

CAPÍTULO 11
Plano Operacional do Sistema Troncal de Ônibus

11. PLANO OPERACIONAL DO SISTEMA TRONCAL DE ÔNIBUS

11.1. TRAÇADO DO SISTEMA TRONCAL PROPOSTO

O sistema troncal é proposto para enfrentar quatro grandes problemas de transporte público na área de estudo: (i) velocidade operacional reduzida de ônibus na hora de pico, (ii) grande congestionamento de tráfego de ônibus causado pela concentração de linhas de ônibus, (iii) falta de cumprimento da programação do serviço de ônibus e (iv) dificuldade de manutenção operacional eficiente do ônibus, observada a taxa de ocupação dos ônibus extremamente baixa no Centro. No Capítulo 10 foi discutido o benefício advindo do sistema de ônibus troncal em particular e o transporte em geral. Este capítulo descreve, em detalhe, a operação do sistema troncal na Área de Estudo, incluindo seus relacionamentos com as linhas de ônibus convencional.

11.1.1. SISTEMA TRONCAL PROPOSTO

Na Tabela 11.1-1 estão resumidas as características principais do sistema troncal, e na Tabela 11.1-2 são apresentados os detalhes do plano operacional.

(1) Sistema Operacional de Ônibus

O sistema de transporte de ônibus proposto consiste de três componentes: (i) sistema de ônibus troncal, (ii) sistema de ônibus alimentador (iii) e sistema de ônibus convencional. Levando em consideração as diferentes condições de infra-estrutura, o sistema troncal proposto circula em três tipos de vias: (i) canaleta exclusiva para ônibus, (ii) faixa exclusiva para ônibus (iii) e faixa prioritária para ônibus. O sistema de ônibus alimentador proporciona viagens relativamente curtas e transporta passageiros para o terminal de integração de ônibus para realizar transferências. O sistema troncal substitui 61 linhas de ônibus convencional e as demais 104 linhas convencionais permanecem com o mesmo serviço.

(2) Introdução do Sistema de Integração

O presente estudo propõe oito novos terminais de integração. Cada terminal proporciona transferências integradas entre linhas alimentadoras e troncais. Nesta proposta as linhas convencionais não serão integradas ao sistema troncal. Portanto, oito terminais de ônibus serão estruturados para segregar os serviços de ônibus alimentador e troncal das linhas convencionais e outros modos de transporte. Os passageiros das linhas convencionais podem realizar transferências para linhas troncais nos pontos dos ônibus troncais, mas eles terão que pagar a tarifa novamente. Os passageiros de uma linha troncal também devem pagar a tarifa quando forem realizar transferências para uma outra linha troncal (zona A para/de zona B) em um ponto de ônibus troncal.

Serão construídos três terminais de integração (A, B e C) ao longo da Rodovia Augusto Montenegro para atender passageiros entre Icoaraci e o Centro de Belém. Os cinco terminais remanescentes (D, E, F, G e H) serão construídos ao longo da Rodovia BR-316 e Avenida Independência para conectar a Cidade Nova e Marituba ao Centro. Para obter plenamente os benefícios e eficiência da operação de ônibus, será muito melhor integrar entre si o serviço de rede de todos os oito terminais. Entretanto, o presente Estudo propõe a alternativa viável de curto prazo dividindo o sistema troncal em duas zonas de serviço: Terminal A, B e C formam uma zona (zona A) com transferência integrada entre eles, enquanto que os Terminais D, E, F, G e H serão integrados em outra zona (zona B). As tarifas não serão integradas entre estas duas zonas de serviço (ver detalhes no Capítulo 8).

(3) Gerenciamento e Organização da Operação de Ônibus Troncal

Atualmente existem 29 empresas privadas com 165 linhas de ônibus convencionais na Área de Estudo sob a gestão da CTBel na Cidade de Belém e RMB, e DEMUTRAN na Cidade de Ananindeua. A proposta do presente Estudo consiste da coexistência, de um lado, do serviço de ônibus tronco-alimentador e do serviço de ônibus convencional como sistemas separados, e de outro lado, o desenvolvimento de infra-estrutura especial como canaletas e terminais para o sistema tronco-alimentador. Em conjunto, o presente Estudo propõe o desenvolvimento institucional para introduzir o sistema de ônibus tronco-alimentador e implementar o desenvolvimento da infra-estrutura necessária o mais rápido possível (ver detalhes no Capítulo 19).

(4) Desenvolvimento de Infra-estrutura de Ônibus

Para assegurar a fácil e efetiva operação do serviço de ônibus troncal, o presente Estudo propõe a seguinte infra-estrutura:

- 1) Canaletas exclusivas para ônibus, de dois sentidos, serão construídas no centro das três vias: Rodovia BR-316, Avenida Almirante Barroso e Rodovia Augusto Montenegro. Concomitantemente foram previstas para as essas três vias, ciclovias e calçadas.
- 2) A Avenida Independência, via de dois sentidos de tráfego e quatro faixas, ora em construção, será alargada para seis faixas com dois sentidos sendo duas faixas junto ao canteiro central, exclusivas para ônibus.
- 3) Ao longo das vias em torno do centro de Belém e de Icoaraci e Avenida Mário Covas, foi definida junto à calçada, faixa prioritária para ônibus com pavimento em concreto asfáltico pigmentado.
- 4) As Avenidas Pedro Álvares Cabral e Senador Lemos, atualmente com dois sentidos de tráfego, serão transformadas em vias de sentido único com três faixas, introduzindo a faixa prioritária para ônibus com pavimento asfáltico pigmentado.
- 5) Terminais de Integração serão construídos em oito locais.
- 6) Novos pontos de ônibus serão construídos ao longo das canaletas e faixas exclusivas para ônibus.
- 7) O Terminal de São Braz, que atualmente opera como terminal rodoviário, será requalificado para a função de terminal de transferência entre o ônibus troncal e convencional.
- 8) Semáforos para ônibus troncal serão instalados em todas as interseções ao longo das canaletas exclusivas para ônibus, exceto nas faixas exclusivas e prioritárias para ônibus.
- 9) O pavimento de concreto asfáltico das faixas prioritárias para ônibus será substituído por concreto na maioria das interseções na Área Central de Belém.

(5) Controle de Tráfego para as Faixas Prioritárias para Ônibus

O ônibus troncal terá relativa facilidade na operação nas canaletas e faixas exclusivas devido à baixa interferência do tráfego geral. A situação é inteiramente diferente nas faixas prioritárias para ônibus dentro das cidades, porque (i) ônibus troncal circula na mesma via do tráfego geral, (ii) as faixas terão prioridade para ônibus no período de 6h às 20h e (iii) os ônibus conflitarão com veículos que acessam estabelecimentos comerciais e residenciais. Com a finalidade de superar as dificuldades previstas na operação ao longo das faixas prioritárias, o presente Estudo recomenda uma fiscalização rigorosa do regulamento de trânsito, até que os residentes se conscientizem do benefício da medida.

Tabela 11.1-1 Perfil do Sistema Troncal Proposto

Componente do Sistema	Sistema de Ônibus Troncal			Sistema de Ônibus Alimentador	Sistema de Ônibus Convencional
	Canaleta Exclusiva para Ônibus	Faixas Exclusivas para Ônibus	Faixas Prioritárias para Ônibus		
Condições de Tráfego	Exclusiva o dia todo	Exclusiva no período 6h às 20h	Prioridade no período de 6h às 20h	Sistema atual de tráfego misto	Sistema atual de tráfego misto
Tarifa	Sistema Integrado	Sistemas Integrados e atual	Sistema Atual	Sistema Integrado	Sistema Atual
Distância entre Pontos de Ônibus	Aproximadamente 800m	Aproximadamente 800m	Distância atual de cerca de 400m	Distância atual de cerca de 400m	Distância atual de cerca de 400m
Local dos Pontos de Ônibus	Em principais interseções	Em principais interseções	Locais existentes	Locais existentes	Locais existentes
Local das Vias	Parte central das vias (canteiro central)	Parte central das vias (canteiro central)	Faixas existentes do lado direito	Faixas existentes do lado direito	Faixas existentes do lado direito
Vias para Implementação	Avenida Almirante Barroso, Rodovia BR-316, Rodovia Augusto Montenegro	Avenida Independência	Vias selecionadas no Centro de Belém e Icoaraci	Vias no entorno dos novos terminais de integração	Vias utilizadas pelas linhas existentes
Estrutura	Segregado completamente com divisor de concreto	Segregado parcialmente com tachões	No mesmo nível da via	No mesmo nível da via	No mesmo nível da via
Faixas de Ônibus	Uma faixa para cada sentido	Uma faixa para cada sentido	Uma faixa para cada sentido	Misto com tráfego geral	Misto com tráfego geral
Pavimento	Concreto	Asfalto	Asfalto pigmentado	Pavimento existente	Pavimento existente
Tipo de Ônibus	Ônibus articulado (capacidade 200 passageiros)	Ônibus articulado (capacidade 200 passageiros)	Ônibus articulado (capacidade 200 passageiros)	Ônibus convencional médio (capacidade 70 passageiros)	Ônibus existente (capacidade 110 passageiros)
Operação e Gerenciamento	Nova organização criada por recursos do consórcio	Nova organização criada por recursos do consórcio	Nova organização criada por recursos do consórcio	Nova organização criada por recursos do consórcio	Empresas existentes
Terminais	Seis novos terminais	Dois novos terminais	-----	Oito novos terminais	Terminais existentes
Operação do Terminal	Integrado	Integrado	-----	Integrado	Sistema atual

Tabela 11.1-2 Plano de Operação de Ônibus Troncal

Item Operacional	Descrição					
	Terminais	2007	2012	Terminais	2007	2012
Quantidade de Linhas de Ônibus por Terminal de Origem	A	2	4	E	2	4
	B	2	4	F	2	3
	C	1	2	G	1	4
	D	2	3	H	2	4
Características das Linhas de Ônibus	<p>Linhas que passam na Avenida Almirante Barroso: Saem do terminal de origem: uma linha circula dentro do Centro de Belém, e a outra retorna do terminal de São Braz para o terminal de origem.</p> <p>Linhas que passam na Avenida Independência: Saem do terminal de origem: uma linha circula dentro do Centro de Belém, e a outra retorna da Avenida Visconde de Souza Franco para o terminal de origem</p>					
Operação entre terminais que dividem linhas troncais de mesmo itinerário	<p>Os ônibus troncais que iniciam no Terminal A param nos Terminais B e C, no sentido bairro-centro, e seus passageiros podem desembarcar em qualquer um desses terminais. Entretanto, os passageiros que esperam ônibus nos dois últimos terminais não podem embarcar nos ônibus que partiram do Terminal A, no horário de pico. O mesmo é aplicado à direção inversa, no sentido centro-bairro para os Terminais C e B.</p> <p>Da mesma maneira, a operação das vias troncais ocorre entre os Terminais D, E e F, e entre Terminais G e H.</p>					
Headway por Linha durante a Hora de Pico (minutos)	Terminais	2007		2012		
	A	8.2 e 8.5		10.0, 16.0, 9.9 e 9.1		
	B	9.5 e 10.4		11.0, 33.6, 9.8 e 27.7		
	C	8.2		18.2 e 54.8		
	D	3.9 e 12.7		3.2, 27.5 e 73.1		
	E	6.3 e 29.8		6.2, 11.7, 14.8 e 6.5		
	F	3.6 e 4.1		4.9, 3.8 e 4.7		
	G	4.7		6.0, 13.6, 9.2 e 48.0		
	H	4.0 e 4.7		5.2, 6.4, 13.5 e 8.9		
Tarifa de ônibus	Sistema fixo de tarifa (sistema atual)					
Pagamento de Tarifa	Com a implantação do sistema troncal, o passageiro deixará de pagar, progressivamente, em espécie, a tarifa no ônibus, entregando o bilhete tipo Edmonson para o cobrador, ou o vale-transporte ou outro tipo de cartão. Novo tipo de controlador será instalado nos ônibus troncais.					
Venda de Passagens	As passagens serão disponibilizadas em lojas, quiosques, shopping centers e nos terminais de integração.					
Embarque e Desembarque de Passageiros	Um ônibus articulado tem quatro portas, duas portas por veículo. O passageiro embarca pela porta dianteira e desembarca pela porta traseira.					
Transferência Integrada	<ol style="list-style-type: none"> 1) Ônibus troncal ou alimentador são integrados em cada terminal de integração. 2) Passageiros podem ser transferidos de uma linha troncal para outra em cada terminal de ônibus da mesma zona de serviço. 3) Não é possível a transferência integrada nos pontos de ônibus entre duas linhas, incluindo ônibus troncal e convencional. 4) O sistema tronco-alimentador não é integrado com o sistema de ônibus convencional. 					
Aquisição de Ônibus Articulados	<ol style="list-style-type: none"> 1) O serviço de ônibus troncal no primeiro ano de operação, em 2007, utilizará dois ônibus convencionais no lugar de um ônibus articulado. 2) A partir de 2008, serão adquiridos anualmente 28 ônibus articulados para substituir os pares de ônibus convencionais. 3) A partir de 2018, serão adquiridos anualmente 34 ônibus articulados. 					

11.1.2. BENEFÍCIOS ESPERADOS NO SISTEMA TRONCAL

Os benefícios esperados no sistema troncal para o setor de transporte são discutidos em detalhe no Capítulo 10. Os benefícios do sistema são resumidos neste item por categoria de beneficiários. A descrição a seguir compara situações “com projeto” e “sem projeto” respectivamente para os anos de 2007 e 2012. Os resultados das análises econômica e financeira no projeto proposto são apresentados no Capítulo 20.

(1) Benefícios aos Passageiros de Ônibus

1) Redução do Tempo de Viagem

O tempo médio de viagem de passageiros de ônibus na Área de Estudo, foi de 28,1 minutos em 2002. A situação prevista no caso “sem projeto” para os anos de 2007 e 2012 são de 41,2 e 53,5 minutos, substancialmente maior do que a situação atual por causa da expectativa de crescimento da demanda de transporte, provocando num grande congestionamento de tráfego. No caso “com projeto” prevê-se grande melhoria no fluxo de tráfego. O tempo médio de viagem de 32,7 e 37,2 minutos em 2007 e 2012 reduzindo, de 8,5 e 16,3 minutos respectivamente em comparação ao previsto no caso “sem projeto”. Os usuários de ônibus em 2007 e 2012 terão redução de 10 a 20 minutos, em um sentido, na implantação do sistema troncal.

A média de tempo gasto numa viagem de Icoaraci para o Centro de Belém, na hora de pico, é de aproximadamente 80 minutos em 2002. O tempo de viagem no caso “sem projeto” subirá nitidamente para 110 e 150 minutos em 2007 e 2012, devido ao rápido crescimento do tráfego motorizado ao longo da via. Com o projeto implantado, o tempo médio de viagem será de aproximadamente 60 e 70 minutos em 2007 e 2012, respectivamente.

Os passageiros de ônibus que partem de Marituba gastam, em média, cerca de 70 minutos para chegar ao Centro de Belém durante a hora de pico em 2002. Este tempo será acrescido para 110 e 140 minutos em 2007 e 2012, respectivamente, sem o sistema troncal de ônibus. Pela implantação do novo sistema, os passageiros de ônibus poderão chegar ao Centro em aproximadamente 50 e 60 minutos, demonstrando um inegável melhoramento comparativamente à situação “sem projeto”.

2) Vantagem do Serviço Regular de Ônibus

O tráfego de ônibus na hora de pico na Avenida Almirante Barroso totalizou 610 veículos, em 2002. Um ônibus a cada cinco segundos causa, sem dúvida, um grande congestionamento. O sistema troncal proposto proporcionará um serviço com o intervalo de 5 a 10 minutos por linha, partindo de cada terminal com ajuste adequado ao crescimento da demanda. Está previsto que o tráfego de ônibus na hora de pico na Avenida Almirante Barroso diminuirá para 400 veículos (250 ônibus convencionais e 150 ônibus troncais) em 2007. A introdução do sistema troncal aliviará o congestionamento de tráfego no Centro possibilitando o cumprimento do serviço dentro de uma programação prevista.

3) Redução do Tempo de Espera no Ponto de Ônibus

A pesquisa de passageiros realizada em 2002 mostrou que aproximadamente 50% dos passageiros de ônibus esperam mais de 10 minutos em pontos de ônibus e que 10% ou mais esperou mais de 30 minutos. A introdução do sistema troncal irá diminuir o tempo de espera para 5 a 10 minutos.

(2) Benefícios para as Empresas de Ônibus

1) Redução de Despesa na Frota de Ônibus

O sistema troncal irá substituir 61 ônibus convencionais. Sem sua implantação, deverão ser adquiridos 446 novos ônibus convencionais até 2007 para atender o crescimento da demanda prevista. Com a introdução do novo sistema, a necessidade diminuirá para 150 ônibus troncais (tipo articulado), o qual equivale a 300 ônibus convencionais. Isto significa uma economia relativamente grande da despesa na frota de ônibus. Sem a operação do ônibus troncal, será necessário adquirir 548 ônibus convencionais até 2012. O tamanho da frota será reduzido para 213 ônibus troncais equivalentes a 335 ônibus convencionais, se o sistema troncal de ônibus substituir os ônibus convencionais. Isto novamente significa uma grande economia por parte das empresas de ônibus.

2) Operação de Ônibus mais Eficiente

De acordo com a pesquisa de passageiro de ônibus realizada em 2002, a taxa de ocupação alcançou de 80 a 100% da capacidade do ônibus, na periferia, mas foi extremamente baixa no Centro, cerca de 5% a 10%. Esta ineficiência da operação será diminuída com a implementação do sistema troncal, o qual proporciona duas linhas de acesso ao Centro com ônibus troncais que originam de cada um dos oito terminais propostos. A taxa de ocupação de ônibus troncal no centro foi estimada a alcançar 10 a 15%. Isto irá capacitar as empresas de ônibus a operar seus ônibus mais eficiente e efetivamente organizando sua frequência operacional e gerenciamento da frota.

3) Transferência do Veículo Privado para Ônibus

O sistema troncal proposto irá melhorar a operação do transporte público reduzindo o tempo médio de viagem proporcionando o cumprimento do serviço regular de ônibus. No futuro, é previsto que os usuários de carro privado percebam o aumento do tempo de viagem para atingir seus destinos finais, em decorrência do grande congestionamento de tráfego. Espera-se que alguns desses usuários transfiram-se para o ônibus. A operação regular e estável do ônibus troncal estimula a demanda potencial para o ônibus. Baseado na pesquisa de passageiro realizada em 2002 foi estimado que cerca de 7% dos usuários de veículos privados estarão dispostos a usar o ônibus durante a hora de pico. Esse acréscimo de demanda será benéfico para as empresas de ônibus.

(3) Benefícios ao Público em Geral

1) Alívio do Congestionamento de Tráfego no Centro

Na pesquisa de tráfego em 2002 obteve-se que a taxa média diária de congestionamento de tráfego (V/C = volume de tráfego atual dividido pela capacidade da via) era 0,5, ainda um nível moderado. Sem o sistema troncal a taxa de congestionamento de tráfego crescerá para 0,7 e 1,0 em 2007 e 2012, respectivamente, porque estima-se que o tráfego motorizado crescerá rapidamente no período. A operação de ônibus troncal melhorará consideravelmente a taxa de congestionamento de tráfego para cerca de 0,75 em 2012.

A Tabela 11.1-3 mostra o volume total de tráfego de ônibus na Avenida Almirante Barroso de aproximadamente 610 veículos por hora de pico em 2002. O tráfego crescerá para 640 e 700 ônibus por hora de pico em 2007 e 2012, respectivamente. Concomitantemente com o rápido crescimento de veículos motorizados em geral, a avenida será a via de maior tráfego e congestionamento na Área de Estudo. Com a inovação proposta de transporte de ônibus, o tráfego de ônibus na avenida será de 400 e 360 veículos por hora de pico em 2007 e 2012, uma redução relativamente grande de 240 e 340 veículos relativo a situação “sem” projeto. Entretanto, espera-se aumentar em 10% a velocidade média do tráfego geral nas três faixas em ambos os lados da canaleta exclusiva. O sistema troncal inibirá a deteriorização das condições de tráfego na Avenida Almirante Barroso, e a redução do tempo de viagem gasto, tanto pelo veículo privado quanto pelo ônibus, trará benefício ao público em geral.

Em 2002, 40 a 50 linhas de ônibus circulam nas vias arteriais de Belém como Avenidas Nazaré e Governador José Malcher, onde o tráfego de ônibus é relativamente pesado, alcançando 4.000 a 5.000 veículos por dia. O sistema troncal proposto, com frota de grande capacidade com ônibus articulados e segregação de faixas prioritárias para ônibus no período de 6h às 20h, será de grande contribuição para reduzir e redirecionar o tráfego de ônibus na vias dentro do Centro e reduzirá o crônico congestionamento de tráfego na Cidade de Belém.

Tabela 11.1-3 Tráfego de Ônibus na Avenida Almirante Barroso

(veículos/bairro-centro na hora de pico)

	2002	2007		2012	
		Sem o Sistema Troncal	Com o Sistema Troncal	Sem o Sistema Troncal	Com o Sistema Troncal
Ônibus Convencional	610	640	250	700	230
Ônibus Troncal	-----	-----	150	-----	130
Total	610	640	400	700	360

2) **Melhoramento de Segurança do Tráfego**

O sistema troncal será operado nas vias existentes introduzindo uma segregação ou demarcação definida entre as canaletas (ou faixas de ônibus), faixas para tráfego em geral, ciclovias e calçadas. A separação do espaço viário para diferentes tipos de tráfego com velocidades diferentes irá contribuir grandemente para a segurança do tráfego.

3) **Atividade Econômica**

O sistema troncal proposto requer o investimento em infra-estrutura tais como construção ou melhoramento de canaletas, faixas exclusivas e faixas prioritárias para ônibus, terminais e pontos de ônibus. O desenvolvimento de tal infra-estrutura social irá dar suporte à ativação da economia regional.

(4) **Benefícios para Conservação do Meio Ambiente**

1) **Conservação do Meio Ambiente**

O sistema troncal utilizará o espaço viário disponível das vias troncais existentes. Em virtude de não ter sido proposto um alargamento de via, este sistema não causará danos adicionais ao meio ambiente atual. Todavia, é necessário tomar medidas de conservação ambiental durante e depois da construção.

2) **Redução de Emissão de Óxido de Nitrogênio (NO_x)**

O nível de poluição do ar por NO_x, CO, PM-10 e SO₂ na Área de Estudo é, atualmente, melhor do que o padrão ambiental nacional. Entretanto, esta situação certamente se deteriorará no futuro. Sem o sistema troncal, a emissão diária de NO_x crescerá para 12,6t em 2007 e 18,5t em 2012. Com o sistema, a emissão de NO_x será de 11,2 e 14,9t, mais baixo em 10% e 20% do que a situação “sem o sistema”. A implementação do sistema troncal será efetiva para conservar a inibição da poluição do ar por NO_x.

3) **Redução de Emissão do Dióxido de Carbono (CO₂)**

Sem o sistema troncal, a emissão diária de CO₂ foi estimada a alcançar 1.590t em 2007 e 2.850t em 2012. Com o sistema troncal, a emissão diária será de 1.380 e 2.110t, menor em 13 e 26% respectivamente em relação à situação “sem o sistema”. O sistema troncal trará uma considerável diminuição da emissão de CO₂, a maior causa de aquecimento global.

4) **Redução do Nível de Ruído**

O nível de ruído ao longo da via é pior do que o padrão ambiental nacional em muitos lugares da Área de Estudo, e esta situação será agravada, no futuro. Sem o sistema troncal, o nível de ruído na hora de pico, na Avenida Almirante Barroso próximo ao Terminal de São Braz, foi estimado a alcançar 82,53, 82,03 e 82,06dBA em 2007, 2012 e 2020, respectivamente. Com a implantação do sistema, o nível de ruído será menor de 80,62,

80,07 e 79,19dBA para os mesmos três anos. O sistema troncal manterá significativamente o nível de ruído ao longo das vias de tráfego pesado.

5) Conservação do Ambiente Urbano Habitável

A implementação do sistema troncal requer infra-estrutura apropriada como canaletas e faixas exclusivas para ônibus, terminais de integração e pontos de ônibus, associado ao melhoramento da estrutura viária e utilização do espaço viário. O desenvolvimento e modernização de tais equipamentos irão assegurar o escoamento livre de tráfego bem como de pedestres. Em outras palavras, a inovação proposta de transporte por ônibus irá contribuir para o melhoramento do transporte urbano como um todo e a conservação do paisagismo urbano.

11.2. LINHAS DE ÔNIBUS TRONCAL E FREQUÊNCIA

11.2.1. IDENTIFICAÇÃO DE LINHAS DE ÔNIBUS

As linhas troncais foram definidas para alcançar três principais objetivos. Primeiro, atender a demanda atual e futura de passageiros. Segundo, determinar os itinerários para reduzir o tráfego de ônibus e aliviar o congestionamento de tráfego no Centro da cidade de Belém. Finalmente, definir as rotas visando dispersar a concentração de linhas atuais de ônibus em poucas vias e, então estabelecer uma rede funcional de ônibus.

A demanda de passageiros na Avenida Almirante Barroso, para 2007 e 2012, mostra o padrão similar à atual situação. A maioria dos passageiros embarcará no ônibus em um dos terminais da periferia e fará transferência para atingir seus destinos nos arredores do Terminal de São Braz. O embarque e o desembarque de passageiros serão realizados de maneira pulverizada no Centro de Belém. Para atender o comportamento da demanda e reduzir o congestionamento e o tráfego de ônibus no Centro, foram propostas para o sistema troncal nessa avenida, duas linhas por terminal de origem. A primeira linha (Linha 01) entra e circunda o Centro de Belém e a segunda linha (Linha 03) retorna do atual Terminal de São Braz para o terminal de origem.

Para atender a demanda de passageiros na Avenida Independência que terá a obra concluída em 2011, foi previsto o seguinte padrão. Os passageiros deverão embarcar nos ônibus em um dos terminais de origem e a maioria desembarcar ao longo da Avenida Pedro Álvares Cabral. O embarque e o desembarque no Centro deverão ocorrer de maneira pulverizada. O ônibus troncal na Avenida Independência oferecerá duas linhas por terminal de origem, para atingir o mesmo propósito de reduzir o tráfego de ônibus e o congestionamento dentro do Centro. A primeira linha (Linha 02) tráfegará na Avenida Independência e no Centro, enquanto que a segunda linha (Linha 04) retornará da Avenida Pedro Álvares Cabral ao terminal de origem.

Baseado no carregamento, o sistema troncal proposto, em 2007, admite operar somente na Avenida Almirante Barroso partindo de oito terminais de integração, da periferia para o Centro, com um total de 16 linhas de ônibus. Com a conclusão da Avenida Independência, admite-se que em 2012 estarão em operação 32 linhas de ônibus, partindo quatro linhas de cada terminal de origem (Tabela 11.2-1).

Assim, a situação com 16 e 32 linhas, significa que as duas linhas TC03 e TG03, terão demanda insignificante em 2007 e as quatro linhas TC03, TC04, TD03 e TF01 terão similarmente poucos passageiros em 2012. Portanto, conclui-se que o sistema troncal opera 14 linhas em 2007 e 28 linhas em 2012.

11.2.2. FREQUÊNCIA DE LINHA DE ÔNIBUS

A frequência da linha troncal na hora de pico é obtida dividindo o maior carregamento da linha, num determinado trecho, pela capacidade do ônibus articulado. Os passageiros da linha variam constantemente ao longo do itinerário entre a origem e o destino, e a maior demanda concentra-se em certos trechos da via ou entre certos pontos de ônibus. Do ponto de vista de eficiência operacional e economia, a capacidade do ônibus foi fixada em 120% da capacidade padrão. Os resultados dos cálculos são mostrados na Tabela 11.2-1. As características principais de frequência operacional são resumidas como segue.

- 1) Em 2007, o *headway* das duas linhas troncais que sairão do Terminal A será de cerca de 8 minutos. Duas linhas alimentadoras estarão em operação, cada uma com *headway* de cerca de 3 minutos e terão seus passageiros transferidos para linhas troncais no terminal de integração. Em 2012, quatro linhas troncais sairão do terminal, aproximadamente, a cada 10 minutos, enquanto que as quatro linhas alimentadoras terão um *headway* de 3 a 4 minutos cada.
- 2) No congestionado Terminal F, duas linhas troncais sairão a cada 3 a 4 minutos em 2007. O *headway* das duas linhas troncais será de cerca de 1,5 minuto. Foi estimado que um total de 340 passageiros chegarão do ônibus alimentador a cada 4 minutos e que a maioria desses passageiros serão transferidos para as linhas troncais. Em 2012, cada uma das quatro linhas troncais sairão a cada 4 a 5 minutos, enquanto que quatro linhas alimentadoras transportarão passageiros a cada 1,5 a 3 minutos.
- 3) Em 2007, todas as 14 linhas troncais propostas trafegarão na Avenida Almirante Barroso para acessar o Centro. O tráfego de ônibus troncal no sentido bairro-centro será pesado, equivalente a um veículo a cada 25 a 30 segundos durante a hora de pico. Em 2012, a Avenida Independência estará capacitada para carregar parte da carga de passageiros, e o tráfego de ônibus troncal na Avenida Almirante Barroso irá diminuir para um veículo por 35 a 40 segundos apesar do aumento esperado da demanda de passageiros.
- 4) Com referência às linhas alimentadoras, é considerado difícil, neste momento, para definir seus itinerários. Portanto, a frequência calculada foi baseada num número de linhas alimentadoras viáveis, dividindo o maior número de passageiros da linha troncal na hora de pico de cada terminal pela capacidade do ônibus alimentador. O *headway* do ônibus alimentador mostrado na Tabela 11.2-1 não deve ser entendido como proposta final do Estudo.

Tabela 11.2-1 Freqüência das Linhas Troncais

Terminal de Ônibus	Linha de Ônibus	Ano	No. de Passageiros				Capacidade (pass./veículo)		Headway (minutos)			
			Ônibus Troncal		Ônibus Alimentador		Troncal	Aliment.	Ônibus Troncal		Ônibus Alimentador	
			2007	2012	2007	2012			2007	2012	2007	2012
TA	TA01	2007	1.754	1.438	1.690	1.355	240	84	8,2	10,0	3,0	3,7
	TA02	2012	---	902	---	925	240	84	---	16,0	---	5,4
	TA03	2007	1.700	1.459	2.077	1.762	240	84	8,5	9,9	2,4	2,9
	TA04	2012	---	1.575	---	2.149	240	84	---	9,1	---	2,3
TB	TB01	2007	1.520	1.309	1.520	1.320	240	84	9,5	11,0	3,3	3,8
	TB02	2012	---	429	---	429	240	84	---	33,6	---	11,7
	TB03	2007	1.385	1.465	1.202	1.211	240	84	10,4	9,8	4,2	4,2
	TB04	2012	---	520	---	520	240	84	---	27,7	---	9,7
TC	TC01	2007	1.750	793	1.732	783	240	84	8,2	18,2	2,9	6,4
	TC02	2012	---	263	---	263	240	84	---	54,8	---	19,2
	TC03	2007	0	0	0	0	240	84	---	---	---	---
	TC04	2012	---	0	---	120	240	84	---	---	---	42,0
TD	TD01	2007	3.725	4.537	3.325	4.537	240	84	3,9	3,2	1,5	1,1
	TD02	2012	---	523	---	523	240	84	---	27,5	---	9,6
	TD03	2007	1.134	0	853	0	240	84	12,7	---	5,9	---
	TD04	2012	---	197	---	197	240	84	---	73,1	---	25,6
TE	TE01	2007	2.274	2.318	1.634	1.587	240	84	6,3	6,2	3,1	3,2
	TE02	2012	---	1.226	---	1.226	240	84	---	11,7	---	4,1
	TE03	2007	483	971	343	687	240	84	29,8	14,8	14,7	7,3
	TE04	2012	---	2.220	---	1.376	240	84	---	6,5	---	3,7
TF	TF01	2007	3.973	0	3.070	3.704	240	84	3,6	---	1,6	1,4
	TF02	2012	---	2.969	---	1.397	240	84	---	4,9	---	3,6
	TF03	2007	3.487	3.788	3.487	3.788	240	84	4,1	3,8	1,4	1,3
	TF04	2012	---	3.092	---	2.086	240	84	---	4,7	---	2,4
TG	TG01	2007	3.095	2.403	982	290	240	84	4,7	6,0	5,1	17,4
	TG02	2012	---	1.058	---	136	240	84	---	13,6	---	37,1
	TG03	2007	0	1.561	0	348	240	84	---	9,2	---	14,5
	TG04	2012	---	300	---	218	240	84	---	48,0	---	23,1
TH	TH01	2007	3.633	2.745	676	665	240	84	4,0	5,2	7,5	7,6
	TH02	2012	---	2.261	---	362	240	84	---	6,4	---	13,9
	TH03	2007	3.083	1.068	1.268	330	240	84	4,7	13,5	4,0	15,3
	TH04	2012	---	1.625	---	1.150	240	84	---	8,9	---	4,4

11.3. AQUISIÇÃO DE NOVOS ÔNIBUS

11.3.1. EXIGÊNCIA DA FROTA PARA O SISTEMA TRONCAL

O sistema troncal requer ônibus articulados (capacidade para 200 passageiros) e ônibus alimentadores (capacidade para 70 passageiros). O tamanho da frota é obtido basicamente pelo maior número de passageiros por hora de pico, por linha, das 28 linhas de ônibus troncais propostas e capacidade de ônibus troncais, com alguns ajustes pela respectiva extensão da linha, velocidade de operação e freqüência. Quanto às linhas alimentadoras, não é possível, no momento, definir seus itinerários. A frota exigida é calculada pelos passageiros na maior hora de pico por terminal de ônibus troncal e capacidade de ônibus alimentadores, assumindo que 2 a 4 linhas estarão disponíveis em cada terminal de integração. Portanto, a frota indicada para linhas alimentadoras deve ser entendida como sugestão e não como uma proposta. Será necessário decidir os itinerários das linhas alimentadoras e recalculá-la frota, antes de introduzir o sistema troncal. Para estimar a frota necessária para as linhas troncais e alimentadoras deverão assumir as seguintes afirmações:

- 1) O maior número de passageiros de ônibus utilizado para calcular a frota de ônibus troncal é obtido dos resultados do carregamento por linha troncal.

- 2) O maior número de passageiros utilizado para calcular a frota de ônibus alimentador é obtido dos resultados do carregamento sobre embarque de passageiros em cada terminal de integração.
- 3) A extensão do itinerário é a distância de cada linha troncal, da origem ao destino, enquanto que a extensão das linhas alimentadoras, em um sentido, é assumida em torno de 2,0 a 2,5km para cada sentido.

A Tabela 11.3-1 mostra os resultados dos cálculos para cada linha troncal. O resultado do cálculo pode ser resumido como segue:

- 1) Um total de 150 ônibus articulados com capacidade para 200 passageiros será necessário para o ano de 2007 quando o sistema troncal iniciar sua operação. A frota deverá ser aumentada para 213 ônibus articulados por volta do ano de 2012.
- 2) Serão necessários 53 ônibus alimentadores com capacidade para 70 passageiros, em 2007, e a frota deverá ser aumentada para 76 ônibus, por volta de 2012.
- 3) Cada terminal de integração irá requerer uma frota de 20 a 25 ônibus articulados, em 2007, e 25 a 30, em 2012.

Tabela 11.3-1 Frota Requerida para o Sistema Troncal

Terminal de Integração	Linha	Ano de Operação	Ext. Linhas (t/d)		Vel. de Operação		Quantidade de viagens		Número de Passageiros				Frota		Qt. Troncal		Qt. Alimentado		Freq. Operação de Ônibus Alimentador		
			Ônibus Troncal	Ônibus Alim. tador	Ônibus Troncal	Ônibus Alim. tador	Ônibus Troncal	Ônibus Alim. tador	Troncal	Alimentador	Troncal	Alimentador	Capacidade	Ônibus Troncal	Ônibus Aliment.	2007	2012	2007	2012	Troncal	Alimentador
			(km)	(km)	(km/h)	(km/h)	(viagens/veic./hora)	(viagens/veic./hora)	(Pes.)	(Pes.)	(Pes.)	(Pes.)	(Pas./v)	(Pas./v)	(Veic.)	(Veic.)	(Min.)	(Min.)	(Min.)	(Min.)	
TA	TA01	2007	28	2,5	32,5	25	1,2	10,0	1754	1.438	1.690	1.555	240	84	13	10	4	3	8,2	10,0	3,0
	TA02	2012	26	2,5	32,5	25	1,3	10,0	0	902	0	925	240	84	0	6	0	2	-----	16,0	-----
	TA03	2007	23	2,5	32,5	25	1,4	10,0	1700	1.459	2.077	1.762	240	84	10	9	5	4	8,5	9,9	2,4
	TA04	2012	23,3	2,5	32,5	25	1,4	10,0	0	1.575	0	2.149	240	84	0	9	0	5	-----	9,1	-----
	Sub-Total														23	34	9	15			
TB	TB01	2007	18,1	2	32,5	25	1,8	12,5	1520	1.309	1.520	1.320	240	84	7	6	3	3	9,5	11,0	3,3
	TB02	2012	16	2	32,5	25	2,0	12,5	0	429	0	429	240	84	0	2	0	1	-----	33,6	-----
	TB03	2007	13,1	2	32,5	25	2,5	12,5	1385	1.465	1.202	1.211	240	84	5	5	2	2	10,4	9,8	4,2
	TB04	2012	13,3	2	32,5	25	2,4	12,5	0	520	0	520	240	84	0	2	0	1	-----	27,7	-----
	Sub-Total														12	15	5	7			
TC	TC01	2007	13,3	2	32,5	25	2,4	12,5	1750	793	1.732	783	240	84	6	3	3	1	8,2	18,2	2,9
	TC02	2012	14,9	2	32,5	25	2,2	12,5	0	263	0	263	240	84	0	1	0	1	-----	54,8	-----
	TC03	2007	8,4	2	32,5	25	3,9	12,5	0	0	0	0	240	84	0	0	0	0	-----	-----	-----
	TC04	2012	12,2	2	32,5	25	2,7	12,5	0	0	0	120	240	84	0	0	0	0	-----	-----	-----
	Sub-Total														6	4	3	2			
TD	TD01	2007	16,1	2	32,5	25	2,0	12,5	3725	4.537	3.325	4.537	240	84	15	19	6	9	3,9	3,2	1,5
	TD02	2012	18,1	2	32,5	25	1,8	12,5	0	523	0	523	240	84	0	2	0	1	-----	27,5	-----
	TD03	2007	11,1	2	32,5	25	2,9	12,5	1134	0	853	0	240	84	3	0	2	0	12,7	-----	5,9
	TD04	2012	15,4	2	32,5	25	2,1	12,5	0	197	0	197	240	84	0	1	0	0	-----	73,1	-----
	Sub-Total														19	22	8	10			
TE	TE01	2007	15,1	2,5	32,5	25	2,2	10,0	2274	2.318	1.634	1.587	240	84	9	9	4	4	6,3	6,2	3,1
	TE02	2012	18,7	2,5	32,5	25	1,7	10,0	0	1.236	0	1.226	240	84	0	6	0	3	-----	11,7	-----
	TE03	2007	10,2	2,5	32,5	25	3,2	10,0	483	971	343	687	240	84	1	3	1	2	29,8	14,8	14,7
	TE04	2012	17,1	2,5	32,5	25	1,9	10,0	0	2.220	0	1.376	240	84	0	10	0	0	-----	6,5	-----
	Sub-Total														10	27	5	8			
TF	TF01	2007	20,6	2,5	32,5	25	1,6	10,0	3973	0	3.070	3.704	240	84	21	0	7	9	3,6	-----	1,6
	TF02	2012	25,9	2,5	32,5	25	1,3	10,0	0	2.969	0	1.397	240	84	0	20	0	3	-----	4,9	-----
	TF03	2007	16,6	2,5	32,5	25	2,0	10,0	3487	3.788	3.487	3.788	240	84	15	16	8	9	4,1	3,8	1,4
	TF04	2012	23,2	2,5	32,5	25	1,4	10,0	0	3.092	0	2.086	240	84	0	18	0	5	-----	4,7	-----
	Sub-Total														36	54	16	26			
TG	TG01	2007	17,6	2,5	32,5	25	1,8	10,0	3095	2.403	982	290	240	84	14	11	2	1	4,7	6,0	5,1
	TG02	2012	16,6	2,5	32,5	25	2,0	10,0	0	1.058	0	136	240	84	0	5	0	0	-----	13,6	-----
	TG03	2007	12,7	2,5	32,5	25	2,6	10,0	0	1.561	0	348	240	84	0	5	0	1	-----	9,2	-----
	TG04	2012	12,9	2,5	32,5	25	2,5	10,0	0	300	0	218	240	84	0	1	0	1	-----	48,0	-----
	Sub-Total														14	21	2	2			
TH	TH01	2007	20,5	2,5	32,5	25	1,6	10,0	3633	2.745	676	665	240	84	19	14	2	2	4,0	5,2	7,5
	TH02	2012	18,4	2,5	32,5	25	1,8	10,0	0	2.261	0	362	240	84	0	11	0	1	-----	6,4	-----
	TH03	2007	15,5	2,5	32,5	25	2,1	10,0	3083	1.068	1.268	330	240	84	12	4	3	1	4,7	13,5	4,0
	TH04	2012	15,7	2,5	32,5	25	2,1	10,0	0	1.625	0	1.150	240	84	0	7	0	3	-----	8,9	-----
	Sub-Total														31	36	5	6			
Total															150	213	53	76			

11.3.2. CRONOGRAMA DE AQUISIÇÃO

(1) Situação Atual da Frota Operacional de Ônibus

Em 2002, 29 empresas privadas operavam 165 linhas de ônibus na Área de Estudo com uma frota de 1.864 ônibus. Como mostrado na Tabela 11.3-2, a idade média da frota é relativamente nova de 5,5 anos e somente poucos ônibus têm 10 anos ou mais. Como mostrado na Figura 11.3-1, a distribuição da idade da frota resulta numa curva normal, culminando com ônibus de 5 a 6 anos, que juntos somam mais de 40% do total. À medida que é melhorada a eficiência na operação e gerenciamento dos ônibus, com a programação de aquisição anual de novos veículos, a curva de distribuição tenderá a ficar achatada.

Tabela 11.3-2 Distribuição de Idade da Atual Frota de Ônibus

Idade da Frota	Quantidade de ônibus	Total Acumulado	Distribuição (%)
1	86	86	4,6
2	94	180	5,0
3	111	291	6,0
4	250	541	13,4
5	427	968	22,9
6	408	1.376	21,9
7	279	1.655	15,0
8	145	1.800	7,8
9	29	1.829	1,6
10	35	1.864	1,9
11	0		
12	0		
Total	1.864		100,0

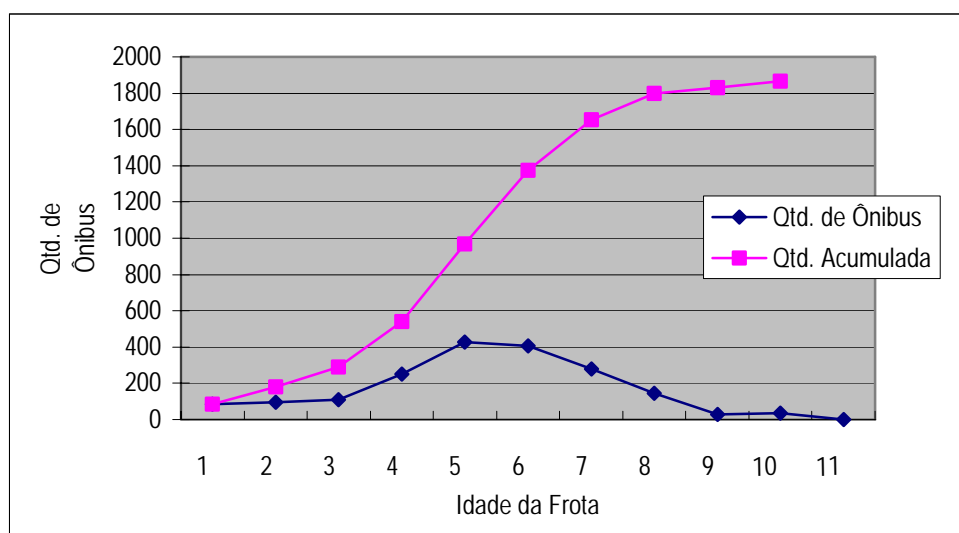


Figura 11.3-1 Distribuição de Idade da Frota Atual de Ônibus

(2) Cronograma de Aquisição de Frota de Ônibus

O sistema troncal proposto substituirá 61 das 165 linhas atuais de ônibus. A futura frota exigida de três tipos de ônibus nessas 61 linhas é mostrada na Tabela 11.3-3.

Tabela 11.3-3 Frota Requerida por Tipo de Ônibus

	Ônibus Convencional		Ônibus Troncal		Ônibus Alimentador	
	2002	2007	2007	2012	2007	2012
Ônibus Alongado	394	446	0	0	0	0
Ônibus Articulado	0	0	150	213	0	0
Ônibus Convencional (70 passageiros)	0	0	0	0	53	76

Para planejar a expansão e reposição da frota, é considerado que a vida útil do ônibus será de 10 anos e que a frota terá a distribuição homogênea. Os detalhes do cronograma de aquisição da frota são mostrados no Capítulo 20. Pontos relevantes do cronograma proposto são sintetizados a seguir.

- 1) Em 2002, 394 ônibus convencionais estavam em operação em 61 linhas de ônibus. 197 ônibus, ou cerca de 50% estarão fora de operação em cinco anos até 2007. A frota de ônibus convencional aumentará para 446 veículos convencionais por volta de 2007 quando o sistema troncal está previsto para começar sua operação para substituí-los. Ao mesmo tempo, é necessário nos próximos cinco anos adquirir 249 ônibus convencionais ($446-394+197=249$).
- 2) Em 2007, o sistema troncal exigirá uma frota de 150 ônibus articulados para iniciar sua operação. Considerando a disponibilidade dos serviços de ônibus convencionais, entretanto, será econômico, a princípio utilizá-los e reduzir o custo de compra de ônibus articulados.
- 3) Em 2007, 446 ônibus convencionais estarão disponíveis para operação. 300 deles são equivalentes em capacidade de passageiros a 150 ônibus articulados. No início, o sistema troncal irá operar com 300 ônibus convencionais, em comboio de dois veículos e 53 ônibus convencionais serão operados como ônibus alimentadores.
- 4) Os 93 ônibus convencionais remanescentes serão transferidos para outras linhas convencionais.

11.4. EXIGÊNCIAS DE TIPOS DE VEÍCULOS DO SISTEMA TRONCAL

11.4.1. EXIGÊNCIA ESTRUTURAL

O sistema troncal será operado com uma frota de ônibus articulados. A Figura 11.4-1 mostra a planta baixa e as vistas do ônibus articulado. As principais especificações são as seguintes:

- 1) Ônibus articulados;
- 2) Capacidade padrão de cerca de 200 passageiros;
- 3) Em decorrência do número de passageiros alcançar 120% da capacidade nominal do ônibus, ou seja, 240 passageiros, o veículo deverá ter uma estrutura suficiente para absorver esta demanda.
- 4) Quatro portas, ou duas por veículo, deverão estar disponíveis para embarque e desembarque de passageiros.
- 5) Os passageiros embarcarão no ônibus pela porta dianteira e desembarcam pelas portas traseiras de cada veículo.
- 6) As portas estarão dispostas ao lado direito dos veículos.
- 7) O padrão de disposição de lugares será de quatro assentos por fila, ou dois lugares em ambos os lados do corredor central. Para atender a demanda na hora de pico, entretanto, o número de lugares será reduzido com o alargamento do corredor central, como mostrado na Figura 11.4-2.

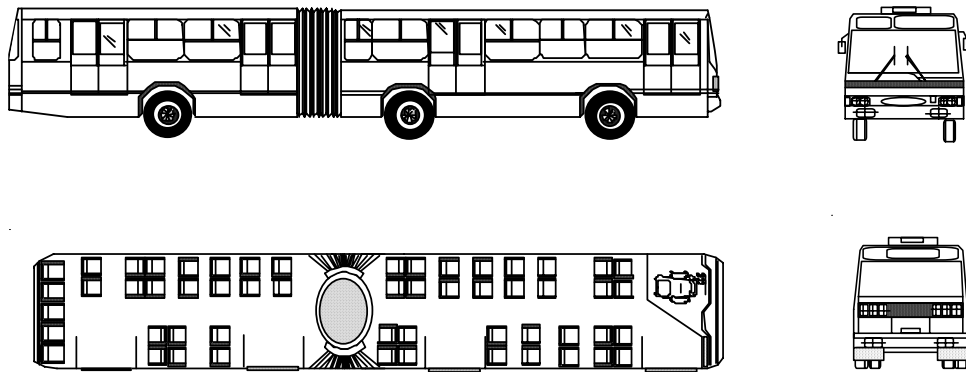


Figura 11.4-1 Planta Baixa do Ônibus Articulado de Quatro Portas

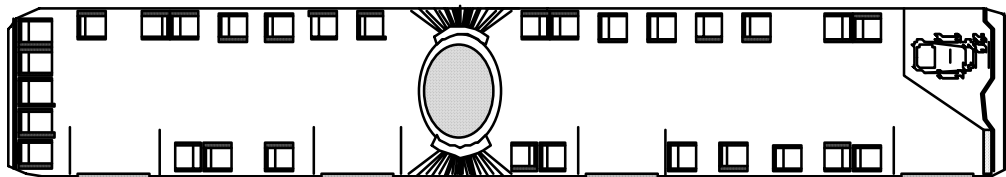


Figura 11.4-2 Disposição Modificada

11.4.2. EXIGÊNCIA AMBIENTAL

Em 2002, na Área de Estudo, o nível de poluição do ar provocado por vários poluentes é mais baixo do que os padrões nacionais de regulamentados. Entretanto, o volume de emissão certamente aumentará de maneira acelerada com o crescimento previsto de tráfego motorizado no futuro. Contrapondo o alerta global, um número crescente de governantes no mundo, está tentando desenvolver e difundir carros de baixa emissão. Os países europeus, agora, consideram o aumento do padrão de emissão do atual EURO-2 para EURO-3 ou EURO-4. O Japão tem promovido o aumento no uso de ônibus abastecidos com gás natural comprimido (GNC) e desenvolvido novos ônibus híbridos de baixa emissão.

A tendência global crescente é o uso de ônibus abastecido com GNC, embora várias tentativas estejam a caminho para o desenvolvimento de novos motores de baixa emissão. Motores GNC são mecanicamente os mesmos que os motores diesel, mas usam gás natural comprimido ao invés de óleo diesel. A emissão de óxidos de nitrogênio (NO_x) pelos motores abastecidos com GNC é de 60 a 80% mais baixos do que motores abastecidos a diesel. A emissão de monóxido de hidrogênio (HC) e monóxido de carbono (CO) é também mais baixa de 80% e 70%, respectivamente.

Portanto, é aconselhável trocar gradualmente os atuais ônibus a diesel para os abastecidos a GNC na Área de Estudo. Deve ser destacado, entretanto, que os ônibus abastecidos com GNC têm poucas desvantagens. Primeiramente, eles são mais caros, custando 20 a 30% mais do que os ônibus a diesel. Segundo, eles percorrem uma distância mais curta de 200 a 250km por abastecimento. Terceiro, existe um número limitado de postos de abastecimento GNC no Brasil. Esses problemas terão de ser superados o mais breve possível. No Japão, a Agência de Proteção Ambiental do governo nacional estabeleceu facilidade financeira para subsidiar empresas particulares de ônibus que desejam trocar suas frotas de diesel para ônibus abastecidos a GNC. Com relação à Área de Estudo, é propõe-se estabelecer um posto de abastecimento GNC em cada terminal de ônibus troncal. (Linhas de ônibus troncais propostas, variam de 40 a 50 quilômetros de extensão. Isto significa que ônibus troncais devem reabastecer após 4 ou 5 viagens de ida e volta).

11.5. SISTEMA TARIFÁRIO

11.5.1. COLETA DE TARIFA

A tarifa de ônibus é atualmente paga com dinheiro ou vale-transporte na ocasião do embarque. Os passageiros embarcam no ônibus pela porta traseira e pagam a tarifa ao cobrador, movendo-se em direção a porta dianteira para desembarcar. Há uma pequena mesa e uma catraca em frente ao lugar do cobrador, próximo à porta traseira. Os passageiros têm que pagar novamente a tarifa quando se transferem de uma linha para outra.

O sistema de tarifa proposto para a operação de ônibus troncais é integrado em oito terminais entre linhas troncais e entre linhas troncais e alimentadores. As transferências entre linhas troncais e convencionais não são integradas: os passageiros têm que pagar a tarifa novamente quando da transferência. Devido todas as linhas troncais ter uma extensão de 15 a 20km, as tarifas serão uniformemente fixadas.

Foi estimado que duas linhas troncais operarão com o *headway* de 5 a 8 minutos partindo de cada um dos oito terminais durante as horas de pico. Isto implica em dizer que o tráfego de ônibus troncal na Rodovia Augusto Montenegro e Rodovia BR-316 será de um ônibus a cada minuto, e que o tráfego ficará mais pesado com um ônibus a cada 30 segundos na Avenida Almirante Barroso onde duas vias se encontram. Com o atual sistema de tarifas, um passageiro precisa de 2,0 a 2,5 segundos para embarcar no ônibus. Nas paradas onde 10 passageiros estão esperando, seus embarques levam de 20 a 25 segundos. Para operar

ônibus troncais a cada 30 segundos é necessário reduzir o tempo de embarque. Para tanto, a operação de ônibus troncal deverá introduzir o seguinte sistema de coleta de tarifa.

- 1) Deverá ser implantado progressivamente sistema de bilhetagem eletrônica.
- 2) Os passageiros deverão embarcar pela porta dianteira e desembarcar pela porta traseira.
- 3) Os passageiros deverão comprar os seguintes tipos de passagens antes de embarcar.
 - a) Bilhetes tipo Edmonson (estudantes e adultos)
 - b) Bilhetes tipo Edmonson múltiplos (estudantes e adultos)
 - c) Bilhetes tipo Edmonson unitário (estudantes e adultos)
 - d) Cartões (estudantes e adultos)

Vários tipos de cartões são usados em várias cidades do mundo, tais como cartões pré-pagos, pequenos cartões, cartões IC sem contato, cartões de crédito e cartões magnéticos usados por viagem. Devido ao sistema troncal proposto estar previsto para iniciar sua operação em 2007, há tempo suficiente para avaliar as opções disponíveis e tomar a decisão final. Os futuros aspectos sócio-econômicos da Área de Estudo, opiniões e atitudes de passageiros de ônibus, e a capacidade de gerenciamento das empresas de ônibus deverão ser minuciosamente analisadas para selecionar o tipo de cartão mais apropriado.

- e) Passagens gratuitas e passes (crianças, idosos, etc.)

11.5.2. VENDA DE PASSAGENS

As passagens deverão ser vendidas em lojas, quiosques, *shopping centers* e nos terminais de integração. Os passageiros deverão comprar tíquetes ou cupons antes de embarcar no ônibus troncal e na entrada do terminal de integração. Isto irá diminuir substancialmente o tempo necessário para o embarque de passageiros. Para evitar transtorno inicial, será necessário aceitar o pagamento em espécie, nos primeiros meses de operação.

11.5.3. REAPROVEITAMENTO DA MÃO-DE-OBRA

O sistema troncal proposto prevê a introdução frota de ônibus articulados propiciando uma redução da frota. Portanto parte do pessoal de operação poderá ser reaproveitado nos terminais de integração.

11.6. CONDIÇÕES DO FLUXO DE ÔNIBUS TRONCAL

11.6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O volume máximo de tráfego registrado na Avenida Almirante Barroso, em 2002, foi de aproximadamente 600 veículos na hora de pico. O tráfego crescerá para 640 e 700 ônibus na hora de pico em 2007 e 2012, respectivamente. Com o rápido crescimento de veículos em geral, a Avenida Almirante Barroso será a via mais congestionada e com tráfego pesado na região. Com a inovação proposta de transporte por ônibus, o tráfego total de ônibus (ônibus troncal e convencional) na Avenida Almirante Barroso será de 400 e 360 veículos na hora de pico em 2007 e 2012, respectivamente redução considerável de 240 e 340 veículos comparando com o caso “Sem” projeto.

Já que a taxa de fluxo de ônibus na canaleta exclusiva para ônibus na Avenida Almirante Barroso e faixa prioritária para ônibus na Área Central é muito alta como mencionado acima, é necessário verificar as condições do fluxo de tráfego no sistema troncal considerando tempo de espera nos pontos de ônibus e nas interseções sinalizadas. Portanto, na Avenida Almirante Barroso e na Avenida Governador José Malcher no sistema troncal, o desempenho operacional do ônibus foi simulado através de um modelo utilizando o *software* específico para tal. Através deste modelo, é possível prever o efeito do desempenho operacional, expresso em termos de medidas efetivas, na qual inclui média de velocidade do veículo, paradas de veículos, atrasos, etc.

Foram utilizados no Estudo, modelos Traffic Software Integrated System – TSIS, que envolvem *software* apoiado pela Federal Highway Administration nos Estados Unidos (FHWA). O TSIS é um sistema de *software* integrado que consiste de network simulation – NETSIM e outros. O NETSIM é um modelo de simulação estocástico microscópico de tráfego urbano.

Neste item, as condições do tráfego futuro na canaleta exclusiva da Avenida Almirante Barroso e na faixa prioritária da Avenida Governador José Malcher são confirmadas com modelo TSIS. Foi identificada a necessidade do sistema troncal em 2007 e 2012.

11.6.2. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

(1) Procedimento

Com a finalidade de simular as características de tráfego na Avenida Almirante Barroso e na Avenida Governador José Malcher, foram selecionados como vias para estudo os trechos viários da Avenida Almirante Barroso entre o Entroncamento e a Avenida Tavares Bastos, e da Avenida Governador José Malcher entre a Travessa Castelo Branco e a Avenida Generalíssimo Deodoro. A Figura 11.6-1 mostra a localização do estudo analisado pelo modelo de simulação de tráfego. Ambos os trechos são típicos na canaleta e na faixa prioritária para ônibus, bem como no tráfego pesado. O procedimento da análise é a seguinte:

- 1) Coleta de dados do tráfego atual
 - Volume de fluxo de ônibus
 - Volume de tráfego de veículo privado para movimento de retorno à esquerda, à direita e tráfego direto.
- 2) Coleta de dados do inventário da via
 - Número de faixas
 - Local dos pontos de ônibus
 - Número de baias de ônibus
 - Semáforos: localização, comprimento do ciclo e tempo de off-set
- 3) Definição e fixação de parâmetros para o modelo de simulação

- Tamanho da frota
 - Tempo de espera em pontos de ônibus
 - Definição do *headway*
 - Características do motorista
- 4) Calibração das condições atuais do tráfego
 - 5) Simulação das condições de tráfego para ônibus e veículos privados no caso “sem” projeto e descobrir o limite do sistema atual de ônibus.
 - 6) Simulação das condições de tráfego para ônibus troncal e veículos privados em caso “com” projeto e prever as condições de tráfego nas faixas de tráfego misto, canaletas exclusivas e faixas prioritárias para ônibus com interseções sinalizadas.

A Figura 11.6-2 mostra o fluxograma do modelo de simulação de tráfego aplicado para representar as condições de tráfego na canaleta exclusiva da Avenida Almirante Barroso e das faixas prioritárias da Avenida Governador José Malcher.

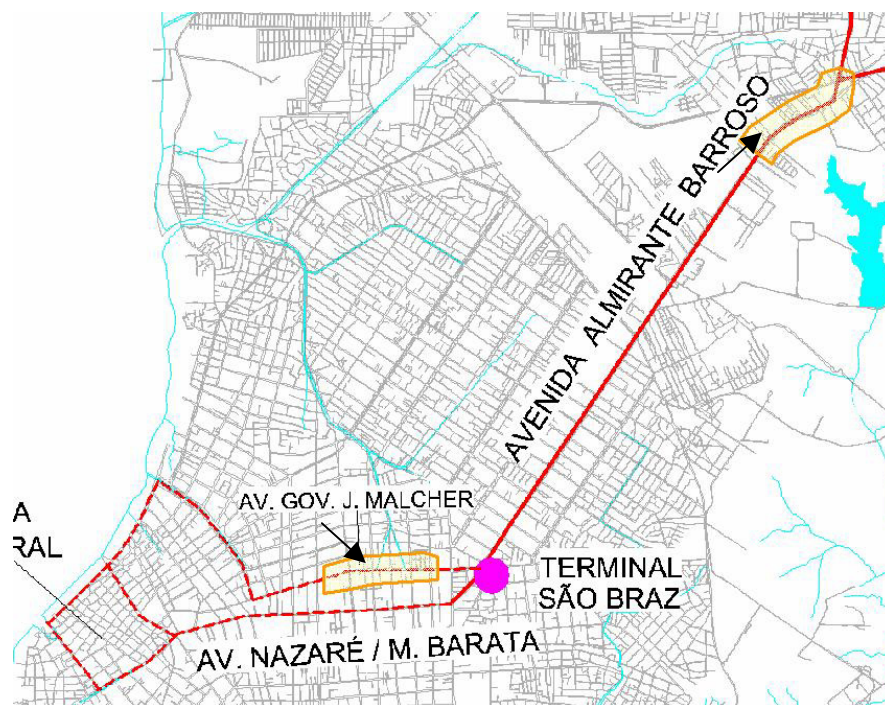


Figura 11.6-1 Localização dos Trechos Analisados pelo Modelo de Simulação de Tráfego

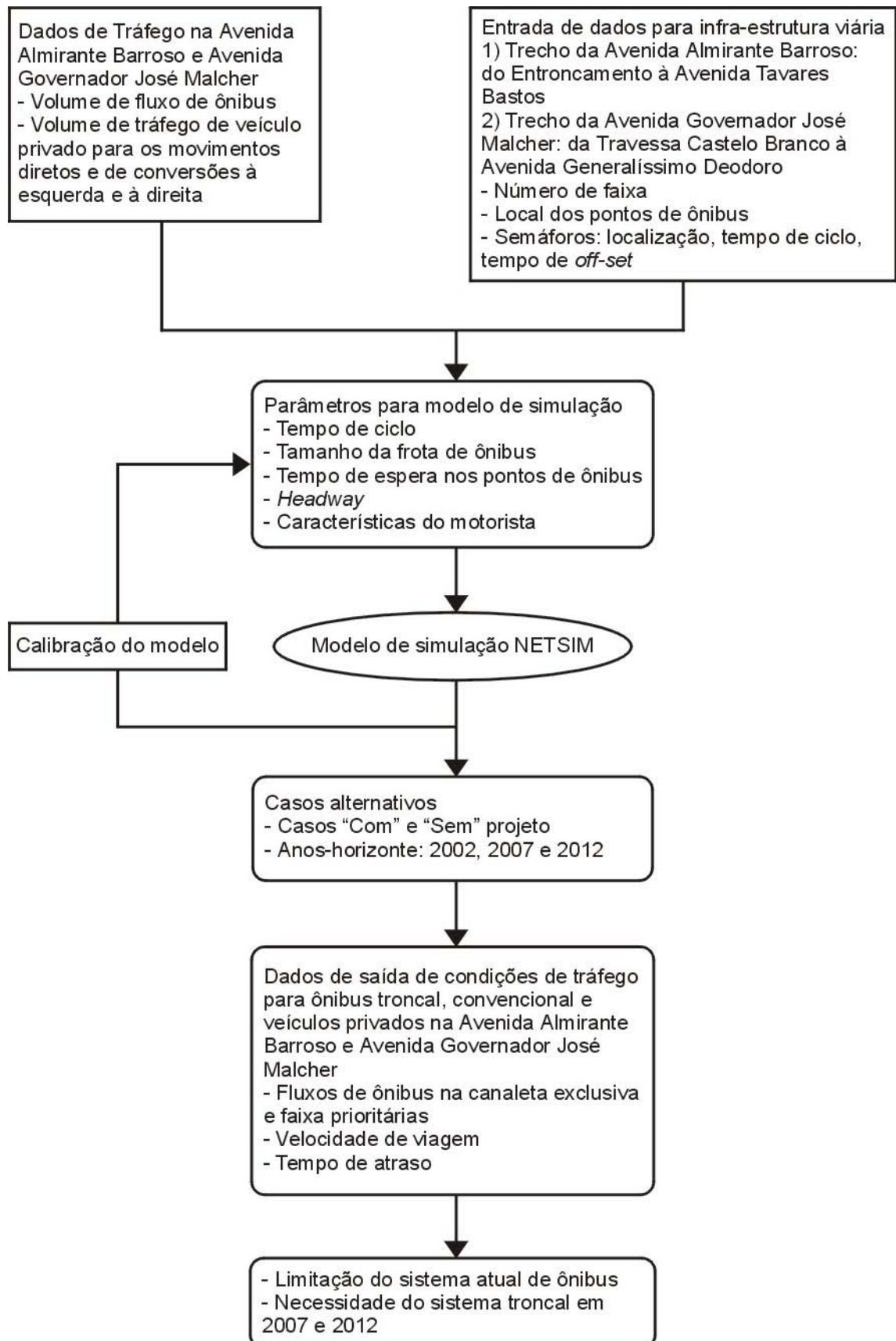


Figura 11.6-2 Fluxograma da Simulação de Tráfego

(2) Dados de Saída

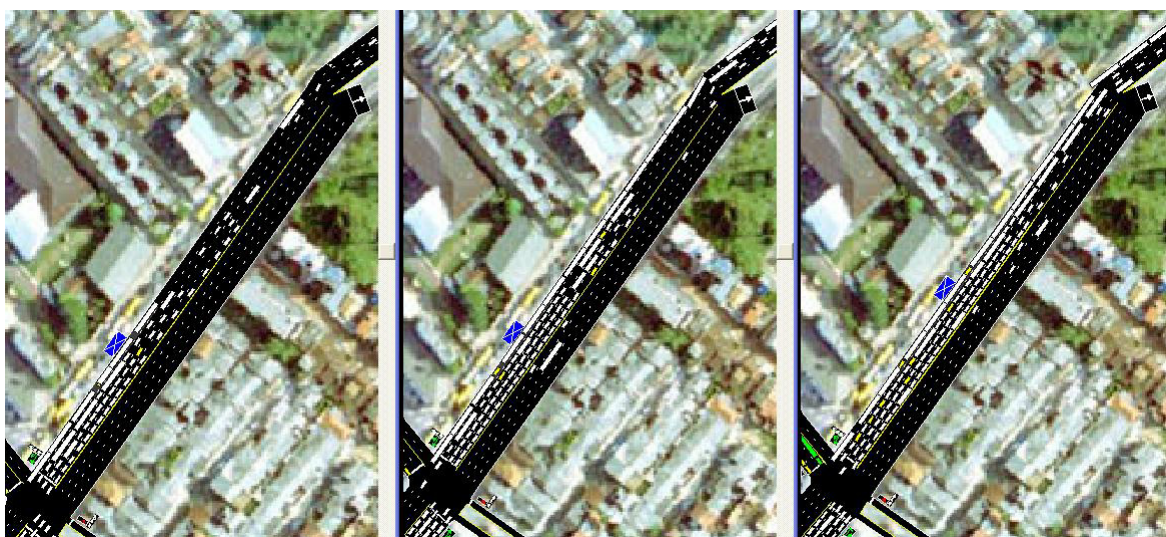
O desempenho do sistema operacional é expresso em termos de medidas efetivas, que incluem fluxo de ônibus, frequência do serviço, velocidade média do veículo, tempo máximo de atraso, e comprimento de fila nas interseções resultante do modelo de simulação.

11.6.3. CONDIÇÕES DO FLUXO DE ÔNIBUS NA AVENIDA ALMIRANTE BARROSO

As condições de fluxo de tráfego na canaleta exclusiva e de tráfego misto em termos de volume de tráfego, velocidade média, comprimento da fila e tempo de atraso são analisadas na Avenida Almirante Barroso. O sistema troncal proposto é avaliado comparando estes índices em ambos os casos “sem” e “com” projeto. No caso “sem” projeto, o ônibus convencional e o veículo privado trafegam nas faixas de tráfego misto. Por outro lado, no caso “com” projeto, o ônibus troncal trafega na canaleta exclusiva e o ônibus convencional e o veículo particular trafegam nas faixas mistas.

(1) Fluxos de Tráfego

A Figura 11.6-3 mostra uma vista aérea de um trecho da Avenida Almirante Barroso no caso “sem” projeto, que mostra o fluxo de tráfego em 2003, 2007 e 2012. O ônibus é ilustrado com um retângulo grande e o veículo privado com um retângulo pequeno. O volume de ônibus, na hora de pico, em 2003, é de aproximadamente 430 veículos/h. O volume de ônibus, em 2007 e 2012, na hora de pico, serão de aproximadamente 620 e 720 veículos/h, respectivamente. Como pode ser observado, a densidade de ônibus aumenta de acordo com esses anos e os ônibus chegam a ocupar duas faixas na via.



Volume de Tráfego em 2003

Em 2007

Em 2012

Figura 11.6-3 Volume de Tráfego na Avenida Almirante Barroso em 2003, 2007 e 2012 nos Casos “Sem” Projeto

A Figura 11.6-4 mostra também uma vista aérea de um trecho da Avenida Almirante Barroso com volume de tráfego em 2007 e 2012 nos casos “Com” projeto onde a canaleta exclusiva é apresentada numa via em separado.

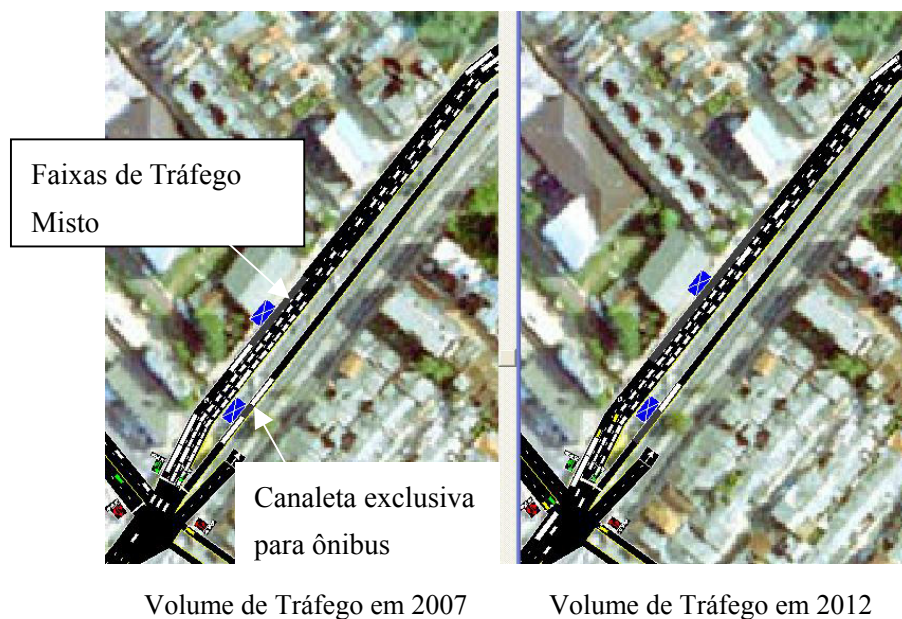


Figura 11.6-4 Volume de Tráfego na Avenida Almirante Barroso nos Casos “Com” projeto

O volume de tráfego na hora de pico em 2007 será de aproximadamente 150 veículos/h para ônibus troncal e 260 veículos/h para ônibus convencional. O volume de tráfego, na hora de pico, para ônibus convencional e troncal em 2012 será de aproximadamente 130 e 260 veículos/h, respectivamente. Como pode ser observado, os ônibus troncais serão operados livremente na canaleta exclusiva em 2007 e 2012, enquanto que o tráfego de veículos privados e ônibus convencional nas faixas de tráfego misto, serão de alguma maneira, pesados. A análise detalhada das condições de tráfego como velocidade de viagem, comprimento máximo da fila e tempo de atraso são mostrados no item seguinte.

(2) Velocidade de Viagem

A Figura 11.6-5 mostra a velocidade média de viagem na canaleta exclusiva e nas faixas de tráfego misto na Avenida Almirante Barroso. A velocidade de viagem (operação de ônibus) inclui tempo de espera, tempo de embarque e desembarque no ponto de ônibus e tempo de espera na interseção sinalizada. Em 2007, a velocidade média de viagem nas faixas mistas no caso “Com” projeto é maior (17km/h) do que no caso “Sem” projeto (13km/h). A velocidade do ônibus troncal, de aproximadamente 22km/h, é maior do que do ônibus convencional, que é de 17km/h. Em 2012, a velocidade do ônibus troncal será similar (23km/h) que a de 2007. A velocidade de viagem nas faixas mistas no caso “Com” projeto (16km/h) é maior do que no caso “Sem” projeto (14km/h). Isto indica que a velocidade do ônibus troncal, ônibus convencional e veículo privado são crescentes no sistema troncal, ou seja, as condições de tráfego são também melhoradas.

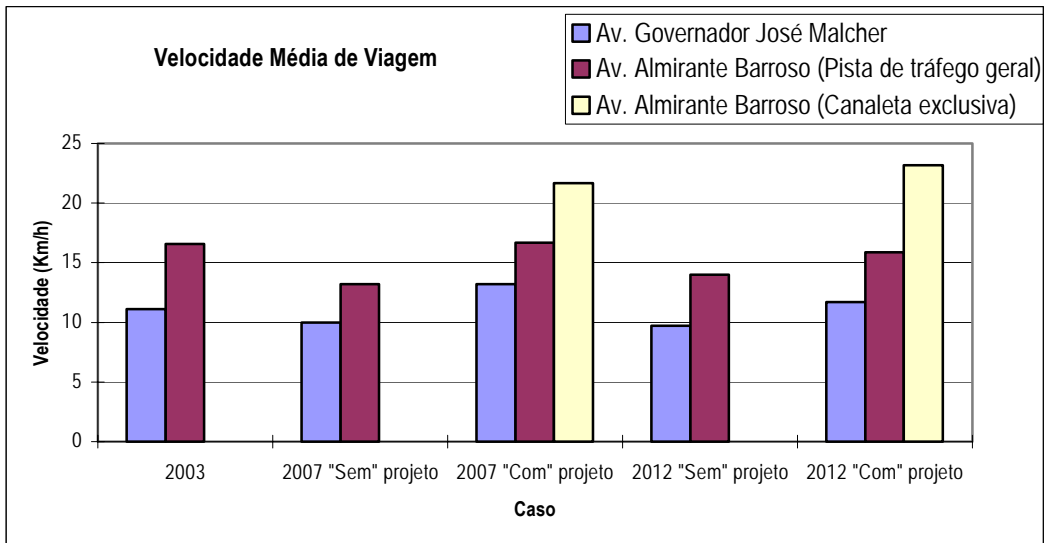


Figura 11.6-5 Velocidade Média de Viagem

(3) Comprimento Máximo de Fila

A Figura 11.6-6 mostra o comprimento máximo de fila em termos de número de veículos na interseção sinalizada por canaleta exclusiva e faixas de tráfego misto na Avenida Almirante Barroso. Em 2007 e 2012, em casos “Sem” projeto, os comprimentos das filas são maiores do que em 2003. As imagens mostram aproximadamente 26 e 29 veículos na interseção nas faixas de tráfego misto, ao contrário de 18 veículos em 2003. Em casos “Com” projeto, os comprimentos das filas em 2007 e 2012 são similares ao comprimento dos valores atuais. As imagens mostram 18 a 22 veículos nas faixas de tráfego misto. Os ônibus troncais nas canaletas exclusivas formam filas pequenas com 2 veículos em 2007 e 2012.

O comprimento da fila na interseção é indicador de congestionamento de tráfego na via. De acordo com a análise, o comprimento da fila nas faixas de tráfego misto em 2012 crescerá 1,6 vezes no caso “Sem” projeto, enquanto que no caso “Com” projeto, no sistema troncal, crescerá somente 1,2 vezes.

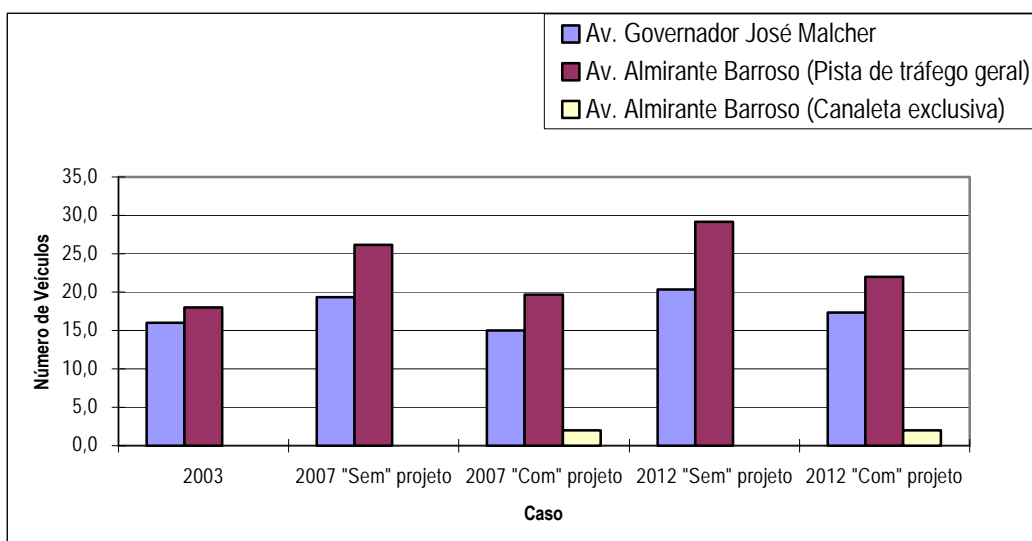


Figura 11.6-6 Comprimento Máximo de Fila

(4) Tempo de Atraso

A Figura 11.6-7 mostra o tempo de atraso no trecho da Avenida Almirante Barroso. O tempo de atraso é a diferença entre o tempo de viagem atual e o tempo de viagem com velocidade de fluxo livre. O tempo de atraso não inclui somente o aumento do tempo de viagem, que advém da velocidade reduzida, mas também do tempo acrescido devido ao controle de tráfego. Nos casos “Sem” projeto em 2007 e 2012, o tempo de atraso é maior do que em 2003. As imagens nas faixas de tráfego misto são aproximadamente 460 e 430 veículos/minuto, ao contrário de 220 veículos/minuto em 2003. Nos casos “Com” projeto, o tempo de atraso nas faixas de tráfego misto em 2007 e 2012 tem pouco acréscimo em comparação ao valor atual. Pode-se observar nas imagens, cerca de 330 a 380 veículos/minuto. O tempo de atraso de ônibus troncal na canaleta exclusiva em 2007 e 2012 leva 10 e 7 veículos/minuto, respectivamente.

O tempo de atraso também indica o grau de congestionamento do tráfego, bem como o comprimento da fila. O tempo de atraso nas faixas de tráfego misto em 2012 aumentará em 1,9 vezes no caso “Sem” projeto, enquanto que no sistema troncal (caso “Com” projeto) aumentará em 1,7 vezes. Pelo indicador do tempo de atraso fica evidente que o sistema troncal também melhora as condições de tráfego.

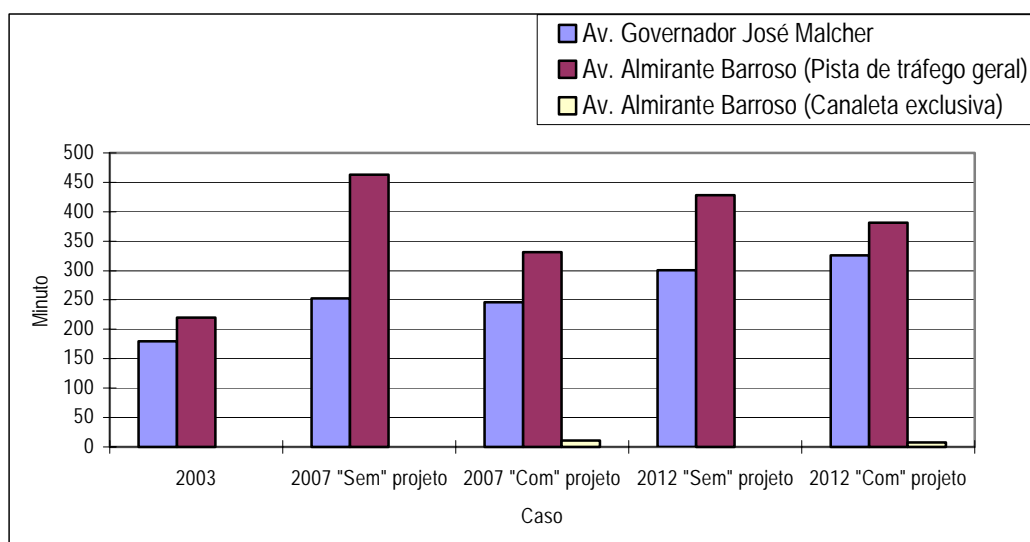


Figura 11.6-7 Tempo de atraso

(5) Previsão Máxima de Fluxo de Ônibus na Avenida Almirante Barroso

A Figura 11.6-8 mostra a relação entre o fluxo de ônibus e a frequência operacional na Avenida Almirante Barroso entre Entroncamento e Avenida Tavares Bastos na qual o fluxo de ônibus foi simulado assumindo que somente a frequência de ônibus aumenta gradualmente sobre o volume de tráfego atual em 2003. Como pode ser visto, quanto maior a frequência de ônibus, maior é o fluxo de ônibus, e, este fluxo começa a decrescer a partir do valor mais alto. Isto significa que a via fica congestionada na proporção que aumenta a frequência de ônibus e o fluxo de ônibus decresce devido ao comprometimento da fluidez. A simulação do fluxo de ônibus foi baseada no comportamento real de cada veículo, portanto reflete a situação atual do fluxo.

Observa-se na Figura 11.6-8, que o maior número de fluxo de ônibus é de aproximadamente 550 veículos na hora de pico. A demanda futura de volume de tráfego de ônibus em 2007 e 2012 será acima de 600 veículos/h. Será difícil manter a frequência do ônibus ajustada à demanda futura no sistema atual. De acordo com a análise do modelo, o volume de ônibus atual neste trecho da Avenida Almirante Barroso chega perto da capacidade crítica. O sistema atual de ônibus está próximo do limite operacional.

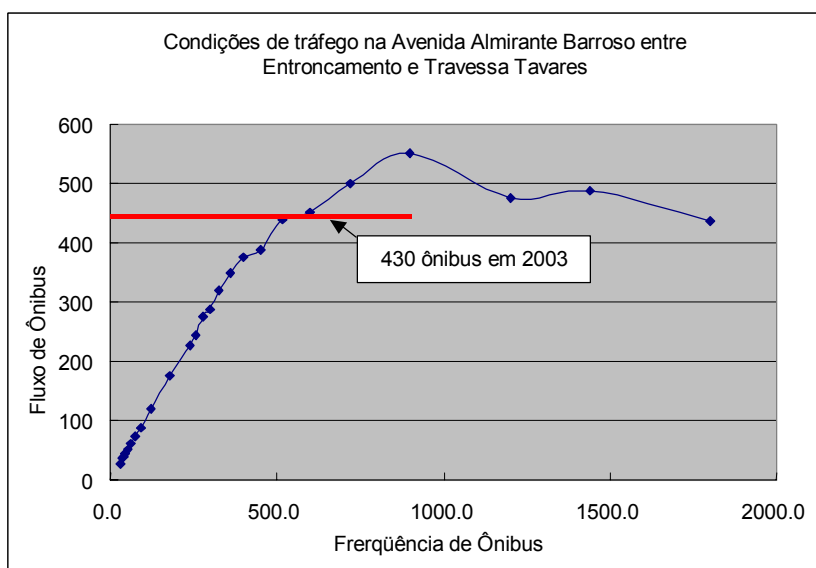


Figura 11.6-8 Relação entre Fluxo de Ônibus e Frequência

11.6.4. CONDIÇÕES DO FLUXO DE ÔNIBUS NA AVENIDA GOVERNADOR JOSÉ MALCHER

Foi planejado para a Avenida Governador José Malcher a faixa prioritária para ônibus por onde o sistema troncal no qual o ônibus troncal circulará prioritariamente. O fluxo de ônibus na faixa prioritária terá mais interrupção do que na canaleta exclusiva, que segrega o ônibus troncal do veículo privado, pois nesta faixa o veículo privado poderá realizar conversões à direita dentro da faixa prioritária retardando a operação do ônibus troncal. As condições de fluxo de ônibus troncal na Avenida Governador José Malcher foram analisadas da mesma forma que na Avenida Almirante Barroso, observando os mesmos cinco parâmetros como fluxo de tráfego, velocidade, etc.

A Figura 11.6-9 mostra os fluxos de tráfego na Avenida Governador José Malcher em 2003, 2007 e 2012 nos casos “Sem” projeto no qual o ônibus convencional e troncal são ilustrados com retângulos azuis grandes e veículos privados com retângulos brancos pequenos. A Figura 11.6-10 e a Figura 11.6-11 mostram o fluxo de tráfego nos casos “Sem” e “Com” projeto em 2007 e 2012.

Como pode ser visto na Figura 11.6-9, o volume de ônibus na hora de pico, em 2003, é de aproximadamente 390 veículos/h. Os volumes de tráfego de ônibus em 2007 e 2012 na hora de pico nos casos “Sem” projeto são de aproximadamente 470 e 480 veículos/h, respectivamente. A densidade de ônibus e veículo privado na via torna-se maior de acordo com cada ano e o ônibus ocupa duas faixas na via. Como pode ser visto na Figura 11.6-10 e Figura 11.6-11, no caso “Com” projeto, na hora de pico, o volume de ônibus em 2007 será de aproximadamente 90 veículos/h para ônibus troncal e 300 veículos/h para ônibus convencional. O volume de ônibus troncal e convencional, na hora de pico, em 2012, será de aproximadamente 80 e 280 veículos/h, respectivamente. Nos casos “Com” projeto, o volume futuro do ônibus troncal e convencional, reduz de aproximadamente 80% dos casos de “Sem” projeto. Portanto, a densidade de tráfego no caso “Com” projeto, especialmente a densidade de ônibus é mais baixa do que no caso “Sem” projeto.



Caso “Sem” Projeto

Caso “Com” Projeto

Figura 11.6-11 Volume de Tráfego na Avenida Governador José Malcher em 2012 nos Casos “Com” e “Sem” Projeto

As velocidades do ônibus troncal na faixa prioritária para ônibus em 2007 e 2012 nos casos “Com” projeto serão levemente mais altas do que nos casos “Sem” projeto como é mostrado na Figura 11.6-5. Na faixa prioritária para ônibus, a velocidade futura da operação de ônibus em casos “Com” projeto são de aproximadamente 12 a 13km/h devido, de alguma maneira, ao melhoramento, ao contrário dos 23km/h na canaleta exclusiva na Avenida Almirante Barroso.

O comprimento máximo de fila e o tempo de atraso na Avenida Governador José Malcher são menores em dimensão do que o da Avenida Almirante Barroso. Esses atrasos ocorrem porque o volume de tráfego na Avenida Governador José Malcher é mais baixo do que na Avenida Almirante Barroso.

Em casos “Com” projeto, o comprimento máximo da fila em 2012, de ônibus convencional e troncal nas faixas prioritárias, reduz para aproximadamente 85% dos casos “Sem” projeto (Figura 11.6-6). Por outro lado, o tempo de atraso futuro também é reduzido para aproximadamente 92% dos casos “Sem” projeto (Figura 11.6-7).

Com a implementação do sistema de ônibus troncal a velocidade operacional do ônibus aumentará e reduzirá, ao máximo, o comprimento da fila e o tempo de atraso, devido à redução do volume total de ônibus na faixa prioritária.

11.7. TECNOLOGIA OPERACIONAL DE ÔNIBUS

11.7.1.SISTEMA PRIORITÁRIO DE TRANSPORTE PÚBLICO (SPTP)

(1) Introdução

O sistema troncal, o qual basicamente opera na canaleta exclusiva, atende à crescente demanda, além de assegurar a pontualidade e vantagens do transporte público. Embora a canaleta exclusiva tenha seu próprio espaço de tráfego, não tem prioridade na operação nas interseções como tem no sistema ferroviário. Portanto, o ônibus troncal será obrigado a seguir os semáforos nas interseções. A instalação dos semáforos prioritários para ônibus em interseções nas canaletas, objetiva maximizar vantagens da canaleta exclusiva e possibilitará a coexistência entre a operação do ônibus troncal e o tráfego geral.

O semáforo prioritário tem um método promissor para melhorar a operação de ônibus e a qualidade do serviço. O sistema tradicional de semáforo tem capacidades limitadas, resultando em estratégias simplistas para priorização de ônibus, como a extensão da fase verde. Recente avanço no campo do Sistema Inteligente de Transporte (SIT) tem criado novas tecnologias nos sistemas de semáforos para dar suporte à prioridade no trânsito.

Essas tecnologias avançadas incluem equipamentos de comunicações, detectores, controle de *hardware*, otimização de algoritmos e simulação de modelo.

Os benefícios esperados com Semáforo Prioritário para Ônibus (SPO) são:

- Melhoria da mobilidade e eficiência do transporte e trânsito através da otimização do controle de semáforos.
- Aumento da eficiência operacional e regulação para o sistema de usuários e agências públicas.
- Redução do impacto ambiental através da diminuição de emissões de veículo.
- Melhoria da informação de viagem e coleta de dados para uma política de planejamento e gerenciamento operacional mais eficiente.
- Melhoria da segurança e redução do número de colisões.
- Melhoria do tempo de viagem e programação adequada da frota de ônibus.

(2) Estratégias do Semáforo Prioritário para Ônibus

A concepção básica prioritária e as estratégias que definem e diferenciam essas concepções são descritas a seguir:

1) Controle de Estratégias

Os quatro tipos de controle de semáforos para priorização do ônibus são:

- Tempo-real: atualização constante de informações para possibilitar tomada de decisões tendo em vista a priorização. O modelo de semáforo de tempo-real é mais flexível para realizar alterações nas condições operacionais, portanto, é mais eficiente.
- Tempo-fixo: o controle de tempo-fixo aplica um plano de controle baseado na média de condições de uma determinada área. O controle do tempo-fixo não recebe constantemente informações atualizadas. A melhor condição de controle é aplicado à área ignorando a condição atual.
- Base-programação Horária: a prioridade é concedida com base na programação do ônibus. Se o ônibus se encontrar atrasado, então recebe prioridade nas interseções. O controle da base-programação horária é mais efetiva na redução do tempo de viagem. Já que o controle Base-programação Horária não precisa de informação da localização do ônibus, o mesmo requer menos equipamento de comunicação que o torna menos oneroso.
- Base-*Headway*: A prioridade é concedida baseada no *headway* entre ônibus. Os ônibus permitem juntar-se aos outros ônibus neste tipo de controle. O controle base-*headway* é mais eficiente na redução de tempo de espera.

2) Conceitos de Priorização

Os dois tipos de conceitos básicos de priorização de ônibus são:

- Priorização Ativa: os semáforos mudam cada vez que um ônibus é detectado próximo a uma interseção. O sistema ativo pode ser a combinação do controle de tempo-real e tempo-fixo, e base-programação horária ou base-*headway*. Os conceitos de priorização ativa são mais eficientes e mais usados.
- Priorização Passiva: os dispositivos de controle de tráfego são ajustadas para encaixar o horário de ônibus ao longo da via em geral usando a combinação de controle de tempo-fixo e base-programação horária. O custo do controle de priorização passiva é mais baixo, entretanto, seu potencial é limitado para melhorar as operações de ônibus.

Tabela 11.7-1 Estratégias Semáforo Prioritário para Ônibus - SPO

Controle de Estratégias	
Tempo-real	Alteração da prioridade para ônibus baseada na informação atualizada constantemente
Tempo-fixa	Aplica um plano fixo para definição de prioridade
Base-programação Horária	Prioridade concedida baseada na programação horária de ônibus
Base-headway	Prioridade concedida baseada no <i>headway</i> entre ônibus
Conceitos de Priorização	
Priorização Ativa	Semáforo é ajustado para cada ônibus detectado nas proximidades de interseções
Priorização Passiva	Semáforos são ajustados para encaixar o horário do ônibus ao longo da via

Fonte: Efetivação da Prioridade de Semáforo para Ônibus, Relatório Final, Janeiro 2002, Centro Nacional de Pesquisa de Trânsito (NCTR), University of South Florida, Relatório No. NCTR-416-04

3) **Sistemas de Semáforo Prioritário para Ônibus**

a) Informação de Ônibus e Sistema Prioritário (IOSP) oferece prioridade de ônibus sem grande aumento de atrasos para tráfego geral. O IOSP é um sistema de tempo real que pode usar diferentes métodos de detector. Este sistema considera o sistema prioritário para ônibus como uma rede que contém interações entre ônibus e interseções. O IOSP utiliza cinco módulos para troca de informações e determina qual tipo de prioridade pode ser dado a cada ônibus. Os módulos usados são:

- *Projeção no Módulo da Rota* - recebe a mensagem do posicionamento do ônibus (podem ser usados a base de ondas, sensor subterrâneo e sistema balizador) e retorna a informação.
- *Módulo Estimulador do Fluxo de Tráfego* - recebe informação de volume de tráfego e retorna informação de congestionamento e estima o grau de congestionamento e tempo de viagem.
- *Módulo de Previsão de Tempo de Viagem* - recebe informação acerca do status de semáforo anterior na rota do ônibus e determina e estima o tempo de viagem na via.
- *Módulo do Processo Prioritário* - comunica com o módulo de previsão de tempo de viagem para ter informação sobre diversos dados.
- *Monitoramento e Módulos de Controle* - inicia os outros módulos e faz a comunicação entre eles.

b) Microprocessador da Atuação do Veículo Otimizado (MAVO) é um sistema de priorização para ônibus que utiliza o sistema de controle de semáforo para analisar os dados das faixas de rolamento e controle do tempo de semáforo. O MAVO é um sistema ativo de tempo real. O MAVO emprega uma variedade de técnicas de priorização de ônibus dependendo da situação de cada prioridade requerida. Se o ônibus está chegando quando o sinal está verde, o sinal verde pode ser estendido para ter tempo suficiente para o ônibus trafegar na interseção em condições normais. Se o ônibus está chegando quando o sinal está na fase vermelha, as outras fases podem ser truncadas, dependendo da situação.

c) Técnica de Otimização da Divisão do Ciclo *Off-set* (TODCO) é um sistema de controle de tráfego urbano e prevê otimização do tempo real. A prioridade do ônibus é dada pela extensão da fase verde, mudança imediata para o verde e ajuste do ciclo. Vários

métodos de localização podem ser usados com o sistema como radares e Localização Automática de Veículos.

(3) Equipamentos de Semáforo Prioritário para Ônibus

1) Semáforo Prioritário para Ônibus com Sistemas Prioritários de Transporte Público (SPTP)

O semáforo tipo de priorização para ônibus com o sistema prioritário de transporte público é mostrado na Figura 11.7-1. Por este método, os veículos são identificados obtendo a correlação do valor entre as imagens do veículo que passam através do ponto de supervisão (os quais são alimentados continuamente por uma câmera de TV instalada acima da canaleta) em relação à imagem padronizada criada previamente que representa as características de um específico veículo como o ônibus na canaleta. Os semáforos são regulados pela extensão da luz verde, diminuindo na luz vermelha, ou mudando rapidamente a luz verde para a direção oposta, de acordo ao tempo em que o ônibus chega na interseção.

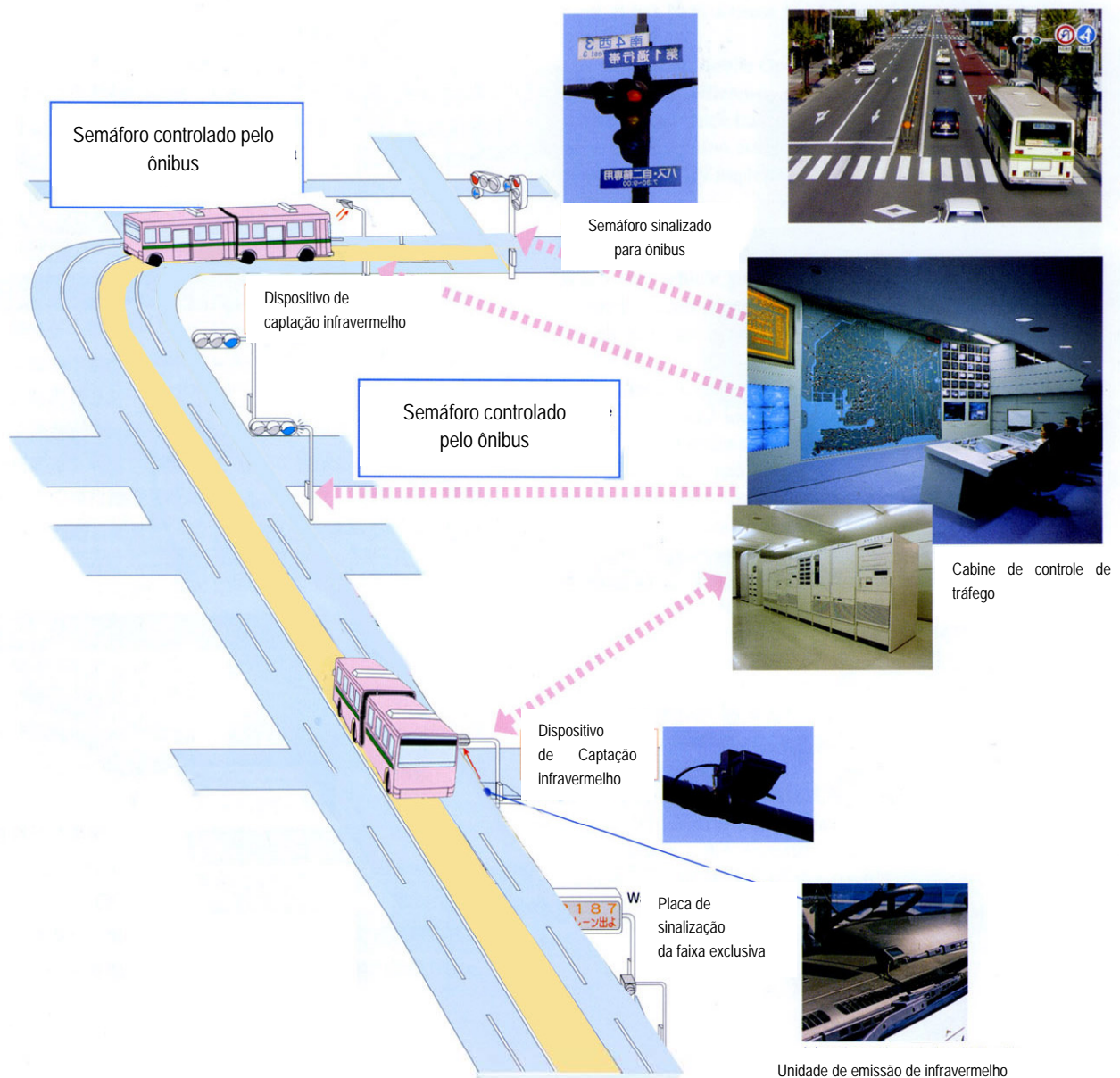


Figura 11.7-1 Imagens do Semáforo Prioritário para Ônibus com Sistemas Prioritários de Transporte Público

2) Semáforo prioritário de ônibus utilizando o detector de veículo em loop

Quando o ônibus passa em cima do detector de veículo em loop, que é um espiral colocado embaixo do pavimento viário, o ônibus é detectado e esta informação é retransmitida para o próximo semáforo ou para o Centro de Controle de Tráfego.

Este detector de veículo permite os semáforos ou o Centro de Controle de Tráfego rastrear o ônibus, liberando seu caminho e diminuindo o tempo de espera nas interseções.

3) Semáforo prioritário para ônibus utilizando um método para identificação de veículos especiais de imagem de TV

Para assegurar a pontualidade da operação do ônibus ao longo da canaleta, é necessário regular os semáforos estendendo o tempo de luz verde, diminuindo o vermelho ou mudando rapidamente a luz verde para a direção oposta, de acordo com o tempo de chegada do ônibus na interseção.

Para realizar este tipo de controle de semáforo, um sinal é emitido e a luz do semáforo pode identificar a operação do ônibus ao longo da canaleta.

Por este método, os veículos são identificados obtendo o valor de correlação entre as imagens do veículo que passam no ponto de supervisão (que é alimentado constantemente por uma câmera de televisão instalada acima da canaleta) em relação a uma imagem padrão de referência criada previamente que representa as características de um veículo especial como o ônibus na canaleta.

(4) Semáforo Prioritário para Ônibus proposto no Sistema Troncal

Há 250 semáforos instalados em Belém e controlados pela CTBel, 200 semáforos são sincronizados, divididos em 6 corredores de transporte na Área Central. Não há controle de tráfego em toda a Área Central devido à capacidade limitada do computador atualmente usado para controle de tráfego. Os restantes 50 semáforos são controlados individualmente, e estão localizados na área periférica.

É importante introduzir os semáforos prioritários para ônibus para a operação efetiva da canaleta. A introdução dos semáforos prioritários para ônibus troncal na canaleta na área periférica é mais efetiva, principalmente em terminais de integração ao longo das vias arteriais principais tal como a Rodovia BR-316. Entretanto, na Área Central a introdução de semáforos prioritários para ônibus deve ser cuidadosamente avaliada, já que o *headway* do ônibus troncal que está previsto para menos que 20 a 30 segundos em ambos os sentidos, podem causar congestionamento de tráfego.

Considerando o atual sistema de controle de tráfego em Belém, é aconselhável introduzir o sistema convencional tal como semáforo prioritário para ônibus utilizando um detector de loop, como descrito anteriormente, por um curto período; e então introduzir uma tecnologia altamente desenvolvida tal como semáforo prioritário para ônibus com sistemas de prioridade para transportes públicos.

Foram planejados e propostos 16 semáforos prioritários para ônibus conforme listado a seguir. As localizações desses semáforos estão mostradas em Figura 11.7-2.

- 7 semáforos nos terminais de integração exceto no Terminal Icoaraci
- 8 semáforos na Área Central
- 1 semáforo na interseção do Entroncamento

Nos terminais de integração, os semáforos prioritários para ônibus serão instalados na entrada e saída dos ônibus para amenizar o movimento de conversão à esquerda dos ônibus proveniente da canaleta ou faixas exclusiva para ônibus. Por outro lado, na Área Central o semáforo prioritário para ônibus dará preferência à conversão à esquerda de ônibus convencionais. Na interseção do Entroncamento onde o ônibus troncal circulará

