

Comparação de velocidades comerciais antes e depois da implantação de faixas exclusivas para ônibus na cidade de São Paulo através de análise de dados de GPS dos veículos.

Renato Oliveira Arbex¹; Claudio Barbieri da Cunha¹; Joaquim Gabriel Righetto Setti¹

1: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Eng. De Transportes, Av. Prof. Almeida Prado, trav.2 nº. 83 Edifício Paula Souza (Prédio da Engenharia Civil), São Paulo, SP – telefone: (11)3091-6092 – email: renatoarbex@usp.br

RESENHA

Este trabalho apresenta os resultados de uma análise da distribuição de tempos de viagem e das velocidades comerciais praticadas em diversas faixas exclusivas de ônibus, na cidade de São Paulo, antes e depois de suas datas de implantação, ocorridas ao longo do ano de 2013.

PALAVRAS-CHAVE:

Velocidades Comerciais; Variabilidade dos tempos de viagem; GPS; Faixas Exclusivas de ônibus.

INTRODUÇÃO

A cidade de São Paulo atualmente conta com 11,8 milhões de habitantes e uma frota de 7,6 milhões de veículos (Pinho, 2014). Em 2013, houve o maior crescimento de carros dos últimos 3 anos, 120 mil novos veículos se juntaram à atual frota (Pinho, 2014). Entretanto, a malha viária não tem aumento proporcional à expansão da posse de automóveis pela população devido à limitação física para o aumento das vias. A infraestrutura de vias de circulação na área central de São Paulo é a mesma a muitos anos. Sendo assim, o crescimento do congestionamento no centro urbano é inevitável caso não sejam tomadas medidas para reduzir o uso do automóvel.

Os congestionamentos contribuem para a redução da qualidade de vida da população ao concentrar a poluição do ar nas regiões de maior congestionamento, trazendo problemas respiratórios. Além disso, o estresse é um dos grandes problemas causados aos motoristas, tanto pela poluição sonora como pelo grande tempo gasto no trânsito em seus deslocamentos.

Frente a tais problemas a Prefeitura de São Paulo tomou medidas, nos últimos anos, para melhorar as condições do transporte público, mesmo que isto viesse afetar os meios de locomoção particular. O transporte público urbano é parte essencial de uma cidade. Idealmente deve constituir o meio de locomoção primário, garantindo o direito de ir e vir de seus cidadãos. Usando o sistema de transporte coletivo, a população contribui para a diminuição dos congestionamentos, através da diminuição entre o conflito transporte público com o particular, além de reduzir a poluição do ar e consumo de combustíveis fósseis.

Sendo assim, o plano de melhoria do transporte público da Prefeitura de São Paulo visou a criação de faixas exclusivas de ônibus, atingindo em 2014 a marca de 320,4km (CET-SP, 2013). A questão que surge é: será que essa implementação de faixas de ônibus contribui de fato para reduzir os tempos de viagens no transporte coletivo e aumentar a velocidade média dos veículos?

DIAGNÓSTICO

Esta pesquisa toma como base dados de monitoramento GPS de toda a frota do transporte público de São Paulo, antes e depois da instalação das faixas exclusivas de ônibus, para verificação e alterações das velocidades médias de viagem nos trechos de algumas faixas exclusivas selecionadas para análise, assim como a distribuição dos tempos de viagem.

Em São Paulo, são ao todo mais de 1300 linhas operando com mais de 14 mil veículos na cidade (SPTrans, 2015^a), que emitem informação de localização por GPS a cada 85 segundos, gerando 12 milhões de informações de GPS diárias. Devido a esse grande volume de dados, foi aplicada uma metodologia de análise específica e eficiente para tratá-los. A metodologia utilizada será apresentada, assim como as dificuldades encontradas.

PROPOSIÇÕES

Devido ao grande número de faixas exclusivas que poderiam ser analisadas, foi feita uma seleção de algumas faixas na área do centro expandido para uma análise mais detalhada dos tempos de viagem e velocidades operacionais ao longo do dia. As faixas exclusivas escolhidas para análise foram:

1. Avenida Sumaré (Perdizes), sentido Barra Funda, no trecho entre a rua João Moura e a Praça Marrey Júnior (3083 metros).
2. Rua Teodoro Sampaio (Pinheiros), sentido Clínicas, no trecho entre a rua Cunha Gago e a esquina da Avenida Doutor Arnaldo (2375 metros) .
3. Avenida Faria Lima (Jardim Europa), sentido Itaim Bibi, no trecho entre o Metrô Faria Lima e a rua Tabapuã (2268 metros).

Além das 3 faixas, foram selecionados 2 outros eixos de transporte, um onde não houve implantação de faixa exclusiva, e o outro já sendo um corredor exclusivo de ônibus, onde os automóveis tem uma maior restrição a seu uso, sendo permitido, nos dias úteis, circular apenas entre 23h e 4h da manhã do dia seguinte. Os eixos selecionados para comparação e controle foram:

1. Avenida Angélica, tráfego misto, sentido Av. Paulista, no trecho entre a Alameda Barros até a esquina com a Av. Paulista (2228 metros).
2. Avenida Rebouças, corredor exclusivo de ônibus, sentido Centro, no trecho entre o Shopping Eldorado e a rua Caio Padro (5510 metros).

Os dados utilizados para análise foram duas semanas de dados de GPS, uma para o período de 13 a 17 de agosto de 2013, e a segunda semana no período entre os dias 20 e 24 de outubro de 2014. O ideal seria uma comparação entre os mesmos meses do ano, contudo, não foi possível a obtenção dos dados para os mesmos meses. Foi escolhida análise de uma semana de dados devido à própria limitação da disponibilidade dos mesmos. Com o acesso a mais dados as análises serão refeitas para novas avaliações.

Os dados de GPS disponibilizados contêm 6 informações e um exemplo dos dados de GPS está apresentado na Tabela 1. As informações para cada registro são:

1. dataserver: data e hora exata que o servidor recebeu a informação do GPS;
2. dataavl: data e hora exata que o AVL (*automatic vehicle location*, o aparelho de GPS) enviou a informação ao servidor;
3. linha: código da linha conforme cadastro interno do sistema OlhoVivo da SPtrans;
4. lat: latitude da informação, com 6 casas decimais;
5. lon: longitude da informação, com 6 casas decimais;
6. codavl: código do equipamento de AVL do veículo (representa um veículo único).

	dataserver	dataavl	linha	lat	lon	codavl
5137412	2014-10-20 08:18:10.460	2014-10-20 08:18:07.000	478	-23.589373	-46.633548	8524
5152213	2014-10-20 08:18:53.770	2014-10-20 08:18:51.000	478	-23.589373	-46.633548	8524
5155028	2014-10-20 08:19:01.970	2014-10-20 08:18:59.000	478	-23.589297	-46.633430	8524
5155649	2014-10-20 08:19:03.787	2014-10-20 08:19:00.000	478	-23.589297	-46.633430	8524
5170301	2014-10-20 08:19:46.693	2014-10-20 08:19:44.000	478	-23.589737	-46.634540	8524
5185597	2014-10-20 08:20:31.733	2014-10-20 08:20:29.000	478	-23.589750	-46.634640	8524

Tabela 1: Exemplo da base de GPS para um veículo e uma linha

Para cada um dos eixos de transporte a serem analisados, foi escolhida uma linha de ônibus representativa da via. As linhas escolhidas foram aquelas cuja frequência programada era a maior dentre as linhas que percorriam toda a extensão dos trechos selecionados. Para este cálculo, foi utilizado a base de dados do sistema de transporte público da SPTrans disponível para download através de um cadastro simples no site da empresa (SPTrans, 2015^b).

A base de dados das linhas é fornecida no formato GTFS, que é um formato padrão muito utilizado atualmente em diversas cidades do mundo para a distribuição das informações de seus sistemas ao *Google Transit* (Google, 2015), assim como a disponibilização ao público em geral e a desenvolvedores interessados em fazer aplicações de transporte. O modelo de dados é descrito na Figura 1.

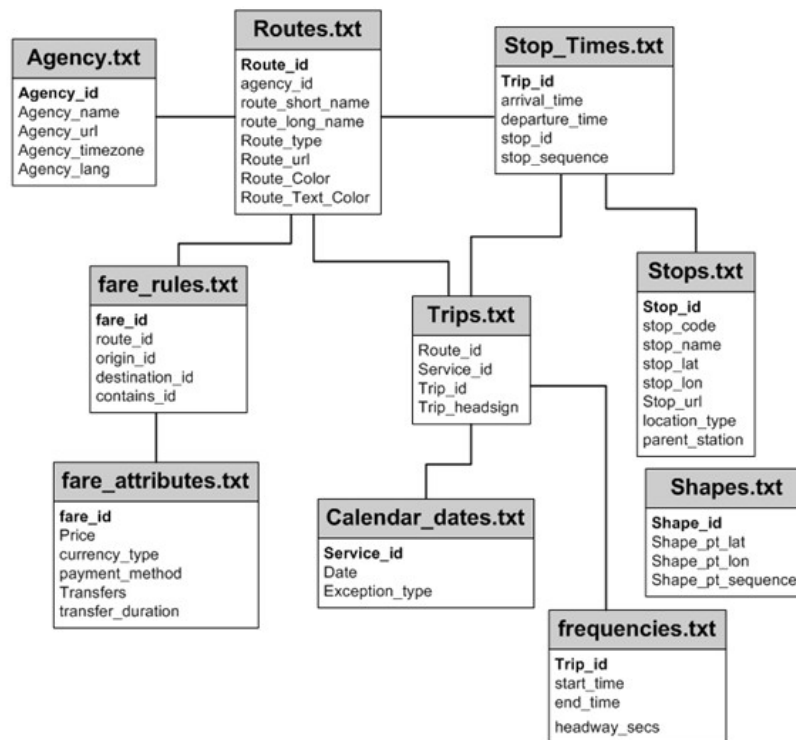


Figura 1: Modelo de dados do GTFS.

Fonte: <http://www.stm.info/fr/a-propos/developpeurs/description-des-donnees-disponibles>

Os principais arquivos que foram usados nesta metodologia são:

1. trips.txt: Descreve as viagens dos veículos, sendo uma em cada sentido da rota.
2. stop_times.txt: Contém a sequência dos pontos de parada de cada linha.
3. frequencies.txt: Arquivo com os intervalos programados para cada linha por horário.
4. stops.txt: Cadastro dos pontos de ônibus, terminais, estações de metrô e trem do sistema.

Para a delimitação dos locais de início e término para as análises dos tempos de viagem e velocidades, foram escolhidos os pontos de ônibus mais próximos ao início e final respectivamente das faixas exclusivas implementadas. Na Tabela 2, estão descritos os pontos iniciais e finais escolhidos para os 5 eixos de transporte conforme a coluna 'descrição', com a nomenclatura Eixo_A (início) e Eixo_B (fim). As informações estão no arquivo stops.txt do GTFS.

	stop_id	stop_name	stop_desc	stop_lat	stop_lon	descricao
12199	630012848	Viad. Paulo Vi	Ref.: R Lisboa/ R Joao Moura	-23.555735	-46.681742	Sumare_A
2394	6110837	Av. Sumaré, 73	Ref.: Av Turiassu	-23.530808	-46.677022	Sumare_B
2581	7014479	Av. Angélica, 352	Ref.: Alameda Barros	-23.536672	-46.654395	Angelica_A
6828	260016881	Av. Angélica, 2646	Ref.: Av Paulista/ R Novo Horizonte	-23.554738	-46.663404	Angelica_B
12207	630012858	Cunha Gago	R. Teodoro Sampaio, 2475 Ref.: R Cunha Gago/ R...	-23.566070	-46.691698	Teodoro_A
9642	440014680	Dr Arnaldo	R. Teodoro Sampaio, 87 Ref.: Av Doutor Arnaldo...	-23.554458	-46.672206	Teodoro_B
2426	6311316	Parada Estação Faria Lima	Av. Brig. Faria Lima, 940 Ref.: Metro Faria Lima	-23.566621	-46.694393	FariaLima_A
8235	340015023	Adolfo Tabacow	Av. Brig. Faria Lima Ref.: R Doutor Jose Gonca...	-23.584256	-46.683433	FariaLima_B
12280	630015015	Eldorado B/C	Av. Eusébio Matoso, 638 Ref.: R Jorge Rizzo/ R...	-23.571709	-46.696577	Rebouças_A
6818	260016861	Caio Prado B/C	R. Da Consolação, 901 Ref.: R Marques De Paran...	-23.548174	-46.649565	Rebouças_B

Tabela 2: Pontos de Parada mais próximos do início e término dos eixos de transporte.

Com os códigos dos pontos de parada definidos, o algoritmo entra com o processamento dos dados de GPS. Resumidamente, todos os dados de GPS são associados ao ponto de ônibus da respectiva linha mais próximo espacialmente. Assim, os pontos de ônibus têm um tempo de passagem daquele veículo associado. Finalmente, para os pontos de ônibus que não tiveram nenhum dado de GPS associado, é feita uma interpolação para a continuidade dos dados de tempos de viagem entre todos os pontos. Seu funcionamento está resumido no fluxograma da Figura 2. Suas etapas são descritas abaixo:

1. *Leitura de Dados*: Inicialmente são armazenados em estruturas de dados adequadas as informações dos pontos de ônibus (stops.txt), dos pontos por linha (stop_times.txt), dados de GPS, e as linhas a serem analisadas.
2. *Filtro Espacial*: Logo em seguida um filtro espacial é aplicado para evitar pontos de GPS com problemas de funcionamento onde ele emitiria uma localização fora da região metropolitana da cidade de São Paulo (RMSP). Os dados de GPS, quanto a este quesito, são de boa qualidade, dado que, para a semana de outubro de 2014, por exemplo, 99,989% dos dados são dentro da RMSP.
3. *Ordenação*: Os dados de GPS são ordenados primeiramente por código de linha, em seguida por código de veículo e por último por data/hora. Desta forma, ordenados cronologicamente, os dados são preparados para uma etapa futura, de separação das viagens.
4. *Associação ao Ponto de ônibus mais próximo*: nesta etapa, todos os dados de GPS são associados ao ponto de ônibus mais próximo da respectiva linha do dado pela distância

euclidiana. Desta forma, os pontos ficam com uma informação temporal da passagem de cada veículo de cada linha, sendo então possível o cálculo dos tempos de viagem entre os pontos.

5. *Filtro Espacial de Associação ao Ponto mais Próximo*: Os dados de localização dos veículos que estavam a mais de 200 metros do ponto mais próximo são descartados, já que a menor resolução espacial de interesse para a análise dos tempos de viagem é cada ponto de ônibus da linha. A quantidade de dados descartados depende da distância entre pontos. Por exemplo, na linha 8700-10 que percorre o corredor Rebouças, dos 244.810 dados de GPS, 57,2% dos dados foram válidos para a próxima etapa.
6. *Separação Viagens*: Nesta etapa, viagens diferentes são separadas para serem analisadas distintamente. O critério de corte para uma viagem ser separada é quando ocorre uma queda brusca na sequência do ponto de ônibus associado ao dado de GPS.
7. *Correção das Viagens*: Alguns problemas após a etapa anterior devem ser corrigidos. Na Figura 3 e na Figura 4 estão dois gráficos gerados de uma linha, para exemplificar visualmente as etapas de separação das viagens e correção dos problemas. São eliminados os dados que representam veículos que “voltaram”, ou seja, um dado de GPS foi associado a um ponto de ônibus anterior a um que já foi associado; para os dados repetidos, apenas 1 (o que foi enviado mais próximo ao ponto dentre todos) é usado para associar ao ponto mais próximo. Por último, os pontos de ônibus que não tiveram uma informação associada têm um tempo de passagem associado por interpolação.
8. *Exporta Informações e Percentis*: São exportados os dados de tempos de viagem entre os pontos de interesse e para as linhas de interesse. Também são calculados e exportados os valores dos percentis 10, 50, 90, e 95 dos tempos de viagem entre os pontos e linhas de ônibus escolhidos.

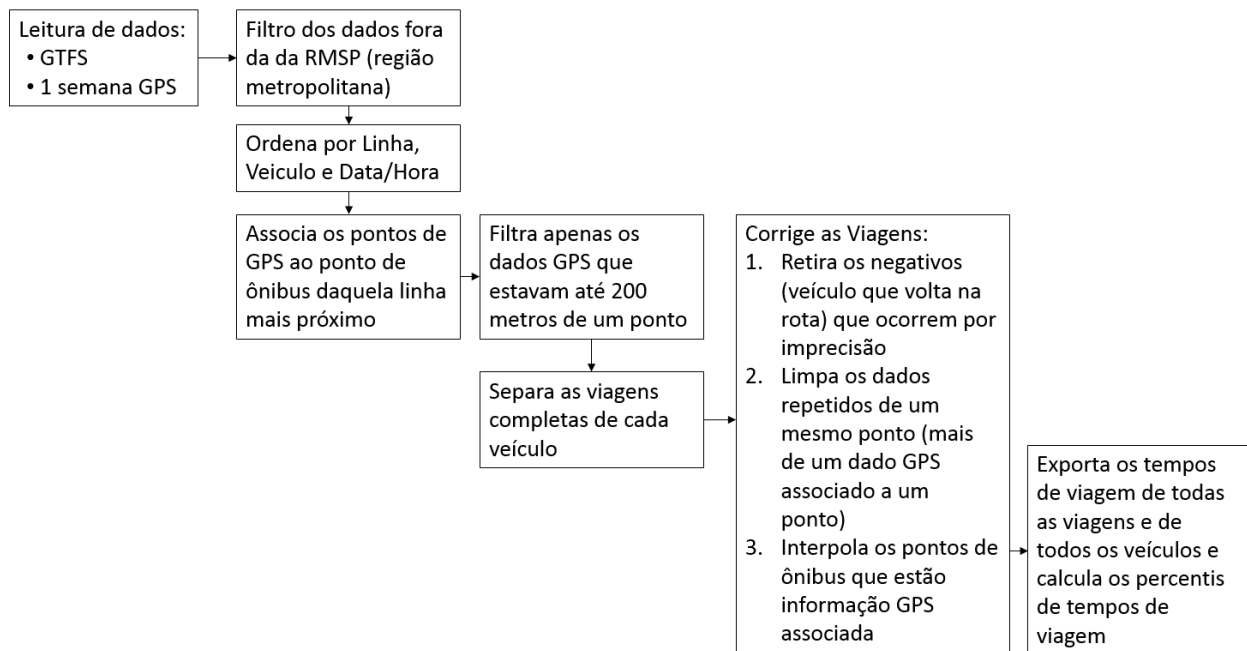


Figura 2: Fluxograma do algoritmo de processamento dos dados de GPS

Depois do procedimento número 5, de filtro espacial de associação, foram gerados gráficos para a visualização da qualidade dos dados para cada veículo, de forma a avaliar as necessidades de correções e limpeza da base antes de utilizá-la. Na Figura 3 e na Figura 4 estão dois gráficos gerados da Linha 177H-10, sentido Metrô Santana – Butantã/USP. No eixo x está a sequência de informações de GPS ordenadas cronologicamente. No eixo y, está a sequência dos pontos de ônibus associados a cada informação. Assim, conforme o veículo emite dados, ele está avançando no seu itinerário, pois a sequência vai aumentando. Por exemplo, numa sequência 2,5,6,8,10,15, equivaleria a 6 dados de GPS onde o primeiro estava mais próximo do 2º ponto de ônibus da linha, a próxima informação associada ao 5º ponto, e assim sucessivamente.

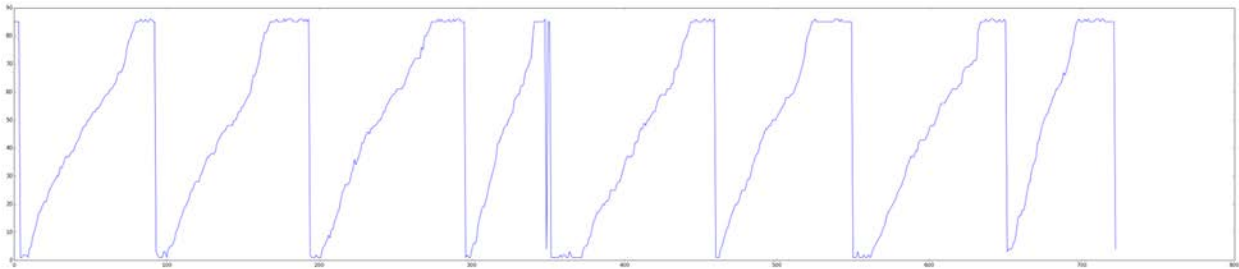


Figura 3: Exemplo de Sequência dos Pontos após a Associação ao Ponto mais próximo para um veículo.

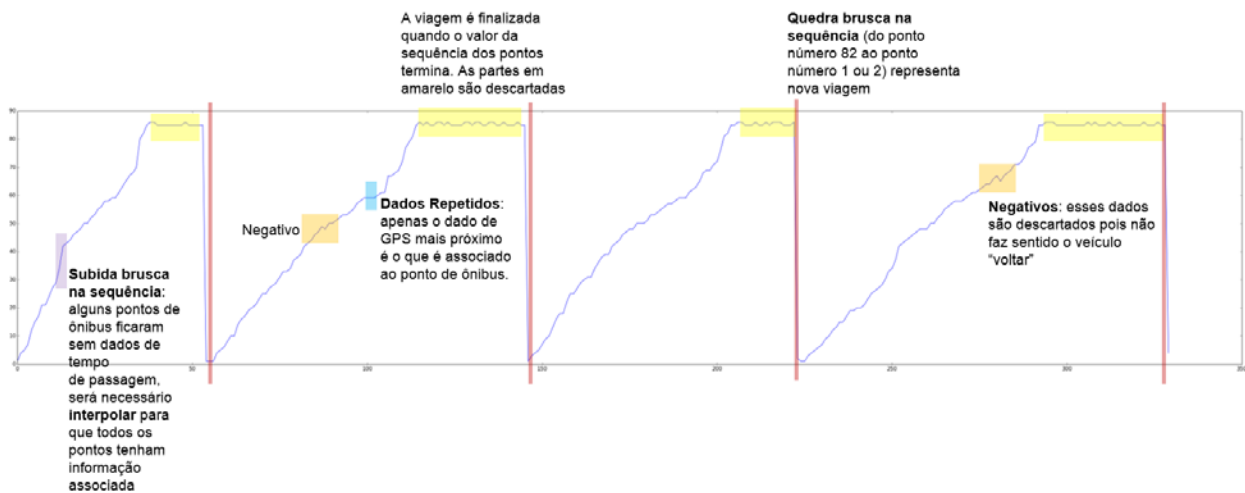


Figura 4: Correções necessárias: Dados repetidos, excesso de dados no final da rota, e sequência não crescente (negativa, indicando que o ônibus “voltou”). A queda representa nova viagem.

Os erros que necessitavam ajustes na etapa de Correção das Viagens são:

1. Retirar os dados de veículos “voltando” (negativos na sequência dos pontos)
2. O mesmo ponto de ônibus tem vários pontos de GPS associados, é escolhido o mais próximo apenas.
3. Pontos que não tiveram dados de GPS associados são incluídos com interpolação.

O algoritmo foi implementado na linguagem Python utilizando as bibliotecas de análise e tratamento de dados Pandas e Numpy, que se mostraram bem eficientes para analisar o grande volume de dados.

RESULTADOS

Como resultados do processamento dos dados de GPS pelo algoritmo, é gerada uma tabela principal de tempos de viagem em segundos, para qualquer combinação de 2 pontos de qualquer código de linha (exemplo na Tabela 3). Com esta tabela, outras informações são derivadas: a tabela de tempos de viagem apenas do par que representa o trecho de transporte de interesse (exemplo na Tabela 4); e uma tabela com os percentis dos tempos de viagem nestes mesmos trechos escolhidos (exemplo na Tabela 5).

	numeroLinha	tripId	veic	stopIdA	stopIdB	dia	diaDaSemana	horaDoDia	horaQuePassou	tempoDeViagemSeg	tempoDeViagem
3	1877	8700-10-0	41216	1707278	1703541	2014-10-20	0	5	05:26:09	135	00:02:15
4	1877	8700-10-0	41216	1707278	1703543	2014-10-20	0	5	05:26:09	224	00:03:44
5	1877	8700-10-0	41216	1707278	1707077	2014-10-20	0	5	05:26:09	269	00:04:29

Tabela 3: Exemplo de registros da tabela principal de tempos de viagem

	numeroLinha	tripId	veic	stopIdA	stopIdB	dia	diaDaSemana	horaDoDia	horaQuePassou	tempoDeViagemSeg	tempoDeViagem
3500	1877	8700-10-0	41216	630015015	260016861	2014-10-20	0	23	23:05:23	636	00:10:36
4403	1877	8700-10-0	41216	630015015	260016861	2014-10-21	1	0	00:44:39	599	00:09:59
5306	1877	8700-10-0	41216	630015015	260016861	2014-10-21	1	6	06:03:28	903	00:15:03

Tabela 4: Exemplo de registros da tabela de tempos de viagem, para um par de pontos selecionado

	stopA	stopB	stopA-stopB	hora	codLinha	contagem	perc10	perc50	perc90	perc95
16	630015015	260016861	630015015-260016861	16	1877	66	938	1099	1282	1362
17	630015015	260016861	630015015-260016861	17	1877	57	1046	1184	1330	1357
18	630015015	260016861	630015015-260016861	18	1877	57	1130	1353	2315	2625
19	630015015	260016861	630015015-260016861	19	1877	62	1068	1151	2102	2667

Tabela 5: Exemplo de registros da tabela de percentis de tempos de viagem para o par de pontos selecionado.

Com os dados analisados e as tabelas geradas, foram extraídos os resultados dos tempos de viagem e percentis para as linhas representativas que percorrem os trechos selecionados, conforme a Tabela 6 e a Tabela 7.

Via	Tipo	Sentido	Local PontoA (esquina com)	Local PontoB (esquina com)	Linha Representativa
Av. Sumaré	Faixa Exclusiva	Barra Funda	Rua João Moura	Praça Marrey Jr.	177Y-10
Rua Teodoro Sampaio	Faixa Exclusiva	Dr. Arnaldo	Cunha Gago	Dr. Arnaldo	177H-10
Av. Faria Lima	Faixa Exclusiva	Itaim Bibi	Metro Faria Lima	Rua Tabapuã	875C-10
Av. Angélica	Tráfego Misto	Paulista	Al. Barros	Av. Paulista	719P-10
Av. Rebouças	Corredor Exclusivo	Centro	Shopping Eldorado	Rua Caio Prado	8700-10

Tabela 6: Avenidas selecionadas com e sem faixas exclusivas e suas linhas representativas

Via	Linha Representativa	Tempos de Viagem Válidos (2013)	Tempos de Viagem Válidos (2014)	Período de Funcionamento da Faixa/Corredor
Av. Sumaré (sentido Barra Funda)	177Y-10	842	139	6h - 20h
Rua Teodoro Sampaio	177H-10	298	265	6h - 20h
Av. Faria Lima (sentido Itaim)	875C-10	735	638	6h - 9h
Av. Angélica (sentido Paulista)	719P-10	289	298	-
Av. Rebouças (sentido Centro)	8700-10	1021	1012	4h às 23h (corredor exclusivo)

Tabela 7: Quantidade de tempos de viagem válidos por linha e o horário das faixas

A seguir são apresentadas as distribuições dos tempos de viagem para as 3 faixas exclusivas, a via com tráfego misto e para o corredor da Avenida Rebouças, para a semana de agosto de 2013 e outubro de 2014, e em seguida serão analisados os resultados. Além dos gráficos, são apresentadas as tabelas de comparação das velocidades comerciais, antes e depois das faixas exclusivas. É avaliado também o *Buffer Index*, índice que procura caracterizar a variabilidade dos tempos de viagem ao longo dos dias, que é definido como:

- *Buffer Index* (Índice de Folga): Percentagem de tempo extra que uma pessoa deve sair mais cedo do que a média daquele horário para chegar a tempo 90% das vezes.

$$BI = \frac{TT90 - M}{M}, \text{ onde } TT90 \text{ é o percentil 90 dos tempos de viagem e } M \text{ a mediana dos tempos de viagem para cada hora do dia.}$$

Seguem os resultados das comparações:

Avenida Sumaré	Antes (13 a 17 de agosto de 2013)						Depois (20 a 24 de outubro de 2014)								
	Hora	Tempos de Viagem	Perc10	Perc50	Perc90	BufferIndex	Velocidade Mediana (km/h)	Tempos de Viagem	Perc10	Perc50	Perc90	BufferIndex	Velocidade Mediana (km/h)		
5	33	346	425	509		19.8%	26.1	2	292	362	432		19.3%	30.7	
6	43	425	499	559		12.0%	22.2	9	405	495	576		16.4%	22.4	
7	66	450	529	603		14.0%	21.0	13	474	532	636		19.5%	20.9	
8	45	437	523	603		15.3%	21.2	13	373	494	640		29.6%	22.5	
9	53	424	509	600		17.9%	21.8	9	426	523	636		21.6%	21.2	
10	57	469	550	639		16.2%	20.2	5	498	501	601		20.0%	22.2	
11	52	467	556	775		39.4%	20.0	8	378	454	576		26.9%	24.4	
12	41	485	595	990		66.4%	18.7	5	454	470	549		16.8%	23.6	
13	57	538	680	994		46.2%	16.3	8	492	528	586		11.0%	21.0	
14	45	575	715	1025		43.4%	15.5	9	532	615	722		17.4%	18.0	
15	46	628	845	1137		34.6%	13.1	7	506	556	695		25.0%	20.0	
16	54	558	649	1235		30.3%	17.1	7	546	642	693		7.9%	17.3	
17	55	593	780	1518		94.6%	14.2	12	567	674	781		15.9%	16.5	
18	46	706	1071	2040		90.5%	10.4	6	644	786	840		6.9%	14.1	
19	48	515	642	1311		104.2%	17.3	10	488	603	698		15.8%	18.4	
20	40	472	562	1077		91.6%	19.7	4	507	582	602		3.4%	19.1	
21	20	429	509	605		18.9%	21.8	7	419	508	583		14.8%	21.8	
22	22	419	510	622		22.0%	21.8	4	445	471	498		5.7%	23.6	
23	8	392	467	639		36.8%	23.8	1	360	360	360		0.0%	30.8	
Médias		44	491	611	920		50.5%	18.2	7	463	535	616		15.2%	20.8

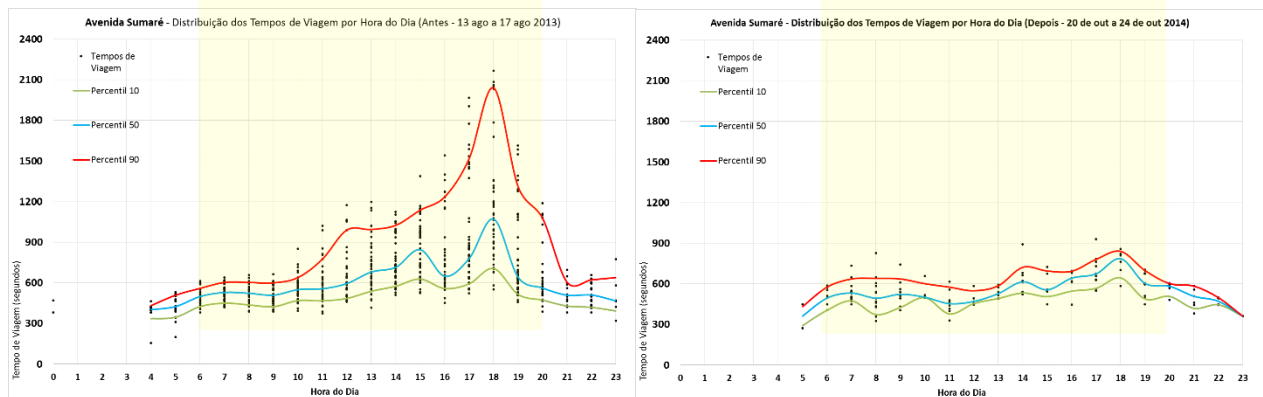


Figura 5: Tabela e Gráficos para a Avenida Sumaré (sentido Barra Funda)

Avenida Angélica		Antes (13 a 17 de agosto de 2013)					Depois (20 a 24 de outubro de 2014)						
Hora	Tempos de Viagem	Perc10	Perc50	Perc90	BufferIndex	Velocidade Mediana (km/h)	Tempos de Viagem	Perc10	Perc50	Perc90	BufferIndex	Velocidade Mediana (km/h)	
6	15	560	658	753		14.4%	15	583	692	792		14.5%	
7	14	695	753	862		14.5%	18	634	702	802		14.2%	
8	29	656	753	873		15.9%	24	686	794	906		14.1%	
9	22	660	820	976		19.0%	24	729	808	932		15.3%	
10	16	664	828	964		16.4%	17	675	779	913		17.2%	
11	19	693	832	983		18.1%	19	678	783	883		12.8%	
12	20	779	912	1062		16.4%	21	636	846	932		10.2%	
13	17	770	1028	1272		23.7%	17	753	855	961		12.4%	
14	20	790	920	1047		13.8%	16	688	808	882		9.2%	
15	19	803	935	1248		33.5%	20	758	831	883		6.3%	
16	15	757	888	1100		23.9%	13	717	873	977		11.9%	
17	17	789	924	1106		19.7%	24	707	772	1140		47.7%	
18	16	716	910	1167		28.2%	19	629	735	900		22.4%	
19	16	537	670	777		16.0%	12	640	763	831		8.9%	
20	8	615	702	749		6.7%	14	487	614	758		23.5%	
21	10	500	575	724		25.9%	8	496	602	667		10.8%	
22	7	532	591	728		23.2%	7	524	602	686		14.0%	
23	4	400	498	555		11.4%	5	346	456	610		33.8%	
Médias		16	662	789	941	19.4%		16	631	740	859	16.1%	10.8

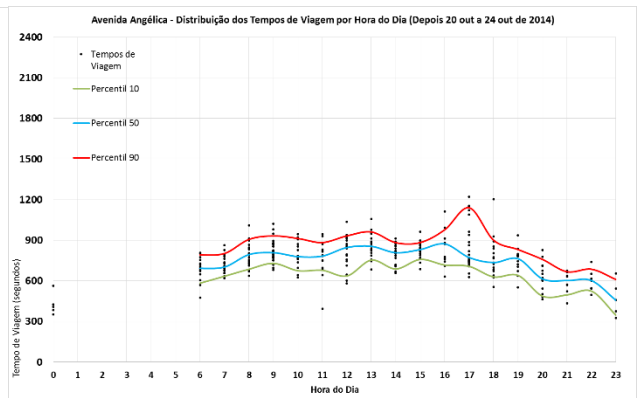
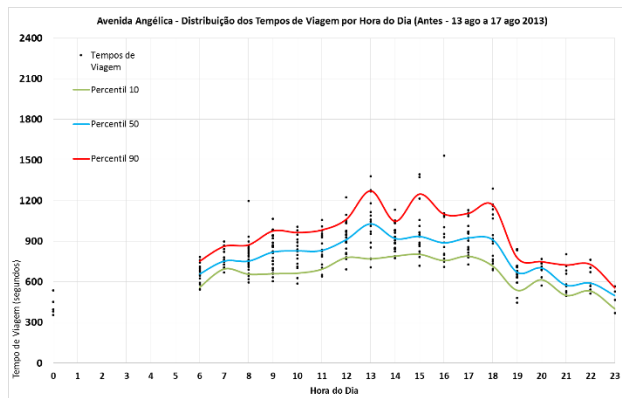


Figura 6: Tabela e Gráficos para a Avenida Angélica (sentido Av. Paulista)

Teodoro Sampaio		Antes (13 a 17 de agosto de 2013)					Depois (20 a 24 de outubro de 2014)						
Hora	Tempos de Viagem	Perc10	Perc50	Perc90	BufferIndex	Velocidade Mediana (km/h)	Tempos de Viagem	Perc10	Perc50	Perc90	BufferIndex	Velocidade Mediana (km/h)	
5	10	528	610	712		16.7%	4	478	506	616		21.7%	
6	18	531	642	736		14.6%	19	579	641	745		16.2%	
7	22	693	778	915		17.6%	13	613	736	879		19.4%	
8	15	710	865	1013		17.1%	15	715	792	960		21.2%	
9	19	636	749	898		19.9%	17	772	988	1324		35.0%	
10	18	609	778	968		24.4%	13	836	1019	1242		21.9%	
11	10	718	789	851		7.9%	20	606	1048	1389		32.5%	
12	18	666	894	1160		29.8%	15	908	1120	1427		27.4%	
13	21	726	863	962		11.5%	11	811	945	1300		37.6%	
14	17	656	787	1125		42.9%	18	760	922	1160		25.8%	
15	15	673	740	1496		102.2%	14	736	892	1055		18.3%	
16	13	706	770	1004		30.4%	13	607	737	935		26.9%	
17	15	715	828	1125		35.9%	14	674	762	831		9.1%	
18	14	961	1198	1576		31.6%	11	659	719	955		32.8%	
19	15	746	1052	1701		61.7%	13	660	807	2008		148.8%	
20	15	526	666	883		32.6%	12	580	688	834		21.2%	
21	11	633	704	761		8.1%	8	563	655	757		15.6%	
22	10	346	540	745		38.0%	18	277	555	730		31.5%	
23	9	376	494	599		21.3%	5	321	462	576		24.7%	
Médias		15	640	776	1012	30.4%		13	640	789	1039	31.6%	10.8

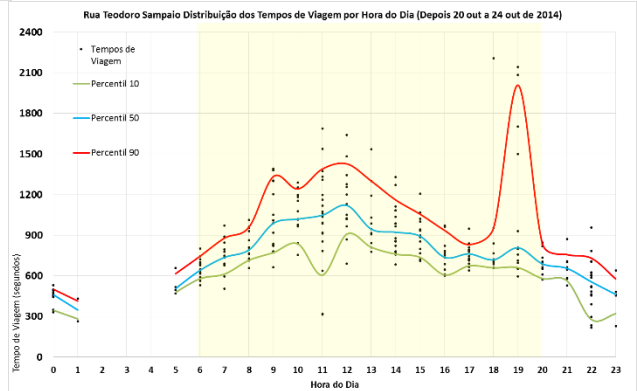
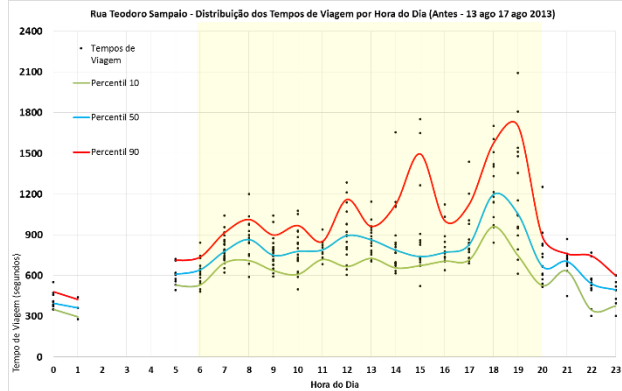


Figura 7: Tabela e Gráficos para a rua Teodoro Sampaio (sentido Av. Dr. Arnaldo)

Av. Faria Lima	Antes (13 a 17 de agosto de 2013)						Depois (20 a 24 de outubro de 2014)							
	Tempo de Viagem	Perc10	Perc50	Perc90	BufferIndex	Velocidade Mediana (km/h)	Tempo de Viagem	Perc10	Perc50	Perc90	BufferIndex	Velocidade Mediana (km/h)		
5	31	298	374	470		25.7%	21.8	30	311	372	436	17.2%	21.9	
6	50	414	521	684		31.3%	15.7	54	374	462	623		34.8%	17.7
7	62	534	698	870		24.6%	11.7	63	456	598	756		26.4%	13.7
8	51	775	965	1235		28.0%	8.5	38	669	940	1339		42.4%	8.7
9	45	776	1045	1256		20.2%	7.8	37	882	1119	1227		9.7%	7.3
10	44	605	744	850		14.2%	11.0	30	492	686	841		22.6%	11.9
11	38	510	624	932		49.4%	13.1	31	413	579	707		22.1%	14.1
12	40	563	678	1073		58.3%	12.0	25	517	655	763		16.5%	12.5
13	38	499	654	775		18.5%	12.5	32	506	634	768		21.1%	12.9
14	45	510	628	871		38.7%	13.0	41	545	689	832		20.8%	11.9
15	39	579	802	999		24.6%	10.2	36	588	730	945		29.5%	11.2
16	48	678	806	973		20.7%	10.1	36	528	690	860		24.6%	11.8
17	48	595	735	1020		38.8%	11.1	37	513	633	994		57.0%	12.9
18	32	595	1400	2457		75.5%	5.8	35	527	651	924		41.9%	12.5
19	27	500	1178	2400		103.7%	6.9	22	502	584	702		20.2%	14.0
20	27	406	680	1366		100.9%	12.0	22	430	540	4056		651.1%	15.1
21	18	333	382	475		24.3%	21.4	19	360	425	2779		53.9%	19.2
22	19	284	391	483		23.5%	20.9	18	360	456	583		27.9%	17.9
23	15	295	361	441		22.2%	22.6	13	318	379	426		12.4%	21.5
Médias		38	513	719	1033	43.6%		11.4	33	489	622	1082	73.9%	13.1

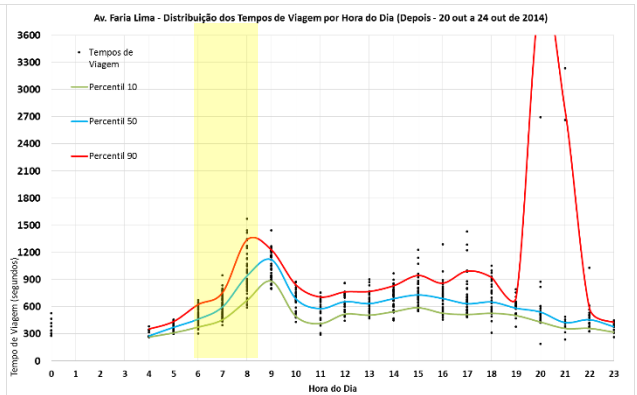
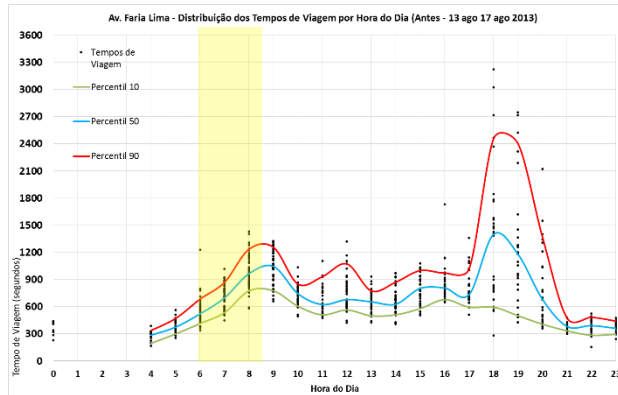


Figura 8: Tabela e Gráficos para a Av. Faria Lima (sentido Itaim Bibi). Faixa opera pela manhã.

Av. Rebouças	Antes (13 a 17 de agosto de 2013)						Depois (20 a 24 de outubro de 2014)							
	Tempo de Viagem	Perc10	Perc50	Perc90	BufferIndex	Velocidade Mediana (km/h)	Tempo de Viagem	Perc10	Perc50	Perc90	BufferIndex	Velocidade Mediana (km/h)		
4	22	595	690	745		8.0%	28.7	25	599	652	772		18.4%	30.4
5	48	748	802	894		11.5%	24.7	50	736	845	935		10.7%	23.5
6	59	896	975	1084		11.2%	20.3	62	854	958	1143		19.3%	20.7
7	73	1019	1100	1187		7.9%	18.0	68	959	1094	1230		12.4%	18.1
8	77	1098	1232	1418		15.1%	16.1	76	996	1110	1215		9.5%	17.9
9	56	1022	1166	1286		10.3%	17.0	60	1018	1124	1255		11.7%	17.6
10	50	962	1077	1257		16.7%	18.4	50	818	1068	1203		12.6%	18.6
11	47	917	1040	1161		11.6%	19.1	42	722	1098	1266		15.3%	18.1
12	45	976	1122	1227		9.4%	17.7	45	1006	1180	1469		24.5%	16.8
13	47	962	1058	1162		9.8%	18.7	43	1089	1226	1372		11.9%	16.2
14	50	945	1062	1302		22.6%	18.7	55	1030	1184	1387		17.1%	16.8
15	65	1009	1138	1359		19.4%	17.4	58	1000	1258	1566		24.5%	15.8
16	65	1055	1274	1667		30.8%	15.6	66	938	1099	1282		16.7%	18.0
17	64	1158	1508	2490		65.1%	13.2	57	1046	1184	1330		12.3%	16.8
18	45	1611	2219	2855		28.7%	8.9	57	1130	1353	2315		71.1%	14.7
19	50	1153	1518	2047		34.8%	13.1	62	1068	1151	2102		82.6%	17.2
20	42	870	1044	1282		22.8%	19.0	36	914	1062	1179		11.0%	18.7
21	36	796	855	954		11.6%	23.2	27	827	887	1078		21.5%	22.4
22	24	763	857	897		4.7%	23.1	20	748	896	987		10.2%	22.1
23	25	569	684	803		17.4%	29.0	18	701	786	849		8.0%	25.2
Médias		50	956	1121	1354	20.8%		17.7	49	910	1061	1297	22.2%	18.7

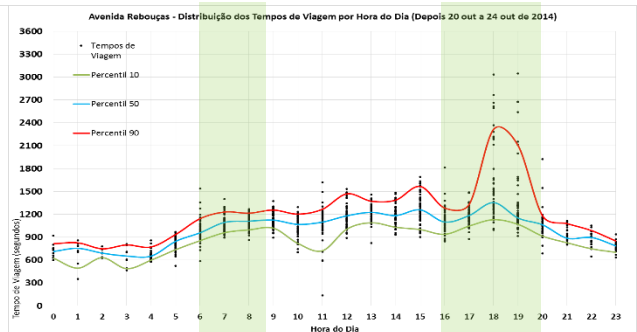
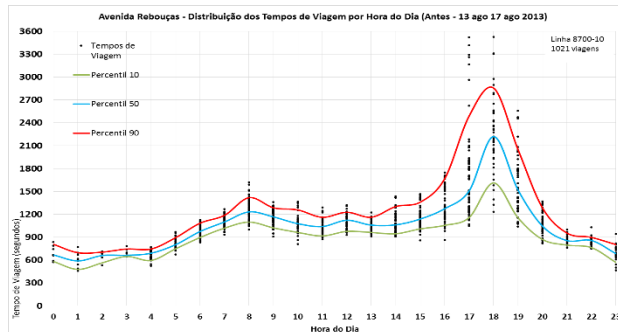


Figura 9: Tabela e Gráficos para a Av. Rebouças e Rua da Consolação sentido Centro.

Os resultados da Avenida Sumaré (Figura 5) surpreenderam positivamente, pois com a faixa exclusiva de fato houve uma redução das variabilidades dos tempos de viagem e aumento das velocidades medianas em praticamente todos os horários do dia. O *Buffer Index* médio reduziu de 50,5% para 15,2%, possibilitando aos usuários sair até 15 minutos mais tarde que na semana analisada de 2013, e mesmo assim chegarão no horário planejado em 90% das vezes.

Como era esperado, não houve mudança significativa no perfil de tempos de viagem para a Avenida Angélica (Figura 6). Além disso, não há uma grande variabilidade nos tempos de viagem.

O perfil dos tempos de viagem para a Rua Teodoro Sampaio (Figura 7) demonstra que esse é de fato uma via com altíssima variabilidade (e portanto baixa confiabilidade) do tempo de viagem. A implantação da faixa exclusiva, neste caso, não se mostrou plenamente eficiente, já que as velocidades medianas caíram para o período da manhã e almoço, porém gerou uma leve redução no pico da noite (apesar do aumento da variabilidade). Acredita-se que este comportamento atípico se deve à influência do desempenho da via onde esta rua termina, a Av. Dr. Arnaldo.

A Avenida Faria Lima (Figura 7) tem uma faixa exclusiva que opera das 6h às 9h da manhã. Pelos gráficos verificamos que ela não alterou significativamente as velocidades. No período da tarde, houve uma redução do tempo de viagem mediano, porém, um 90 percentil extremamente alto. Possivelmente em 2014 houve algum acidente ou outros eventos durante a semana.

O corredor da Av. Rebouças havia sido escolhido por ser uma via mais exclusiva para ônibus e que, portanto, apresentaria um comportamento igual no período. Entretanto, em março de 2014 os táxis foram proibidos de andar nos horários de pico. Esta medida parece ser a responsável pelo aumento da velocidade de 8,9 km/h para 14,7 km/h às 18h e de 13,1 km/h para 17,2 km/h às 19h. O horário de proibição dos táxis na via está representado em lilás na Figura 8 (6h às 9h e das 16h às 20h).

Concluindo, este trabalho apresentou uma metodologia de análise de dados de GPS para avaliação da distribuição dos tempos de viagem e estatísticas de velocidades comerciais, que foram aplicadas para a avaliação antes/depois de implantação de faixas exclusivas em São Paulo. Como trabalhos futuros está o aumento do período de análise de uma semana para um mês, para melhor caracterizar a variabilidade dos tempos de viagem, assim como a análise de outros corredores e a distribuição dos tempos de viagem dos trajetos completos dos usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CET-SP. 2013. Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. Apresentação e detalhes de metas para os corredores de ônibus. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/255662/300kmexclusivas1.pdf>> Acesso em: 17 de dezembro, 2014.

PINHO, Márcio. 2014. Reportagem "São Paulo Registra maior crescimento da frota de carros em três anos". Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/02/sao-paulo-registra-maior-crescimento-da-frota-de-carros-em-tres-anos.html>> Acesso 17 de dezembro, 2014.

SPTRANS, 2015^a, São Paulo Transportes. Indicadores. Disponível em: <<http://www.sptrans.com.br/indicadores/>>. Acesso em: 29 de março de 2015.

SPTRANS, 2015^b, São Paulo Transportes. Área de Desenvolvedores. Disponível em: <<http://www.sptrans.com.br/desenvolvedores/>>. Acesso em: 29 de março de 2015.

GOOGLE TRANSIT. 2015. Google Transit, documento de referência para desenvolvedores. Disponível em:

<<https://developers.google.com/transit/gtfs/reference>>. Acesso em: 29 de março de 2015.