

Relatório do projeto-piloto de redução do tempo de ciclo para melhorar a velocidade operacional do ônibus

Autores:

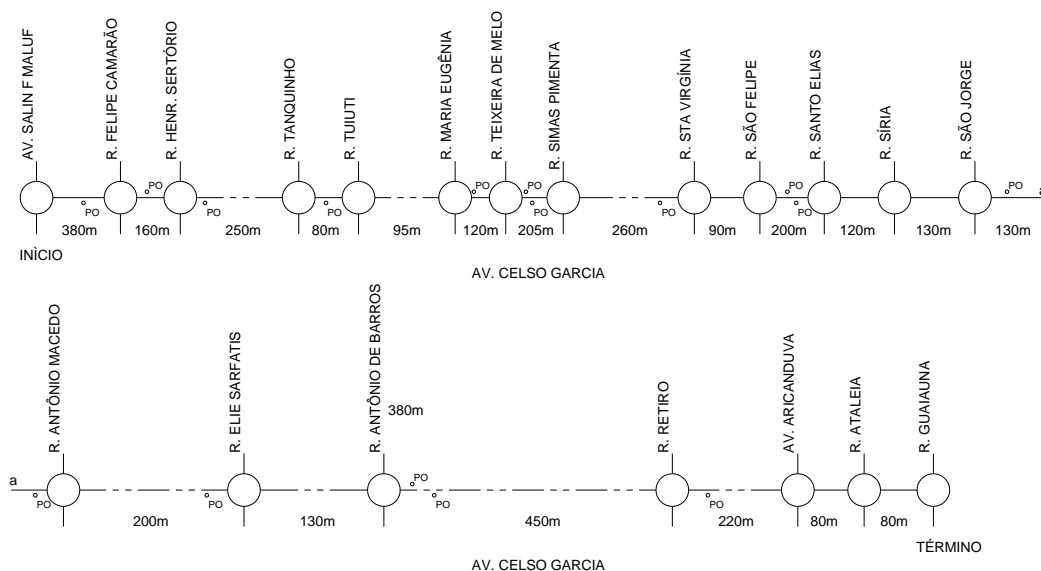
- Álvaro de Jesus Lemes Godarth** -levantamento de dados e reprogramação semafórica (CET)
- Denis Yoshio** -preparação das cercas virtuais e pesquisa (SPTans)
- Evandro Marques de Castro** -levantamento de dados e reprogramação semafórica (CET)
- Gláucia Guimarães Pereira** -pesquisa, formatação dos dados e análise estatística (CET)
- Luis Vilanova** -coordenação geral (CET)
- Paulo Seiti Ueta** -coordenação da pesquisa, formatação dos dados e análise estatística (CET)
- Vincenzo Picchiello** -levantamento de dados e reprogramação semafórica (CET)
- Orlirio de Souza Tourinho Neto** -coordenação e tabulação dos dados de campo (CET)

Descrição

O presente teste-piloto objetivou avaliar se um tempo de ciclo menor pode vir a beneficiar a velocidade dos ônibus. O teste foi feito na Av. Celso Garcia entre Av. Salim Farah Maluf e Rua Guaiaúna (2,8 Km) no período de 08 de abril a 05 de maio. Neste trecho, transitam por volta de 130 ônibus/hora, por sentido, nos períodos mais carregados.

A Figura 1 mostra a posição dos cruzamentos semaforizados e dos pontos de ônibus nos dois sentidos da avenida.

Figura 1



A Tabela 1 apresenta os tempos de ciclo dos cruzamentos nas situações antes e depois.

Tabela I

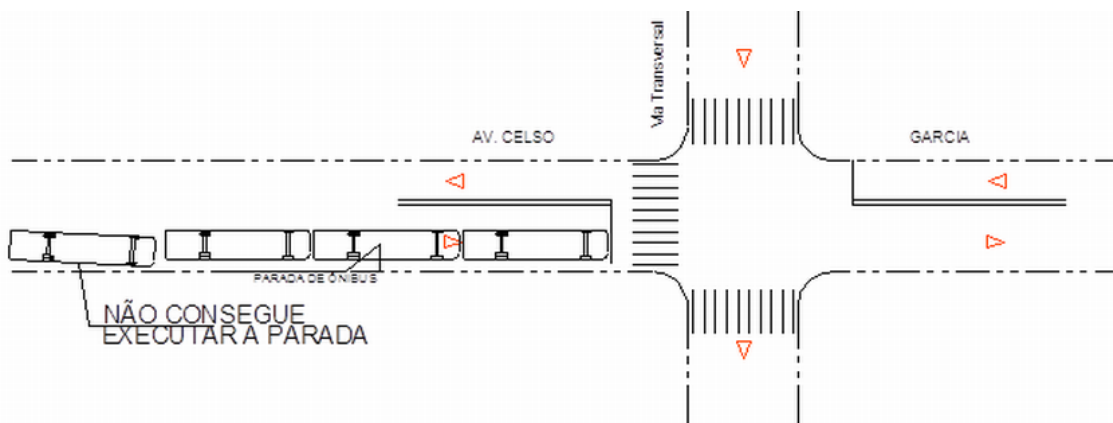
Período/Ciclo(s)	Pico da Manhã (6:45 às 10:30 h)	Entre Picos (10:30 às 16:00 h)	Pico da Tarde (16:00 às 20:30 h)
Antes	120	120	130
Depois	80	80	90

A ideia que motivou esse teste foi à constatação de que, em avenidas com grande número de ônibus e de sobe/desce de passageiros, às vezes o embarque/desembarque é prejudicado pela fila formada por um semáforo logo à frente do ponto. Explicando melhor, se a fila formada pelo semáforo atingir o ponto de ônibus, pode ocorrer de que alguns ônibus fiquem parados na fila, a montante do ponto de ônibus, sem poder abrir as portas porque ainda não chegaram à área de embarque/desembarque do ponto. A Figura 2 esquematiza a situação descrita. O primeiro ônibus já embarcou/desembarcou, mas está parado no semáforo, que está vermelho. O segundo e o terceiro ônibus estão embarcando/desembarcando. O problema ocorre com o quarto ônibus, que está parado, mas não consegue aproveitar esse tempo para servir o ponto; quando o semáforo abrir, e os ônibus da frente saírem, ele vai ter de parar de novo no ponto e, talvez, ainda pegue outro vermelho.

Se for possível reduzir o tempo de ciclo, de forma que só cheguem três ônibus por ciclo em vez dos quatro da Figura 2, o problema observado estará resolvido. Além disso, um tempo de ciclo menor implica em tempo de vermelho menor, que por sua vez vai gerar uma fila de ônibus menor, que talvez nem chegue a interferir no ponto, conforme sua localização.

Evidentemente, existem outros fatores em jogo que muitas vezes não permitem que o tempo de ciclo seja reduzido até o patamar ideal. O pior desses fatores é o estágio exclusivo para pedestres. Quando existente, eleva, em média, em 150% o tempo de ciclo necessário. Um local que poderia operar com ciclo de 60 segundos, por exemplo, é obrigado a trabalhar com 150 segundos para manter o mesmo grau de saturação. Grosso modo, as filas formadas também aumentam em 150%.

Figura 2



Outra forma de minorar o problema é recuar o ponto de ônibus para um local aonde não chegue a fila formada pelo semáforo. Nem sempre isso é muito fácil, devido aos vários requisitos que comandam a escolha desse local. Outra questão a considerar, se existir semáforo na interseção imediatamente a montante, é que um recuo excessivo pode chegar a criar um problema parecido ao que estamos aqui tratando, no qual seria a fila do ponto que prejudicaria o desempenho do semáforo anterior. Esta observação nos leva à conclusão de

que o que precisamos tratar é o conjunto formado pelo ponto de ônibus e eventuais interseções semaforizadas próximas, em vez de cada um desses elementos isoladamente.

Metodologia

O trabalho foi realizado em duas fases. Na Fase I, os tempos de ciclo foram reduzidos mantendo a mesma proporção dos estágios. Na Fase II, além da mesma redução do ciclo da Fase I, o tempo de verde para a Celso Garcia foi aumentado em 5 segundos em todos os cruzamentos.

A fim de minimizar o efeito de sazonalidades, a pesquisa foi feita alternando a situação antes com a situação depois. Isso foi possível porque os locais estão centralizados e é bastante fácil inserir e retirar os planos. Então, tanto na Fase I, como na Fase II, foi seguida a ordem mostrada na Tabela II:

Tabela II

Fase	Data	Dia da semana	Ciclo
I	01/abr/13	Segunda	Menor
I	02/abr/13	Terça	Menor
I	03/abr/13	Quarta	Menor
I	08/abr/13	Segunda	Menor
I	09/abr/13	Terça	Maior
I	10/abr/13	Quarta	Maior
I	11/abr/13	Quinta	Maior
I	12/abr/13	Sexta	Maior
I	15/abr/13	Segunda	Maior
I	16/abr/13	Terça	Maior
I	17/abr/13	Quarta	Menor
I	18/abr/13	Quinta	Menor
I	19/abr/13	Sexta	Menor
II	22/abr/13	Segunda	Menor
II	23/abr/13	Terça	Maior
II	24/abr/13	Quarta	Menor
II	25/abr/13	Quinta	Maior
II	26/abr/13	Sexta	Menor
II	29/abr/13	Segunda	Maior
II	30/abr/13	Terça	Menor
II	01/mai/13	Quarta	Maior
II	02/mai/13	Quinta	Menor
II	03/mai/13	Sexta	Maior

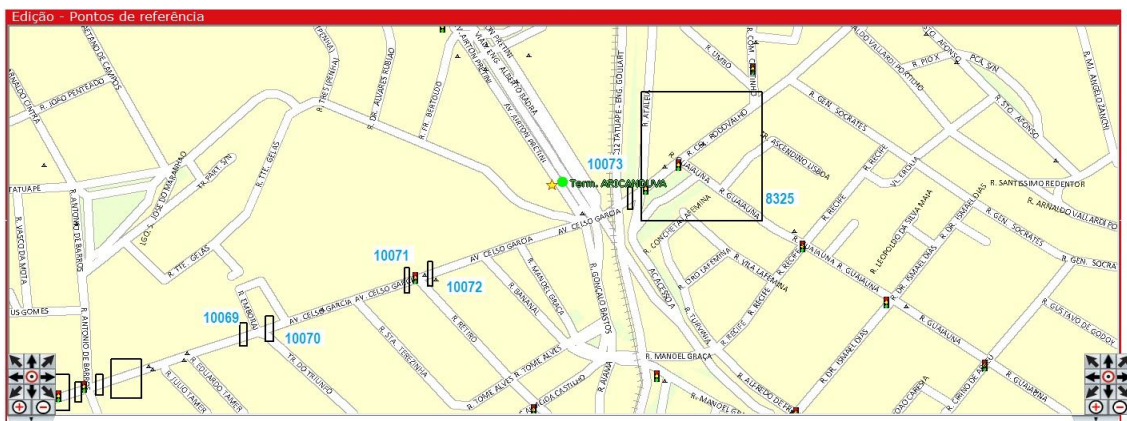
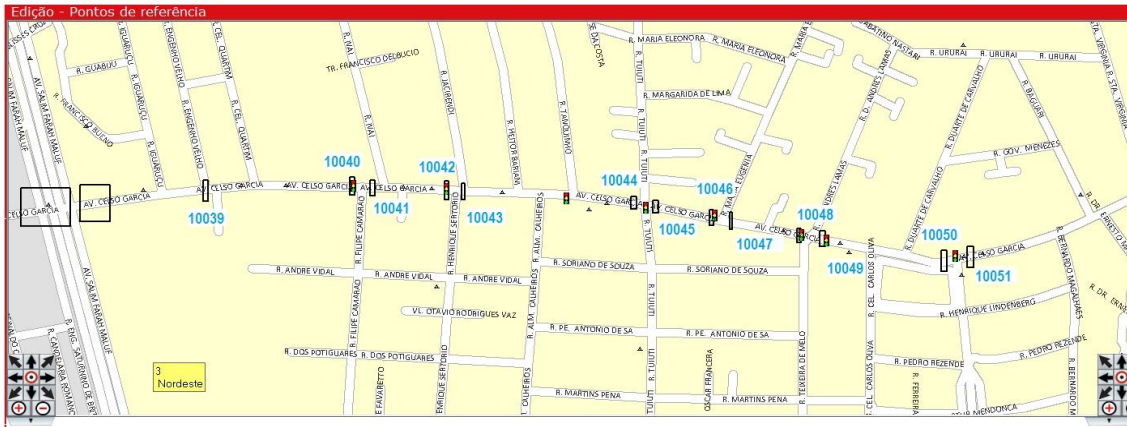
Para a coleta dos dados, foram utilizados dados do sistema da SPTrans que registra a posição dos ônibus através de GPS.

Toda a frota de ônibus municipal é monitorada por GPS. Via de regra, a cada 85 segundos o ônibus transmite para uma central de controle dados de identificação do veículo, data/hora e latitude/longitude. No entanto, é possível forçar uma emissão de log do veículo em determinada posição. Este procedimento é realizado delimitando uma área de transmissão (cerca virtual) ao

longo do percurso do veículo. No instante em que o veículo entra ou sai da cerca virtual é emitido um sinal de posição.

Ao longo do trecho de estudo do Corredor Celso Garcia a SPTrans delimitou 34 cercas virtuais, posicionadas em locais estratégicos (normalmente logo após o cruzamento semaforizado) em cada sentido a fim de rastrear o tempo de deslocamento dos ônibus.

As figuras a seguir mostram a localização das cercas construídas.



O arquivo de log dos ônibus foi encaminhado pela SPTrans remotamente para a CET em formato Excel.

A Tabela 3 ilustra como são os dados originalmente recebidos da SPTrans.

Tabela 3

Sequencia gravação na Central	Sequencia da informação do veiculo	Linha	Data de gravação no servidor	Data de geração da informação	Carro	Ponto	Lat	Long	Código da Linha
30015368084	64752	383	03/05/2013 00:00:02	03/05/2013 00:00:00	31701	10043	23,5350270	46,5777320	2678-10
30015368305	32296	120	03/05/2013 00:00:03	03/05/2013 00:00:00	39830	10068	23,5318330	46,5600530	702P-10
30015368337	24919	32912	03/05/2013 00:00:03	03/05/2013 00:00:01	33847	10069	23,5311750	46,5582470	2762-10
30015368403	8322	32888	03/05/2013 00:00:04	03/05/2013 00:00:00	39862	10065	23,5323020	46,5612900	702P-10
30015368522	2128	378	03/05/2013 00:00:05	03/05/2013 00:00:01	31821	10045	23,5351820	46,5754200	2666-10
30015368712	24920	32912	03/05/2013 00:00:06	03/05/2013 00:00:04	33847	10070	23,5310650	46,5579280	2762-10
30015369096	24096	250	03/05/2013 00:00:09	03/05/2013 00:00:07	32403	10070	23,5310170	46,5578330	2523-10

No total foram contemplados 1.664.213 registros distribuídos em 10 dias com 770.937 registros com ciclo longo e 12 dias com 893.276 registros de ciclo curto. Cada registro corresponde a uma leitura de uma posição de um ônibus.

Os dados foram importados para o programa estatístico SPSS e com uso de uma sequência de comandos programados foram consistidos e pareados por sentido, carro, data de geração da informação e ponto de início e fim do trecho de análise. Foi realizado um processo de consistência para expurgar leituras anômalas.

Os pares de dados de entrada e saída por sentido foram agregados por intervalos de 30 minutos para o período das 05:00 às 24:00, e calculados o tempo médio de percurso, distância linear média e velocidade escalar média distintamente para cada tipo de ciclo.

No total foram 7.445 pares de amostras para a situação “ciclo longo” e 8.953 pares de amostras para a situação “ciclo curto” para o período das 05:00 às 24:00 h. Essa grande quantidade de amostras permite assegurar que os resultados obtidos possuem, efetivamente, alta confiabilidade estatística.

Resultados

Tempos de percurso

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para as fases I e II, nos cenários antes e depois, para o sentido Bairro - Centro entre as 05h:00 da manhã e a meia-noite agrupados em intervalos de 30 minutos. A Tabela 5 apresenta os mesmos resultados para o sentido Centro - Bairro. Os parâmetros utilizados têm os seguintes significados:

t_p – tempo de percurso médio para percorrer o trecho total, em segundos;

V – velocidade média, em km/h;

N – número de amostras.

Os subscritos a e d referem-se, respectivamente às situações antes e depois.

Tabela 4

Bairro - Centro												
Horário	Fase I						Fase II					
	Antes			Depois			Antes			Depois		
	tpa (s)	Va (km/h)	Na	tpd (s)	Vd (km/h)	Nd	tpa (s)	Va (km/h)	Na	tpd (s)	Vd (km/h)	Nd
05:00-05:30	298	29,0	53	302	28,6	43	331	26,1	37	311	27,8	58
05:30-06:00	354	24,4	81	340	25,4	88	344	25,1	53	345	25,1	69
06:00-06:30	406	21,2	89	398	21,7	101	393	22,0	78	402	21,5	91
06:30-07:00	447	19,3	78	437	19,8	111	426	20,3	75	423	20,4	79
07:00-07:30	499	17,3	85	490	17,6	108	465	18,6	89	458	18,8	110
07:30-08:00	468	18,4	98	487	17,7	134	504	17,1	81	459	18,8	96
08:00-08:30	468	18,4	112	471	18,3	112	473	18,3	57	460	18,8	79
08:30-09:00	454	19,0	78	456	18,9	77	436	19,8	45	477	18,1	61
09:00-09:30	422	20,5	87	431	20,0	87	409	21,1	59	405	21,3	68
09:30-10:00	420	20,6	68	429	20,2	67	421	20,5	56	413	20,9	59
10:00-10:30	440	19,6	59	440	19,6	75	438	19,7	40	427	20,2	58
10:30-11:00	458	18,9	59	445	19,4	75	463	18,7	52	421	20,5	54
11:00-11:30	453	19,0	68	440	19,6	63	466	18,5	42	411	21,0	50
11:30-12:00	459	18,8	67	461	18,7	84	438	19,7	44	418	20,7	51
12:00-12:30	456	18,9	62	462	18,7	77	460	18,8	38	435	19,8	50
12:30-13:00	478	18,1	49	474	18,2	57	488	17,7	23	436	19,8	47
13:00-13:30	477	18,1	54	461	18,7	67	494	17,5	35	452	19,1	54
13:30-14:00	478	18,1	50	439	19,7	48	459	18,8	31	442	19,6	54
14:00-14:30	447	19,3	56	466	18,5	70	448	19,3	49	441	19,6	49
14:30-15:00	459	18,8	70	452	19,1	61	454	19,0	51	456	18,9	54
15:00-15:30	447	19,3	52	461	18,7	66	465	18,6	38	427	20,2	59
15:30-16:00	454	19,0	64	482	17,9	68	456	18,9	45	444	19,5	57
16:00-16:30	458	18,8	52	467	18,5	64	472	18,3	45	451	19,1	53
16:30-17:00	453	19,1	55	468	18,5	77	469	18,4	43	440	19,6	63
17:00-17:30	448	19,3	73	459	18,8	55	440	19,6	42	457	18,9	59
17:30-18:00	463	18,7	46	457	18,9	59	499	17,3	53	459	18,8	50
18:00-18:30	489	17,6	52	482	17,9	80	514	16,8	40	485	17,8	37
18:30-19:00	509	17,0	52	487	17,7	73	531	16,3	41	506	17,1	57
19:00-19:30	490	17,6	64	467	18,5	71	501	17,2	46	463	18,6	42
19:30-20:00	467	18,5	50	458	18,9	63	444	19,5	34	439	19,7	48
20:00-20:30	395	21,8	58	371	23,3	57	402	21,5	37	375	23,0	52
20:30-21:00	385	22,4	56	400	21,6	70	371	23,3	50	377	22,9	64
21:00-21:30	369	23,4	66	377	22,9	60	369	23,4	26	364	23,7	53
21:30-22:00	367	23,6	49	368	23,5	58	346	25,0	34	358	24,1	46
22:00-22:30	348	24,8	54	357	24,2	65	354	24,4	29	356	24,3	63
22:30-23:00	349	24,7	51	363	23,8	71	368	23,5	28	361	23,9	45
23:00-23:30	339	25,5	58	328	26,3	34	344	25,1	23	347	24,9	40
23:30-00:00	299	28,9	32	307	28,2	48	318	27,2	27	318	27,1	43

Tabela 5

Centro - Bairro												
Horário	Fase I						Fase II					
	Antes			Depois			Antes			Depois		
	tp _a (s)	V _a (km/h)	N _a	tp _d (s)	V _d (km/h)	N _d	tp _a (s)	V _a (km/h)	N _a	tp _d (s)	V _d (km/h)	N _d
05:00-05:30	444	21,2	22	435	21,6	23	431	21,8	11	329	28,6	14
05:30-06:00	437	21,5	31	351	26,8	34	355	26,5	25	352	26,7	42
06:00-06:30	444	21,2	32	410	22,9	40	433	21,7	26	428	21,9	44
06:30-07:00	452	20,8	51	467	20,1	47	441	21,3	38	430	21,8	47
07:00-07:30	508	18,5	74	528	17,8	67	492	19,1	38	470	20,0	55
07:30-08:00	489	19,2	41	515	18,3	48	516	18,2	42	496	18,9	45
08:00-08:30	491	19,2	50	535	17,6	58	521	18,0	41	479	19,6	52
08:30-09:00	496	19,0	69	534	17,6	66	504	18,7	43	520	18,1	55
09:00-09:30	502	18,7	81	587	16,0	86	552	17,0	42	662	14,2	77
09:30-10:00	512	18,4	74	524	17,9	73	548	17,2	45	508	18,5	50
10:00-10:30	658	14,3	50	502	18,7	71	559	16,8	44	475	19,8	48
10:30-11:00	650	14,5	56	520	18,1	49	529	17,8	36	485	19,4	54
11:00-11:30	517	18,2	54	526	17,9	50	543	17,3	31	503	18,7	41
11:30-12:00	505	18,6	61	516	18,2	63	545	17,3	38	485	19,4	42
12:00-12:30	503	18,7	48	598	15,7	64	535	17,6	37	526	17,9	50
12:30-13:00	536	17,5	62	571	16,5	56	537	17,5	35	482	19,5	47
13:00-13:30	513	18,3	63	555	16,9	64	584	16,1	31	483	19,4	41
13:30-14:00	538	17,5	45	577	16,3	53	568	16,6	28	500	18,8	46
14:00-14:30	516	18,2	49	537	17,5	58	548	17,2	32	542	17,3	43
14:30-15:00	520	18,1	43	529	17,8	39	555	16,9	34	527	17,8	37
15:00-15:30	566	16,6	48	569	16,5	49	561	16,8	27	529	17,8	45
15:30-16:00	594	15,8	48	564	16,7	64	547	17,2	40	579	16,2	39
16:00-16:30	535	17,6	38	566	16,6	56	592	15,9	43	554	17,0	55
16:30-17:00	578	16,3	44	570	16,5	42	626	15,0	30	559	16,8	47
17:00-17:30	580	16,2	46	633	14,8	44	602	15,6	29	619	15,2	41
17:30-18:00	639	14,7	50	635	14,8	60	677	13,9	50	676	13,9	58
18:00-18:30	839	11,2	62	727	12,9	68	839	11,2	37	764	12,3	49
18:30-19:00	1072	8,8	59	798	11,8	76	930	10,1	58	912	10,3	60
19:00-19:30	887	10,6	93	618	15,2	94	829	11,3	68	809	11,6	94
19:30-20:00	823	11,4	77	666	14,1	70	683	13,8	54	579	16,2	63
20:00-20:30	557	16,9	71	567	16,6	72	509	18,5	43	470	20,0	57
20:30-21:00	451	20,8	48	466	20,2	60	474	19,8	36	449	21,0	54
21:00-21:30	430	21,9	44	425	22,1	49	457	20,6	23	421	22,3	49
21:30-22:00	418	22,5	44	407	23,1	48	405	23,2	27	413	22,7	58
22:00-22:30	428	22,0	48	442	21,3	41	483	19,5	10	457	20,5	36
22:30-23:00	409	23,0	49	443	21,2	42	682	13,8	26	500	18,8	44
23:00-23:30	368	25,6	38	429	21,9	44	546	17,2	26	445	21,1	46
23:30-00:00	300	31,3	21	316	29,8	38	338	27,8	14	347	27,1	36

Uma análise rápida e subjetiva da Tabela 4 aponta que não houve nenhuma diferença significativa causada pela redução dos tempos de ciclo, nem na Fase I, nem na Fase II. Quanto

à Tabela 5, observamos melhoria considerável dos tempos de percurso no Pico da Tarde, principalmente na Fase I; durante o resto do dia, não se percebem alterações significativas.

A fim de conseguir estabelecer os períodos em que realmente houve uma melhoria que pudesse ser atestada sob o ponto de vista estatístico, aplicou-se o Teste de Média aos intervalos que mostraram melhoria, com exigência de uma significância de 95%, ou seja, podemos afirmar com 95% de certeza que, realmente naquele período, a velocidade do ônibus melhorou.

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos somente nos períodos em que o Teste da Média assegurou, com 95% de certeza que a velocidade do ônibus melhorou.

Tabela 6

Sentido	Horário	Fase I					
		Antes		Depois		Variação %	
		tp _a (s)	V _a (km/h)	tp _d (s)	V _d (km/h)	tp	V
Bairro-Centro	13:30-14:00	478	18,1	439	19,7	-8%	9%
	20:00-20:30	395	21,8	371	23,3	-6%	6%
Centro-Bairro	10:00-10:30	658	14,3	502	18,7	-24%	31%
	10:30-11:00	650	14,5	520	18,1	-20%	25%
	18:00-18:30	839	11,2	727	12,9	-13%	15%
	18:30-19:00	1072	8,8	798	11,8	-26%	34%
	19:00-19:30	887	10,6	618	15,2	-30%	44%
	19:30-20:00	823	11,4	666	14,1	-19%	23%

Sentido	Horário	Fase II					
		Antes		Depois		Variação %	
		tp _a (s)	V _a (km/h)	tp _d (s)	V _d (km/h)	tp	V
Bairro-Centro	07:30-08:00	504	17,1	459	18,8	-9%	10%
	10:30-11:00	463	18,7	421	20,5	-9%	10%
	11:00-11:30	466	18,5	411	21,0	-12%	13%
	12:30-13:00	487	17,7	436	19,8	-11%	12%
	15:00-15:30	465	18,6	427	20,2	-8%	9%
	16:30-17:00	469	18,4	440	19,6	-6%	6%
	17:30-18:00	499	17,3	459	18,8	-8%	9%
	18:00-18:30	514	16,8	485	17,8	-6%	6%
	19:00-19:30	501	17,2	463	18,6	-8%	8%
20:00-20:30	402	21,5	375	23,0	-7%	7%	
Centro-Bairro	08:00-08:30	521	18,0	479	19,6	-8%	9%
	10:00-10:30	559	16,8	475	19,8	-15%	18%
	10:30-11:00	529	17,8	485	19,4	-8%	9%
	11:00-11:30	543	17,3	503	18,7	-7%	8%
	11:30-12:00	545	17,3	485	19,4	-11%	12%
	12:30-13:00	537	17,5	482	19,5	-10%	11%
	13:00-13:30	584	16,1	483	19,4	-17%	21%
	16:00-16:30	592	15,9	554	17,0	-6%	7%
	16:30-17:00	626	15,0	559	16,8	-11%	12%
	18:00-18:30	839	11,2	764	12,3	-9%	10%
	19:30-20:00	683	13,8	579	16,2	-15%	18%
	20:00-20:30	509	18,5	470	20,0	-8%	8%
	21:00-21:30	457	20,6	421	22,3	-8%	9%
	22:30-23:00	682	13,8	500	18,8	-27%	36%
23:00-23:30	546	17,2	445	21,1	-19%	23%	

A objetividade estatística obedecida na construção da Tabela 6 permite conclusões mais sólidas do que as feitas anteriormente.

É mais apropriado se guiar somente pelo que ocorreu na Fase I, pois nesta etapa apenas o tempo de ciclo foi alterado e o que estamos querendo estudar é justamente a influência desse parâmetro no tempo de percurso do ônibus. Os resultados da Fase II podem ser apreciados apenas como um reforço das conclusões a que chegamos na Fase I.

A quantidade de intervalos com melhoria representativa foi maior na Fase II do que na Fase I. Isso seria de se esperar, pois na segunda fase a avenida teve maior fração de verde, além de ter o tempo de ciclo reduzido.

A única conclusão realmente sólida a que podemos chegar ao analisarmos os resultados da Fase I é que ocorreu uma melhoria consistente e significativa estatisticamente falando durante o Pico da Tarde no sentido Centro-Bairro, mais precisamente entre as 18:00 e as 20:00 h. Essa constatação reforça a suspeita inicial de que pode haver uma influência negativa significativa de tempos de vermelho longos sobre pontos de ônibus próximos, pois é justamente no Pico da Tarde que existem duas condições que agravam o problema: um maior número de ônibus e um maior tempo de embarque/desembarque. Ressalte-se que o tempo de parada no ponto durante o Pico da Manhã, no sentido Bairro-Centro, é menor do que tempo de parada no ponto durante o Pico da Tarde no sentido Centro-Bairro, provavelmente porque o tempo gasto pelo desembarque (que ocorre principalmente de manhã) é bem inferior ao tempo gasto no embarque (que ocorre principalmente de tarde); além disso, os ônibus do sentido Bairro-Centro transitam em faixa exclusiva, o que contribui para minorar aspectos negativos do ambiente em que estão imersos.

Chama a atenção a melhoria verificada no sentido Centro-Bairro entre as 10:00 e as 11:00 h. É uma variação forte que, certamente, não é fruto da aleatoriedade. Entretanto, não conseguimos identificar quais foram os motivos que levaram a tal melhoria justamente nesse período.

Cálculo do impacto da intervenção no tempo perdido dos ônibus

O tempo de percurso compõe-se de quatro parcelas: o tempo gasto com o veículo em movimento (tempo de percurso livre), o tempo perdido nos semáforos, o tempo consumido nos pontos de ônibus e, eventualmente, o atraso decorrente de sobredemanda (congestionamento).

A fim de melhor aquilatar o impacto da medida tomada, temos de descontar, dos tempos de percurso mostrados na Tabela 6, o valor do tempo de percurso livre, pois esta é uma parcela fixa que sempre vai existir independentemente das ações que forem tomadas nos semáforos, ou nos pontos de ônibus. Observe-se que não houve, durante a pesquisa, situação em que algum congestionamento a jusante chegasse a prejudicar o desempenho dos ônibus no trecho avaliado, eliminando, então, a necessidade de computar o atraso decorrente de sobredemanda.

O tempo de percurso livre para o sentido Bairro - Centro é igual a 216 segundos, enquanto que no sentido oposto é de 235 segundos. A partir daí, a Tabela 7 apresenta, para os intervalos em que houve benefício, o tempo médio gasto no conjunto semáforo/ponto de ônibus (t_{sp}) e, na última coluna, o percentual de redução decorrente, na Fase I. A coluna t_{spa} apresenta o tempo médio gasto pelos ônibus em semáforos, ou em pontos, antes da intervenção enquanto a coluna t_{spd} dá os mesmos valores para a situação de depois, já com os tempos de ciclo reduzidos.

Tabela 7

Sentido	Horário	Fase I		Redução t_{sp}
		t_{spa} (s)	t_{spd} (s)	
Bairro-Centro	13:30-14:00	262,5	222,6	-15%
	20:00-20:30	179,6	155,5	-13%
Centro-Bairro	10:00-10:30	423,1	267,3	-37%
	10:30-11:00	415,4	284,6	-31%
	18:00-18:30	604,5	492,4	-19%
	18:30-19:00	836,8	563,0	-33%
	19:00-19:30	652,3	382,9	-41%
	19:30-20:00	587,7	431,3	-27%

Os resultados a que se chegou demonstram a importância de operar com tempos de ciclo menores em situações que possuem características análogas às da Celso Garcia durante o Pico da Tarde. Entre as 19:00 e as 19:30 h, por exemplo, obteve-se redução de 41% no tempo que os ônibus gastam no conjunto ponto de ônibus & semáforos. Se considerarmos o período entre 18:00 e 20:00 h, percebemos que o tps que era de 2.681 segundos foi para 1.869 segundos configurando uma redução de 30%.

Conclusão

A análise dos dados coletados indicou que recorrer à redução do tempo de ciclo só resulta em aumento na velocidade média operacional do ônibus quando estamos numa situação em que a interação negativa do semáforo com o ponto de ônibus é muito forte. Em outras palavras, em que a fila oriunda do semáforo atrasa, frequentemente, o embarque/desembarque (principalmente embarque) no ponto. Nestes casos, constatou-se um ganho muito forte, que chegou a 30% no Pico da Tarde (Tabela 7). Nos outros casos, não parece haver contribuição positiva desse tipo de medida.

Evidentemente, existe um limite inferior abaixo do qual não é mais possível diminuir o tempo de ciclo. Por exemplo, no Pico da Manhã, no sentido Bairro – Centro uma diminuição excessiva do tempo de ciclo redundou numa piora significativa na velocidade dos ônibus, exatamente ao contrário do que se pretendia alcançar. A alteração foi rapidamente revertida e nem sequer consta das pesquisas mencionadas neste relatório.

Outro fato a considerar é que a maioria dos semáforos em corredores opera em forma coordenada e, neste caso, o tempo de ciclo da rede tem de ser aproximadamente igual ao maior dos tempos de ciclo dos cruzamentos que compõem a rede. Nesses casos, muitas vezes não conseguimos aplicar o remédio da diminuição do ciclo num cruzamento que, em si, permitiria tal medida porque ele precisa operar com o tempo de ciclo do cruzamento crítico da rede.

Como os tempos de ciclo apontados na Tabela 1 se mostraram benéficos, eles não só foram inseridos na fase da pesquisa antes - depois, mas já foram adotados na programação regular, e seu desempenho pode ser observado em campo na data em que foi escrito esse relatório. O tempo de ciclo menor foi adotado mesmo nos períodos em que não houve nem vantagem nem desvantagem na sua implementação para os ônibus (fora do Pico da Tarde) porque tempos de ciclo menores, quando admissíveis, sempre geram menor espera para todos os usuários: pedestres, passageiros dos ônibus e condutores dos automóveis. Em resumo, todos os tempos de ciclo apresentados na Tabela 1 são os que vigoram em campo atualmente.

