

## ANÁLISE DOS ASPECTOS QUALITATIVOS DE VIAS EXCLUSIVAS EM SISTEMAS MODERNOS DE ÔNIBUS

**Geisa Aparecida da Silva**

Mestre em transportes pela Universidade de Brasília - UnB

**José Alex Sant'Anna**

Doutor em engenharia de transportes pela USP - São Carlos  
Professor do programa de pós-graduação na UnB

### RESUMO

*Este trabalho analisa qualitativamente características físicas e operacionais de vias exclusivas para ônibus urbano, com o objetivo de contribuir para o processo de decisão quanto à implantação de vias exclusivas para ônibus. A pesquisa centra-se em aspectos qualitativos das vias exclusivas para ônibus, sob a ótica da Teoria de Lancaster, essa teoria estuda as características dos bens e serviços. Para viabilizar as análises propostas, buscou-se identificar características físicas e operacionais das vias exclusivas para ônibus relevantes do ponto de vista do usuário, associando-as à eficácia operacional (desejos dos usuários). O cruzamento de informações referentes às vias, veículos e operação dos sistemas analisados resultou na identificação das características físicas e operacionais que condicionam o melhor desempenho das vias quanto à velocidade, capacidade e fluxo de tráfego.*

**Palavras Chave:** Teoria de Lancaster, Aspectos qualitativos, vias exclusivas para ônibus

## ANALYZES OF QUALITATIVE ASPECTS OF BUSWAYS IN MODERN BUS SYSTEM

### ABSTRACT

*This paper analyzes physical and operational characteristics of busways with a goal to contribute in the decision process related to the implantation of busways. So, this research is centered in some operational aspects used as project criterion, under the optics of the Lancaster's Theory that studies the characteristics of the goods and services. To reach the proposed analyses, it has tried to look up the physical and operational characteristics of busways relevant to user's perception, associating them to operational effectiveness (user's desires) of systems. The cross information's the roads, vehicles and operation of the analyzed systems resulted identification physical and operational characteristics that conditional the better performance of the roads in terms of speed, capacity and traffic flow.*

**Key-words:** Lancaster's Theory, qualitative aspects, Busways

### INTRODUÇÃO

Os transportes urbanos necessitam de medidas para atrair novos usuários ao sistema, aumentar suas receitas e o seu desempenho operacional. Entre as ações de melhoria, destaca-se a implantação de vias exclusivas. Os Sistemas Modernos de Ônibus (*Modern Bus Systems*) - MBSs e os Transportes Rápidos por Ônibus (*Bus Rapid Transit*) - BRT são conjuntos de técnicas e intervenções que possuem tais objetivos, fundamentam -se em propor melhorias ao transporte público, através da construção de vias exclusivas e maiores facilidades aos usuários.

---

Recebido em 01/03/2006  
Aprovado para publicação em 18/05/2006

## INTRODUÇÃO

Os transportes urbanos necessitam de medidas para atrair novos usuários ao sistema, aumentar suas receitas e o seu desempenho operacional. Entre as ações de melhoria, destaca-se a implantação de vias exclusivas. Os Sistemas Modernos de Ônibus (*Modern Bus Systems*) - MBSs e os Transportes Rápidos por Ônibus (*Bus Rapid Transit*) - BRT são conjuntos de técnicas e intervenções que possuem tais objetivos, fundamentam-se em propor melhorias ao transporte público, através da construção de vias exclusivas e maiores facilidades aos usuários.

Diante disso, esta pesquisa, centra-se na análise das características físicas e funcionais das vias exclusivas, a fim de definir as características relacionadas ao desempenho operacional do transporte coletivo urbano. Para esta análise, utilizar-se-á dos princípios da *New Approach to Consumer Theory* (Nova Abordagem da Teoria do Consumidor) por Lancaster (1966) e o método de avaliação qualitativa de projetos "Abordagem de Características" proposta por Wright (1992).

Para atingir os objetivos deste trabalho foram levantadas informações das características físicas, funcionais e operacionais de alguns exemplos de MBSs e BRT, em Curitiba (canaleta exclusiva), Porto Alegre (faixa exclusiva), com a finalidade destacá-las e analisá-las suas peculiaridades e, desse modo, subsidiar a "Abordagem de características" proposta.

Através dessa análise, evidenciam-se as características físicas, funcionais e operacionais do sistema, sendo possível identificar as características mais significativas para o seu desempenho operacional, em termos de velocidade, capacidade (veicular, via, sistema), condições de fluidez no tráfego (nível de serviço).

### Teoria de Kelvin Lancaster

Kelvin Lancaster propõe em 1966 "*A New Approach to Consumer Theory*". Essa nova abordagem rompe com a tradicional teoria do consumidor em alguns aspectos, principalmente, no conceito de que os bens e serviços são objetos diretos da utilidade humana e analisados a partir de cestas de mercados, seguida pela visão tradicional. A Teoria de Lancaster propõe que a utilidade desses bens está relacionada a suas características próprias, supõe também que os bens e serviços podem ser considerados separadamente ou combinados, sendo o produto uma coleção de características.

### Abordagem de Características

A Abordagem de características foi proposta por Wright (1992), e segue os princípios da Teoria de Lancaster, onde analisa qualitativamente as propriedades e características dos projetos, sendo uma alternativa ou mesmo um acréscimo de conteúdo aos vários métodos existentes de análises de projetos, principalmente, um importante acréscimo à análise-benefício/custo.

Wright (1992) relata que o método "Abordagem de Características" faz uma descrição das características de um problema, mostra as alternativas para lidar com esse problema e apresenta os custos de cada uma das alternativas de solução.

### PRIORIDADE AO TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO

Segundo Wright (1992) o espaço viário exigido pelo movimento de pessoas e mercadorias, está diretamente ligado ao modo de transporte utilizado para o cumprimento das viagens, portanto, a capacidade desses modos de transportes é uma característica importante para se medir também a capacidade das vias.

Dessa forma, o ponto central da eficiência das facilidades de transportes nas áreas urbanas é analisar a capacidade viária em termos de fluxo de passageiros e não em termos de veículos, portanto, através do conhecimento da capacidade dos modos de transportes utilizados, pode-se analisar a capacidade de uma via em transportar passageiros.

Existem vários tipos de alteração viária para a prioridade do transporte coletivo. A escolha da melhor opção, geralmente está ligada às características específicas da via (área, ou corredor etc.).

Não há, pois, um tipo de prioridade superior a outro. O mais importante numa alteração viária é se o investimento apresenta relativamente baixos custos e eficiência operacional, em termos de capacidade, velocidade etc. É importante notar que a alteração de um corredor em qualquer nível de segregação, por si só não permite supor resultados operacionais, mas tão somente controla os tipos de interferência que os fluxos de ônibus sofrem na via.

### **CRITÉRIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE FAIXAS EXCLUSIVAS PARA ÔNIBUS**

Segundo o “*Transit Cooperative Research Program*” -TCRP (2003 b) as medidas de prioridade aos ônibus permitem maiores seguranças e um desempenho operacional eficiente. Sendo desejável serem implantadas nas áreas centrais das grandes e médias cidades (vias radiais), devido aos congestionamentos do trânsito causados pela concentração dos serviços e maiores fluxos de pessoas.

O TCRP (2003 b) apresenta também alguns critérios para implantação de corredores de ônibus, porém, tais critérios são baseados nos princípios dos sistemas de BRT, onde as vias exclusivas são projetadas para que no futuro venham a ser convertidas em sistemas sobre trilhos ou VLTs (Veículos Leves sobre Trilhos) além de serem planejadas, muitas vezes, para operar em tráfego misto.

Esses critérios apresentados pelo TCRP (2003 b) são elaborados para os dois tipos básicos de vias para ônibus encontradas em sistemas de BRT: Classe 1 - vias completamente segregadas (Canaletas exclusivas para ônibus) e Classe 2 - vias parcialmente segregada ou com operação em tráfego misto.

O TCRP (2003b) destaca critérios de desenho das vias sem a preocupação com os detalhes operacionais, inclusive de capacidade, o que deve ser examinado com cuidado em cada caso. Outro ponto é o de que não leva em consideração os usuários, as características das vias voltam-se apenas para permitir a transformação futura do sistema para o modo ferroviário. As condições locais de costumes, topografia e desenho urbano também não são consideradas nessa parte do trabalho, sendo motivo apenas de uma observação de recomendação para considerar as características locais.

### **SISTEMAS MODERNOS DE ÔNIBUS E TRANSPORTE RÁPIDO POR ÔNIBUS**

Na década de 1990, planejadores, urbanistas e projetistas começaram a desenvolver sistemas com desempenhos gerais mais eficientes. Exemplos desses projetos são os casos dos sistemas de Curitiba, Porto Alegre, Belo Horizonte, São Paulo, Istambul, Ankara entre outras cidades que Gardner (1992) estudou e destacou suas características distintas dos sistemas antigos, com prioridade ao transporte público.

### **SISTEMAS MODERNOS DE ÔNIBUS**

Segundo Wright *et. al.* (2004) os Sistemas Modernos de Ônibus (*Modern Bus Systems*) - MBSs são dotados de alta capacidade, alto desempenho, e são identificados pelas seguintes características: vias exclusivas para ônibus, veículos com configuração para rápido embarque e desembarque, organização operacional com prioridade e eficiência, interfaces entre o uso do solo e os transportes, mecanismos para redução dos custos. Possuem também informações legíveis sobre a localização das rotas e estações, facilidades seguras e convenientes para o trânsito de pedestres e ciclistas. Proporcionam viagens mais rápidas, confortáveis e condizentes com as necessidades dos usuários.

Os MBSs têm o objetivo de melhorar as condições gerais de transportes nas cidades, permitindo um melhor desempenho do sistema de transporte público. Segundo Sant'Anna (2001), os MBSs resultam de políticas que dão prioridade ao transporte coletivo; assim, partem do princípio de que os ônibus são os veículos mais importantes do sistema viário, os usuários do transporte coletivo são a maioria das pessoas de uma cidade e considera os trechos em que os usuários percorrem a pé até embarcarem e depois até desembarcarem.

Dessa forma, os MBSs são planejados para priorizar o interesse dos usuários, as vias exclusivas

permitem viagens mais rápidas, a tecnologia veicular utilizada proporciona menores tempos de embarque/desembarque, as informações aos passageiros e as facilidades para os pedestres e ciclistas proporcionam maiores segurança, os MBSs são mais eficientes em quase todos os aspectos que os sistemas de ônibus convencionais.

### TRANSPORTE RÁPIDO POR ÔNIBUS - BRT

Segundo o TCRP, (2003 a) o Transporte Rápido por Ônibus - *Bus Rapid Transit* -BRT analisa os veículos em relação às vias rápidas em termos de ganhos operacionais (velocidade), portanto pode ser definido como tendo as vias como o seu elemento central (Figura 1). A operação dos ônibus pode ser realizada em faixas exclusivas com ou sem segregação física, vias totalmente dedicadas aos ônibus (canaletas exclusivas) ou, vias com tráfego misto.

As razões para implantar os BRT são: o baixo custo de implantação, reconstrução das principais avenidas que fazem parte da integração da cidade, sendo um condicionante de desenvolvimento urbano. Em alguns aspectos, pode ser comparado ao *Light Rail Transit* - LRT (veículos leves sobre trilhos), porém, possuem uma maior flexibilidade de operação (em relação à mudança de linhas e rotas) e menores custos de implantação. A estrutura viária para os BRT possui algumas características particulares que o faz ter melhores desempenhos em termos de velocidade, capacidade e condições de fluidez no tráfego.

Possuem paradas e estações atrativas aos usuários, facilidades para embarque, pagamento das tarifas fora dos veículos, alta frequência dos serviços no decorrer do dia, maiores distancias entre as estações ao longo da via, tecnologia veicular com maior capacidade etc.

### Sobre BRT E MBS

O BRT permite um trânsito mais flexível, integrando serviços, estações e veículos. A diferença principal entre os "Sistemas Modernos de Ônibus" e o "Transporte Rápido por Ônibus", é que o BRT estuda e analisa os veículos em relação às vias, portanto focaliza as vias rápidas (Figura 1); enquanto os MBSs consideram as condições gerais do sistema de transporte público, inclusive as condições e o tempo das caminhadas dos usuários antes de embarcarem e depois ao desembarcarem, portanto, esse sistema centra-se nos usuários (Figura 2); porém ambos possuem os mesmos elementos e objetivos em relação às vias, se equiparam em contribuir para melhorar o desempenho do trânsito.

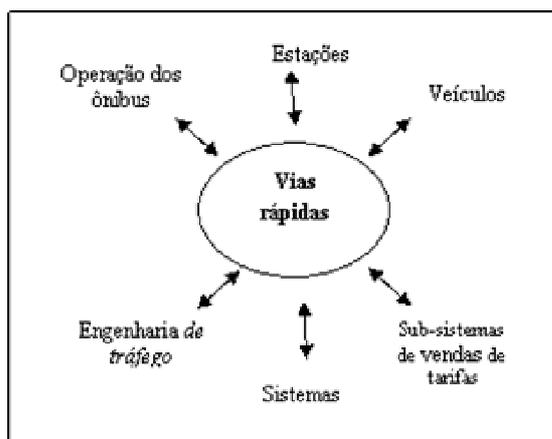


Figura 1 - Vias rápidas como elemento central dos BRT (TCRP, 2003b)

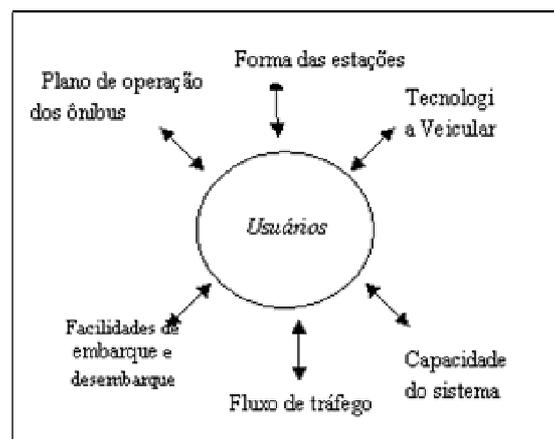


Figura 2 - Usuários como elemento central dos MBSs.

Segundo o TCRP (2003 a e b) os BRT podem ser operados em tráfego misto, sendo também uma das principais diferenças entre os MBSs e BRT, já que os MBSs consideram corredores mistos como os de serviços complementares à rede principal.

Os MBSs estabelecem uma hierarquização da rede viária, considera as principais vias segregadas, como estruturantes do sistema com grandes volumes de usuários; e operação em tráfego misto, para a rede complementar de menor fluxo de passageiros, onde os ônibus não sofrem interferências restritivas de velocidade operando com os demais veículos na via.

### **Desempenho dos MBSs e BRT**

O desempenho dos MBSs e BRT está relacionado às características físicas do sistema, características viárias e o tipo de vias rápidas que os compõem. O padrão dos serviços depende da tipologia das vias (arteriais, expressas, tipo do pavimento, rampas, raio de curva etc.) da tecnologia dos veículos, número das paradas, distância entre as paradas.

Segundo Vasconcellos (2000), a velocidade média dos ônibus está relacionada às condições de infra-estrutura viária, relação entre volume e capacidade, número de interrupções no tráfego como semáforos e quantidade de paradas. Essas condições de infra-estrutura viária têm também grandes impactos nas viagens a pé. O desempenho pode estar restrito pela capacidade de transportar passageiros ao longo do percurso, velocidade, tempo de viagem, fluidez no tráfego etc.

Os MBSs tem como o centro do planejamento o melhor desempenho geral possível, o que implica em buscar o melhor conjunto de variáveis para o melhor resultado possível em relação a viagem do usuário. Isso pode representar um pior desempenho relativo viário para melhor resultado final, como no caso de Curitiba onde o piso elevado dos ônibus traz dificuldades operacionais, mas melhora consideravelmente os tempos e conforto para os embarques e desembarques.

### **Características e elementos encontrados nos MBSs e BRT**

Neste item, são listadas as características dos MBSs e BRT com o intuito de subsidiar as análises e considerações realizadas em etapas posteriores. Essas definições foram baseadas nos estudos, visões e análises revistas neste trabalho. Em primeiro lugar, reuniram-se as características em quatro grupos distintos, a fim de facilitar o estudo, conforme mostrado na Tabela 1. Essa tabela sintetiza os conceitos e principais características dos MBSs e BRT, permitindo visualizar melhor os principais pontos a serem estudados, em qualquer trabalho voltado para as vias de Sistemas de Transporte Público por Ônibus.

Tabela 1

Agrupamento das características relacionadas ao desempenho dos sistemas de transportes

| <b>Características operacionais/desempenho</b> | <b>Características físicas/funcionais do sistema</b> | <b>Características do sistema viário</b> | <b>Características das vias exclusivas</b> |
|--|--|--|--|
| Capacidade                                     | Terminais/Estações                                   | Geometria                                | Nível de segregação                        |
| Velocidade                                     | Dispositivos eletrônicos                             | Pavimento                                | -  |
| Fluidez no Tráfego                             | Tecnologia veicular                                  | Classificação viária                     | -  |

### **CARACTERÍSTICAS PERCEBIDAS PELOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO**

Segundo Wright (1992), as modalidades, automóveis, ônibus, trens, possuem conjuntos específicos de características. Uma dada característica pode ser obtida por mais de uma modalidade, tornando o conceito de modalidade mais dinâmico e, conseqüentemente, facilitando a análise das modalidades frente à percepção dos usuários.

Segundo Faria (1985), um conjunto de atributos definem um sistema de transportes em ser melhor ou pior do ponto de vista dos usuários. Partindo desse princípio, os usuários através de suas preferências diferenciadas em relação às características oferecidas pelos transportes, fazem suas escolhas entre as diversas modalidades existentes. Faria (1985) identifica essas características como as relacionadas ao tempo de viagem, ao desempenho do sistema e ao conforto dos usuários.

#### **A função utilidade da Teoria de Lancaster e as características relacionadas com a percepção dos usuários de transporte coletivo**

Segundo Wright (1985) a função utilidade de Lancaster (Eq. 1) relaciona-se diretamente com o planejamento de transportes.

$$U_i = f(C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in}) \quad \text{Eq.1}$$

Onde:

$U_i$  = i-ésima utilidade do residente urbano (normalmente é o usuário de transporte)

$C_{ij}$  = é a j-ésima característica de uma utilidade de transporte que o afeta

i = tipos de utilidades que o consumidor pode usufruir

As características anteriormente definidas por Faria (1985) podem ser consideradas a Utilidade ( $U_i$ ) dos usuários sobre os serviços de transportes oferecidos. São essas características que mais os interessam, sendo, necessário os planejadores adequá-las da melhor forma possível, para aumentar o nível de satisfação dos usuários do transporte coletivo. Como a percepção dessas características é qualitativa, as análises podem ser feitas quantificando as utilidades através de uma escala percentual de satisfação, tal como mostrado por Sant'Anna(1995).

#### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E OPERACIONAIS DOS EXEMPLOS ESTUDADOS**

Este item relata as principais características físicas, funcionais e operacionais do sistema de transporte coletivo de Porto Alegre, Curitiba, a fim de subsidiar as análises posteriores. Todas as informações obtidas para a elaboração deste item, foram coletadas a partir das visitas realizadas ao sistema de transporte de tais cidades. Em função do âmbito deste trabalho, serão estudados em maior detalhes as características da Avenida Protásio Alves em Porto Alegre e do Eixo Norte/Sul em Curitiba.

#### **PORTO ALEGRE**

Segundo informações dos técnicos da EPTC (Empresa Pública de Transporte e Circulação), a implantação dos corredores exclusivos em Porto Alegre, não foi submetida a processos de avaliação de projetos, sendo visíveis, a ociosidade de alguns corredores e o congestionamento de outros. Consta-se que os principais corredores da cidade de Porto Alegre, não possuem graves problemas ligados à circulação viária, apesar de não haver uma sincronização entre o planejamento urbano e de transportes, se comparado ao caso de Curitiba. O Plano Setorial de Transportes de Porto Alegre visa à criação de corredores em direção ao centro e poucas ligações entre os bairros, enquanto a proposta do Plano Diretor em 1999 é a descentralização da cidade, tornando - a policêntrica.

Em documentos analisados da EPTC (2004 a) destaca que o Sistema de Transporte Urbano de Porto Alegre é organizado em quatro consórcios operacionais e quinze empresas operadoras. Atualmente o sistema tem uma rede de 318 linhas e uma frota de 1.595 ônibus que transportam em média 23.075.191 passageiros/mês.

#### **Características do Sistema de Transportes Coletivo de Porto Alegre**

A rede de transporte de Porto Alegre é unificada e articulada através dos terminais de integração, implantados num raio aproximado de nove quilômetros do centro metropolitano (Freitas *et al.*, 2001). Tais terminais são interligados por linhas transversais com faixas preferenciais aos ônibus

(algumas são projetos). Essas vias são ligadas ao centro metropolitano pelas faixas exclusivas para o transporte público instaladas nos principais corredores estruturais da cidade. O sistema possui também, vias que circulam o centro metropolitano, como a III Perimetral construída recentemente.

Atualmente, o sistema de transportes de Porto Alegre possui 12 corredores estruturais, com aproximadamente 57,4 km de vias exclusivas. As características físicas das faixas exclusivas do sistema de transportes coletivo de Porto Alegre são bastante diversificadas. Cada via possui características próprias em relação ao pavimento, nível de segregação dos corredores, tipo das estações e a altura das plataformas, qualidade de linhas, veículos etc.

A Avenida III Perimetral é uma das maiores e mais recente obra viária de Porto Alegre, possui 34 estações, com abrigos de estrutura metálica, telha em aço zincado pré-pintada e plataforma baixa, com tubos metálicos posicionado na horizontal para apoio dos usuários (Figura 3).



Figura 3 - Tipo da estação/abrigo - III Perimetral

A estrutura da Avenida III Perimetral permite travessia de pedestres em túneis para proporcionar maior segurança aos pedestres, pontos com escadas rolantes, elevadores e passarelas interligando as estações de ônibus; intensa arborização, presença de uma rede de fibra ótica e pavimento de concreto em toda a extensão do corredor.

Esse corredor de ônibus é composto por uma canaleta exclusiva, contendo duas faixas para os ônibus com sentidos opostos e segregadas por canteiros, localizados no centro da via. Possui também, três faixas de cada lado nas partes externas a essa canaleta que são destinadas ao fluxo de veículos do tráfego geral, com direções também opostas (Figura 4).

Já as estações da Avenida Sertório foram projetadas em forma de árvore, em tubos com superfície de aço pré-pintados, com 80 metros de comprimento. A estação é localizada na parte central do corredor, de modo que servem os dois sentidos do fluxo de ônibus. Possui plataforma elevada, pavimento de concreto somente próximo às estações e segregação física com tachões (Figura 5). Os ônibus operam com porta do lado esquerdo e piso em nível, não há ponte projetada para embarque nos veículos.

A Avenida Bento Gonçalves possui algumas estações com superfície de aço, tubos metálicos para apoio, plataforma baixa, embarque em desnível. A faixa exclusiva é posicionada junto ao canteiro central e segregada por tachões. Somente próximo as estações a faixa exclusiva é segregada com muretas e possui pavimento de concreto (Figura 6).

#### **Características da Avenida Protásio Alves**

A avenida Protásio Alves é composto por faixas exclusivas para ônibus com sentidos opostos, posicionadas junto ao canteiro central, segregada com tachões. As estações localizam-se nas laterais da faixa exclusiva com embarque/desembarque à direita. As outras duas faixas posicionadas em cada uma das laterais da via central (faixa exclusiva) são destinadas ao tráfego de veículos particulares (Figura 7).



Figura 4 - Corredor da III Perimetral



Figura 5 - Estação na Avenida Sertório



Figura 6 - Estação na Avenida Bento Gonçalves.

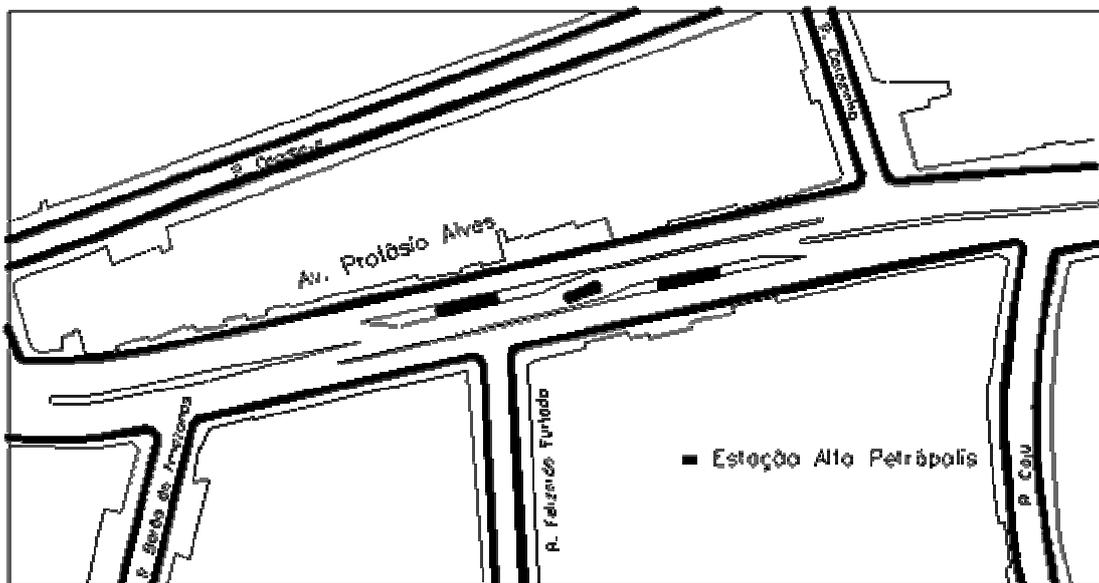


Figura 7 - Características geométricas da Avenida Protásio Alves (EPTC, 2004 b)

As estações são semelhantes às estações da Avenida Bento Gonçalves, com estruturas em aço, tubos para apoio e plataforma baixa, embarque/desembarque em desnível e segregação física com tachões (Figura 8).

Nas proximidades dessas estações a faixa possui segregação física com gradis ou muretas, pavimento de concreto sem faixas adicionais para a ultrapassagem, há sinalização semafórica para os pedestres (na maioria das estações) (Figura 8).

O corredor da Avenida Protásio Alves possui 15 estações com uma distância média de 454 m entre elas, sendo que, no primeiro trecho (1300 metros), os pontos de paradas possuem mobiliário urbano variável e no segundo as estações possuem projeto padronizado. Junto a essas estações, o pavimento é com concreto e no restante é asfáltico. A largura da via é de 40 m no primeiro trecho e de 30 m no segundo trecho.



Figura 8 - Estação na Avenida Protásio Alves

A Avenida Protásio Alves é classificada no Plano Diretor da Região Metropolitana como via de transição (ligação interurbana). A velocidade média operacional em todo o trecho é de 20,21 km/h. Sendo que, no horário de pico da manhã os ônibus operam com uma velocidade de 19,97 e no período de pico da tarde este valor diminui para 17,93 km/h.

#### **CURITIBA**

Curitiba foi organizada em “centros lineares” compostos pelos setores estruturais. A estrutura viária de cada um desses setores estruturais é denominada de “Sistema Trinário,” que é composto por três vias paralelas. A via central (mão dupla) é exclusiva ao transporte coletivo (canaleta exclusiva), segregada por canteiros, e as duas faixas locais nas laterais dessa canaleta exclusiva permitem o acesso às áreas lindeiras e estacionamentos de carga e descarga. As duas outras vias (vias de trânsito rápido) paralelas à via central (canaleta exclusiva e faixas para o tráfego local) são destinadas ao fluxo de veículos particulares, sendo uma em cada sentido (centro/bairro e bairro/centro) com quatro faixas cada.

Segundo Sant'Anna (2001) o modelo de desenvolvimento do Plano Diretor de Curitiba fundamenta-se na implantação dos eixos estruturais para descongestionar a área central, porém, preservando o centro tradicional por meio de um Anel Central de Tráfego, formado por um conjunto de vias, que circula o centro tradicional. Uma das principais iniciativas em dar prioridade aos pedestres foi a transformação da via XV de Novembro num calçadão.

#### **Características do sistema de transportes de Curitiba**

De acordo com a Urbanização de Curitiba S.A.- URBS (2004 a), o sistema de transportes urbanos de Curitiba é formado pela Rede Integrada de Transportes – RIT. A RIT é um sistema tronco alimentador com hierarquia diferenciada pelas cores e a capacidade dos veículos. É composta por linhas expressas, alimentadoras, interbairros, diretas (ligeirinho), troncais, convencionais, circular centro e as linhas especiais subdivididas em linhas inter-hospitais, turismo, SITES – Sistema Integrado de Ensino Especial.

As linhas “expressas” são operadas por veículos do tipo bi-articulados, na cor vermelha que ligam os terminais de integração ao centro da cidade, através das canaletas exclusiva, e os embarques/desembarques são feitos em nível nas estações tubo existentes no trajeto. As alimentadoras são operadas por veículos tipo padrão ou articulados, na cor laranja que ligam terminais de integração aos bairros da região. As linhas interbairros são operadas por veículos tipo padrão ou articulados, na cor verde, que ligam os diversos bairros e terminais sem passar pelo centro.

As linhas diretas (ligeirinho) operam com veículos do tipo padrão, na cor prata, com paradas, em

média, a cada 3 km, com embarque/desembarque em nível nas estações tubo. São linhas complementares, principalmente das linhas expressas e interbairros. As linhas troncais operam com veículos tipo padrão ou articulados, na cor amarela, que ligam os terminais de integração ao centro da cidade, utilizando vias compartilhadas. As linhas convencionais operam com veículos tipo comum ou micro, na cor amarela, que ligam os bairros ao centro, sem integração. As linhas circular centro operam com veículos tipo micro, na cor branca, com deslocamentos, custos e tarifa diferenciada, que ligam os principais pontos atrativos da área central.

As linhas inter-hospitais ligam os principais hospitais e laboratórios em um raio de 5,0 km da área central. As linhas turismo com saída do centro passam pelos principais parques da cidade (tarifa diferenciada). E as linhas SITES - Sistema Integrado do Ensino Especial atende a rede de escolas especializadas para portadores de deficiência física e/ou mental (sem custo para o usuário).

#### **Características do corredor Norte/Sul**

Segundo a Urbanização de Curitiba S.A. - URBS (2004 b) o corredor Norte/Sul faz parte dos eixos estruturais planejados para Curitiba, a canaleta exclusiva desse eixo inicia-se no Terminal do Pinheirinho e termina no Terminal Santa Cândida (Tabela E1 no Anexo E). Esse corredor foi implantado em 1974 e, atualmente conta com 19 km de extensão de canaleta exclusiva. Os trechos viários que a compõem são as Avenidas: Winston Churchill, República Argentina, Sete de Setembro, Travessa da Lapa, Rua Presidente Faria, Avenida João Gualberto e Avenida Paraná.

O Eixo Estrutural Norte/Sul é composto por três vias paralelas, com uma distância aproximada de 300 m entre elas. A via central é formada pela canaleta exclusiva com 7 m de largura e duas faixas de cada lado das suas extremidades com sentidos opostos, destinados ao tráfego local (Figura 9). As outras duas vias são de trânsito rápido, destinadas ao fluxo geral de veículos em ambos os sentidos com quatro faixas cada em determinados trechos (Figura 10).

A canaleta exclusiva possui segregação física, com canteiros ao longo de toda sua extensão, duas faixas de tráfego em ambos os sentidos (centro/bairro e bairro/centro) destinadas aos ônibus. Nas proximidades das estações o pavimento é com concreto e no restante é asfáltico (Figura 11), e dentro dos terminais o pavimento é de paralelepípedos. Segundo informações recebidas dos técnicos, a presença dos paralelepípedos dentro dos terminais se justifica por ser a melhor opção de pavimento para a absorção do óleo que sai dos ônibus quando estão estacionados (Figura 12).



Figura 9 - Canaleta exclusiva - Eixo Norte/Sul



Figura 10 - Via de trânsito rápido – quatro faixas



Figura 11 - Pavimento de concreto nas proximidades das estações tubo



Figura 12 - Pavimento com paralelepípedos dentro do terminal

Atualmente, a canaleta exclusiva do Eixo Norte/Sul possui 62 estações tubo localizadas nas laterais da canaleta (Figura 13), 6 terminais de integração e 4 linhas urbanas. Segundo informações recebidas, a estimativa feita pelos planejadores para a capacidade do corredor é de 16.200 passageiros/hora, considerando a capacidade do veículo bi-articulado (270 passageiros) e um ônibus passando a cada minuto, sendo essa estimativa a capacidade teórica do corredor.

As estações tubulares possuem plataformas elevadas e os veículos bi-articulados possuem piso elevado e plataformas retráteis, permitindo o embarque/desembarque dos passageiros em nível (Figura 14), sem vão entre a estação e o veículo.



Figura 13 – Estação Tubo – Curitiba



Figura 14 - Plataformas retráteis (embarque/desembarque em nível).

### **IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DOS EXEMPLOS ESTUDADOS**

Neste item serão analisados em maior detalhes somente as características das Avenidas Protásio Alves em Porto Alegre e do Eixo Norte/Sul em Curitiba.

#### **Características relacionadas ao sistema viário**

As principais características identificadas como relacionadas ao sistema viário são: características

de pavimento, características geométricas e a classificação das vias. De porte desses atributos de análise, a Avenida Protásio Alves, em Porto Alegre, é classificada como via de transição (integração interurbana) que se caracteriza por tráfego de passagem, interseções em nível, presença de semáforos etc. Em relação às características geométricas, o estudo realizado por Freitas *et. al.* (2001) mostra que a Avenida Protásio Alves apresenta problemas de entrelaçamento (relacionado ao movimento do fluxo), como sendo curto e incompatível com o volume de tráfego.

O Eixo Norte/Sul, de Curitiba, é classificado como Eixo Estrutural, sendo um caso ainda mais específico. O Eixo Norte/Sul é composto por três vias paralelas, onde a canaleta exclusiva localiza-se na via central. As principais características são: pavimento asfáltico, interseções em nível, grande de fluxo de veículos e de ônibus e acessibilidade aos lotes lindeiros. A união de tais características faz com o Eixo Norte/Sul apresente um bom desempenho em termos de capacidade e velocidade.

#### **Características físicas e funcionais do sistema**

As características físicas e funcionais consideradas importantes para este trabalho foram: características das paradas/estações, da tecnologia veicular e dos dispositivos eletrônicos.

A presença de tubos no lugar de acentos nas estações da Avenida Protásio Alves podem causar desconforto aos usuários. A maioria dos ônibus que operam nessa via são ônibus convencionais e não existem outros dispositivos eletrônicos, além dos semáforos, bem como, informações aos usuários.

Já no Eixo Norte/Sul, na canaleta exclusiva opera apenas com ônibus bi-articulado, somente nas vias paralelas que existem veículos particulares e outras modalidades (como os ônibus convencionais, vans). As paradas/estações tubulares causam maiores confortos aos usuários, como exemplo, nos dias de chuva e os terminais com pavimento de paralelepípedos, facilita a absorção do óleo que escapa dos ônibus. No sistema de transportes de Curitiba existem dispositivos eletrônicos a bordo dos ônibus que avisam os passageiros sobre próximas paradas, permitindo maiores facilidades aos usuários e menores possibilidades de erros.

#### **Características das vias exclusivas**

Em relação às vias exclusivas foi considerado o nível de segregação. A Protásio Alves possui faixas junto ao canteiro central nos dois sentidos de fluxo. O eixo Norte/Sul caracteriza-se por ter uma canaleta exclusiva (segregação física com canteiros) localizada no eixo central com sentidos opostos. As duas possibilidades de planejamento de corredor de ônibus urbano, presentes nessas vias, dependem muito das características físicas do local, possibilidades e viabilidade econômica do projeto.

#### **PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE TRANSPORTES COLETIVOS RELACIONADOS AO SEU DESEMPENHO OPERACIONAL**

Neste item faz-se um cruzamento entre as características mostradas na Tabela 1, com a finalidade de identificar as principais características físicas/funcionais dos sistemas de transportes relacionadas ao seu desempenho operacional. Esse cruzamento é mostrado na Tabela 2. Foram identificadas doze relações entre as características físicas do sistema e as variáveis de desempenho.

A partir de uma análise da relação existente entre as características físicas/funcionais e o desempenho operacional do sistema, baseados em estudos, tais como o TCRP (1997), HCM (1985) e a Empresa Brasileira de Transportes Urbanos - EBTU (1988) identificaram-se as principais características condicionantes de desempenho, ou seja, as características diretamente relacionadas à capacidade, velocidade e condições de fluidez no tráfego dos sistemas de transportes urbanos:

- Tempo médio gasto nas paradas
- Velocidade máxima no trecho

- Número de paradas no trecho
- Tempos gastos nos pontos de parada
- Distância média entre as paradas
- Tempo efetivo de verde
- Duração do ciclo semafórico
- Prioridade semafórica aos ônibus
- Frequência dos ônibus
- Capacidade dos ônibus
- Número de veículos na via
- Capacidade da via
- Resistência da pista de rolamento
- Raio de curva da via relacionada ao tipo do veículo
- Características das rampas
- Largura da via
- Velocidade de projeto
- Interferências longitudinais e transversais
- Nível de segregação das vias exclusivas aos ônibus

Tabela 2

Relação entre as características físicas/funcionais do sistema e as características operacionais

|   |                          | Variáveis desempenho  |                        |                    |
|---|--------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
|   |                          | Capacidade do sistema | Velocidade operacional | Fluidez no tráfego |
| Características físicas do sistema            | Estações                 | X                     | X                      |                    |
| Características Físicas/funcionais do sistema | Dispositivos eletrônicos | X                     |                        | X                  |
|   | Tecnologia veicular      | X                     | X                      |                    |
| Características do sistema viário             | Geometria                |                       | X                      | X                  |
|   | Pavimento                |                       | X                      |                    |
|   | Classificação viária     |                       | X                      |                    |
| Características das vias exclusivas           | Nível de segregação      |                       | X                      | X                  |

A partir de uma análise da relação existente entre as características físicas/funcionais e o desempenho operacional do sistema, baseados em estudos, tais como o TCRP (1997), HCM (1985) e a Empresa Brasileira de Transportes Urbanos - EBTU (1988) identificaram-se as principais características condicionantes de desempenho, ou seja, as características diretamente relacionadas à capacidade, velocidade e condições de fluidez no tráfego dos sistemas de transportes urbanos:

- Tempo médio gasto nas paradas
- Velocidade máxima no trecho
- Número de paradas no trecho
- Tempos gastos nos pontos de parada
- Distância média entre as paradas
- Tempo efetivo de verde
- Duração do ciclo semafórico
- Prioridade semafórica aos ônibus

- Freqüência dos ônibus
- Capacidade dos ônibus
- Número de veículos na via
- Capacidade da via
- Resistência da pista de rolamento
- Raio de curva da via relacionada ao tipo do veículo
- Características das rampas
- Largura da via
- Velocidade de projeto
- Interferências longitudinais e transversais
- Nível de segregação das vias exclusivas aos ônibus

## CONCLUSÕES

Neste trabalho verificou-se que todas as características de implantação de vias exclusivas para ônibus urbano inter-relacionam-se, sendo o produto final o serviço oferecido ao usuário, portanto, é necessário considerar as características que proporcionam maiores ganhos operacionais, em termos de capacidade, velocidade e, mesmo, das condições de tráfego nos locais de circulação dos ônibus urbanos.

Em relação às características físicas e operacionais e o conforto dos usuários, verificou-se que, as características de desenho dos terminais têm influência direta pelas condições de acessibilidade que tais características podem apresentar, o raio de curva também se relaciona com o conforto, assim como o tipo de pavimento (estes, não estudados neste trabalho). A distância entre as paradas, o tempo médio e a quantidade de paradas ao longo do corredor de ônibus influencia na velocidade dos veículos e, conseqüentemente, no tempo de viagem dos usuários.

Portanto, é desejável que os locais próximos às estações tenham caminhos bem sinalizados para o trânsito de pedestres proporcionando melhores condições de conforto e segurança. As barreiras físicas nas proximidades das estações podem degradar o ambiente urbano, em contrapartida canalizam o trânsito dos pedestres evitando atropelamentos e transmitindo segurança aos usuários do transporte público coletivo.

Os tipos dos veículos utilizados estão diretamente relacionados com o conforto dos usuários pela disposição, quantidade de assentos e distribuição do espaço interno dos ônibus e, conseqüentemente, relaciona-se com a capacidade do sistema (passageiros/hora). A informação aos usuários proporciona ganhos de tempo e a prioridade semafórica proporciona maiores ganhos operacionais aos ônibus em termos de velocidade, logo diminui o tempo de viagem dos usuários. A prioridade aos ônibus no sistema viário pode reduzir significativamente o tempo de viagem.

As rampas e declives também interferem na percepção dos usuários pelo desconforto das inclinações dos veículos, acelerações e desacelerações longitudinais, assim como as acelerações transversais provocadas por raios de giro inadequados.

Finalmente, as características de desempenho operacional influenciam no tempo de viagem e no conforto dos usuários, pelas condições de tráfego na via, velocidade e a lotação dos veículos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EBTU, Empresa Brasileira de Transportes Urbanos. **Gerência do Sistema de Transporte Público de Passageiros: planejamento da operação**. TCC - Trânsito, Transportes Coletivos e Comunicações. Brasília – DF, 1988.

EPTC – Empresa Pública de Transporte e Circulação. **Projeto Executivo – Sistema de Bilhetagem Automática de Porto Alegre** – SBA, versão 01, 2004 a

FREITAS, S. L. O.; CARDOSO, G.; JUNIOR, J. L. F **Análise das características geométricas de corredores de ônibus: Estudo na cidade de Porto Alegre, RS**. 13o Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito (ANTP), Porto Alegre – RS, 2001.

GARDNER, G. The **Performance of Busway Transity in developing cities – Transport and Road Research Laboratory** – Research Report 329, 1992.

HCM – Highway Capacity Manual. TRB, **Special Report 209**, Nacional Research, 1985.

LANCASTER, K. J. **A New Approach to Consumer Theory**. The jornal of Political Economy. N°. 74, 1966 132-157.

SANT'ANNA, J. A. (1995) **Redução de Efeitos Exógenos na comparação de Dados Sócio-econômicos**. In: LIMA I.(1996)

\_\_\_\_\_**Sistemas Modernos e Tradicionais de Ônibus no Mercosul Ampliado**. 1 ed. Washington, D. C, 2001.

TCRP – Transit Cooperative Research Program - *Bus Rapid Transit*: Case studies in bus rapid transit. Report 90, vol. 1, 2003 a

\_\_\_\_\_*Bus Rapid Transit*: Implementation guidelines. **Report 90**, vol. 2, 2003 b.

TEXAS TRANSPORTATION INSTITUTE. Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, and Pacific Rim Resources. Inc. NCHRP **Report 141: HOV Systems Manual**. Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC (1998).

\_\_\_\_\_*Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials*. **Report 26**, 1997

URBS - Urbanização de Curitiba S.A - **Rede integrada de Transporte** – RIT, 2004 a.

VASCONCELLOS, E. A (2000) **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas**. 3a Edição. Annablume, São Paulo.

WRIGHT, C. L. **Fast Wheels, slow traffic: Urban Transport Choices**. Copyright 1992: Temple University Choices, Filadelfia, Pensilvânia, 1992.

WRIGHT, C. L; CHAUSTRE, Jorge; SANT'ANNA, J. A. CANNELL, A. E. R. **Modern Bus Systems: concepts and practice**, TRR-03 3366, 2004.