

## **Micro Pesquisa Origem Destino - Micro OD Metodologia de estudo de tráfego em área**

Estudo de caso: região do Bairro da Pompeia com tecnologias da informação e big data

*Prof. Dr. Edison de Oliveira Vianna Junior<sup>1</sup>*

---

### **Resumo:**

Trata-se de uma introdução a metodologia de estudos de tráfego com novas técnicas de avaliação e obtenção de dados de circulação de veículos e pessoas, além do utilizado rotineiramente pela CETSP, tais técnicas utilizam recursos de *big data*, análise de imagens e inteligência artificial. Também foram utilizados dados de aplicativos (app), de GPS, de radares fotográficos e imagens de vídeo do sistema *Split Cycle and Offset Optimisation Technique* - SCOOT.

O objetivo foi estabelecer um conjunto de parâmetros que indiquem a convergência ou divergência de sistemas de semáforos com inteligência agregada, ou seja, em tempo real ou adaptativo, e com coordenação centralizada ou distribuída. A coordenação de redes de semáforos é tarefa difícil na cidade de São Paulo e pode ser desafiadora, pretende-se descrever premissas e parâmetros para estas análises.

As técnicas utilizadas rotineiramente pela Companhia são a obtenção de dados primários a partir de contagens simples e manuais de veículos, bicicletas e pessoas, e recentemente a obtenção dos dados de radares, de difícil obtenção devido à necessidade de garantia à privacidade e imagens de vídeo em desenvolvimento. Com estes dados podem-se alimentar modelos matemáticos computacionais de micro simulação na região de interesse. O modelo utilizado foi o VISSIM da PTV que opera basicamente com *car*

---

<sup>\*</sup> Pós-doutorando e Doutor em Engenharia Elétrica na Escola Politécnica USP e Mestre em Arquitetura e Urbanismo (FAUUSP). Gestor da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) e membro do grupo Gestão em Automação & TI – GAESI.

*fowling*, onde a distância entre os carros é definida pela agressividade dos motoristas e seu comportamento, o fluxo é definido pelas contagens classificadas manuais ou automáticas realizadas pela CET.

Foram utilizados dados “recortados” de macro modelo em operação na CET como o EMME de 4 etapas, modelo de geração, atração, distribuição de viagens e alocação de fluxos à rede. A metodologia consistiu em levantar os dados da região de vários modos e posteriormente lançar os dados na micro rede, simulando com algumas das técnicas, Vissim, Balance e Epics.

Os dados apresentados foram produzidos pela CET conjuntamente com a USP/POLI/PTR em projeto do Banco Mundial, sobretudo o mapeamento do estado da arte e operacional da rede semafórica da cidade de São Paulo e as principais tecnologias utilizadas no mundo, e também foi produzida uma dissertação de mestrado e um trabalho de conclusão de curso TCC, ambos da Escola Politécnica, no Departamento de Transportes, considerados como referência, por terem realizado simulações com os dados de campo produzidos pela CET, e os resultados estão arrolados com avaliação da simulação dos sistemas de controle semafórico de tráfego adaptativos por meio de aplicativos da PTV como o Vissim, Epics e Balance.

**Palavras-chave:** Semáforos inteligentes; Contagens; Dados de tráfego; *Big Data*; Simulação.

Abstract:

This is an introduction to the methodology of traffic studies with new techniques for evaluating and obtaining data on the circulation of vehicles and people, in addition to the routinely used by CETSP, such techniques use big data resources, image analysis and artificial intelligence. Data from applications (app), GPS, photographic radars and video images from the Split Cycle and Offset Optimization Technique - SCOOT system were also used.

The objective was to establish a set of parameters that indicate the convergence or divergence of traffic light systems with added intelligence, that is, in real time or adaptive, and with centralized or distributed coordination. The coordination of traffic light networks is a difficult task in the city of São Paulo and can be challenging, it is intended to describe assumptions and parameters for these analyses.

The techniques routinely used by the Company are obtaining primary data from simple and manual counts of vehicles, bicycles and people, and recently obtaining data from radars, difficult to obtain due to the need to guarantee privacy and video images in development. With these data, computational mathematical models of micro simulation in the region of interest can be fed. The model used was PTV's VISSIM, which operates basically with car fowling, where the distance between the cars is defined by the aggressiveness of the drivers and their behavior, the flow is defined by manual or automatic classified counts carried out by the CET.

“Snipped” data from the macro model in operation at CET were used, such as the 4-step EMME, model of generation, attraction, distribution of trips and allocation of flows to the network. Tom Tom was also asked to carry out a survey of data from cell phones in the Pompeia region, to verify the data obtained analogically (manual counts). The methodology consisted of collecting data from the region in various ways and then launching the data into the micronetwork, simulating with some of the techniques, Vissim, Balance and Epics.

The data presented were produced by CET jointly with USP/POLI/PTR in a World Bank project, especially the state-of-the-art and operational mapping of the traffic light network in the city of São Paulo and the main technologies used in the world, and a master's thesis was also produced and a course conclusion work TCC, both from the Polytechnic School, in the Department of Transport, considered as a reference, for having carried out simulations with field data produced by CET, and the results are listed with an evaluation of the simulation of traffic light control systems of adaptive traffic through PTV applications such as Vissim, Epics and Balance.

Keywords: Intelligent traffic lights; Counts; Traffic data; Big data; Simulation.

## Introdução

A necessidade de melhoria de desempenho do sistema viário melhorando sua capacidade de suportar diferentes modos de transportes e veículos, e permitindo o deslocamento de mais usuários, e conseqüentemente a melhoria dos sistemas de mobilidade, em especial dos ônibus urbanos, sugere uma nova etapa de compreensão e modelagem do sistema de circulação urbana, que se inicia com a disponibilidade de dados e informações geradas diariamente pelos diversos sistemas utilizados e incrementados pela tecnologia. Tais informações e dados permitirão um maior controle e melhor utilização do sistema viário, melhora das condições de tráfego e a qualidade de vida da população.

A necessidade de conhecer e avaliar as diversas tecnologias de controle de tráfego permite qualificar os investimentos nestes sistemas e multiplicá-los. A cidade de São Paulo por meio da Secretaria de Participação e Parcerias recentemente publicou o Edital de Chamamento Público nº 6071.2018/0000059-0:

“Procedimento Preliminar de Manifestação de Interesse (PPMI) objetivando a coleta de subsídios para a estruturação de parceria com a iniciativa privada para a modernização, manutenção e disponibilização da rede semafórica do Município de São Paulo.” (Edital, Caput)

As principais conclusões foram pelo prosseguimento dos estudos e aprofundamento da modelagem conjuntamente com os órgãos de gestão de trânsito e transportes, como Secretaria Municipal de Transportes e Mobilidade, CET e SPtrans.

“As equipes da SP Parcerias (SPP) e da Secretaria Municipal de Participação e Parcerias (SMDP) e os demais órgãos competentes, analisarão as propostas e dados internos da rede semafórica para melhor entender as necessidades da cidade e definir um modelo de atualização do sistema.” (Relatório, p. 28)

Conforme iniciativa do Banco Mundial conjuntamente com a Prefeitura de São Paulo, CET e empresa IDOM que devido ao *prosperity fund* e recursos do UK foi contratada uma empresa espanhola, IDOM para levantamento da situação do parque semafórico da cidade de São Paulo.

Atualmente, a cidade possui 7 CTAs más apenas cinco (5) CTAs tem conectados controladores (controladores centralizados), que são os apresentados a seguir (Fonte CET, fevereiro 2019):

DADO / CENTRAL	DCS-SO	DCS-CN	DCS-NO	DCS-SE	DCS-SU	DCS-OE	DCS-LE	DCS-MB	TOTAIS
<b>Cruzamentos CTA</b>	335	270	168	137	181	374	158	33	<b>1656</b>
<b>Cruz. Centralizados</b>	55	36	83	0	31	123	0	9	<b>337</b>
<b>Controladores CTA</b>	283	205	150	129	145	301	150	32	<b>1395</b>
<b>Cont. Centralizados</b>	43	27	46	0	26	82	0	8	<b>232</b>
<b>Cruzamentos em Tempo Real (SCOOT)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>

Tabela 1 Fonte: Relatório IDOM 01(2019)

Devido a necessidade de adotar-se área piloto para estudos de avaliação de desempenho de sistemas semafóricos em tempo real e adaptativos, foi escolhida está área devido à quantidade de interseções com controladores SCOOT e sensores de detecção de veículos em operação, na região da Pompéia conforme figura 1.

O objetivo foi o desenvolvimento de metodologia de levantamentos de dados para procedimentos para avaliação de sistemas de controle semafórico atuado (em tempo real ou adaptativo) por meio de simulação de tráfego, utilizando dados analógicos, e comparados com outras fontes como big data, dados de app, gps de celulares e imagens de vídeo e outras tecnologias;

O método consiste em tomar dados de campo com equipes suficientes para cobrir todas as entradas e saídas da área de controle e obter dados que possam ser comparados com outras técnicas ou fontes de informações para avaliação do melhor conjunto de dados ou mais representativo. As contagens devem ser realizadas no mesmo horário, portanto a sincronia é importante e deve-se iniciar as contagens meia hora antes e terminar meia hora depois para dar tempo aos veículos que já entraram sair e abandona-se os trinta minutos de dados para evitar estes veículos, garantindo que os veículos não tivessem a área em questão como destino.

Foram realizadas contagens analógicas para controle de entrada e saída da área de estudo, onde foram mobilizadas cerca de cinquenta pessoas e realizadas contagens de placas amostral com placas de final 8. Chamada de Micro OD, e foi considerada uma pequena área de estudo para avaliação na região da Pompeia, uma vez que nesta área onde o sistema SCOOT estava em melhores condições de operação, com sinais de fibra ótica e câmeras de vídeo operacionais.

Mapa da região de estudo

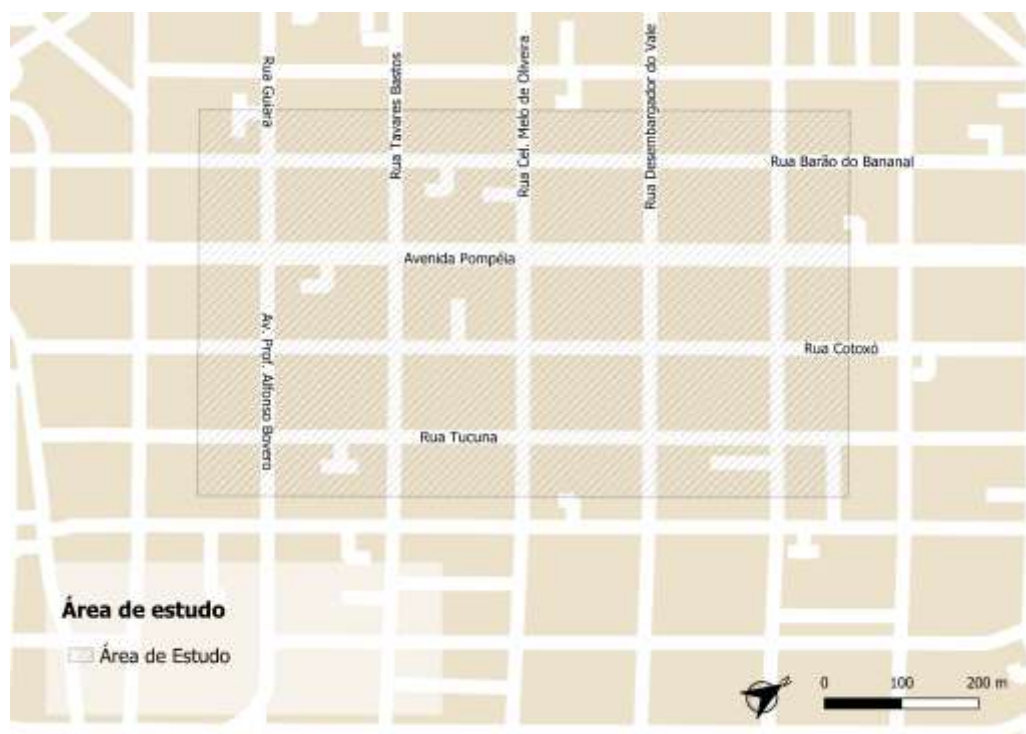


Figura 1 – Fonte: FERNANDA TAMYE IROKAWA, pag.26, 2019

O DPT realizou uma pesquisa microscópica de Origem e Destino – Micro OD regional por final de placas.

<b>Origens e Destinos da Micro OD obs.: O fluxo é paralelo à primeira via da interseção</b>			
Origem	Endereço (entradas na malha)	Destino	Endereço (saídas da malha)
O1	Av. Pompéia x R. Min. Ferreira Alves	D1	Av. Pompéia x R. Min. Ferreira Alves
O2	R. Tucuna X R. Min. Ferreira Alves	D2	R. Cotoxó X R. Min. Ferreira Alves
O3	R. Min. Ferreira Alves X R. Tucuna	D3	R. Tucuna X R. Min. Ferreira Alves
O4	R. Cel. Melo de Oliveira X R. Tucuna	D4	R. Des. do Vale X R. Tucuna
O5	Av. Prof. Afonso Bovero X R. Tucuna	D5	R. Tavares Bastos X R. Tucuna
O6	R. Tucuna X Av. Prof. Afonso Bovero	D6	Av. Prof. Afonso Bovero X R. Tucuna
O7	Av. Pompéia X Prof. Afonso Bovero	D7	R. Tucuna X Av. Prof. Afonso Bovero
O8	R. Barão do Bananal X Rua Guiará	D8	R. Cotoxó X Av. Prof. Afonso Bovero
O9	Rua Guiará X R. Barão do Bananal	D9	Av. Pompéia X Rua Guiará
O10	R. Barão do Bananal X R. Tav. Bastos	D10	R. Barão do Bananal X Rua Guiará
O11	R. Des. do Vale X R. Barão do Bananal	D11	Rua Guiará X R. Barão do Bananal
O12	Barão do Bananal X R. Min. Fer. Alves	D12	Tav. Bastos X R. Barão do Bananal
		D13	Cel.Melo de Oliveira X R. Tav. Bastos
		D14	Min. Fer. Alves X Barão do Bananal

Tabela 2 Fonte: O autor CET

Demais informações sobre a organização dos trabalhos:

- Data da pesquisa, coleta de dados de campo: 21/05/2019 – terça feira.
- Horário da Pesquisa: das 07h30min h às 09h30min h.

A logística para mobilização da equipe envolveu três etapas básicas:

1. **Treinamento** no dia 17/05/19, no Departamento de Pesquisa;
2. **Transporte** - parte do grupo deslocou-se de viatura da CET, e outra utilizou o por aplicativo 99;
3. **Recrutamento** do pessoal para o levantamento de campo: Equipe do DPT, estagiários, Rosa, Lea, Célia, Assis, Sandra, Marcos, Roberto, Teresa, Equipe do CETET, Vicente, Edison Vianna, Edlene, Paulo Flores, Equipe da USP, Edson Baranauskas, Harumi, Solange, Cynthia (GST/DBD).

## RESULTADOS

A partir dos dados originais das contagens foram excluídos os veículos que aparecem apenas uma única vez na matriz, ou seja, que apenas entraram ou saíram e outras inconsistências, esta atividade será chamada de validação dos dados, e geraram a seguinte matriz:

### Planilha de resultados validados da Micro OD

Origem	Destino														Total Geral
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	
O1	15	6	1	25	5	21	4	8	145	1	4	10	30	53	328
O2	2	7	1	4	4	1	6				1	2		3	31
O3	20	4	22	6			1		5			1	2	43	104
O4	16	8	6	8	2	2	2		6			4	63	2	119
O5	7	5	3	1	5	2	2	2		1		15	5	1	49
O6	2		2	1	2	2	1		1			3	2		16
O7	108	3		8	4	12	2	1	3	1	1	2	5	4	154
O8	6	1		2	4	4	1	8	3		1		1		31
O9	15	4		3	9	63	1	34	3	3		2	1		138
O10	2	1		2	4	7	1	8	2	4	2		2		35
O11	42	6	1	67	4	2	2	1	7	2	1	5	12		152
O12	8	2		17		1	3		4	2	2	2	6	15	62
Total Geral	243	47	36	144	43	117	26	62	179	14	12	46	129	121	1219

Tabela 3 – Resultados da Micro OD – Fonte Autor / CET

### Planilha de resultados validados da Micro OD em porcentagem

Origem	Destino														Total
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	
O1	5%	2%	0%	8%	2%	6%	1%	2%	44%	0%	1%	3%	9%	16%	100%
O2	6%	23%	3%	13%	13%	3%	19%	0%	0%	0%	3%	6%	0%	10%	100%
O3	19%	4%	21%	6%	0%	0%	1%	0%	5%	0%	0%	1%	2%	41%	100%
O4	13%	7%	5%	7%	2%	2%	2%	0%	5%	0%	0%	3%	53%	2%	100%
O5	14%	10%	6%	2%	10%	4%	4%	4%	0%	2%	0%	31%	10%	2%	100%
O6	13%	0%	13%	6%	13%	13%	6%	0%	6%	0%	0%	19%	13%	0%	100%
O7	70%	2%	0%	5%	3%	8%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	3%	3%	100%
O8	19%	3%	0%	6%	13%	13%	3%	26%	10%	0%	3%	0%	3%	0%	100%
O9	11%	3%	0%	2%	7%	46%	1%	25%	2%	2%	0%	1%	1%	0%	100%
O10	6%	3%	0%	6%	11%	20%	3%	23%	6%	11%	6%	0%	6%	0%	100%
O11	28%	4%	1%	44%	3%	1%	1%	1%	5%	1%	1%	3%	8%	0%	100%
O12	13%	3%	0%	27%	0%	2%	5%	0%	6%	3%	3%	3%	10%	24%	100%

Tabela 4 – Resultados da Micro OD – Fonte Autor / CET

Devido ao fato de que a placa final 8 ter o dia do rodízio na quinta feira, finais 7 e 8, e, portanto, não é um final de placa tão rejeitado quanto os finais, 1 e 2 ou 9 e 0, pois os usuários preferem para poder viajar utilizando seus carros na segunda ou sexta-feira. Pode-se inferir que o fator de expansão é de 10.

Expansão dos dados segundo contagem																
Contagem	Origem	Destino														Total
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	
1625	O1	74	30	5	124	25	104	20	40	718	5	20	50	149	263	1625
152	O2	10	34	5	20	20	5	29	0	0	0	5	10	0	15	152
457	O3	88	18	97	26	0	0	4	0	22	0	0	4	9	189	457
647	O4	87	43	33	43	11	11	11	0	33	0	0	22	343	11	647
304	O5	43	31	19	6	31	12	12	0	6	0	93	31	6	304	
115	O6	14	0	14	7	14	14	7	0	7	0	22	14	0	115	
832	O7	583	16	0	43	22	65	11	5	16	5	5	11	27	22	832
595	O8	115	19	0	38	77	77	19	154	58	0	19	0	19	0	595
107	O9	12	3	0	2	7	49	1	26	2	2	0	2	1	0	107
220	O10	13	6	0	13	25	44	6	50	13	25	13	0	13	0	220
842	O11	233	33	6	371	22	11	11	6	39	11	6	28	66	0	842
278	O12	36	9	0	76	0	4	13	0	18	9	9	9	27	67	278
6174	Total	1308	243	178	771	253	397	146	293	926	64	76	249	698	572	6174

Tabela 5 – Projeção dos resultados da Micro OD – Matriz OD final - Fonte Autor / CET

A região de estudo tem densidade média, é de uso misto e a classificação viária conforme tabela 1.

### Descrição da região de estudo

Rua / avenida	Classificação	Referência
Avenida Pompéia	Arterial	Principal
Rua Barão do Bananal	Coletora	Paralela
Rua Cotoxó	Coletora	Paralela
Rua Tucuna	Coletora	Paralela
Rua Ministro Ferreia Alves	Coletora	Transversal
Rua Desembargador do Vale	Coletora	Transversal
Rua Coronel Melo de Oliveira	Coletora	Transversal
Rua Tavares Bastos	Coletora	Transversal
Rua Guará	Coletora	Transversal
Avenida Prof. Alfonso Bovero	Coletora	Transversal

Fonte: adaptado de CET (2019)

Tabela 6 – Fonte: FERNANDA TAMYE IROKAWA, pag.27, 2019.

Conforme constata-se na tabela 6, o sistema viário da região é predominantemente de coletoras, articuladas pela avenida Pompéia que é via arterial, e consolida a comunicação de fluxos importantes interbairros vindos pela avenida Alfonso Bovero (Sumaré e Paulista), com fluxos oriundos das avenidas Heitor Penteado (Pinheiros, Vila Madalena) e da Francisco Matarazzo (Pompéia, Vila Romana, Água Branca) e Marques de São Vicente, (marginais, Lapa, Barra Funda), além do tráfego local.

#### Dados de radares

Os radares têm seus dados regidos pelo contrato que é baseado no Termo de referência para a licitação do serviço, e o *string* de dados é descrito na tabela 7, note que o dado de número 8 deve ser retirado para a garantia do anonimato do contribuinte.

Nº	Nome do Campo	Tamanho	Formato	Posição		Observações
				De	Até	
1	Código da empresa	2	AN	1	2	(1)
2	Data	8	N	3	10	AAAAMMDD (1)
3	Hora	6	N	11	16	HHMMSS (1)
4	Código do local	4	N	17	20	(1)
5	Faixa	1	N	21	21	(1)
6	Número de registro	6	N	22	27	(1) e (3)
7	Tipo de registro	1	N	28	28	(1) e (4)
8	Placa do veículo	7	AN	29	35	AAA9999 (1)
9	Tipo/espécie do veículo	1	N	36	36	(1) e (5)
10	Classificação do tipo de veículo	1	N	37	37	(1) e (6)
11	Comprimento medido do veículo	3	N	38	40	Em decímetros (2)
12	Velocidade Pontual	3	N	42	44	Em décimos de metros por segundo (1)
13	Tempo ocupação	5	N	45	48	Em milissegundos (2)
14	Velocidade Média	3	N	49	51	Em décimos de metros por segundo (7)

Tabela 7 - Fonte: SMT, Termo de referência, 2013. Pg. 99

“Observações: A coluna “Formato” identifica se o campo é Numérico – N, ou Alfanumérico – AN. Os campos numéricos devem ser preenchidos com Zeros à esquerda e os campos alfanuméricos devem ser preenchidos com espaços em branco à direita. (1) Obrigatório em todos os registros. (2) Obrigatório apenas se a tecnologia utilizada permitir a sua medição. (3) Número sequencial exclusivo para cada registro de um mesmo local, reiniciado todo dia 1º de cada mês. (4) Tipo do registro: 0 = comum = registro de veículo não infrator; 1 = infrator = registro de veículo infrator; 2 = s/registo = registro em branco em caso de não passagem de veículo (subitem 25.10) sendo, obrigatórios, neste caso, os campos de 1 a 7, sendo que os demais campos não devem ser informados. (5) Tipo ou espécie do veículo: moto = 0, passeio = 1, ônibus = 2 ou caminhão = 3. (6) Classificação de tipo de veículo: leve = 0 ou pesado = 1. (7) Velocidade média com a qual o veículo percorreu o trecho compreendido entre o equipamento a montante, definido como início do trecho de fiscalização da velocidade média, e o equipamento atual (a jusante).” (SMT, Termo de referência, 2013. Pg. 99)

“16.1.4.1. Este arquivo deverá ser nomeado segundo a seguinte regra: a) Caractere “DT”; b) Código da empresa com 2 caracteres; c) Código do local com 4 caracteres; d) Número sequencial de arquivo com 6 caracteres



(numeração sequencial gerada para cada arquivo criado, inicializada a cada mudança de ano da data de gravação); e) Data da gravação do arquivo com 8 caracteres no formato “AAAAMMDD”; e f) Hora da gravação do arquivo com 6 caracteres no formato “HHMMSS”. Por exemplo: DTXY432100012320130420123502.TXT onde “XY” é o código da empresa, “4321” é o código do local, “000123” é o número sequencial de arquivo, que foi gravado na data de 20/04/2013 às 12 horas, 35 minutos e 02 segundos.” (SMT, Termo de referência, 2013. Pg. 100)

Foram obtidos dados dos radares extraídos de *Busines Intelligence* BI existente na Secretaria Municipal de Transportes, chamado Click View permitindo dados agregados sem precisar manipular informações sensíveis do contribuinte.

<b>Logradouro</b>	<b>GRID</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Contagem (veic.)</b>	<b>Sentido</b>	<b>Obs.</b>
Pompéia	268	5121	1673	BC	
Pompéia	269	5122	1557	CB	
Pompéia	309	5288	862	CB	
Pompéia	313	5289	1311	BC	
Alfonso Bovero	732	5142	s/d	CB	
Rua Tito	121	5243	s/d	CB	
Palestra Itália	714	5349	s/d	CB	Ant. Turiaçu
Palestra Itália	714	5348	s/d	CB	Ant. Turiaçu

Tabela 8 Fonte: Autor. Banco de dados dos radares. Hora pico de 20 de setembro de 2018 - 7 às 8 horas.

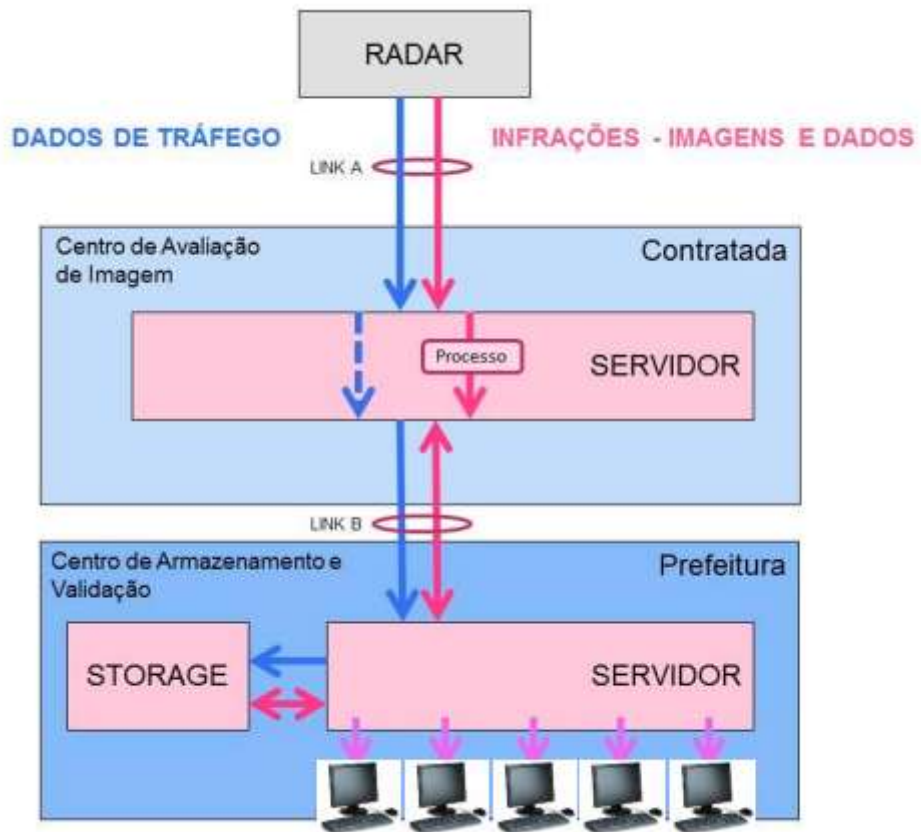


Figura 2 Fonte SMT, Termo de referência, 2013. Pg. 103

A partir destes dados foi implantado na Secretaria Municipal de Transportes um sistema de coleta de informações do banco de dados dos radares.

Hora pico 20 de setembro de 2018 - 7 às 8 horas

### Localização dos radares no Bairro da Pompéia

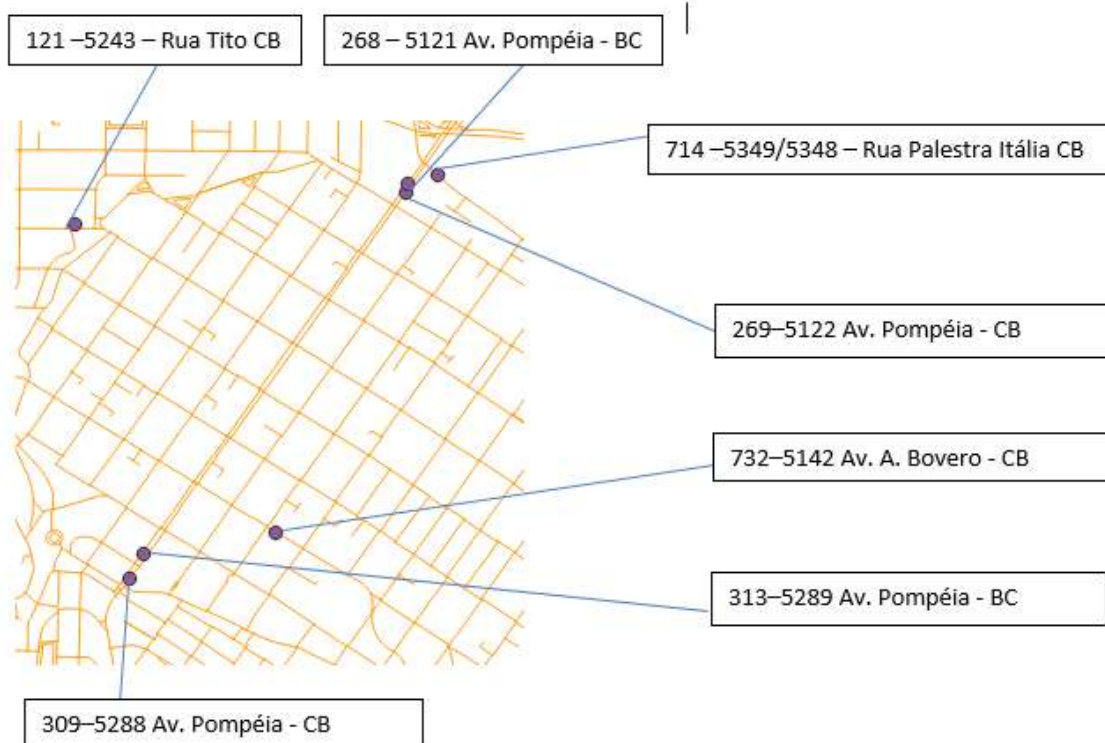


Figura 3 Fonte: autor. Posição e dados dos radares na Pompéia, fonte: dados de radares. Texto: número no grid – número do equipamento – logradouro – sentido.

Os radares são cadastrados em sistema de geoprocessamento pelo QGIS, cujas telas de dados dos radares podem ser observadas nas figuras a seguir:

Feição	Valor
base_radare...	
Título	121
(Der...	
(Aç...	
Gid	121
Id	717
Lote	3
Cod...	5243
End...	R. Tito
Sent...	Lapa/Perdizes
Refe...	nº 21
Tipo...	Barreira Eletrônica
Enq...	V-R-Z
Qtd...	2
Data...	2014/10/17 00:00:00.000
Velo...	40 km/h
Latit...	(-46.6916760000000107 -23.52807822967655227)
Liga...	1
Data...	
Mot...	
Mi_s...	Symbol (62,13658112,12,"MapInfo Transportation",256,0)
Mi_...	123
Em...	4456

Figura 4 – Tela do banco de dados do QGIS

Feição	Valor
▼ base_radare...	
▼ Título	714
▶ (Der...	
▶ (Aç...	
Gid	714
Id	680
Lote	3
Cod...	5349 - 5348
End...	R. Palestra Itália
Sent...	Perdizes/Lapa
Refe...	x Av. Pompéia
Tipo...	Fixo - Grupo B
Enq...	V-R-Z-A-P
Qtd...	5
Data...	2015/01/30 00:00:00.000
Velo...	50 km/h
Latit...	(-46.68189738956905188 -23.52671717268248486)
Liga...	1
Data...	
Mot...	
Mi_s...	Symbol (62,4718736,12,"MapInfo Transportation",256,0)
Mi_...	831
Em...	20106

Figura 5 – Tela do banco de dados do QGIS

Feição	Valor
▼ base_radare...	
▼ Título	269
▶ (Der...	
▶ (Aç...	
Gid	269
Id	507
Lote	3
Cod...	5122
End...	Av. Pompéia
Sent...	Pompeia / Barra Funda
Refe...	n° 227
Tipo...	Fixo - Grupo A
Enq...	V-R-Z
Qtd...	3
Data...	2014/10/25 00:00:00.000
Velo...	50 km/h
Latit...	(-46.68272919401154297 -23.52718623357305106)
Liga...	1
Data...	
Mot...	
Mi_s...	Symbol (62,19424,12,"MapInfo Transportation",256,0)
Mi_...	368
Em...	617
▶ Título	268

Figura 6 – Tela do banco de dados do QGIS

Feição	Valor
base_radare...	
Título	732
(Der...	
(Aç...	
Gid	732
Id	637
Lote	3
Cod...	5142
End...	Av. Profº. Alfonso Bovero
Sent...	Centro/Bairro
Refe...	x R. Tucuna
Tipo...	Fixo - Grupo B
Enq...	V-A-P-R-Z
Qtd...	1
Data...	2014/11/13 00:00:00.000
Velo...	40 km/h
Latit...	(-46.6862560000000002 -23.53636200000000045)
Liga...	1
Data...	
Mot...	
Mi_s...	Symbol (62,4718736,12,"MapInfo Transportation",256,0)
Mi_...	849
Em...	340

Figura 7 – Tela do banco de dados do QGIS

Feição	Valor
base_radare...	
Título	313
(Der...	
(Aç...	
Gid	313
Id	557
Lote	3
Cod...	5289
End...	Av. Pompéia
Sent...	Marg. Tietê/Pompéia
Refe...	nº 1.536
Tipo...	Fixo - Grupo A
Enq...	V-R-Z
Qtd...	3
Data...	2015/03/06 00:00:00.000
Velo...	50 km/h
Latit...	(-46.68983568784621951 -23.53693737569244249)
Liga...	1
Data...	
Mot...	
Mi_s...	Symbol (62,19424,12,"MapInfo Transportation",256,0)
Mi_...	412
Em...	18099

Figura 8 – Tela do banco de dados do QGIS

Feição	Valor
▼ base_radare...	
▼ Título	309
▶ (Der...	
▶ (Aç...	
Gid	309
Id	556
Lote	3
Cod...	5288
End...	Av. Pompéia
Sent...	Pompéia/Marg. Tietê
Refe...	nº 1.603
Tipo...	Fixo - Grupo A
Enq...	V-R-Z
Qtd...	3
Data...	2014/12/24 00:00:00.000
Velo...	50 km/h
Latit...	(-46.69020819455383275 -23.53763159273843897)
Liga...	1
Data...	
Mot...	
Mi_s...	Symbol (62,19424,12,"MapInfo Transportation",256,0)
Mi_...	408
Em...	18099

Figura 9 – Tela do banco de dados do QGIS

Feição	Valor
▼ base_radare...	
▼ Título	313
▶ (Der...	
▶ (Aç...	
Gid	313
Id	557
Lote	3
Cod...	5289
End...	Av. Pompéia
Sent...	Marg. Tietê/Pompéia
Refe...	nº 1.536
Tipo...	Fixo - Grupo A
Enq...	V-R-Z
Qtd...	3
Data...	2015/03/06 00:00:00.000
Velo...	50 km/h
Latit...	(-46.68983568784621951 -23.53693737569244249)
Liga...	1
Data...	
Mot...	
Mi_s...	Symbol (62,19424,12,"MapInfo Transportation",256,0)
Mi_...	412
Em...	18099

Figura 10 – Tela do banco de dados do QGIS

Feição	Valor
▼ base_radare...	
▼ Título	309
▶ (Der...	
▶ (Aç...	
Gid	309
Id	556
Lote	3
Cod...	5288
End...	Av. Pompéia
Sent...	Pompéia/Marg. Tietê
Refe...	nº 1.603
Tipo...	Fixo - Grupo A
Enq...	V-R-Z
Qtd...	3
Data...	2014/12/24 00:00:00.000
Velo...	50 km/h
Latit...	(-46.69020819455383275 -23.53763159273843897)
Liga...	1
Data...	
Mot...	
Mi_s...	Symbol (62,19424,12,"MapInfo Transportation",256,0)
Mi_...	408
Em...	18099

Figura 11 – Tela do banco de dados do QGIS

### Análise de imagens de vídeo

Foi analisado em julho de 2019 o vídeo da Av. Pompéia, e na expectativa de se realizar contagens de imagens das CTAs, a partir destes dados foi realizada e planilha da tabela 8, com os dados de contagem automática pela empresa B3Ware que realizou as contagens com aplicativo de análise de imagens e inteligência artificial, e comparou-se com as contagens realizadas manualmente na mesma data.

O vídeo tem duração de 1 hora – das 07h00min às 08h00min – foi realizado no cruzamento da Av. Pompéia x Av. Prof. Alfonso Bovero, no dia 24/04/2019 pela câmera de vídeo da CET Central de Tráfego em Área – CTA.

Seguem os resultados:

	AUTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO	MOTO	BICICLETA
Contagem <b>B3Ware</b> (veic)	609	5	7	36	0
Contagem <b>CET</b> (veic)	740	23	6	51	2
Comparação <b>B3Ware x CET</b>	82%	22%	116%	71%	0%

Tabela 8 - Fonte CET DPT julho de 2019

Da planilha em questão constata-se que a contagem automática com imagens de vídeo não tem a mesma precisão que a contagem manual. Há muito que se evoluir até as contagens tenham diferenças de até 5%. O aumento da precisão implica no estudo destas diferenças, o único que o computador contou a mais foram os caminhões, isto sugere que há erros sistemáticos e erros aleatórios, os veículos menores sofrem os maiores desvios, como motocicletas, ou subnotificações e os maiores convergem mais.

Mas é fundamental que se possam contar os veículos automaticamente, pois manter o ser humano nesta tarefa ainda é insalubre e arriscado, pode-se assim obter dados com contagens realizadas em escritório com imagens previamente gravadas em condições de conforto mais adequadas.

A metodologia deve prever a coleta de dados e famílias de dados das seguintes grandezas:

- 1- Volume e velocidade média dos veículos monitorados que circularam nos trechos (links) da área de estudo, sendo os volumes totalizados a cada 15 minutos;
- 2- Número de paradas total e médio para os links da rede, por sentido de tráfego;
- 3- Tempo de atraso total e médio para os links da rede, em segundos;
- 4- Tempo de percurso médio para os segmentos, em segundos;
- 5- Porcentagens de conversão nas interseções semaforizadas, por aproximação veicular;
- 6- Percursos dos veículos na área de estudo e;
- 7- Matriz Origem Destino considerando a indicação de entradas e saídas do mapa anexado.

### **Contagens pelo sistema *Split Cycle Offset Optimisation Technique* SCOOT**

É um sistema de controle de tráfego adaptável em tempo real. Ao ajustar automaticamente os semáforos aos atrasos dos veículos às condições do tráfego, o SCOOT garante que os tempos dos semáforos permaneçam os mais eficientes quanto possível.

Possuem laços detectores indutivos que medem em unidade em LPU: Mensagem do SCOOT 'M20' (anexo 1). O fluxo (em LPU), o fluxo de saturação (LPU por segundo), o tempo de verde (em segundos) e a saturação (em porcentagem). Nesta mensagem, a equação é a seguinte:

$$\text{SAT} = \text{Flow} / (\text{STOC} \times \text{GN}) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

Flow = 352 (é o fluxo de veículos naquele ciclo em LPU)

STOC = 12 (é o fluxo de saturação em LPU/Seg.)

GN=58 (é tempo de verde em segundos), portanto, a solução:

SAT (é saturação)=  $352 / (12 * 58) = 0,5057$  ( 50,57 % )



## Sensores do SCOOT

Essa bobina é formada por 3 a 5 voltas sobrepostas do cabo metálico e é inserida na camada superficial do pavimento da pista por meio de um corte no asfalto, conforme Figura 13. Este corte é posteriormente preenchido com uma resina selante para vedação, betuminoso, geralmente.

Perspectiva da implantação de um laço indutivo na capa asfáltica.

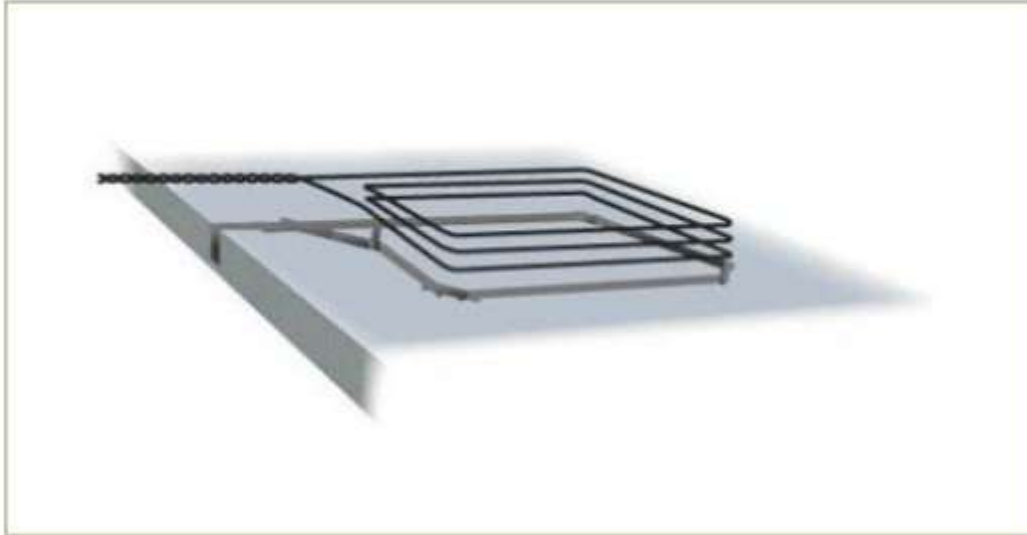


Figura 12 - Fonte: <http://www.cetsp.com.br/media/501208/nt-248.pdf> (Lopes, 2016, pg. 3)

Uma corrente alternada é aplicada à bobina (condutor), o que, conforme a Lei de Ampère resulta na formação de um campo magnético constante no seu entorno. Esse campo magnético é proporcional à corrente aplicada no condutor, mas a interação com massas metálicas (como as de veículos) produz perturbações nesse campo. Com a proximidade de uma massa metálica, o campo magnético se altera e, conseqüentemente, a corrente elétrica que o gera, bem como a tensão no laço diminui. Isso ocorre pelo tempo em que a massa permanecer dentro da área de atuação do detector. É a variação percebida na tensão que é usada para indicar a presença de veículos (massas metálicas), e esses dados podem ser processados para estimar a ocupação veicular. O registro da variação da tensão é obtido por meio do que se denomina “placa detetora veicular”, normalmente instalada internamente ao gabinete do controlador de tráfego.

Exemplo de construção de um laço indutivo

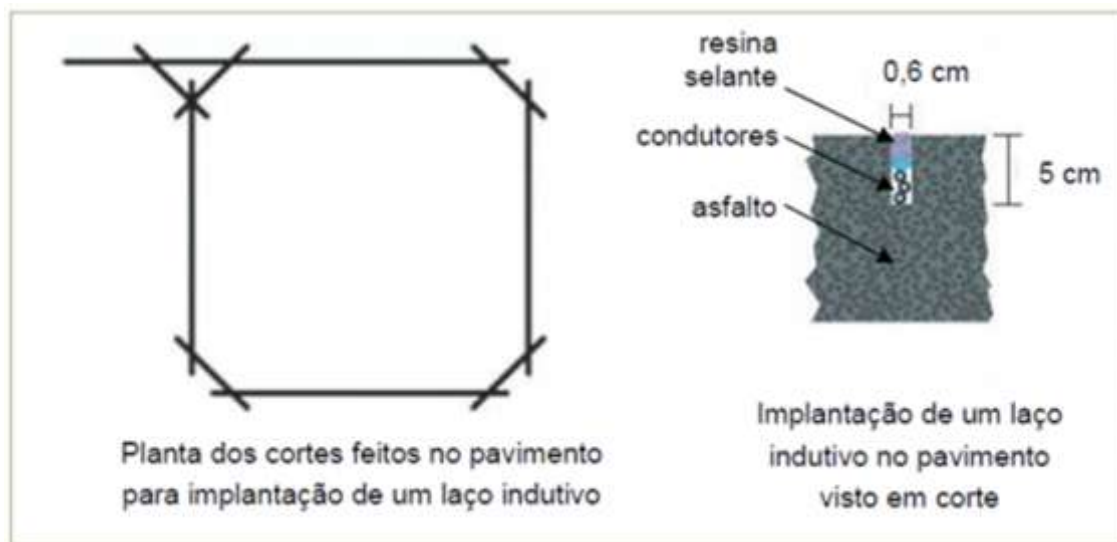


Figura 13 - Fonte: <http://www.cetsp.com.br/media/501208/nt-248.pdf> (Lopes, 2016, pg. 3)

### Tecnologias alternativas aos laços - TECNOLOGIAS AVALIADAS

**Magnético (intrusivo)** Os detectores magnéticos são constituídos por magnetômetros que podem se comunicar sem fio e que utilizam bateria interna de alta durabilidade (em alguns casos até 10 anos de funcionamento). O magnetômetro em questão detecta as alterações do campo magnético da Terra causadas pela presença de objetos ferrosos (veículos) em sua área de atuação. Seu funcionamento é similar ao do laço indutivo, já retratado anteriormente. Diferencia-se, porém, quanto ao método construtivo e ao custo.

**Vídeo-deteção** (não intrusivo) O sistema de vídeo-deteção funciona com base no prévio mapeamento da área de interesse de deteção (ou laço virtual) por um técnico responsável. A área do laço virtual deve ser equivalente àquela coberta pela deteção original com laço indutivo. A(s) câmara(s) é(são) conectada(s) a um sistema capaz de codificar o vídeo em busca de ações incomuns no ambiente (neste caso, a presença de veículos na área do laço), de forma que quando um objeto (veículo) entra na área de atuação do laço virtual, ocorre a deteção. **Micro-ondas (radar)** (não intrusivo) Neste sistema, a deteção dos veículos é efetuada por meio da emissão e recepção de ondas eletromagnéticas através do ar... ...a parte dos sinais emitidos que reflete nos veículos e retorna ao sensor pode ser processada para determinar os parâmetros do tráfego. **Sônico** (não intrusivo) O princípio de operação desses sensores é exatamente o mesmo do sonar usado pelo morcego para detectar objetos e presas durante o seu voo. Os detectores sônicos, normalmente, operam em frequências superiores a 20KHz e utilizam a reflexão das ondas sonoras que atingem objetos como os veículos em trânsito para identificar a presença dos mesmos (Lopes, 2016, pg.5).

Mapa dos semáforos da região da Pompéia

Estado dos sistemas do SCOOT na Avenida Pompéia

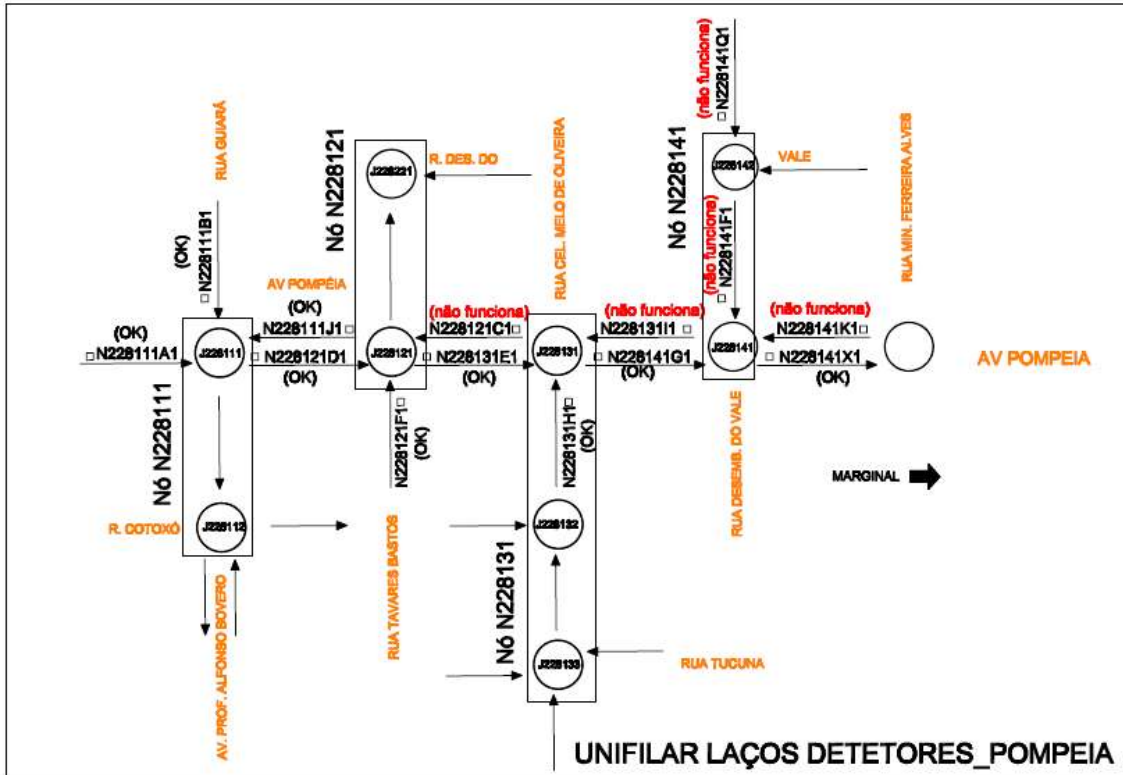


Figura 14 Estado dos Laços na Av. Pompéia em 13/09/2018

Imagem da Avenida Pompéia



Figura 15 - Imagem do Google Earth da Avenida Pompéia. 26 de julho de 2019

Um dos laços detectores desta região da Av. Pompéia está em falha. Trata-se do detector N228141K1 (Av. Pompéia nº 634 - sentido Barra Funda – Pinheiros) após a R. Min. Ferreira Alves (junto à Vitrine Offices).

## **Conclusões**

Estas técnicas inovadoras de medição de campo em regiões de bairros pode facilitar a gestão e calibração de redes de semáforos e facilitar estudos de planejamento, sinalização de orientação, estudos de mãos de direção e alternativas para transportes públicos e corredores e faixas exclusivas de ônibus.

As dificuldades de medição dos impactos de implantação de semáforos em tempo real se devem a grande quantidade de variáveis envolvidas nos processos de cálculo, e na percepção subjetiva dos usuários que muitas vezes estão acostumados com aquela condição e no comportamento agressivo do usuário, que chegam na cidade de São Paulo a ingressar na interseção durante o tempo de amarelo, nos últimos instantes em alguns casos. Isto para evitar mais que um ciclo naquele cruzamento, que muitas vezes contam com tempos acima de 120 segundos. A otimização dos semáforos pode permitir um tempo menor para o cruzamento de bairros, a Avenida Pompeia é uma ligação importante da região de Pinheiros e Vila Madalena à zona Norte da cidade, pela ponte Júlio de Mesquita.

As comunicações entre os elementos dos semáforos, laços e focos pode se dar por elementos de sistemas sem fios, wireless, para se evitar o roubo de cabos e depredação, o sistema de comunicação por meio de IoT, com LORA, pode ser redundante aos sistemas físicos de cabos de fibra ótica podendo reportar o status da interseção à central, mesmo com a perda do sinal da fibra, o semáforo continuaria operacional.

As metodologias de implantação de tecnologia que prevê maior eficiência do sistema viário são fundamentais para uma cidade de 7 milhões de veículos cadastrados, doze milhões de pessoas, inseridas em uma metrópole de mais de 22 milhões de habitantes, com cerca de trinta milhões de viagens diárias, entre transporte público, individual, e a pé.

## **Referências Bibliográficas**

FERNANDA TAMYE IROKAWA TCC - **Estudo de caso: aplicação de sistemas de gestão semaforica para priorização de Transporte Público, Escola Politécnica – PTR, São Paulo, 20 de dezembro de 2019**

Di Biase, Luca -Dissertação de Mestrado – Análise de sistemas de otimização semaforica em tempo real para a melhoria do desempenho da rede viária: um estudo de caso na cidade de São Paulo, **Escola Politécnica – PTR, São Paulo, 2019.**

Journal of Advanced Transportation - Volume 2018, Article ID 1096123, 12 pages, disponível em: <https://doi.org/10.1155/2018/1096123> Página 3 – Gráfico “Nível de tomada de decisão inteligente”

**Secretaria Municipal de Transportes SMT** - Termo de Referência -Prestação de serviços de fiscalização automática de trânsito com equipamento/sistema fixo. Equipamento barreira eletrônica e equipamento radar estático. São Paulo, novembro de 2013, 165 p.

**Secretaria Municipal de Transportes SMT – Contrato Nº 03/2014-SMT – Consórcio SPTTrânsito – Monitoramento e Fiscalização Eletrônica**, São Paulo, março 2014.

**World Bank/ IDOM** - Consultancy Services for alternatives analysis and other studies for traffic lights systems in São Paulo - D1 - *Status Quo Report*, São Paulo, 2019.

**World Bank/ IDOM** - Consultancy Services for alternatives analysis and other studies for traffic lights systems in São Paulo - D2 - *Analysis of Technological Alternatives*, São Paulo, 2019.

**World Bank/ IDOM** - Consultancy Services for alternatives analysis and other studies for traffic lights systems in São Paulo - D3 - *Preliminary Economic Analysis*, São Paulo, 2019.

RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS SUBSÍDIOS DO PPMI – REDE SEMAFÓRICA - [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/governo/projetos/desestatizacao/rede\\_semaforica/indicadores/ex.php?p=249977](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/governo/projetos/desestatizacao/rede_semaforica/indicadores/ex.php?p=249977) Acesso em 10/11/2019.

**World Bank/ IDOM** - Consultancy Services for alternatives analysis and other studies for traffic lights systems in São Paulo - D4 - *Metodologia de Avaliação do Desempenho e Performance dos Sistemas Adaptativos de Controle Semafórico em Tempo Real*, São Paulo, 2019.

**Secretaria Municipal de Inovação Tecnológica SMIT – EDITAL DE LICITAÇÃO 003/SMIT2019 – MODALIDADE CONCURSO DE PROJETOS**; novembro 2019. Radartona - Desafio

**Secretaria Municipal de Inovação Tecnológica SMIT – EDITAL DE LICITAÇÃO 004/SMIT2019 – MODALIDADE CONCURSO DE PROJETOS**; novembro 2019. Radartona – Solução tecnológica.

**Lopes, Denise Lima et al** – Nota Técnica CET- NT 248 2016 Avaliação de tecnologias alternativas de detecção veicular para Scoot (1), 2016, 43p. <http://www.cetsp.com.br/media/501208/nt-248.pdf>. Acesso em 09/11/2022.