29,18
45-60	19,34	102,87	D	37,11	28,84
Total	68,97	290,66		144,59	114,55
Total	73,22	347,44		145,35	113,09
Média	17,24	72,67		36,15	28,64
Média	18,31	86,86		36,34	28,27
Mínimo	16,37	65,66		34,68	27,24
Mínimo	16,54	68,40		34,70	26,99
Máximo	17,75	76,59		37,34	29,65
Máximo	19,34	102,87		37,45	28,93

Linhas hachuradas em azul indicam valores obtidos antes da implantação da faixa exclusiva de ônibus e linhas em branco indicam valores obtidos após a implantação.

Fonte: próprio Autor.

Na Tabela 3, os ciclos são os intervalos de tempo de contagem e obtenção de resultados do software. São feitas 4 contagens de 15 minutos, totalizando 60 minutos. A fila média é a somatória de todos os veículos em todas as faixas dividida pelo número de faixas. A fila máxima é a maior fila registrada durante o período de coleta de resultados.

Analisando este entroncamento após a inserção da faixa exclusiva de ônibus, o nível de serviço não foi alterado em nenhum intervalo, já a fila média teve um aumento de aproximadamente 1 metro. O atraso total, que é a perda de tempo que os veículos sofrem devido as filas e excesso de carros, cresceu em 0,76 segundos apesar do tempo de parada, que é o período em que a velocidade dos veículos é nula, ter diminuído 1,46 segundos.

As alterações das filas médias se deram devido à transferência dos ônibus para uma única faixa de rolamento, deixando as outras exclusivas para os demais veículos. Essa transferência e a retirada de uma faixa de rolamento para os veículos particulares influenciam diretamente no tamanho das filas.

O cruzamento da Avenida Juscelino Kubitscheck com a Rua João Cachoeira é uma intersecção crítica. Nele observam-se impactos positivos com a implantação da faixa exclusiva de ônibus, conforme mostra Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados no cruzamento da Avenida Presidente Juscelino Kubitscheck (JK) com a Rua João Cachoeira (JC)

Fluxo	Movimentos	Fila Média [m]	Fila Máxima [m]	Atraso [s]	Tempo de parada [s]
4.1	Permanecer na JK sentido Marginal (via Túnel)	4,5	38,88	9,57	5,98
		4,8	37,9	9,66	6,02
	Permanecer na JK sentido Marginal (via JK)	4,5	38,88	6,46	4,52
		4,8	37,9	6,75	4,61
4.2	Permanecer na JK sentido bairro	11,97	85,33	13,09	7,53
		7,99	87,57	9,88	6,07
4.3	Converter da JC para a JK sentido marginal	0	0	4,67	2,72
		0	0	2,33	0,74
4.4	Converter da JC para a JK sentido bairro	8,56	29,13	53,02	44,18
		6,65	25,09	44,11	36,7
4.5	Converter da JK sentido bairro para a JC	11,97	85,33	14,79	6,23
		1,85	51,08	14,23	7,21
4.7	Permanecer na JC sentido único	8,56	29,13	34,81	28,85
		6,65	25,09	31,61	26,09

Linhas hachuradas em azul indicam valores obtidos antes da implantação da faixa exclusiva de ônibus e linhas em branco indicam valores obtidos após a implantação.

Fonte: próprio Autor.

A Tabela 4 apresenta seis diferentes fluxos no cruzamento da avenida Presidente Juscelino Kubitschek (JK) com a rua João Cachoeira (JC). A numeração dos fluxos segue o esquema apresentado na Figura 2.

No fluxo 4.1 (JK em direção à Marginal Pinheiros) existe apenas um movimento, mas para a simulação foi necessário subdividi-lo em dois, devido à origem dos volumes de veículos, provenientes da própria Avenida JK e os provenientes do Acesso Viário Tribunal de Justiça do Estado.

Como o software obtém os resultados de acordo com as rotas existentes e em conformidade com o número de veículos que param enquanto o farol está vermelho, em alguns movimentos o valor de fila média pode ser igual, como ocorre no fluxo 4.1.

O fluxo 4.6 não está presente na Tabela 4 devido ao fato desse fluxo ser uma subdivisão do fluxo 4.2 após a passagem do semáforo desse cruzamento. Assim, como os resultados são obtidos antes da passagem pelo semáforo, parte do tráfego presente no fluxo 4.2 segue para a Rua Doutor Renato de Souza Aranha, ou seja, o fluxo 4.6.

Na Avenida JK, sentido bairro, existem dois movimentos, permanecer na mesma via ou entrar na Rua JC, portanto existem dois fluxos (4.2 e 4.5). Nessa situação a fila média se mantém constante devido à mesma distribuição de veículos que executam os dois movimentos, porém quando implantada a faixa de ônibus, os veículos privados só podem adentrar a faixa exclusiva no trecho permitido para a conversão para rua JC, o que faz com que estes veículos não causem formações de filas nesta faixa (fluxo 4.5). Assim, o valor dessa fila foi reduzido, já que só ônibus transitam nessa faixa.

Os veículos que seguem pela Rua JC podem permanecer nela ou entrar na Avenida JK em ambos os sentidos, gerando assim mais três movimentos (fluxos 4.3, 4.4 e 4.7). As filas médias para o movimento que trafega somente na Rua JC e o movimento que sai da Rua JC e entra na Avenida JK sentido bairro (fluxos 4.4 e 4.7) permanecem constantes devido aos pontos já citados. O movimento em que os automóveis da Rua JC entram para a Avenida JK sentido marginal (fluxo 4.3) se difere devido à baixa quantidade de veículos que realizam esse movimento e pelo fato de naquele trecho não existir uma faixa semaforizada que permita a contagem dos dados. Nesta faixa existe apenas a abertura de um acesso para a Avenida Juscelino Kubistchek.

As filas máximas foram computadas da mesma forma que as filas médias descritas anteriormente. Já os atrasos e tempos de parada sofreram variações de alguns segundos. Estes dados são gerados pelo software de acordo com a realidade do que está ocorrendo na via e do volume de carros durante o período de simulação.

Analisando de um modo geral os resultados de todos os movimentos presentes na Tabela 4, foi constatada a redução na fila média, no atraso e no tempo de parada após a inserção da faixa exclusiva de ônibus. Essa redução da fila média ocorre pela transferência dos ônibus para uma faixa exclusiva, permitindo uma maior capacidade dos demais veículos nas outras faixas.

Não foram notadas alterações significativas no nível de serviço, mesmo com a exclusão de uma faixa de rolamento para o transporte privado. O tempo de atraso e de parada teve aumento da ordem de 1 segundo, o que não é significativo frente ao benefício

que é fornecido ao maior número de pessoas que usam o transporte público. É notado aumento das filas médias e filas máximas, porém este aumento não prejudica a fluidez do trânsito, visto que o nível de serviço é preservado e os atrasos não tem aumentos significativos.

4.2 IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DA FAIXA EXCLUSIVA DE ÔNIBUS – ANÁLISE POR FAIXA

Para melhor entendimento do comportamento dos veículos na Avenida JK, foi feita uma análise dos resultados por faixa de rolamento. A partir da simulação feita em 4 ciclos de 15 minutos, totalizando 60 minutos, foram obtidos resultados médios para as 14 faixas no cruzamento da Avenida JK com a rua João Cachoeira. A Figura 6 ilustra a disposição das faixas. As faixas exclusivas de ônibus são as faixas 5 e 6. A Tabela 5 mostra os resultados obtidos na simulação.

Figura 6 – Distribuição e numeração das faixas



Fonte: próprio Autor

Tabela 5 – Resultados médios do cruzamento da Avenida JK com a Rua João Cachoeira

Faixa	Fila [m]	Veículos [unidade]	Atraso [s]	Média Velocidade [km/h]
1	4,01	84	64,19	40,79
1	3,98	79	68,46	44,09
2	3,85	83	64,43	38,32
2	3,89	90	67,85	44,75
3	3,69	89	67,29	36,51
3	3,61	98	66,67	44,38
4	3,76	83	70,20	35,37
4	3,58	127	57,91	44,33
5	3,54	78	62,59	34,83
5	6,15	3	48,81	45,96
6	4,32	45	20,24	44,56
6	12,30	14	8,51	50,00
7	3,97	39	16,05	44,83
7	3,64	61	20,32	43,96
8	4,12	41	18,45	41,20
8	3,95	46	19,09	42,00
9	4,17	84	1,78	43,75
9	4,20	85	2,18	43,03
10	4,21	71	0,71	43,35
10	4,19	73	0,90	43,53
11	4,30	18	2,88	18,21
11	4,27	18	2,17	18,48
12	5,43	11	27,72	23,47
12	4,29	9	10,56	24,36
13	3,94	21	8,33	19,30
13	4,14	23	5,91	21,70
14	3,93	20	2,64	31,21
14	4,24	20	0,29	31,48

Linhas hachuradas em azul indicam valores obtidos antes da implantação da faixa exclusiva de ônibus e linhas em branco indicam valores obtidos após a implantação.

Fonte: próprio Autor.

De acordo com a Tabela 5 e analisando principalmente as faixas 5 e 6 (faixas exclusivas de ônibus), percebe-se um aumento nas filas. Isto pode ser explicado devido ao comprimento dos ônibus ser superior em relação aos demais veículos. Embora ocorra

um aumento nas filas, houve diminuição no atraso, aumento da velocidade média nas faixas exclusivas de ônibus e consequente redução no tempo de viagem, o que atesta a efetividade da implantação da faixa exclusiva de ônibus.

Em relação às demais faixas, as filas, velocidades médias e atrasos não sofreram alterações significativas, demonstrando que apesar da diminuição de uma faixa para esses veículos, não há perdas para o tráfego. Isso foi possível porque o trânsito foi reorganizado aproveitando melhor os espaços das vias.

A separação dos ônibus dos demais veículos privilegia o transporte público, pois eles podem desenvolver maior velocidade em relação aos demais veículos. A diminuição de faixas para os demais veículos é mitigada pela retirada dos ônibus do tráfego normal, garantindo maior uniformidade para o fluxo. A Figura 7 mostra a tabela com os resultados provenientes da análise por faixa da via.

Figura 7 – Tabela com resultados da análise por faixa da via nas condições atuais

Data Collection Results									
Select layout...									
Coun	SimRun	TimeInt	DataCollectionMeasurement	Acceleration(All)	Length(All)	Vehs(All)	Pers(All)	QueueDelay(All)	SpeedAvgArith(All)
1	12	0-900	1	0,08	4,05	71	71	66,14	44,52
2	12	0-900	2	-0,17	3,68	64	64	77,65	39,47
3	12	0-900	3	-0,53	3,69	60	60	73,67	38,74
4	12	0-900	4	-0,44	3,84	74	74	65,06	36,62
5	12	0-900	5	-1,24	3,45	63	63	59,52	35,76
6	12	0-900	6	-0,42	4,17	42	42	17,78	44,00
7	12	0-900	7	-0,39	3,83	41	41	13,01	46,22
8	12	0-900	8	-0,39	3,96	38	38	14,41	39,44
9	12	0-900	9	-0,09	4,17	74	74	1,16	43,42
10	12	0-900	10	-0,31	4,09	64	64	1,08	41,23
11	12	0-900	11	-0,02	4,18	12	12	2,36	18,80
12	12	0-900	12	0,61	5,43	11	11	29,46	27,93
13	12	0-900	13	-1,82	3,81	19	19	4,98	18,71

Fonte: próprio Autor.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho analisa a viabilidade da implantação de uma faixa exclusiva de ônibus nas principais vias de grandes centros urbanos. Para averiguar todos os impactos causados por essa implantação, foi realizado um estudo de caso, simulando a implantação da faixa exclusiva de ônibus na Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, na cidade de São Paulo. Essa implantação visa uma melhor condição de transporte para a população que frequenta a região, uma vez que o congestionamento da avenida e a falta de transporte público

eficiente influenciam diretamente nas condições de tráfego e na qualidade de vida das pessoas.

O estudo de caso foi realizado com coleta de dados em campo e análise física da avenida, seguido do traçado da via em software e posterior calibração do sistema.

A análise realizada na avenida em estudo se deu de duas maneiras, sendo uma antes da implantação e outra após a implantação da faixa exclusiva de ônibus. Foram considerados os dois sentidos da via no período de pico da manhã de um dia de semana típico. Na análise da via nas condições atuais, foi possível observar que a mesma, em toda a sua extensão, apresenta um tráfego fluido, com níveis de serviço medianos.

Com a implantação de uma faixa exclusiva de ônibus foi constatado o aumento da velocidade do ônibus e a conseqüente diminuição nos atrasos. As demais faixas não sofreram impactos negativos significativos, uma vez que, em sua grande maioria, o nível de serviço se manteve constante, os tempos de parada e os atrasos tiveram um aumento irrisório e o tráfego manteve-se semelhante ao atual. Apesar dos leves aumentos nas filas e tempos de parada, a implantação mostrou-se possível.

Sugere-se como estudos futuros a inclusão de novas linhas de ônibus e o aumento da frota dos mesmos, uma vez que a região apresenta uma escassez tanto de opções de linhas quanto de quantidade de ônibus, visto que é o único modal capaz de atender toda a avenida estudada. Outra sugestão é analisar a quantidade de pessoas que trocariam o transporte particular pelo transporte público com a inserção de uma faixa exclusiva de ônibus.

ANALYSIS OF THE IMPACTS CAUSED BY THE IMPLANTATION OF EXCLUSIVE BUS LANE IN LARGE URBAN CENTER

ABSTRACT

The distance between origin and destiny in an urban center has increased over the last years. The main consequence is chaotic traffic. As an attempt to improve urban mobility the government has opted for incentives for public transit use, such as

implantations of bus lanes on the principal road of the city. In this context, we examined the positive and negative aspects of the implantation of an exclusive bus lane. This paper presents a microsimulation study on Presidente Juscelino Kubitschek Avenue, placed in south of São Paulo. The data collected in field and the feature analyzes were based on a computer simulation, such as the volume of vehicles with and without the implantation of an exclusive bus lane. From the data collected in the simulation, we reached the conclusion that is viable to implant one bus lane since the results show a small increase of traffic queues and the level of service remained constant.

Keywords: Bus lane. Simulation. Collective transportation.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE PÚBLICO (ANTP). Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2014. Relatório Geral 2014. [s.i.]: ANTP, 2016. Disponível em: <<http://www.antp.org.br/sistema-de-informacoes-da-mobilidade/apresentacao.html>>. Acesso em: 18 fev. 2017.

ECCEL, Renan Artur Lopes. **Prioridade semafórica para transporte coletivo por ônibus: simulação dos corredores centro-norte da cidade de Joinville**. 2015. 120 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transportes e Logística, Departamento de Engenharias da Mobilidade do Centro de Joinville, Universidade Federal Santa Catarina, Joinville, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/157268>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

EMBARQ. Global BRT Data. 2015 [Verificar o. Disponível em: <http://brtdata.org/location/latin_america/brazil>. Acesso em: 02 mar. 2017.

MOBILIZE BRASIL. **Mapa das faixas e corredores de ônibus de SP**. Disponível em: <<http://www.mobilize.org.br/mapas/70/mapa-das-faixas-e-corredores-de-onibus-de-sp.html>>. Acesso em: 01 mar. 2017.

SOUSA, Vanessa Vieira; AZEVEDO FILHO, Mário Angelo Nunes; CUNTO, Flávio José Craveiro. **Análise do desempenho operacional de sistemas de transporte público urbano por ônibus com o uso da simulação microscópica**. In: Congresso nacional de pesquisa em transporte da ANPET, 29. 2015, Ouro Preto. Anais. Ouro Preto: ANPET, 2015. p. 1 - 4. Disponível em: <<http://www.anpet.org.br/xxixanpet/anais/documents/RT907.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2017.