

Prioridade para o Transporte Coletivo Urbano

Relatório Técnico

SEDU/PR - Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República
NTU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos

AGOSTO / 2002

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Segundo a definição já apresentada, as medidas de prioridade são tratamentos especiais das vias, da sinalização e outras facilidades, visando criar condições privilegiadas para a circulação do transporte coletivo no sistema viário urbano.

Neste capítulo são descritos os principais tipos e características técnicas dessas medidas. As *intervenções viárias* são objeto do item 2.1, as medidas de prioridade nos *pontos de parada* do transporte coletivo são tratadas no item 2.2 e, finalmente, no item 2.3 são feitas algumas considerações sobre a *sinalização semafórica* de prioridade.

Neste documento, as medidas de prioridade estão referidas principalmente ao transporte de passageiros por veículos rodoviários em áreas urbanas, tais como os ônibus, microônibus e vans. No texto, as expressões transporte coletivo, transporte público, veículos sobre pneus e ônibus são sempre empregadas para significar essa família modal do transporte coletivo rodoviário urbano.

2.1 Intervenções no sistema viário

Segundo Vuchic (1999), os sistemas de transporte coletivo podem ser definidos a partir de três características:

- a) o tipo ou categoria da via;
- b) a tecnologia veicular empregada (rodoviária, metro-ferroviária, etc.); e
- c) o tipo de sistema de operação (local, expressa, tronco-alimentada, etc.).

Embora essas características sejam, em certa medida, interdependentes, é a via o componente físico mais importante para a determinação do papel desempenhado pelos meios coletivos no transporte urbano. E o critério básico para se avaliar o tratamento dado à via é a relação entre o seu desempenho e o investimento realizado na sua implantação.

Uma via que proporcione ao transporte coletivo condições de operação totalmente separadas do tráfego geral, sem interferências longitudinais ou transversais, é certamente a que oferece as melhores possibilidades de um desempenho operacional eficiente. Contudo, o custo dos investimentos necessários para atingir essa configuração pode ser muito elevado, como no caso dos metrô.

No extremo oposto, a operação do ônibus em tráfego misto, sem separação dos fluxos de outros veículos e de pedestres, exige investimentos de pequena monta na infra-estrutura viária ou mesmo nenhum, mas seu desempenho costuma ser muito prejudicado pelas fortes interferências de outros modos.

Este estudo focaliza especialmente os tratamentos intermediários entre os dois casos extremos, que têm se mostrado adequados a um grande número de corredores de transporte das cidades brasileiras.

Vuchic ressalta que, assim como não há um sistema ou modo de transporte (conjunto das três características citadas) melhor do que outro em termos absolutos, não há um tipo de tratamento de via que se possa afirmar ser superior aos demais. A questão verdadeira consiste em determinar, para cada situação específica (corredor, área, etc.), o tratamento que proporciona a menor relação entre investimento e eficiência operacional, definida essa em termos de capacidade, velocidade, etc.

Para uma descrição sistemática dos vários tipos de tratamento viário associados com o transporte coletivo, um bom método é identificar o grau de separação que ele proporciona em relação ao tráfego geral e, conseqüentemente, o grau de controle que se pode ter sobre a movimentação dos veículos de transporte coletivo. Em outras palavras, é preciso determinar o nível de segregação da via.

O quadro seguinte apresenta uma proposta de classificação dos tipos de tratamento/operação da via em função do seu nível de segregação.

NÍVEIS DE SEGREGAÇÃO E TIPOS DE TRATAMENTO/ OPERAÇÃO DA VIA

Nível de Segregação	Tipo de tratamento / Operação	Variações	Características
1	Tráfego misto		Veículos de transporte coletivo circulam junto com o tráfego geral, sofrendo grandes interferências longitudinais e transversais. Cruzamentos em nível freqüentes.
2	Faixa exclusiva	No fluxo	Veículos do transporte coletivo trafegam em faixa exclusiva, mas sem elemento de separação física do tráfego geral. A faixa exclusiva costuma estar na lateral da via (embora possa estar também no centro) e ter ou não faixa dupla para ultrapassagem junto aos pontos de parada. Número considerável de cruzamentos em nível.
		No contra-fluxo	
3	Pista exclusiva (canaleta, busway)	Em via de múltiplos usos	Veículos do transporte coletivo trafegam em faixa exclusiva com elemento de separação física do tráfego geral. A faixa pode estar no centro ou nas laterais da via e ser ou não duplicada para ultrapassagem (especialmente junto aos pontos de parada). Poucos cruzamentos em nível.
		Via exclusiva	
4	Via Segregada		Veículos do transporte coletivo trafegam em via totalmente segregada, não sofrendo interferências longitudinais ou transversais de qualquer tipo. Não há cruzamentos em nível.

Na coluna que descreve as características de cada tipo de tratamento viário, são usados os termos *interferências longitudinais* e *interferências transversais*.

As interferências longitudinais são causadas por outros veículos (e, mais raramente, por pessoas) que se movimentam ou estão estacionados na mesma direção em que trafega o veículo de transporte coletivo, ao longo da via. Essas interferências são quase sempre provocadas pelas paralisações gerais do tráfego, pela *fricção lateral*, por manobras de ultrapassagem ou por movimentos para acessar destinos situados na lateral da via.

As interferências transversais são provocadas pelos fluxos de veículos ou pessoas que circulam em passagens ou vias oblíquas àquela em que circula o transporte coletivo.

Esses dois tipos de interferências contribuem para reduzir a velocidade do transporte coletivo, além de provocar desconforto e insegurança, e, por isso, as medidas de prioridade se destinam a eliminar ou atenuar os conflitos que decorrem de ambos. Por falta de recursos ou falha de projeto, algumas vias ou faixas exclusivas resolvem apenas os problemas das interferências longitudinais, ignorando fluxos transversos freqüentes e de grande intensidade, o que reduz consideravelmente a sua eficácia.

A operação em *tráfego misto* corresponde ao mais baixo nível de segregação e pode-se dizer que, neste caso, não há um tratamento viário específico para o transporte coletivo. Ele partilha a mesma infra-estrutura utilizada pelos outros modais (automóveis, veículos de carga, motocicletas, etc.). Nos corredores com baixos volumes de tráfego geral ou de transporte coletivo essa pode ser a solução adequada. Mas é também o tratamento mais comum dos corredores de transporte coletivo das cidades brasileiras, mesmo quando os carregamentos são elevados e a relação volume/capacidade da via está próxima do seu limite máximo. É evidente que, nesses casos, seu emprego é inadequado e constitui fonte de ineficiências.

No outro extremo, a *via segregada* se apresenta com o mais elevado nível de segregação e encontra a sua aplicação mais adequada nos metrô. Há alguns casos de sistemas VLT (Veículos Leves sobre Trilhos) e de ônibus com guias (*O-Bahn* ou *Guided Bus*) que também empregam esse tipo de tratamento viário. Nas vias segregadas não se verificam interferências longitudinais ou transversais de qualquer tipo.

A *faixa exclusiva* e a *pista exclusiva* (esta também conhecida como *canaleta*, em Curitiba, ou como *busway* em outros países) são dois níveis intermediários de segregação. Elas se diferenciam sobretudo pela presença de obstáculos físicos separando a circulação do transporte coletivo do tráfego geral no caso das pistas exclusivas. Além disso, as interferências transversais tendem a ser maiores nas faixas do que nas pistas exclusivas. Ambas admitem diferentes posicionamentos da faixa ou pista destinada ao transporte coletivo no espaço da via - nas laterais ou no centro - e possuem ou não faixas duplas para ultrapassagem junto aos pontos de parada e outros segmentos da via.

Tratando-se de faixa exclusiva, o sentido do fluxo dos ônibus em relação ao do tráfego geral é uma característica importante que, no caso do contra-fluxo, funciona como coadjuvante da separação física e evita o uso ilegal da faixa por outros veículos. De fato, são raras as invasões da faixa exclusiva devido à grande probabilidade de colisões. Em contrapartida, esta solução coloca sérios problemas de segurança para a travessia de pedestres e veículos.

Um caso especial de pista exclusiva ocorre em pequenos trechos, sobretudo das áreas centrais das cidades, quando todas as pistas da via são utilizadas para a circulação do transporte coletivo. A esse caso denominou-se *via exclusiva*.

2.1.1 Faixas exclusivas

São faixas de tráfego reservadas para o uso exclusivo de veículos de transporte coletivo, separadas das faixas de tráfego geral por meio de pintura e/ou tachões no pavimento. Estes dispositivos de separação não segregam totalmente a faixa em relação ao fluxo de tráfego geral e, portanto, elas podem ser temporariamente compartilhadas com outros veículos para acesso a propriedades lindeiras, movimentos de conversão permitidos, etc.

A faixa exclusiva pode ser implantada no fluxo ou no contra-fluxo e localizada no lado direito ou esquerdo da via, junto às calçadas ou ao meio-fio do canteiro central.



Figura 1 – Faixa exclusiva sem segregação física, com pintura viária, no sentido do fluxo de tráfego.



Figura 2 – Faixa exclusiva sem segregação física, com tachão, no sentido do contra-fluxo de tráfego.

A implantação de faixas exclusivas é uma decisão que depende de vários fatores específicos, inerentes a cada localidade. Ainda assim, é possível fazer algumas observações gerais sobre os critérios para sua adoção e os cuidados a serem tomados na elaboração dos projetos.

CRITÉRIOS DE IMPLANTAÇÃO QUANTO AO FLUXO DE VEÍCULOS

De um modo geral, quanto maior o volume de ônibus e do tráfego geral, maior o benefício gerado com a implantação das medidas de prioridade. Alguns estudos indicam que elas devem ser adotadas em vias com volumes de tráfego superiores a 40 ônibus por hora (CET, 2000), enquanto outros estabelecem esse limite em 25 ônibus por hora (Mercedes Benz, 1987).

Quanto ao volume do tráfego geral, os maiores benefícios da implementação das medidas de prioridade são alcançados quando o tráfego está próximo da capacidade máxima da via (nível de saturação). De outra forma, os conflitos entre veículos não causariam atrasos significativos na operação do transporte coletivo. Considera-se que uma via urbana está próxima da saturação quando a relação V/C (volume de veículos/capacidade da via) é igual ou superior a 0,8, situação em que a velocidade operacional do transporte coletivo fica bastante comprometida.

Mesmo com baixo volume de veículos coletivos, pode ser viável a implantação de uma faixa exclusiva uma vez que a via se encontre próxima da saturação.

Se a decisão levar em conta a quantidade de passageiros beneficiados e não apenas a capacidade de escoamento de veículos, a faixa exclusiva tende a se mostrar mais viável, pois os modos coletivos transportam muito mais passageiros por área de via utilizada, gerando fluxos de veículos bem menores do que as modalidades individuais.

Quando os volumes de ônibus em operação numa faixa exclusiva são pequenos, os motoristas de outros veículos podem se mostrar mais resistentes a respeitar as normas de prioridade para o coletivo, achando que a faixa exclusiva está ociosa. Neste caso, é necessário maior controle e fiscalização por parte das autoridades de trânsito.

Por outro lado, volumes muito altos de veículos coletivos operando na faixa exclusiva podem não resultar em ganhos operacionais significativos. Isso ocorre porque, mesmo que não houvesse a faixa exclusiva, o tráfego já seria naturalmente segregado, com os ônibus trafegando mais à direita e os veículos leves à esquerda. Nessas condições, a simples implantação de uma faixa exclusiva pode ser uma medida inócua. Soluções adequadas implicariam níveis de segregação maiores. A figura a seguir apresenta um exemplo disso.



Figura 3 - Corredor de tráfego misto com alto volume de ônibus onde o fluxo de ônibus é segregado naturalmente do fluxo de veículos leves em função da formação de filas à direita

CUIDADOS NA ELABORAÇÃO DO PROJETO

É recomendável que a via onde será implantada a faixa exclusiva sem segregação física tenha pelo menos 3 faixas de tráfego, de maneira a deixar no mínimo 2 faixas para acomodação do tráfego geral. Segundo o HCM - Highway Capacity Manual (HRB, 1985), a largura mínima recomendada para a faixa destinada ao transporte coletivo urbano é de 3,50m, enquanto a ideal é de 3,70m. Larguras inferiores são possíveis, porém contribuem para acentuar o conflito lateral entre veículos (*efeito fricção*) e tendem a reduzir a capacidade das faixas exclusivas.

Para volumes maiores de ônibus, é desejável a implantação de uma faixa de ultrapassagem nos pontos de parada, a fim de evitar perda de capacidade e atrasos no tempo de viagem (ver item 2.2). Mas é preciso ponderar bem até que ponto se deve utilizar, para esse fim, o espaço das calçadas, evitando prejudicar demasiadamente as condições de conforto e segurança na circulação de pedestres.

No início desta seção mencionou-se que a faixa exclusiva pode ser implantada no fluxo ou no contra-fluxo e localizada nas laterais, junto às calçadas, ou no meio da via. Nos itens seguintes são apresentadas algumas observações sobre essas variantes de projeto e listadas as principais vantagens e desvantagens de cada uma delas.

FAIXA EXCLUSIVA NO FLUXO, JUNTO À CALÇADA

As conversões do tráfego geral à direita devem ser restringidas para minimizar interferências e conflitos com o fluxo dos veículos de transporte coletivo que trafegam na faixa exclusiva posicionada junto à calçada. Pelo mesmo motivo, as operações de carga e descarga e de acesso de veículos às propriedades limediras à faixa exclusiva devem ser regulamentadas e o estacionamento junto à calçada deve ser proibido.

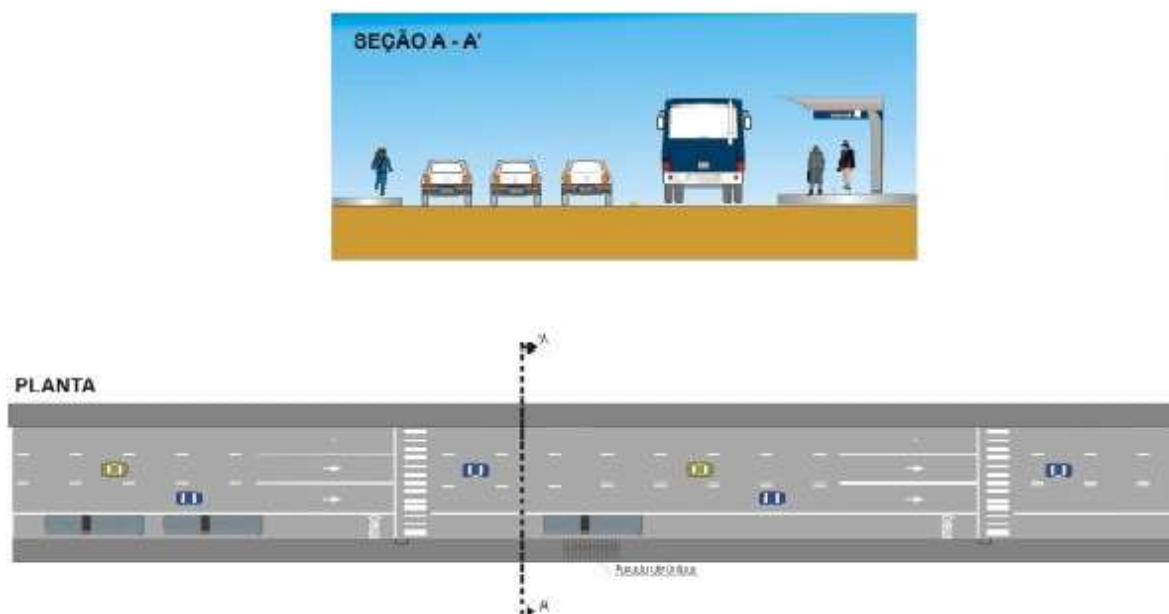


Figura 4 - Faixa exclusiva sem segregação física junto calçada no fluxo de tráfego.

VANTAGENS

- Baixo custo e tempo da implantação;
- Facilidade de estacionamento dos veículos de transporte coletivo urbano nas paradas junto às calçadas; e
- Facilidade de acesso para passageiros realizarem embarque e desembarque nas calçadas.

DESVANTAGENS

- A eficiência da medida depende fortemente da proibição de estacionamento e da disciplina do tráfego geral no respeito à faixa exclusiva; e
- Sofre interferência dos serviços de operação de carga e descarga; do embarque de passageiros de veículos de passeio; do acesso de outros veículos às propriedades lindeiras e das conversões à direita de outros veículos.

FAIXA EXCLUSIVA NO CONTRA-FLUXO

Para minimizar os problemas de orientação de tráfego, deve-se implantar as faixas exclusivas no contra-fluxo à esquerda do fluxo normal, mantendo a regra geral de circulação em vias de mão dupla. A implantação dessa medida pode se dar em função do encurtamento de itinerários de transporte coletivo em áreas com vias de mão única ou, no caso de planos de circulação que prevêem sentido único em uma determinada via, adotar a medida para não prejudicar o atendimento aos usuários lindeiros do transporte coletivo. Quando não há possibilidade de se implantar um binário próximo (Estudo da CET sugere uma distância superior a 250m) (CET, 1982) para a operação do transporte coletivo, a faixa no contra-fluxo também se torna uma opção interessante a estudar.



Figura 5 – Faixa exclusiva sem segregação física junto à calçada, no sentido do contra-fluxo de tráfego

A fim de minimizar os problemas de segurança e trânsito, a faixa no contra-fluxo não deve ser muito longa. Segundo Estudo da CET, o comprimento ideal deve variar de 300 m a 2 km. Além disso, os movimentos de conversão à esquerda dos veículos deve ser restringido e regulamentado e o estacionamento à esquerda da via deve ser proibido. As faixas no contra-fluxo apresentam problemas maiores relacionados ao atrito lateral e, por isso, sempre que possível, são recomendáveis larguras de faixas maiores do que a normal, variando de 3,50 m a 4 m.

VANTAGENS

- Baixo custo e tempo de implantação;
- Por ter sentido contrário ao do fluxo de tráfego geral, sofre menores problemas de invasão ou de interferência do tráfego geral na faixa; e
- Não sofre interferências devido a operações de embarque e desembarque de passageiros de veículos de passeio.

DESVANTAGENS

- Implica em insegurança maior para a movimentação de pedestres, caso não haja tratamento adequado. Requer maiores investimentos em medidas e dispositivos de segurança;
- Dificulta a operação de carga e descarga e de acesso às propriedades lindeiras no lado esquerdo da via;
- Requer maiores cuidados na sinalização, na implantação dos dispositivos de separação da faixa exclusiva e no tratamento das interseções;
- Sofre interferência do acesso de outros veículos às propriedades lindeiras;
- Interfere e sofre interferência das conversões de veículos à esquerda; e
- O planejamento das fases e tempos de semáforo requer cuidados especiais.

FAIXA EXCLUSIVA JUNTO AO CANTEIRO CENTRAL

Com o objetivo de minimizar as interferências com o tráfego geral, essa medida pode ser implementada em vias de mão dupla com elevado volume de conversões à direita. Nessas condições, a implantação de faixas à direita torna-se difícil e o posicionamento central da faixa exclusiva permite reduzir o impacto desses movimentos sobre a operação do transporte coletivo. Além disso, é uma opção interessante sempre que os padrões existentes de uso e ocupação do solo ao longo da via exigem acessos frequentes às propriedades lindeiras.

Apesar de essa medida estar classificada no grupo 2, com um nível de segregação relativamente baixo (ver Quadro p. 14), é possível elevá-la ao mesmo desempenho das pistas exclusivas se for implantada em via arterial, de trânsito rápido, com poucas interferências transversais de tráfego.



Figura 6 – Faixa exclusiva com pintura e tachão no canteiro central.

A operação do transporte coletivo nas faixas exclusivas junto ao canteiro central pode ser realizada com embarque convencional à direita ou à esquerda utilizando-se veículos adaptados para esse tipo de operação. No primeiro caso, são necessárias ilhas de embarque e desembarque com largura dimensionada de acordo com a intensidade do fluxo de passageiros no ponto de parada. Por motivo de segurança e conforto, sugere-se largura mínima de 2 m. Caso a caixa da via não seja suficiente para a construção das ilhas nos dois sentidos de operação e também para melhorar as condições de segurança, deve-se projetar paradas alternadas, fazendo as devidas correções geométricas nas faixas, conforme mostra a figura adiante.

O embarque de passageiros pelo lado esquerdo do veículo requer uma largura do canteiro central de pelo menos 4 m nos trechos com parada, permitindo a construção de plataformas com largura útil mínima de 3 m para acomodação dos usuários que circulam nos dois sentidos da via. Em função do fluxo de passageiros, os pontos podem ser alternados, o que permite ganhos de capacidade e maior conforto na operação.

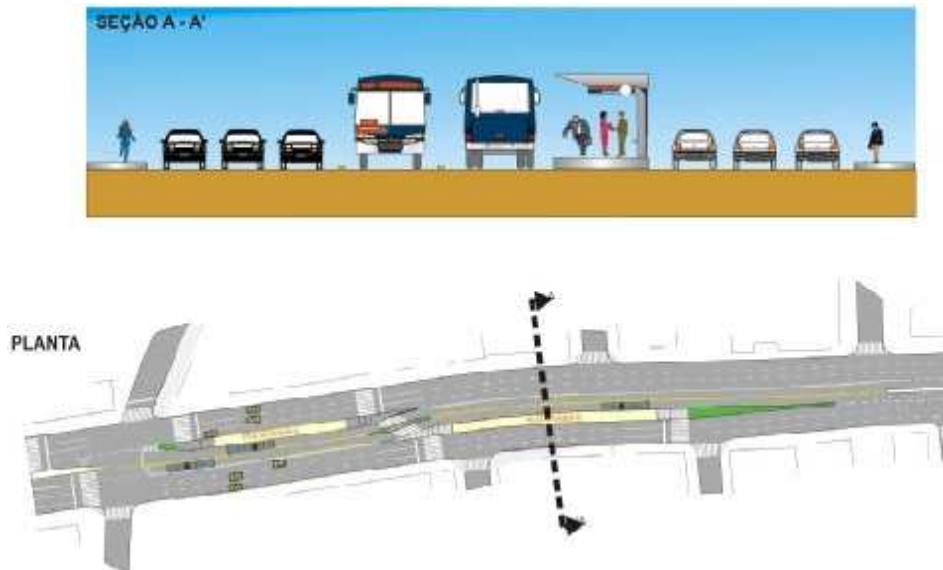


Figura 7 – Faixa exclusiva no canteiro central da via com pontos de embarque laterais e alternados

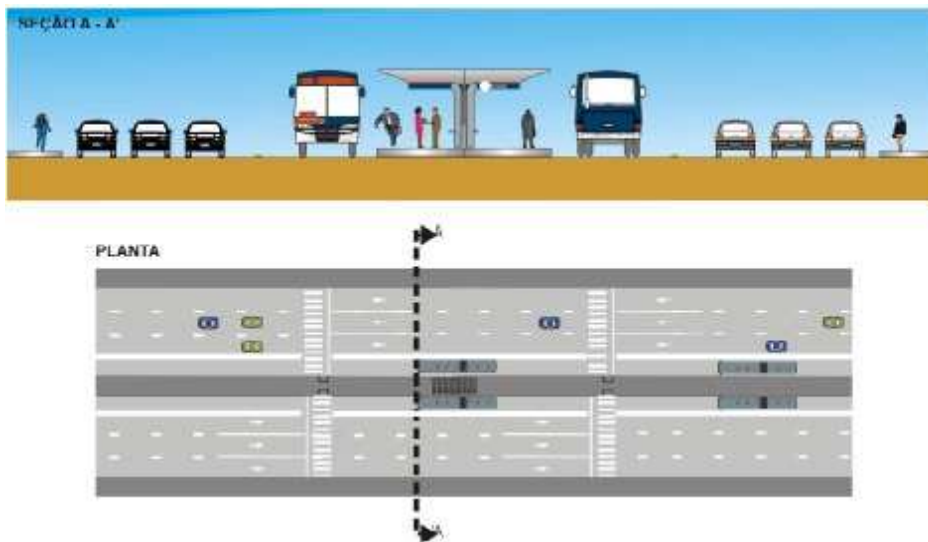


Figura 8 – Faixa exclusiva no centro da via com plataforma de embarque no canteiro central

Nos trechos onde não existem paradas, o canteiro central pode ser reduzido a uma faixa de 0,60 m a 0,80 m de largura, sendo necessário implantar uma barreira física separando os fluxos de veículos nos dois sentidos (*defensa*, “*new jersey*”, gradil, etc). Isto implica que, nesses trechos, a caixa da via pode ser menor, reduzindo os custos de desapropriação, quando for o caso.

Em ambos os casos, quando o fluxo de coletivos for alto, é importante que a via tenha largura adicional nos pontos de parada, para permitir a implantação de uma faixa de ultrapassagem (ver item 2.2). Além disso, em função de problemas de orientação de tráfego, podem ocorrer atropelamentos nas faixas, o que requer um grande investimento em medidas de segurança, principalmente no entorno das paradas.

VANTAGENS

- Não sofre interferência das operações de carga e descarga realizadas junto às calçadas (meio-fio);
- Não sofre interferência do embarque de passageiros de veículos de passeio;
- Não sofre interferência do acesso de veículos às propriedades lindas no lado direito da via;
- Não afeta as conversões de outros veículos à direita;
- Permite a liberação do estacionamento junto ao meio-fio direito;
- Permite obter maiores velocidades operacionais para o transporte coletivo; e
- Facilita a programação de semáforo com prioridade para o transporte coletivo.

DESVANTAGENS

- Necessidade de maior investimento em equipamentos de segurança;
- Dificulta a implantação de retornos ou conversões à esquerda;
- Dependendo do projeto arquitetônico, pode configurar a formação de uma barreira física ao longo da via, segregando espaços urbanos adjacentes; e
- Requer fiscalização constante para evitar que veículos de transporte privado invadam as faixas exclusivas.

2.1.2 Pistas exclusivas

As pistas exclusivas são partes das vias reservadas para o uso exclusivo dos veículos de transporte coletivo e separadas das áreas destinadas ao tráfego geral por meio de obstáculos físicos tais como canteiros, muretas, barreiras, grades, etc. Podem compreender uma ou mais faixas de tráfego. Quando todas as faixas da via são reservadas para o uso do transporte coletivo, configura-se uma *via exclusiva*, considerada nesse estudo como um caso especial de pista exclusiva.



Figura 9 – Pista exclusiva junto ao canteiro central

As pistas exclusivas são geralmente implantadas na parte central de vias arteriais, em ambos os sentidos de circulação. Em casos excepcionais, dependendo das características locais de uso do solo, das condições físicas da via e da operação do tráfego ou ainda das características de operação dos veículos do transporte coletivo, elas podem ser implantadas do lado direito ou esquerdo da via, junto à calçada.

Como o nível de segregação dessas medidas é alto, implicando maiores custos de implantação e maiores impactos sobre a região atendida, o fluxo de veículos coletivos a ser acomodado na pista exclusiva deve ser de, no mínimo, 60 por hora, correspondendo a um número elevado de beneficiados, usuários do transporte coletivo. Além disso, medidas como essa, com alto nível de segregação, permitem a utilização de veículos de maior capacidade, o que, concomitante à redução das interferências transversais e ações de racionalização dos serviços, resulta em grande capacidade de transporte, superior a 30.000 passageiros por hora e sentido, como se verifica no sistema Transmilênio de Bogotá, na Colômbia.

Por apresentarem barreiras físicas, as pistas exclusivas requerem dispositivos para a retirada dos veículos no caso de defeitos ou acidentes. Como a maioria destas ocorrências se verifica nos pontos de parada, sugere-se, quando possível, a adoção de área de reserva nos pontos para acomodação de veículos com defeitos.

Os trechos iniciais e finais ou de entrada e saída de veículos coletivos ao longo da pista exclusiva devem ter condições favoráveis de acesso e conter sinalização de preferência que permita facilidade e segurança nas operações.

As demais considerações, referentes aos cuidados na elaboração do projeto e outras, abordadas no item 2.1.1, sobre faixa exclusiva junto ao canteiro central, aplicam-se também às pistas exclusivas. Situando-se num nível de segregação mais alto, as pistas exclusivas para o transporte coletivo garantem maior eficiência da medida de prioridade ao reduzir as possibilidades de interferências com os demais veículos.

VANTAGENS

- Impõe um nível de segregação e prioridade maior do que no caso das faixas exclusivas, sem segregação física;
- Proporciona maior velocidade operacional para os veículos do transporte coletivo urbano do que as faixas exclusivas, principalmente no caso das que são posicionadas junto às calçadas;
- Não sofre interferência dos ser viços de operação de carga e descarga de mercadorias;
- Não sofre interferência do embarque de passageiros de veículos de passeio;
- Não sofre interferência do acesso às propriedades lindeiras;
- Não afeta e não sofre influência das conversões à direita, possibilitando estacionamento ou carga e descarga no caso de faixas centrais; e
- Necessita pouca fiscalização do uso da pista.

DESVANTAGENS

- Requer implantação de áreas para pedestres em todas as paradas por motivos de segurança;
- Requer dispositivos especiais e sinalização para travessias de pedestres que podem implicar na redução de velocidade;
- Requer a eliminação de conversões à esquerda para o tráfego geral, no caso de faixas centrais;
- Pode configurar a formação de uma nova barreira física ao longo da via, segregando fortemente áreas urbanas adjacentes; e
- Implica em maior custo e tempo de implantação em relação às medidas anteriores.

VIA EXCLUSIVA

As vias exclusivas devem ser utilizadas em segmentos de reduzida extensão, geralmente nas áreas centrais ou no entorno de grandes pólos geradores de tráfego, preservando acesso especial a veículos de serviço (correios, concessionárias de serviços públicos, bancos, etc.) e às garagens existentes. Os problemas relacionados às operações de carga e descarga podem ser solucionados pela regulamentação de horários específicos, fora dos horários de maior carregamento do transporte coletivo.

As vias devem apresentar:

- predominância de uso e ocupação por comércio e serviços;
- interligação direta com o sistema viário, possibilitando trajetos diretos do transporte coletivo; e,
- acesso facilitado às áreas de pedestres.

Outra condição importante para viabilização desta medida é a existência de via paralela operando no mesmo sentido de tráfego, a ser destinada ao tráfego geral.



Figura 10 - Rua exclusiva para operação de ônibus

VANTAGENS

- Reduzido prazo de execução e baixo custo de implantação;
- Propicia elevada prioridade para o transporte coletivo urbano;
- Permite maiores velocidades operacionais para o transporte coletivo urbano; e
- Ampliação de espaço destinado à movimentação de pedestres.

DESVANTAGENS

- Normalmente existem dificuldades institucionais e de caráter operacional para impor restrição muito ampla à circulação de outros veículos;
- Dificuldade de acessos a garagens existentes em imóveis situados ao longo da via; e
- Maior necessidade de fiscalização.

2.2 Medidas de prioridade nos pontos de parada

Para maximizar os benefícios das intervenções no sistema viário, discutidas nos itens anteriores, é fundamental a adoção de medidas de melhoria de desempenho e aumento de capacidade dos pontos de paradas dos veículos de transporte coletivo.

Segundo pesquisa realizada pela CNT (2002), em alguns corredores de transporte brasileiros, o tempo despendido nas paradas chega a representar mais de 50% do tempo total de deslocamento no trecho pesquisado, considerando o tempo gasto no embarque e desembarque e o tempo que os veículos ficam esperando para se posicionar ou sair em função da saturação do ponto de parada, chamado naquele trabalho de *tempo perdido em espera*. A duração desse tempo depende principalmente dos seguintes fatores:

- a possibilidade de ultrapassagem nas paradas;
- a distância entre as paradas;
- a capacidade das paradas/estações (em termos de número de passageiros e veículos);
- os tempos de embarque e desembarque.

De início, é importante destacar a necessidade de baias ou faixas adicionais para ultrapassagem nos pontos. Essas facilidades condicionam, em grande medida, a capacidade e o desempenho do ponto de parada, principalmente em corredores onde há diversos tipos de serviços com necessidades de paradas diferenciadas, como os serviços *paradores* e os *expressos*. Em Bogotá, por exemplo, conseguiu-se duplicar a capacidade dos pontos com a implantação de faixas de ultrapassagem nas paradas (paradas com faixas de ultrapassagem chegam a comportar mais de 300 ônibus/hora).

Não resta dúvida que a adoção dessa medida implica em aumentar a quantidade de espaço exigida pelo projeto, o que nem sempre é fácil. Entre as estratégias utilizadas, estão: a redução de passeios (desde que não comprometa a segurança dos pedestres), a eliminação de estacionamento e carga e descarga, a eliminação de uma faixa de tráfego geral, a eliminação de acostamentos, a desapropriação de parte dos imóveis localizados nas imediações do ponto de embarque e desembarque e outras.

Quase sempre a desapropriação é a medida mais onerosa e, por isso, assim como as demais, ela pode ser aplicada apenas nas quadras onde se situam as paradas. Isso faz com que a via tenha uma caixa variável ao longo de sua extensão, mas permite considerável economia de custos.

Todas as medidas de prioridade discutidas anteriormente podem apresentar faixas adicionais nas paradas, conforme se vê nas figuras seguintes.

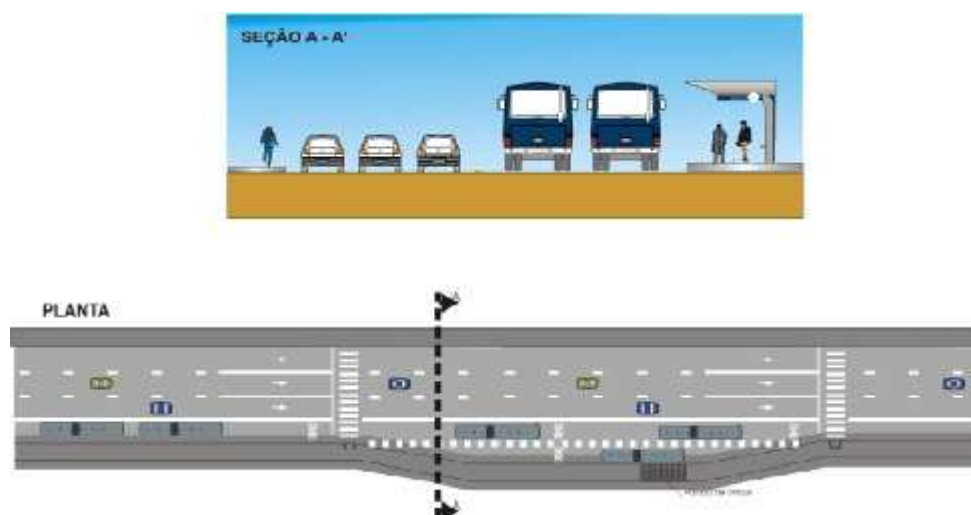


Figura 11 - Faixa exclusiva no fluxo, sem segregação física, junto à calçada, com baia para ultrapassagem. Espaço adicional avançado sobre a calçada (medida: desapropriação ou redução da área de pedestres)

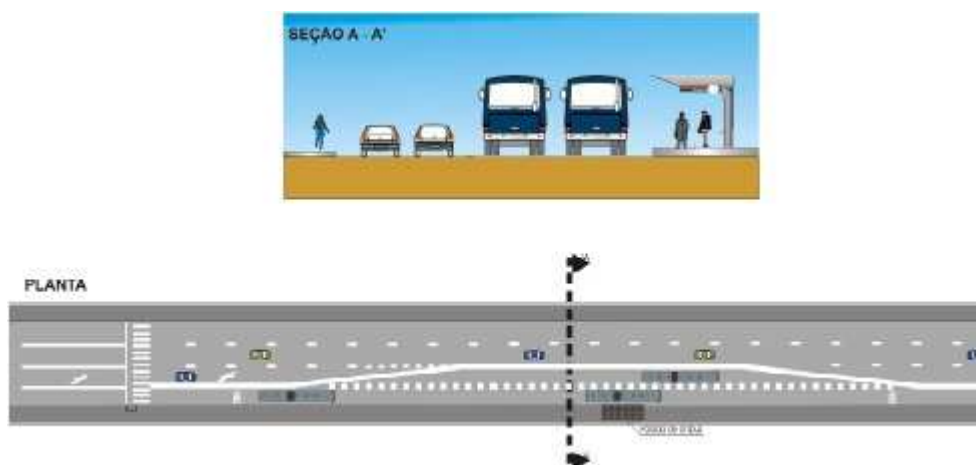


Figura 12 - Faixa exclusiva no fluxo, sem segregação física, junto à calçada, com baia para ultrapassagem. Espaço adicional avançado sobre o tráfego geral (medida: eliminação de faixa do tráfego geral)

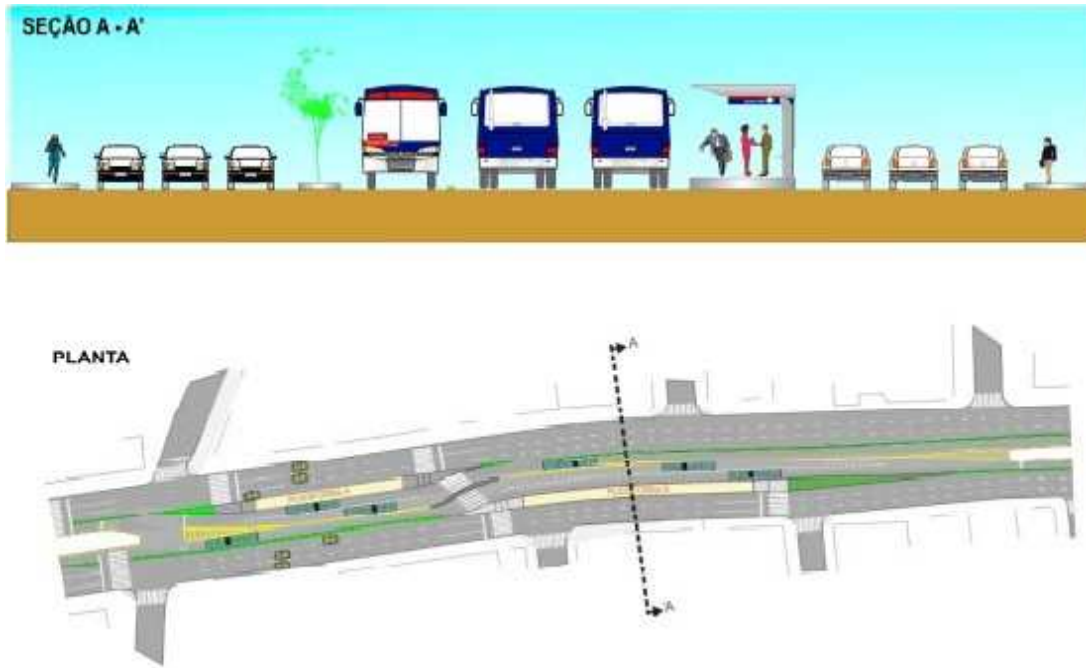


Figura 13 - Faixa exclusiva junto ao canteiro central com plataformas laterais e faixa adicional para ultrapassagem nos pontos

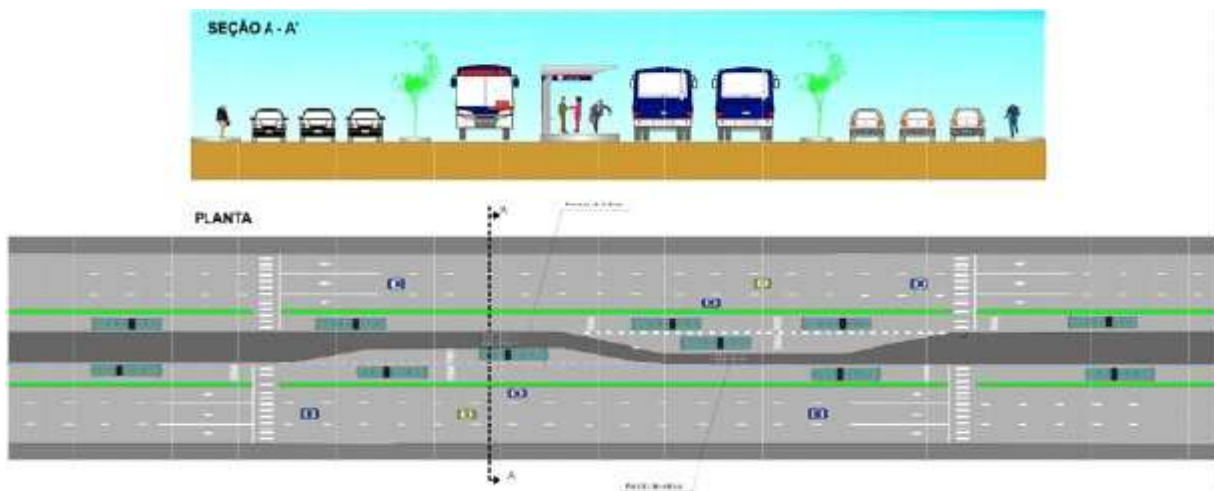


Figura 14 - Faixa exclusiva junto ao canteiro central com plataforma central, com faixa adicional para ultrapassagem nos pontos

Outro fator importante para determinar o desempenho do transporte coletivo é o distanciamento entre as paradas. Paradas a intervalos curtos pode facilitar o acesso das pessoas ao transporte, mas, em contrapartida, reduz a velocidade comercial, o que é uma das principais queixas dos usuários. Em geral, recomenda-se o distanciamento médio entre paradas de 300 m a 400 m nas áreas centrais, de 400 m a 600 m nas áreas intermediárias e de 600 m a 800 m nas áreas periféricas das cidades.

O dimensionamento do espaço de acomodação e manobra dos veículos nos pontos de parada tem uma grande influência sobre o desempenho dos serviços de transporte coletivo em um corredor exclusivo. Em seu Caderno Técnico Nº 2, a ANTP (1995), apresenta as seguintes referências para o dimensionamento:

- Espaço para entrada do veículo: 19 m;
- Espaço para saída do veículo: 8 m;
- Espaço para acomodação dos veículos:
 - freqüência até 40 ônibus/hora: 1 vaga (13 m para ônibus convencional);
 - freqüência de 40 a 80 ônibus/hora: 2 vagas;
 - freqüência de 80 a 120 ônibus/hora: 3 vagas. Acima desta freqüência é recomendável desmembrar os pontos.

Na operação com ônibus articulados, deve-se utilizar no máximo 2 vagas simultâneas (freqüência > 40 ônibus/hora) de 19 m cada uma, com os mesmos espaços para entrada e saída dos veículos.

Várias outras medidas podem ser adotadas para reduzir os tempos de embarque e desembarque, tais como: a localização das paradas, a realização do embarque e desembarque no mesmo nível do piso dos veículos, a cobrança externa aos veículos, a adoção de sistemas de bilhetagem automática, a operação de transporte em comboios ordenados (COMONOR), o layout adequado dos veículos, o posicionamento das catracas, etc.



Figura 15 – Embarque realizado em plataformas no nível do piso dos veículos.

2.3 Sinalização semafórica com prioridade ao transporte coletivo

Os veículos de transporte coletivo perdem parte do tempo de viagem parados em cruzamentos semaforizados, principalmente em corredores de transporte com altas interferências transversais. Quando não há possibilidades de se eliminar essas interferências pela implantação de soluções em desnível, a prioridade por meio de semáforos torna-se uma das melhores opções.

À primeira vista pode parecer injusto dar prioridade aos ônibus nos cruzamentos, uma vez que a quantidade desses veículos em circulação é, geralmente, muito menor do que a de automóveis e outros modais. Mas se, ao invés de atentarmos para os veículos, observarmos a quantidade de pessoas transportadas - muito maior no transporte coletivo do que nos veículos privados - a lógica se inverte e a prioridade para o ônibus passa a ser uma medida importante de justiça social.

A prioridade por meio da sinalização semafórica pode ser adotada com base em duas tecnologias: a de programação convencional e a de programação automatizada.

2.3.1 Programação convencional

O objetivo das técnicas de programação semafórica convencionais é o dimensionamento adequado das fases dos sinais de trânsito - verde, amarelo e vermelho - de forma a minimizar o atraso global dos veículos. Este conceito pode ser aplicado para uma interseção isolada, um corredor ou uma rede viária. Estes dois últimos envolvem mais de uma interseção semaforizada, o que expande o conceito de atraso global para a somatória de atrasos dos veículos em todas as interseções componentes do sistema.

Em geral, o dimensionamento semafórico considera o tráfego geral, do qual os veículos de transporte coletivo são apenas uma parte, mas não determinantes. Em vias de tráfego misto saturadas ou próximas da saturação ($v/c > 0,8$), esta estratégia é mais adequada, pois é difícil separar o fluxo de coletivos dos demais veículos para efeito de cálculo. Além disso, o impacto do congestionamento sobre o tráfego geral também prejudicaria os veículos de transporte coletivo.

No caso de interseções isoladas em corredores com faixa exclusiva, geralmente não há retenção de tráfego para veículos de transporte coletivo nas aproximações semaforizadas, de forma que os pelotões formados por eles chegam (e saem) mais rápido dos cruzamentos. Isto implica que tempos de ciclos muito longos, com tempos de verde também longos, prejudicam a operação desses veículos. Nestes casos, é necessário um redutor no tempo total de ciclo e na fase verde a fim de minimizar os atrasos dos veículos coletivos, mesmo que isso implique em maiores atrasos para o tráfego geral, desde que o volume de passageiros transportados pelos primeiros seja muito maior.

Em corredores de transporte, semáforos próximos podem ser sincronizados (defasados) de forma a manter o fluxo de tráfego contínuo, sem interrupção, a uma determinada velocidade. Os engenheiros de trânsito chamam isto de *onda verde* ou *semáforos coordenados*. Neste caso, calcula-se o tempo de ciclo ótimo das interseções - somatório de fases que minimiza os atrasos globais - além do tempo de defasagem entre os semáforos, que depende do tempo de percurso entre eles.

No caso de corredores de transportes com faixa exclusiva, quando não houver pontos de paradas no trecho entre dois ou mais semáforos contíguos, pode-se utilizar o tempo de deslocamento médio dos veículos de transporte coletivo para dimensionamento da defasagem, uma vez que eles tendem a ser mais lentos que os do tráfego geral (em torno de 35km/h para os ônibus). Esta estratégia é adequada quando os semáforos são muito próximos uns dos outros, para não causar grandes retenções no tráfego geral. Em corredores sem faixa exclusiva essa estratégia pode não ser recomendável, pois os veículos leves chegariam primeiro na próxima interseção, ocupando todos os espaços disponíveis e, conseqüentemente, causando atrasos para os coletivos.

Além dessas, outras medidas podem ser adotadas para priorizar o transporte coletivo nas interseções semaforizadas dos corredores com faixa ou pista exclusiva, tais como: a

implementação de semáforos ao final da faixa exclusiva para facilitar o acesso dos coletivos às outras faixas da via sem interferências; as interseções com movimentos semaforizados exclusivos para os coletivos que trafegam na faixa exclusiva; a eliminação de semáforo para as vias exclusivas junto ao canteiro central no caso de semáforos nos cruzamentos em “T”, que permitem aos veículos provenientes da via transversal terem acesso ao corredor, etc.

2.3.2 Sistemas automatizados

O desenvolvimento dos Sistemas de Transporte Inteligentes - ITS (em inglês, Intelligent Transportation System) abriu grandes possibilidades para priorização do transporte coletivo em interseções semaforizadas. Desde a década de 1960 estão sendo desenvolvidas teorias, estudos e experiências com semáforos atuados por ônibus. Vários sistemas de sinalização foram implantados desde então em cidades de outros países (no Brasil não se tem conhecimento do emprego dessa tecnologia), utilizando, muitas vezes, o modelo conceitual elaborado no programa de otimização semafórica TRANSYT.

Estes sistemas consistem na utilização de dispositivos automáticos de detecção de veículos de transporte coletivo nos cruzamentos e liberação de passagem, caso atendam critérios de priorização previamente parametrizados. Outra possibilidade é que o próprio motorista requisite a prioridade, apesar de algumas experiências nos Estados Unidos mostrarem que este método não é muito eficiente em função da possibilidade de erro dos condutores ao pedirem preferência.

Além dos equipamentos de detecção ou identificação dos veículos coletivos nas aproximações - detector com laço magnético, *transponders* com ou sem código de identificação do veículo, antenas receptoras, GPS e dispositivos similares - o sistema atuado de semáforos tem como elemento principal o software de gerenciamento e processamento das informações recebidas e execução da ordem. Em função de parâmetros programados, dados recebidos e estratégia de priorização adotada, eles procedem às mudanças de fases nas interseções.

Além disso, dependendo das características de tráfego das interseções semaforizadas, a prioridade dada ao transporte coletivo pode ser condicional, com limitações impostas por variáveis controladas, como: tempo decorrido desde a última prioridade concedida, limitação do tempo de extensão de fase, comprimento de fila, pontualidade da linha, etc; ou incondicional, quando a prioridade é dada independente de qualquer variável de controle.

Basicamente, os resultados dos processamentos se resumem às seguintes ações:

- Extensão de verde: extensão do tempo de verde em um determinado ciclo semafórico para permitir a passagem de um veículo detectado;
- Interrupção de vermelho: uma fase em vermelho é interrompida assim que for detectada a aproximação de um veículo com prioridade;
- Compensação: é dada uma compensação na fase verde para o movimento não prioritário em função de prioridade dada aos outros veículos anteriormente;
- Supressão de fases: uma ou mais fases de movimentos de baixa demanda podem ser suprimidos de um determinado ciclo, para priorizar determinado movimento ou veículo.

Em geral, a adoção de prioridade automatizada não ocasiona atrasos significativos para o tráfego geral, desde que estratégias corretas sejam adotadas. Quanto maior o volume de tráfego cruzando os corredores de transporte coletivo, maiores restrições devem ser impostas aos procedimentos de priorização, pois os impactos no trânsito geral, nestes casos, são maiores.

Volumes muito elevados de veículos coletivos nos corredores também dificultam a adoção desse tipo de medida, pois a alta frequência de requisição de prioridade pode inviabilizar o trânsito nas imediações das interseções, no caso de prioridade incondicional, e no caso de prioridade condicional, os limites impostos podem significar na prática em operação com tempos fixos, tornando a medida ineficiente. Por exemplo: a adoção de limite de tempo de verde adicional em corredores pesados pode significar funcionamento convencional com tempo de ciclo fixo e percentagem de verde maior para os movimentos priorizados, pois a quantidade de veículos coletivos é tão grande que, na prática, a extensão de verde representa um acréscimo constante na fase verde para o movimento desses veículos.

Uma alternativa interessante, nesse caso, é a adoção de prioridade seletiva, ou seja, somente é dada prioridade para os veículos que atendam determinadas condições, por exemplo: veículos atrasados, no caso de controle pela programação horária, ou para linhas com buracos nos intervalos entre passagem (*headway*); para linhas mais carregadas ou especiais; para as linhas mais distantes, para aumentar o conforto de seus passageiros, etc. Procedendo assim, pode-se minimizar os impactos do trânsito nas vias transversais com alta demanda, corrigindo as distorções na operação das linhas de transporte coletivo. Quanto mais complexo o sistema de detecção, identificação e seleção de veículos mais cara a sua implementação, o que requer estudos mais aprofundados de viabilidade.

O baixo volume de veículos coletivos nos corredores exclusivos, associados a fluxos reduzidos de tráfego nas vias transversais, compõe uma situação bastante favorável à implantação de semáforos atuados pelos coletivos. Estas condições podem ser encontradas em trechos de corredores exclusivos distantes da área central que passaram por processos de racionalização da frota. Neste caso, os benefícios ao transporte coletivo são grandes, pois as interferências transversais diminuem bastante e os impactos negativos dessa medida sobre o tráfego não priorizado torna-se quase nulo.

Um estudo realizado na Universidade de Engenharia da Flórida (SHIREN, 2001) indica as seguintes estratégias de sinalização com prioridade automática em função do nível de saturação das interseções:

Nível de Saturação (v/ c)	Estratégia recomendada
< 0,25	Prioridade ilimitada
Entre 0,25 e 0,8	Prioridade com limites
Entre 0,8 e 1,0	Limitação em 10 s o tempo de verde estendido
1,0	Prioridade por não ter efetividade

Fonte: National Center for Transit Research – University of South Florida
U.S. Department of Transportation