Campus de São Carlos

*CONSIDERAÇÕES SOBRE O EMPREGO DOS DIFERENTES TIPOS
DE ÔNIBUS NO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO*

MAGDA ROCHA PAMPLONA

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO CLÓVIS PINTO FERRAZ

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES

CONSIDERAÇÕES SOBRE O EMPREGO DOS
DIFERENTES TIPOS DE ÔNIBUS NO TRANSPORTE
PÚBLICO URBANO

Magda Rocha Pamplona

DEDALUS - Acervo - EESC

31100016780

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia (Área: Transportes)

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Clóvis Pinto Ferraz

São Carlos

2000

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 30 / 10 / 00

Ass.: Danilo

Class.	TESE-EESC
Cutt.	4203
Tombo	T0250/00

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

P186c Pamplona, Magda Rocha
Considerações sobre o emprego dos diferentes tipos
de ônibus no transporte público urbano / Magda Rocha
Pamplona. -- São Carlos, 2000.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.

Área: Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Clóvis Pinto Ferraz.

1. Ônibus. 2. Transporte público. 3. Transporte
coletivo. 4. Custos operacionais dos ônibus.

I. Título.

Com carinho e amor, dedico este trabalho à minha
família: meus pais e meus irmãos Fábio e Renata.

"Deus é o que me cinge de força e aperfeiçoa o meu caminho".
(Salmos 18:32)

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus queridos pais Luciano Pamplona Filho e Gláucia Pamplona que sempre me apoiaram em todos os momentos da minha vida.

Às minhas adoráveis avós Maristela Rocha e Helena Pamplona, e a todos os meus familiares.

Ao meu querido avô Luciano Pamplona ("in memoriam") que, com certeza, estará sempre presente em meu coração.

Ao professor e orientador Dr. Antonio Clóvis Pinto Ferraz.

À Escola de Engenharia de São Carlos.

Ao Sr. Juarez Fioravanti da VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

Aos Srs. Agostinho Gonçalves e Régis Braz da MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A.

À todas as empresas fabricantes de carrocerias para ônibus urbanos, especialmente à MARCOPOLO, BUSSCAR e CAIO.

Ao professor Dr. João Alexandre Widmer, pela orientação inicial.

Ao professor Dr. Antônio Nélon Rodrigues da Silva.

Aos professores Edson Martins de Aguiar e Suely da Penha Sanches, pelas contribuições ao trabalho.

A todos os professores do STT, que estimularam ainda mais a minha paixão pelos Transportes.

A todos os funcionários do STT, em especial à Heloísa Belo.

À CAPES pela bolsa auxílio.

À empresa LOGITRANS, especialmente ao Engº Eric Amaral Ferreira.

Agradeço aos meus amigos e amigas do Departamento de Transportes, em especial ao Pastor González, Andréa Kobayashi, Fernanda Simões, Carolina Brévis, Heliana Fontenelle e Carlos Prado, pela amizade e apoio durante todo o mestrado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE QUADROS	vi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	vii
LISTA DE SÍMBOLOS	viii
RESUMO	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações iniciais	1
1.2. Justificativa	2
1.3. Objetivos do trabalho	2
1.4. Organização do trabalho	3
2. O MODO ÔNIBUS NO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO	5
2.1. Considerações sobre o transporte público urbano	5
2.2. O transporte público urbano por ônibus	9
2.3. A história do ônibus	11
2.3.1. A evolução no mundo	11
2.3.2. A evolução no Brasil	16
2.4. A padronização dos ônibus urbanos no Brasil	25
2.4.1. Considerações iniciais	25
2.4.2. Regulamento técnico elaborado pelo INMETRO	26
2.5. O papel atual dos ônibus no transporte público urbano	28
2.5.1. Considerações iniciais	28
2.5.2. Mudanças no transporte público por ônibus e a nova realidade	29
2.6. A produção de ônibus no Brasil: indústria e mercado	35
2.6.1. Antecedentes	35
2.6.2. A indústria e o mercado de ônibus no Brasil	36
2.6.3. Um balanço atual sobre a produção de ônibus no Brasil	38

3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS ÔNIBUS BRASILEIROS	47
3.1. Introdução	47
3.2. Dimensões dos chassis	48
3.3. Peso, potência e capacidade de carga dos chassis	53
3.4. Características das carrocerias	56
3.5. Raios de giro	62
3.6. Geometria viária compatível	67
3.6.1. Sistema viário	67
3.6.2. O relatório técnico de adequação do veículo ao perfil viário - SPTrans	71
 4. OPERAÇÃO DOS ÔNIBUS URBANOS	 76
4.1. Introdução	76
4.2. Operação com o tráfego geral	77
4.3. Operação em faixas exclusivas	79
4.4. Operação em faixas segregadas (canaletas)	84
4.5. Considerações sobre a capacidade e a velocidade comercial	87
 5. ANÁLISE TÉCNICA DO DESEMPENHO DOS ÔNIBUS URBANOS	 91
 6. ANÁLISE ECONÔMICA DO DESEMPENHO DOS ÔNIBUS URBANOS	 101
6.1. Custos de operação do transporte coletivo urbano por ônibus	101
6.2. Métodos de cálculo do custo operacional e da tarifa dos ônibus	112
6.3. O método Leonês	116
6.4. Cálculo dos custos com base no método Leonês	126
6.5. Avaliação econômica	129
 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	 134
 ANEXO A	 138
ANEXO B	140
ANEXO C	142
ANEXO D	144

ANEXO E	146
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	154

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 “Omnibus” típico da primeira metade do século XIX	12
FIGURA 2.2 Ônibus típico da década de 1930	13
FIGURA 2.3 Trólebus típico em Ribeirão Preto-SP	14
FIGURA 2.4 Ônibus “double decker” atual	15
FIGURA 2.5 Chassi de ônibus urbano articulado	17
FIGURA 2.6 Ônibus urbano articulado	17
FIGURA 2.7 Jardineira típica da época	18
FIGURA 2.8 Chassi de ônibus urbano	20
FIGURA 2.9 Ônibus urbano	20
FIGURA 2.10 Chassi de microônibus urbano	21
FIGURA 2.11 Microônibus urbano	22
FIGURA 2.12 Visão do chassi de ônibus urbano bi-articulado	24
FIGURA 2.13 Ônibus urbano bi-articulado	24
FIGURA 2.14 Participação por montadora sobre a produção total de chassis em 1998	39
FIGURA 2.15 Participação por montadora sobre a produção total de chassis em 1999	39
FIGURA 2.16 Participação por montadora no mercado interno em 1998	40
FIGURA 2.17 Participação por montadora no mercado interno em 1999	40
FIGURA 2.18 Participação por montadora na exportação de chassis em 1998	41
FIGURA 2.19 Participação por montadora na exportação de chassis em 1999	42
FIGURA 2.20 Participação por encarroçadora na produção total de carrocerias em 1998	42
FIGURA 2.21 Participação por encarroçadora na produção total de carrocerias em 1999	43
FIGURA 2.22 Participação por encarroçadora na produção de carrocerias para ônibus urbanos em 1998	43
FIGURA 2.23 Participação por encarroçadora na produção de carrocerias para ônibus urbanos em 1999	44
FIGURA 2.24 Participação por encarroçadora na produção de carrocerias para	44

microônibus em 1998	
FIGURA 2.25 Participação por encarroçadora na produção de carrocerias para microônibus em 1999	45
FIGURA 2.26 Participação por tipo de carroceria para ônibus e microônibus em 1998	45
FIGURA 2.27 Participação por tipo de carroceria para ônibus e microônibus em 1999	46
FIGURA 3.1 Vistas lateral e em planta de um chassi para ônibus urbano padron	51
FIGURA 3.2 Vistas lateral e em planta de um chassi para ônibus urbano articulado	52
FIGURA 3.3 "Lay-out" interno de um microônibus aplicado ao transporte urbano de passageiros	61
FIGURA 3.4 "Lay-out" interno de um ônibus padron para o transporte urbano de passageiros	61
FIGURA 3.5 "Lay-out" interno de um ônibus urbano articulado adequado ao transporte de passageiros	61
FIGURA 3.6 "Lay-out" interno de um ônibus urbano bi-articulado aplicado ao transporte de passageiros	62
FIGURA 3.7 Raios de curva mínimos em mm de um ônibus padron de 12m	63
FIGURA 3.8 Raios de curva mínimos de um ônibus articulado de 18m	64
FIGURA 3.9 Raios de giro em mm de ônibus bi-articulado x ônibus articulado	65
FIGURA 3.10 Sobrelargura em faixas exclusivas de ônibus, em função do raio de círculo de viragem interno	68
FIGURA 3.11 Exemplo de sobrelargura em faixas exclusivas de ônibus	69
FIGURA 3.12 Raios mínimos para faixas de ônibus	69
FIGURA 3.13 Ângulos de entrada e saída em curvas verticais	70
FIGURA 5.1 Área ocupada pelo veículo em movimento na via	93
FIGURA 5.2 Área consumida por lugar ofertado para os diversos tipos de ônibus	93
FIGURA 5.3 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre atendimentos de 2,5 min	95
FIGURA 5.4 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre atendimentos de 5 min	95
FIGURA 5.5 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre	96

atendimentos de 10 min	
FIGURA 5.6 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre atendimentos de 20 min	96
FIGURA 5.7 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre atendimentos de 30 min	97
FIGURA 5.8 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre atendimentos de 60 min	97
FIGURA 5.9 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 2,5 min	98
FIGURA 5.10 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 5 min	98
FIGURA 5.11 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 10 min	99
FIGURA 5.12 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 20 min	99
FIGURA 5.13 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 30 min	100
FIGURA 5.14 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 60 min	100
FIGURA 6.1 Custo por lugar-quilômetro para os diversos tipos de ônibus	129
FIGURA 6.2 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 2,5 min	131
FIGURA 6.3 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 5 min	131
FIGURA 6.4 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 10 min	132
FIGURA 6.5 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 20 min	132
FIGURA 6.6 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 30 min	133
FIGURA 6.7 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 60 min	133

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 Produção média de ônibus (1960 à 1999)	37
TABELA 2.2 Exportação média anual – Ema	38
TABELA 3.1 Dimensões do chassis dos microônibus urbanos fabricados pela AGRALE	49
TABELA 3.2 Dimensões do chassis dos microônibus e ônibus urbanos (comum, padron e articulado) fabricados pela MERCEDES	49
TABELA 3.3 Dimensões do chassis dos ônibus urbanos do tipo padron, comum e articulado fabricados pela SCANIA	50
TABELA 3.4 Dimensões do chassis dos ônibus urbanos do tipo comum e articulado fabricados pela VOLKSWAGEN	50
TABELA 3.5 Dimensões do chassis dos ônibus urbanos do tipo padron, articulado e bi-articulado fabricados pela VOLVO	51
TABELA 3.6 Peso bruto total, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis para microônibus urbano fabricados pela AGRALE	54
TABELA 3.7 Peso bruto total, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis e da plataforma dos microônibus e dos ônibus urbanos fabricados pela MERCEDES	54
TABELA 3.8 Peso bruto total, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis dos ônibus urbanos, do tipo comum, padron e articulado, fabricados pela SCANIA	55
TABELA 3.9 Peso bruto total, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis para ônibus urbanos, do tipo comum e articulado, fabricados pela VOLKSWAGEN	55
TABELA 3.10 Peso bruto total, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis dos ônibus urbanos, do tipo padron, articulado e bi-articulado, fabricados pela VOLVO	56
TABELA 3.11 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos modelos de carroceria dos ônibus e microônibus urbanos fabricados pela SAN MARINO	57
TABELA 3.12 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos	58

modelos de carroceria dos ônibus e microônibus urbanos fabricados pela CIFERAL

TABELA 3.13 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos 58
modelos de carroceria dos ônibus e microônibus urbanos fabricados pela COMIL

TABELA 3.14 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos 59
modelos de carroceria dos microônibus e ônibus urbanos fabricados pela CAIO

TABELA 3.15 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos 59
modelos de carroceria dos ônibus urbanos fabricados pela BUSSCAR

TABELA 3.16 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos 60
modelos de carroceria dos ônibus e microônibus urbanos fabricados pela
MARCOPOLO

TABELA 3.17 Valores em mm dos raios de giro para os diversos tipos de 66
microônibus e ônibus urbanos

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 Classificação da linha através da soma de pontos obtidos por cada interferência	73
QUADRO 3.2 Relação das diretrizes para uma adequada utilização de um veículo	74
QUADRO 5.1 Valores de P e L para os diversos tipos de ônibus	92
QUADRO 6.1 Custos operacionais dos ônibus	128

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANTP - Associação Nacional dos Transportes Públicos
CAIO - Companhia Americana Industrial de Ônibus
CET - Companhia de Engenharia de Tráfego
CIP - Conselho Interministerial de Preços
CMTC- Companhia Municipal de Transportes Coletivos
COFINS - Contribuição Social sobre o Faturamento
COMONOR - Comboio de Ônibus Ordenados
CONMETRO - Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
DETESC - Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos
EBTU - Empresa Brasileira de Transportes Urbanos
ETTUSA - Empresa de Trânsito e Transporte Urbano S/A
FABUS - Associação Nacional dos Fabricantes de Carroçarias para Ônibus
GEIPOT - Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPVA - Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
ISS - Imposto Sobre Serviços
LIGHT - Tramway Light & Power Company Limited
LOGITRANS - Logística e Engenharia de Transportes Ltda
MT - Ministério dos Transportes
NBR - Norma Brasileira Registrada
NTU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
PIS - Programa de Integração Social
SISTRAN - Programa de Trólebus Especial para São Paulo
SPTRANS - São Paulo Transportes S.A.
TG - Taxa de Gerenciamento
VLT - Veículo Leve sobre Trilhos

LISTA DE SÍMBOLOS

N: Newton;
D: volume de passageiros na seção crítica (pass/h);
V: volume total de passageiros por sentido (pass/h/sentido);
P: capacidade do veículo de transporte (pass/veíc);
T: tempo de ciclo (min);
U: velocidade comercial (km/h);
K: quilometragem horária (km/h);
Ch: custo horário (R\$/h);
Cp: custo por passageiro (R\$/pass);
Cq: custo por quilômetro percorrido (R\$/km);
Cl: custo por lugar-quilômetro (R\$/lug-km);
Q: fluxo de veículos para atender a demanda (veíc/h);
H: intervalo entre veículos ("headway") (min/veíc);
R: índice ou fator de renovação;
F: número de veículos necessários na frota (veíc);
A: área ocupada por veículo ($\text{m}^2/\text{veíc}$);
S: área ocupada pela frota (m^2/frota);
X: área consumida por lugar oferecido (m^2/lugar);
L: comprimento do veículo (m);
Y: área consumida por passageiro (m^2/pass);
Da: depreciação anual;
Vn: valor do veículo novo sem rodagem;
Vr: valor residual;
n: vida útil adotada;
 $DA_{j,\text{o ano}}$: valor da depreciação anual para o ano j;
VD: valor depreciável;
j: limite superior da faixa etária;
SD: soma dos dígitos (anos) correspondentes a vida útil;
HP: Horse-Power;
ton: tonelada;

cv: cavalo a vapor;
COM: custo mensal de combustível (R\$/mês);
CON: consumo de combustível (l/km);
PCO: preço do combustível (R\$/l);
PMF: percurso mensal da frota (km/mês);
LUB: custo mensal de lubrificantes (R\$/mês);
FLU: fator lubrificantes;
ROD: custo mensal de rodagem (R\$/mês);
PPN: preço do pneu (R\$/pneu);
PCA: preço da câmara (R\$/câmara);
CCA: consumo de câmaras (câmaras/pneu);
PPR: preço do protetor (R\$/protetor);
CPR: consumo de protetores (protetores/pneu);
PRE: preço da reforma (R\$/reforma);
NRE: número de reformas (reformas/pneu);
NPN: número de pneus (pneus/ônibus);
DPN: duração dos pneus (km/pneu);
PEA: custo mensal de peças e acessórios (R\$/mês);
FPA: fator peças e acessórios;
PON: preço do ônibus novo (R\$/ônibus);
CAP: custo médio mensal de capital (R\$/mês);
TJR: taxa de juros mensal nas aplicações de longo prazo livre de risco (-/mês);
RES: valor residual dos ônibus no final da vida útil (R\$/ônibus);
VUT: vida útil dos ônibus (meses);
NOF: número de ônibus na frota (ônibus);
FCI: fator do capital adicional;
PES: custo mensal de pessoal (R\$/mês);
SMO: salário mensal dos motoristas (R\$/mês);
IMO: índice de motoristas por ônibus (pess/ônibus);
SCO: salário mensal dos cobradores (R\$/mês);
ICO: índice de cobradores por ônibus (pess/ônibus);
SFD: salário mensal dos fiscais/despachantes (R\$/mês);
IFD: índice de fiscais/despachantes por ônibus (pess/ônibus);

ESO: encargos sociais (-/mês);
FPM: fator pessoal de manutenção;
FPA: fator pessoal de administração;
BEN: valor total mensal dos benefícios concedidos aos funcionários (R\$/mês);
ADM: custo mensal de despesas administrativas (R\$/mês);
FDA: fator despesas administrativas;
LUC: custo médio mensal do lucro (R\$/mês);
TLU: taxa mensal de lucro;
FAL: fator adicional do lucro;
TRI: custo mensal de tributos (R\$/mês);
TTR: taxa de tributos;
CMT: custo mensal total (R\$/mês);
TAN: tarifa normal (R\$/pass);
PEM: número de passageiros equivalentes mensal (pass/mês);
PSD: número de passageiros sem desconto na tarifa (pass/mês);
PPA: número de passageiros que pagam A% da tarifa normal (pass/mês);
PPB: número de passageiros que pagam B% da tarifa normal (pass/mês);
PPC: número de passageiros que pagam C% da tarifa normal (pass/mês);
TAA: tarifa paga pela categoria A (R\$/pass);
TAB: tarifa paga pela categoria B (R\$/pass);
TAC: tarifa paga pela categorias C (R\$/pass);
A: porcentagem da tarifa normal paga pela categoria A (%);
B: porcentagem da tarifa normal paga pela categoria B (%);
C: porcentagem da tarifa normal paga pela categoria C (%);
IPK: índice de passageiros equivalentes transportados por quilômetro percorrido (pass/km);

RESUMO

PAMPLONA, M. R. *Considerações sobre o emprego dos diferentes tipos de ônibus no transporte público urbano*. São Carlos, 2000. 156p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A indústria de ônibus urbanos no Brasil produz uma grande diversidade de modelos de veículos, desde microônibus até ônibus de grande capacidade como os bi-articulados. Neste trabalho é apresentado um estudo sobre a utilização dos diferentes tipos de ônibus urbanos no transporte de passageiros, enfocando aspectos técnicos, operacionais e econômicos.

O estudo contempla o levantamento das principais características técnicas dos chassis e das carrocerias dos ônibus urbanos; uma discussão a respeito da forma de operação incluindo aspectos sobre a capacidade e a velocidade comercial; uma análise técnica do desempenho operacional: capacidade de transporte e consumo de espaço viário por passageiro e; a avaliação dos custos de operação dos diferentes tipos de ônibus, analisando as relações do custo por passageiro em função do volume total de passageiros e do custo por lugar-quilômetro para cada veículo.

Palavras-chave: ônibus, transporte público, transporte coletivo, operação dos ônibus, custos operacionais dos ônibus.

ABSTRACT

PAMPLONA, M. R. *Considerations about the use of different types of buses in urban public transportation*. São Carlos, 2000. 156p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The urban bus industry in Brazil produces a great diversity of vehicles' models, from minibuses to buses of great capacity, as the bi-articulated.

In this work, a study about the use of different types of urban buses in passenger transport, emphasizing technical, operational and economical aspects is presented.

This study covers the survey of the principal technical characteristics of the urban buses chassis and bodyworks; a discussion as to the operation form including aspects about capacity and commercial velocity; a technical analysis of the operational performance: transport capacity and road space consumption per passenger and; the assessment of the operational costs of the different types of buses, analysing the relations of the cost per passenger in function of total volume of passengers and the cost per space-quilometer to each vehicle.

Keywords: bus, public transport, collective transport, buses operation, buses operational costs.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

No Brasil, cabe ao ônibus o mais importante papel no deslocamento das populações urbanas. Este fato surgiu, naturalmente, como resultado do crescimento desordenado das cidades, da necessidade de uma solução de baixo custo para o transporte coletivo, da facilidade de implantação e da flexibilidade necessária ao adequado atendimento das linhas de desejo de deslocamentos.

No contexto atual, o ônibus responde por mais de 50% do total de viagens motorizadas realizadas nas cidades brasileiras.

O país dispõe, hoje, de uma gama variada de modelos de ônibus para os serviços de transporte coletivo urbano. Tal diversidade compreende não apenas veículos de grande porte, mas também de significativas inovações tecnológicas.

Segundo FERRAZ (1998), no mercado brasileiro estão disponíveis ônibus de diferentes tamanhos e capacidades. As opções são basicamente as seguintes: microônibus de 6,0 a 8,0m com capacidade entre 25 e 45 passageiros, ônibus comum de 10,0 a 12,0m com capacidade entre 80 e 105 passageiros, ônibus articulado de 18,0m com capacidade para transportar

entre 170 e 180 passageiros e ônibus bi-articulado de 24,0m com capacidade para cerca de 240 passageiros.

1.2. Justificativa

Em razão da relevância do sistema de transporte coletivo urbano por ônibus no contexto sócio-econômico das cidades e da variedade de modelos, em atendimentos às diferentes demandas, em características técnicas, econômicas, infra-estrutura viária necessária para a operação e, principalmente, em concepção e condição operacionais, é importante analisar técnica e economicamente o desempenho operacional dos diferentes tipos de ônibus para se escolher a alternativa mais indicada em cada caso.

Por tudo isso, a necessidade de se discutir a respeito da importância e do desempenho dos sistemas de transporte público por ônibus em centros urbanos têm motivado pesquisadores e técnicos em transportes.

1.3. Objetivos do trabalho

Este trabalho tem por objetivos:

- Efetuar o levantamento, junto às empresas fabricantes de chassis e de carrocerias, das principais características técnicas dos ônibus urbanos: dimensões, peso, potência e capacidade de carga dos chassis; dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos modelos de carrocerias; raios de giro e geometria viária compatível para a operação;

- Analisar os três tipos de operação dos ônibus urbanos (com o tráfego geral, em faixas exclusivas e em faixas segregadas) e aspectos sobre a capacidade e velocidade comercial do transporte por ônibus;
- Efetuar uma análise técnica do desempenho operacional dos ônibus, determinando, em vários intervalos entre atendimentos, a capacidade de transporte de cada tipo e a área consumida por passageiro em função do volume de passageiros transportado por sentido e;
- Calcular os custos de operação das diversas configurações de ônibus urbanos existentes no mercado (microônibus, ônibus comum, padron, articulado padron e bi-articulado padron) e, para diversos intervalos entre atendimentos, avaliar a variação do custo por passageiro com o volume de passageiros transportado por sentido para cada tipo de ônibus estudado.

1.4. Organização do trabalho

A relevância do transporte público por ônibus no Brasil é evidenciada no capítulo 2. Este capítulo também trata da história e evolução do ônibus no mundo e no Brasil, da padronização e do papel atual dos ônibus no transporte coletivo urbano bem como do crescimento dos veículos de baixa capacidade utilizados no transporte informal. Por fim, o capítulo trata da produção de ônibus no Brasil, com destaque para a indústria, mercado e um balanço atual do desempenho das principais montadoras de chassis e carroçadoras.

O capítulo 3 apresenta os valores das principais características técnicas dos ônibus brasileiros como dimensões, peso, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis (ou plataforma) fabricados pelas montadoras; dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos vários modelos de carrocerias produzidos pelas carroçadoras; raios de giro e a geometria viária compatível para a operação.

O capítulo 4 enfoca os três tipos de operações dos ônibus: com o tráfego geral, em faixas exclusivas e em faixas segregadas. Considerações gerais relacionadas à capacidade e à velocidade comercial do transporte por ônibus encerram este capítulo.

O capítulo 5 traz uma análise técnica do desempenho operacional dos ônibus, onde, para cada intervalo entre atendimentos, são determinadas as capacidades de transporte para cada tipo de ônibus, bem como a área consumida por passageiro em função do volume transportado por sentido.

O capítulo 6 contempla uma análise econômica do desempenho operacional dos ônibus urbanos. São apresentados uma descrição dos custos de operação, um breve histórico dos métodos de cálculo de custo operacional e os custos de operação dos principais tipos de ônibus urbanos utilizando o método denominado Leonês. Em seguida, para diversos intervalos entre atendimentos, foram desenvolvidos gráficos do custo por passageiro x volume transportado por sentido para cada tipo de ônibus analisado.

No capítulo 7 são apresentadas as principais conclusões do estudo e algumas recomendações para futuros trabalhos.

Em anexo são mostradas as planilhas de cálculo do custo operacional dos diversos tipos de ônibus, utilizando o método denominado Leonês.

2. O MODO ÔNIBUS NO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

2.1. Considerações sobre o transporte público urbano

O século XX experimentou o maior desenvolvimento científico e demográfico da história da humanidade, e esse desenvolvimento propiciou o crescimento dos centros urbanos de uma forma nunca vista (FERREIRA, 1999).

Segundo MORLOK (1978), o desenvolvimento de meios de transporte mecanizados permitiu o aumento gradativo do tamanho das cidades.

No Brasil, mais de 78 milhões de viagens motorizadas são realizadas por dia; estima-se que mais de 70% sejam realizadas por meio dos transportes públicos. Aproximadamente 62% das pessoas que utilizam os transportes públicos têm por motivo o trabalho. Isto comprova sua importância social e seu papel como instrumento de produção (PADILHA, 1998).

Segundo FERRAZ (1998), dentre os diversos modos de transporte, o transporte público é o modo mais importante. Constitui um serviço público essencial nas cidades, tendo papel social e econômico de extrema relevância, pois:

- democratiza a mobilidade, proporcionando locomoção para aqueles que não possuem automóvel ou não podem dirigir (aí se incluem: pobres, idosos, crianças, adolescentes, deficientes, etc.);
- representa uma alternativa de transporte em substituição ao automóvel, fundamental para aliviar os congestionamentos, a poluição (sobretudo atmosférica), e o uso indiscriminado de energia automotiva (principalmente do petróleo, cujas fontes são finitas e não renováveis) e;
- ainda como substituto do automóvel, reduz a necessidade de investimentos na construção de vias, estacionamentos, etc., permitindo a alocação de recursos em setores de maior relevância social, bem como uma utilização mais racional e humana do solo urbano.

Para enfatizar a importância do transporte público no combate aos congestionamentos, à poluição e ao uso indiscriminado de energia automotiva, é interessante colocar alguns valores comparativos entre o transporte por automóvel e por ônibus convencional (o modo público mais utilizado).

Estudos realizados chegam a apontar que a taxa de ocupação do leito carroçável por passageiro transportado é da ordem de $17,50\text{m}^2$ nos automóveis, contra $0,95\text{m}^2$ nos ônibus. Esses valores permitem inferir que o consumo de espaço viário durante a viagem é aproximadamente 18 vezes maior no caso do automóvel. Se também for considerada a área necessária para o veículo particular estacionar junto ao meio-fio, essa relação torna-se muito maior, dependendo do tempo que o carro permanece estacionado na via pública. Com relação à diferença de consumo energético, cabe mencionar que o automóvel consome cerca de 3,0 megajoules/pass.km e o ônibus apenas 0,5 megajoule/pass.km. Ou seja, o automóvel gasta em média cinco vezes mais energia, por passageiro transportado, que o ônibus diesel. No que diz respeito à poluição atmosférica, a comparação pode ser feita com base nos seguintes valores de referência citados na literatura especializada (total de poluentes

emitidos em ton/pass.km): automóvel = 56,11 e ônibus = 1,35 (os dados referem-se à automóvel movido a gasolina e ônibus diesel convencional). Isso mostra que, por passageiro transportado, o automóvel polui a atmosfera cerca de 42 vezes mais que o ônibus. Na realidade, o ônibus diesel convencional perde para o automóvel apenas no que tange à poluição sonora. Contudo, o desenvolvimento tecnológico vem conseguindo reduzir rapidamente o nível de ruído emitido pelos ônibus (FERRAZ, 1998).

Aproximadamente 75% da população vive nas cidades. Ou seja, atualmente 120 dos 160 milhões de brasileiros vivem em cidades. Considerando os estudos demográficos que apontam a estabilização do crescimento daqui a 50 anos, o Brasil terá 240 milhões de habitantes. Supondo que o índice de urbanização deverá ser de 80%, teremos uma população urbana de cerca de 192 milhões de habitantes nas cidades, sendo que 75% da população urbana vive hoje em municípios que possuem mais de 100.000 habitantes. Esses valores mostram a importância do equacionamento adequado da questão do transporte urbano no país, pois a qualidade desse transporte afetará a qualidade de vida da grande maioria da população (FERRAZ, 1998).

Segundo ANTP^{2.1} apud FERREIRA (1999), os sistemas de transporte público passam por um declínio na sua importância, na sua eficiência e na sua confiabilidade junto ao público, tornando-se um mal necessário para aqueles que não têm outra opção de deslocamento. Como consequência imediata, houve a formação de dois grupos que refletem, na prática, as desigualdades sociais e econômicas de nossa sociedade: os que têm acesso ao automóvel e os que precisam do transporte público. Ou seja, enquanto uma parcela reduzida

^{2.1} ANTP – Associação Nacional dos Transportes Públicos (1997). *Transporte Humano – Cidades com Qualidade de Vida*. São Paulo. apud FERREIRA, E. A. (1999). *Um método de utilização de dados de pesquisa embarque/desembarque na calibração de modelos de distribuição do tipo gravitacional*. São Carlos. 118p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

goza das melhores condições de transporte, a maioria continua tendo o seu direito de ir e vir limitado.

As condições atuais de transporte são precárias para a maioria da população, pelo desconforto, congestionamentos e acidentes. Com o objetivo de reverter esta situação, é necessário fazer um novo exame do modelo atual de transporte e circulação das cidades brasileiras, que proporcione melhores opções de deslocamento, juntamente com uma maior eficiência geral do sistema. Isto só pode ser obtido caso o processo de desenvolvimento urbano e as políticas de transporte e trânsito sejam revistas, de forma a gerar um equilíbrio entre os vários modos, que aumente a eficiência geral do sistema e garanta condições adequadas para a maioria dos usuários. Para se conseguir estes resultados, as políticas necessárias devem ser adotadas de forma a garantir:

- melhor qualidade de vida para toda a população, traduzida por condições dignas de transporte, segurança de trânsito e acessibilidade para a realização das atividades essenciais à vida moderna;
- eficiência, demonstrada pela disponibilidade de uma rede de transportes integrada por modos complementares, trabalhando em regime de eficiência, com prioridade efetiva para os meios coletivos e;
- qualidade ambiental, representada pelo controle dos níveis de poluição atmosférica e sonora, pela proteção do patrimônio histórico, arquitetônico, cultural e ambiental e das áreas residenciais e de vivência coletiva contra o trânsito indevido de veículos.

2.2. O transporte público urbano por ônibus

O transporte público urbano existe em função das atividades e necessidades econômicas e sociais dos habitantes de uma comunidade, sendo indispensável para as pessoas carentes de recursos, uma vez que, para estas, o automóvel particular é inacessível. Mesmo para as pessoas de maior poder aquisitivo, o transporte público é importante devido aos congestionamentos e ao alto custo dos estacionamento. No Brasil, o ônibus é sinônimo de transporte público urbano, uma vez que esta é a principal tecnologia utilizada para esse fim (FERRAZ, 2000).

O ônibus é o modo de transporte público mais difundido em todo o mundo. Este fato está relacionado com sua flexibilidade, sua capacidade de adaptar-se à diferentes demandas, sua tecnologia simples, sua facilidade em trocar de rotas ou criar novas rotas, além dos baixos custos de fabricação, implementação e operação quando comparados a outros modos. Tudo isto faz com que o ônibus seja, atualmente, o principal modo de transporte público disponível em cidades de pequeno e médio portes, além de ser um importante complemento para os modos de alta capacidade nas grandes cidades (BALASSIANO, 1997; SILVA & FERRAZ, 1991).

Segundo a MERCEDES-BENZ DO BRASIL (1987), as causas dos ônibus terem sido tão amplamente empregados com relação às outras modalidades de transporte são:

- requer menor investimento inicial do que os sistemas sobre trilhos;
- por sua natureza, ser meio essencial de transporte;
- flexibilidade na adequação de itinerários e expansão de trajetos;
- rapidez na implantação;

- poder transportar demandas elevadas e atingir altas velocidades, desde que em condições prioritárias;
- valor de revenda alto e;
- ser operado na maioria dos casos pela iniciativa privada e apenas regulamentado por órgãos públicos.

Desta maneira, o ônibus está integrado na configuração da maioria das cidades brasileiras como meio de transporte público essencial. Estima-se que ele atenda cerca de 95% dos deslocamentos urbanos (trabalho, escola, compras, lazer e outras atividades) por transporte público no país, considerando-se aí também o trólebus.

De acordo com a MERCEDES-BENZ DO BRASIL (1987), as exigências do passageiro, consideradas relevantes para a qualidade do serviço de transporte público por ônibus, são:

- distâncias curtas a pé aos pontos de parada mais próximos por onde passam os ônibus que vão ao destino desejado ou à sua vizinhança;
- segurança;
- mínimo tempo de espera;
- confiabilidade;
- viagens rápidas (fluidez no tráfego e nos pontos de parada);
- conforto (ausência de baldeações, limpeza dos ônibus, terminais, paradas, etc.);
- tarifas baixas e;
- atendimento dos seus desejos de deslocamentos (trabalho, estudo, etc.).

Deve-se observar que, na prática, dificilmente o passageiro tem estas exigências cumpridas satisfatoriamente. As distâncias para os pontos de parada

às vezes são inadequadas, tendo o passageiro que percorrer longas distâncias a pé para pegar o ônibus. Os tempos de espera são longos e a viagem demorada, tendo o passageiro que usar vários meios de transporte sem integração modal e tarifária, sendo obrigado a pagar mais de uma tarifa.

Segundo FERREIRA (1999), embora essas exigências tenham definições próprias e objetivas, elas representam valores subjetivos que passam pela percepção do passageiro, que é influenciado por um conjunto de características próprias do indivíduo. Desta forma, torna-se essencial considerar o perfil do passageiro, podendo-se então analisar as diferentes maneiras de percepção, peculiares de cada grupo, ou seja, como os passageiros enxergam o transporte e o que desejam desse serviço.

2.3. A história do ônibus

2.3.1. A evolução no mundo

O princípio

Antes do século XVII, o deslocamento das pessoas nas cidades era realizado à pé ou com tração animal.

Em 1826 foi criado em Nantes-França, uma linha de transporte público com um veículo denominado “omnibus” (significando “para todos” em latim). E foi na França que ele adquiriu este nome pelo qual ficou conhecido. A figura 2.1 mostra um “omnibus” típico da primeira metade do século XIX (FERRAZ, 1997).

FIGURA 2.1 "Omnibus" típico da primeira metade do século XIX. Fonte: GRAY, G.E & HOEL, L.A. (1979, p.7).

O surgimento do ônibus com tração mecânica

Por volta de 1890, os primeiros ônibus ("omnibus" com propulsão mecânica) movidos à gasolina começaram a ser utilizados em inúmeras cidades da Alemanha, França e Inglaterra. Nos Estados Unidos, os primeiros ônibus à gasolina começaram a circular em 1905 na cidade de Nova Iorque.

ROCHA (1996) aponta que, em 1898, no sul da Alemanha, Gottlieb Daimler possibilitou a criação do serviço público de ônibus. Os veículos eram movidos por motores de 4cv a 10cv e possuíam de 6 a 16 lugares. Um ano mais tarde este veículo, até então chamado de DAIMLER, passou a chamar-se de MERCEDES. Desde então, foram acontecendo uma sucessão de fatores importantes na história do ônibus na Alemanha.

Por volta de 1920 começaram a operar os primeiros ônibus movidos à óleo diesel, inicialmente na Alemanha e, logo depois, na Inglaterra. Também nessa época começaram a ser utilizados nos ônibus rodas pneumáticas. A

partir daí o ônibus passou a substituir o bonde no transporte urbano, em razão das suas inúmeras vantagens: menor custo, total flexibilidade nas rotas e maior confiabilidade.

A figura 2.2 mostra um ônibus diesel utilizado na década de 1930, cujo aspecto se aproxima mais dos ônibus atuais (FERRAZ, 1997).

FIGURA 2.2 Ônibus típico da década de 1930. Fonte: VUCHIC, V. R. (1981, p. 35).

Com o passar do tempo, novas inovações tecnológicas foram sendo incorporadas aos ônibus, até se chegar aos ônibus modernos.

O ônibus elétrico

O ônibus elétrico (trólebus) também teve grande importância como meio de transporte urbano entre 1920 e 1950. Nos Estados Unidos, o emprego de ônibus elétrico começou mais intensamente a partir de 1925, em muitos casos com o aproveitamento da rede elétrica dos bondes.

O apogeu do uso de trólebus no mundo ocorreu por volta de 1950, quando muitas cidades utilizavam esse modo de transporte. Diversos fatores contribuíram para o declínio do trólebus: a rigidez das rotas, o custo de operação maior que o do ônibus diesel, a menor confiabilidade em relação aos ônibus diesel e a massificação do uso do automóvel nos países ricos, sobretudo nos Estados Unidos.

A partir de 1950 o uso do trólebus foi sendo reduzido no mundo todo. No entanto, diversas cidades ainda mantêm os seus sistemas de trólebus; algumas têm até mesmo expandido as suas linhas (FERRAZ, 1997).

A figura 2.3 mostra um trólebus típico na cidade de Ribeirão Preto-São Paulo.

FIGURA 2.3 Trólebus típico em Ribeirão Preto-SP. Fonte: foto pelo autor.

O ônibus de dois andares

Também conhecido como ônibus “double decker”, o ônibus de dois andares foi introduzido em Londres em 1928, pela Companhia Inglesa que operava o sistema de bondes, chamada LIGHT.

Atualmente este ônibus é o veículo padrão de Londres. O modelo Routemaster – RM, que é a marca registrada de Londres – surgido em 1954 e mundialmente conhecido –, deixou de ser fabricado em 1968. A figura 2.4 mostra um ônibus “double decker” atual.

FIGURA 2.4 Ônibus “double decker” atual. Fonte: foto pelo autor.

O ônibus articulado

Segundo VIEIRA (1979), antes da Segunda Grande Guerra, a Twin Coach – E.U.A. fez articulados experimentais. No começo da década de 50, a firma de transporte por ônibus “Continental Trailways” utilizou articulados alemães marca “Kässbohrer” em suas rotas intermunicipais, até 1960.

Segundo NORDSTRÖM (1990), os modelos articulados com motores traseiros foram construídos no início dos anos 70, principalmente na Alemanha Ocidental, onde eram conhecidos como o ônibus “empurrado”.

Os ônibus articulados se tornaram mais comuns na Suécia. Atualmente, estes ônibus são utilizados quase que exclusivamente nos grandes aeroportos suecos.

Segundo a CET (1980), na Europa há uma tendência crescente de se usar ônibus e trólebus articulados, mesmo em cidades como Berna, com menos de 200.000 habitantes.

As figuras 2.5 e 2.6 mostram, respectivamente, o chassi e um ônibus articulado urbano.

2.3.2. A evolução no Brasil

O ônibus comum

ROCHA (1996) considera que no Brasil, as primeiras linhas de ônibus surgiram na cidade do Rio de Janeiro. Os veículos usados para operar essas

linhas eram chamados de “lotações”, movidos à gasolina ou motor elétrico à bateria.

FIGURA 2.5 Chassi de ônibus urbano articulado. Fonte: MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A. (1999).

FIGURA 2.6 Ônibus urbano articulado. Fonte: Anuário do Ônibus, 1999, n.7, p. 32.

O primeiro ônibus motorizado foi introduzido em São Paulo pelos irmãos Grassi. A carroceria deste veículo era aberta dos lados, sem nenhuma proteção, e possuía bancos de sarrafos e capacidade para transportar 45 pessoas.

A partir de 1924, em face da grande crise energética, a LIGHT (que operava os bondes em São Paulo), foi obrigada a diminuir a sua frota, impulsionando a segunda geração da família Grassi a colocar nas ruas de São Paulo o primeiro exemplar do ônibus chamado "jardineira" (ver fig. 2.7). A carroceria deste veículo era feita de madeira.

Ressalta-se que a primeira carroceria de ônibus fabricada no Brasil, em série, baseou-se na famosa marca Ford, modelo T, desenvolvido por Henry Ford que, com este veículo, inventou a produção seriada.

FIGURA 2.7 Jardineira típica da época. Fonte: ROCHA, E. C. da. (1996, p. 62).

A carroceria metálica foi introduzida por um funcionário dos Grassi, chamado José Massa que, no final de 1945 fundou a COMPANHIA AMERICANA INDUSTRIAL DE ÔNIBUS – CAIO. Posteriormente foram surgindo outros nomes importantes na história do ônibus, como Augusto Bruno Nielson, que fundou em 1946, em Joinville, as carrocerias NIELSON. Em 1949 nasceram as carrocerias NICOLA, que em 1967 transformou-se na MARCOPOLO.

Em 1950, quando o transporte urbano brasileiro encontrava-se extremamente precário, Alfred Jurzykowsk importou centenas de chassis de caminhão para serem adaptados ao uso de ônibus. Três anos depois começou a ser construída a fábrica da MERCEDES-BENZ do Brasil, em São Bernardo do Campo no ABC paulista.

Assim, em face do crescimento gradativo da indústria de ônibus no Brasil, foram surgindo pequenas oficinas de reparos e reformas, as quais passaram também a desenvolver a tecnologia de “encarroçar” veículos – fixação da carroceria no chassi através do processo de soldagem –, que, por ser um trabalho quase artesanal, impedia que os então pequenos empresários obtivessem lucros em escala industrial.

ROCHA (1996) sustenta que os chassis utilizados no ato de encarroçar, eram importados e provenientes de diversos fabricantes, enquanto as carrocerias eram oriundas de fábricas brasileiras, as quais constituíam um grupo heterogêneo de empresas formadas a partir de pequenas oficinas de reforma e de fabricação artesanal de ônibus. Somente a partir da década de 50 é que foram instaladas as fábricas multinacionais de chassis.

As figuras 2.8 e 2.9 mostram, respectivamente, o chassi e um ônibus urbano usado para o transporte de passageiros.

FIGURA 2.8 Chassi de ônibus urbano. Fonte: Anuário do Ônibus, 1999, n.7, p. 46.

FIGURA 2.9 Ônibus urbano. Fonte: GUIA DE COMPRAS ÔNIBUS, MICROS E VANS 98/99, p. 70.

O microônibus

Alguns estudos já foram realizados analisando o papel desempenhado no transporte de passageiros por veículos do tipo kombi, em cidades como

Brasília e Recife. Veículos de baixa capacidade são também bastante populares no transporte de escolares em diversas cidades. Frotas em operação desses veículos, do tipo vans, microônibus e kombis, já se encontram em diversas cidades brasileiras.

As figuras 2.10 e 2.11 apresentam, respectivamente, o chassi e um microônibus usado no transporte urbano de passageiros.

FIGURA 2.10 Chassi de microônibus urbano. Fonte: Anuário do Ônibus, 1999, n.7, p. 23.

O ônibus articulado

De acordo com BRANCO (1981), o articulado diesel no Brasil nasceu como uma resposta dos fabricantes ao trólebus. Na medida em que o Plano SISTRAN (Programa de Trólebus Especial para São Paulo) estabeleceu como meta a construção de corredores de transporte dotados de trólebus e especificou o modelo articulado, despertou-se o interesse dos fabricantes em “queimar etapas”, produzindo logo o seu articulado diesel.

FIGURA 2.11 Microônibus urbano. Fonte: Anuário do Ônibus, 1999, n.7, p. 33.

Segundo VUCHIC (1981), o ônibus articulado é um ônibus extenso com duas carrocerias unidas por uma articulação que permite ao veículo uma movimentação horizontal da parte traseira em relação à dianteira, facilitando sua operação nas curvas.

O ônibus articulado, com 18,0m de comprimento, transporta cerca de 180 passageiros, contra cerca de 70 transportados por ônibus comum. Além disso, um dos motivos da alta velocidade comercial é o fato dos articulados serem dotados de três amplas portas, com degraus largos, possibilitando maior rapidez no embarque de passageiros (CET, 1980).

Cidades como Curitiba, Campinas, São Paulo, Recife e Brasília possuem frotas de ônibus articulados em operação.

O ônibus bi-articulado

Em março de 1992, a cidade de Curitiba, em parceria com a VOLVO decidiram dar início à operação de um veículo bi-articulado na canaleta do Boqueirão. Cada unidade teria cerca de 25 metros de comprimento e seria capaz de transportar até 280 passageiros. O projeto foi desenvolvido e testado em pouco mais de 6 meses e a primeira linha foi inaugurada em dezembro de 1992, com 29 unidades transportando 115.000 passageiros diariamente. Esta primeira linha provou ser um sucesso, tanto em termos de aceitação pelos passageiros quanto de custos, 12% mais barato que as antigos ônibus que utilizavam pontos de parada convencionais.

Em Curitiba, os ônibus bi-articulados operam em estações-tubo para facilitar o embarque/desembarque bem como para aumentar a velocidade e a capacidade desse modo de transporte (VOLVO, 1998a).

Atualmente, na capital paulista, ônibus bi-articulados já estão em operação. Cidades como Bogotá, Buenos Aires e Rio de Janeiro estão estudando a adoção do sistema de bi-articulados (TECHNIBUS, 1998, ano 7, n.43, p. 44 – 45.). As figuras 2.12 e 2.13 mostram, respectivamente, o chassi e um ônibus urbano bi-articulado.

FIGURA 2.12 Visão do chassi de ônibus urbano bi-articulado. Fonte: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA (1998a).

FIGURA 2.13 Ônibus urbano bi-articulado. Fonte: TECHNIBUS, 1998, ano7, n.43, p. 44.

2.4. A padronização dos ônibus urbanos no Brasil

2.4.1. Considerações iniciais

O ônibus típico para o transporte de pessoas na grande maioria das cidades brasileiras constitui um veículo formado por chassi e carroceria de diversos fabricantes. Apenas 20% constitui veículos integrais (ônibus monoblocos). A maior parte (de 70 a 80%) dos ônibus encarroçados são de um só tipo de chassi cujos aspectos construtivos (suspensão, localização de componentes principais, motores, eixos) limitam as possibilidades de carrocerias mais adequadas ao transporte público (degraus mais baixos, portas mais largas, corredores mais amplos, área de circulação para fluidez no desembarque), o que leva a afirmar que trata-se de um veículo muito rústico e pouco adequado ao transporte coletivo.

Além disso, como não é seguida uma norma nacional para regulamentar a fabricação tanto da carroceria quanto do chassi, vê-se produtos com diversas características. Normalmente os fabricantes de chassi se orientam através das especificações recomendadas por seus países de origem. Na verdade, isto acarreta não haver se desenvolvido um veículo próprio para as condições brasileiras.

Vários esforços têm sido feitos ao longo de quase 15 anos para se modernizar os ônibus urbanos, principalmente do ponto de vista das características construtivas do chassi e carroceria. Pode-se citar importantes estudos elaborados e discutidos pela comissão de estudos de ônibus da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), órgãos do Ministério dos Transportes (EBTU/GEIPOT) e a Companhia Municipal de Transportes Coletivos de São Paulo (CMTC) que têm suas especificações próprias. O mais

conhecido desses trabalhos é o Projeto Padron com especificações técnicas e sugestões de regulamentação para a fabricação de ônibus modernos, próprios para o transporte de passageiros. Entretanto a indústria só muito lentamente e de acordo com suas conveniências vem absorvendo essa tendência de modernização. Isto projeta para o futuro a participação maior de ônibus mais adequados ao serviço de transporte urbano que atualmente é infinitamente pequena.

Com relação ao Projeto Padron deve ser citado que foi concluído exatamente em um período de queda abrupta da produção e vendas de ônibus, o que fatalmente influenciou no objetivo esperado. O ônibus, fruto desse projeto, foi considerado muito sofisticado e abandonado na sua essência. O que se chamava de ônibus Padron não passavam de réplicas mal feitas do projeto original (RABBANI & SILVA, 1990).

2.4.2. Regulamento técnico elaborado pelo INMETRO

O regulamento técnico elaborado pelo INMETRO, em 1988, baseou-se nos trabalhos do Grupo Técnico, visando orientar a fabricação nacional de carrocerias de ônibus urbano e garantir condições mínimas de segurança e conforto aos passageiros, tripulantes e terceiros, racionalizando a produção de carrocerias, e conseqüentemente, reduzindo os custos industriais. O regulamento foi aprovado pela Resolução CONMETRO nº14, publicada no Diário Oficial da União em 21/10/88, e instituído pela Portaria nº109/84, de 17/10/84, do Ministro da Indústria e do Comércio.

Este regulamento tem os seguintes objetivos [Revista da ANTP n.47, p. 85 – 86]:

“1. Estabelecer os padrões técnicos a serem observados na construção das carrocerias dos ônibus urbanos fabricados pelo parque industrial nacional.

2. Classificar os ônibus urbanos em dois tipos (Tipo I e Tipo II), que devem ser empregados segundo o seu nível de serviço, considerando-se as características operacionais das linhas onde são utilizados.

3. Considerar para efeito de projeto da carroceria, na determinação de carga útil transportada, o valor de 640N como peso médio por pessoa.

3.1. Para efeito de cálculo de passageiros em pé, deve ser tomado o valor de cinco passageiros por m^2 , desconsiderando:

a) a área dos degraus;

b) a área da catraca, definida com $0,40m^2$, equivalente a dois passageiros em pé;

c) a área de influência do posto do motorista;

d) a área ocupada pelos pés dos passageiros sentados, quando à frente admitir-se a acomodação de passageiros em pé.

3.2. Os limites de peso total máximo indicado e o peso máximo indicado por eixo veicular, conforme NBR-6070, devem ser respeitados.”

Além disso, no que se refere ao arranjo interno do veículo, a regulamentação do projeto abrange os seguintes aspectos:

- características da carroceria;
- número e localização de portas e serviços;
- dimensões das escadas e degraus;
- apoios para embarque e desembarque;
- características, material e dimensões das janelas;
- posições, material e altura dos balaústres, corrimãos e colunas;
- características, dimensões e localização da poltrona do motorista;
- características, dimensões e localização da poltrona do cobrador;

- características, dimensões e posição do banco de passageiro;
- características do corredor de circulação;
- iluminação interna;
- disposição do sistema de ventilação interna;
- características das catracas;
- características e dimensões da caixa de vista;
- características do sinal de parada a ser dado pelo passageiro (por botão e cordão) e;
- características, instruções e dimensões das saídas de emergência.

Segundo ROCHA (1996), este projeto, comparado ao projeto Padron, é mais geral. Ele causou polêmicas e discussões, principalmente pelo fato das janelas serem fixas na parte inferior, reduzindo pela metade a sua abertura, o que o torna inadequado às regiões e estações mais quentes, pois prejudica a ventilação. Em 1991 foi elaborado pelo INMETRO/CONMETRO outro regulamento para padronização, aumentando em 5% o preço dos veículos. Um outro regulamento técnico foi elaborado pelo INMETRO/CONMETRO em 1993, também com o objetivo de padronizar as carrocerias dos ônibus urbanos. Além desses, outros estudos importantes para a padronização dos ônibus urbanos foram elaborados e discutidos, a exemplo de órgãos que têm suas especificações técnicas próprias já citados anteriormente.

2.5. O papel atual dos ônibus no transporte público urbano

2.5.1. Considerações iniciais

Mais de 110 milhões de habitantes (76% da população nacional recenseada em 1991) residem nas cidades – assim classificadas segundo as

categorias estatísticas administrativas imperantes, de corte político. São Paulo e Rio de Janeiro continuam concentrando respectivamente 16,5 e 12 milhões de habitantes. As grandes metrópoles (doze cidades de mais de 1 milhão de habitantes) abrigam 26% da população urbana – encontrada também nas periferias metropolitanas e, de modo crescente, em três dezenas de cidades com mais de 300 mil habitantes, em 150 cidades com população superior a 100 mil habitantes e em cerca de uma centena de núcleos urbanos em consolidação.

Nessa malha em vias de hiperurbanização, o volume total dos deslocamentos diários por ônibus pode ser toscamente estimado em mais de 100 milhões, oferecidos por serviços municipais, suburbanos, intermunicipais, fretados, especiais e irregulares. Dos cerca de 60 milhões de deslocamentos por ônibus regulamentados por 350 prefeituras, mais da metade acontece no cotidiano de apenas 50 cidades (contra 4,5 milhões de passageiros transportados nas redes metroferroviárias). Tais cifras dimensionam os desafios com que se defrontam os gerenciadores dos transportes e os cidadãos em deslocamento – em particular, os usuários de ônibus, pessoas desprovidas de acesso a automóveis, metrô ou trens, mas, mesmo assim, parecem privilegiados perto do crescente número de pedestres e outros sujeitos aprisionados nos lugares de moradia em consequência da situação econômica ou da inadequação da oferta (BRASILEIRO & HENRY, 1999).

2.5.2. Mudanças no transporte público por ônibus e a nova realidade

Inovações tecnológicas

Várias inovações tecnológicas já estão sendo implantadas no sistema de transporte público por ônibus, possibilitando um melhor atendimento aos

usuários e um maior controle operacional dos serviços prestados. Dentre as tecnologias já disponíveis, podem ser citadas:

a) *Bilhetagem automática*: O processo de arrecadação tarifária automática facilita bastante a operação e o gerenciamento das linhas urbanas, agilizando a operação de embarque/desembarque e melhorando o controle das receitas e das gratuidades. O Brasil já dispõe de praticamente todas as tecnologias de arrecadação tarifária automática. Podem ser citados os cartões inteligentes como tendência natural a ser adotada nas cidades brasileiras.

b) *Monitoração automática da oferta*: Já estão disponíveis tecnologia de rastreamento através de rádio-frequência e sistemas de geoprocessamento usando satélites que, em tempo real, permitem acompanhar toda a oferta de ônibus em operação.

c) *Tecnologia veicular*: Além da maior capacidade de carga dos veículos, o mercado está caminhando para um veículo tipo com uma série de equipamentos complementares, visando maior segurança, conforto e confiabilidade aos usuários do sistema, melhores condições de trabalho aos operadores e menor poluição ambiental. Os principais equipamentos são:

- suspensão a ar;
- caixa automática;
- degrau rebaixado;
- computador de bordo;
- portas mais largas e nas duas laterais dos ônibus para permitir embarques em nível de operação no canteiro central da via e;
- freios ABS.

d) *Tecnologias energéticas*: Novas combinações de combustível estão sendo estudadas, inclusive o diesel com baixo teor de enxofre, para um maior aproveitamento do motor e menor emissão de gases poluentes. Veículos com motores a gás já estão em operação em várias cidades.

O Brasil é o segundo país no mundo a testar o álcool como combustível de ônibus. Dois veículos já estão em experiência em Curitiba. O outro país que está testando esta tecnologia é a Suécia (CUNHA, 1997).

Reestruturação das redes de transporte

Com o passar dos anos, as redes de transporte instaladas podem deixar, de atender satisfatoriamente aos desejos de deslocamentos dos usuários. Além disso, podem ocorrer desequilíbrios na operação que provoquem a restrição da capacidade de transporte. Como tendência de reestruturação operacional dos sistemas de transporte público urbano, a implementação de sistemas tronco-alimentados e as redes integradas de transporte podem ser citadas (CUNHA, 1997).

Sistemas tronco-alimentados: As estruturas convencionais dos sistemas de ônibus com linhas radiais e diametrais muitas vezes apresentam restrições de capacidade de transporte, devido à sobreposição de itinerários e elevado fluxo de veículos nas principais vias. Dependendo da localidade, mesmo com o aumento da frota, a capacidade de transporte não se altera. Nesta situação, quando não é possível a alteração da tecnologia atual por uma de alta capacidade, a tendência natural é a implantação de sistemas tronco-alimentados, consistindo na operação de linhas troncais com veículos de maior capacidade (padron e articulado) e linhas alimentadoras e complementares com veículos menores.

Implantação de redes integradas de transporte: O sistema de transporte deve oferecer às comunidades urbanas iguais condições de acessibilidade às oportunidades e equipamentos das cidades. Dentro desta filosofia, as redes integradas de transporte permitem um maior grau de acessibilidade e nível de serviço, racionalizando a oferta de transporte principalmente nas áreas mais saturadas(CUNHA, 1997).

O transporte informal

Nos anos 90, o crescimento do transporte feito por veículos de pequeno porte vem emergindo com força em cidades periféricas das Regiões Metropolitanas do Brasil, nas principais capitais e em cidades médias do interior. Se, de um lado, ele é combatido pelas empresas privadas de ônibus e em momentos de crise também pelos órgãos gestores, de outro, a população tem adotado uma postura pragmática e positiva diante do fenômeno. Por esse meio, acha que pode se deslocar mais rapidamente, com mais conforto, ainda que a uma tarifa maior que a do ônibus. Assim, a multiplicação de kombis, vans, bestas, "topics", moto-táxis, etc. vem ocorrendo em um contexto de crise econômica urbana e social, mas sobretudo crise do transporte formal regulamentado.

O fenômeno do transporte dito informal – conhecido pelos mais diversos nomes: não convencionais, não incorporados, "paratransit", etc. – ocorre em praticamente todas as cidades dos países em desenvolvimento e mesmo nos EUA e em países europeus, sendo estudados por profissionais de universidades e pesquisadores ou órgãos públicos.

No Brasil, as formas artesanais de transportes em veículos de baixa capacidade surgem com significação nos anos 90, especialmente a partir de 1995 – à exceção de casos como o de Recife (presença registrada do

transporte por kombis desde os primeiros anos 80 nas cidades periféricas), Rio de Janeiro (com os chamados “cabritinhos” ligando os morros ao centro dos bairros, mas também com ônibus “clandestinos” ligando o centro do Rio às cidades da Baixada Fluminense), São Paulo (kombis em bairros da periferia) e Porto Alegre (microônibus legalizados). Analisando a questão da operação à margem dos regulamentos (o que inclui os ônibus clandestinos), registra-se de uma cidade a outra uma grande variedade de tecnologias veiculares: motocicletas (moto-táxi); “pick-ups” e kombis (com capacidade de 4 a 8 lugares); vans, bestas, “topics” e microônibus (capacidades de 12 a 28 lugares).

O problema da circulação indiscriminada de veículos dos mais variados tipos e tamanhos é decorrente da ausência de regulamentação por parte do poder público, que não define em que condições esses veículos devem circular e, sobretudo, que vias podem percorrer, que tipo de viagens devem realizar e que integração deve existir com os modais ferroviário e rodoviário.

Deve ser considerada o funcionamento da oferta como um todo, onde coexistem diversas formas de transporte, públicas e privadas, que evoluem de forma dinâmica. Trata-se de não isolar o transporte informal, mas de estudá-lo nos contextos econômico, urbano e social em que atua, compreender suas lógicas internas de funcionamento e operação e as relações que estabelece com os outros segmentos da oferta, com os usuários e com os poderes públicos.

No transporte informal, a propriedade dos veículos é disseminada entre numerosos proprietários que, em geral, operam eles próprios os veículos. As tarifas são definidas em função das fixadas para o ônibus, sendo geralmente superiores a estas. Não há controle ou acompanhamento dos insumos de produção dos serviços. Isso dificulta a discussão sobre a rentabilidade dos proprietários individuais ou do segmento da oferta como um todo.

Quanto à cobertura territorial, observa-se uma variação nas formas e geografias da produção, indo desde a operação somente em horas de pico ou por ocasião de eventos geradores de viagem até operação em períodos similares aos seguidos pelo transporte regular. O modo de operação é flexível, pois eles buscam se adaptar às condições locais. Sem obrigações de atender a itinerários, paradas ou intervalos definidos, eles circulam apenas nos horários e nas áreas onde há demanda.

Os transportadores artesanais trabalham com altos índices de rentabilidade, na medida em que não são submetidos a custos de mão-de-obra na mesma proporção que os imputados aos ônibus regulamentados. Assim o serviço torna-se atraente e devido à inexistência de barreiras à entrada nesse mercado, um número crescente de operadores individuais tem passado a operar nas cidades. Isso, a curto prazo, tenderá a provocar uma superoferta, sobretudo nos corredores, afetando diretamente a rentabilidade desse setor. A questão reside em definir o que deve ser regulamentado: tarifas, itinerários, paradas, intervalos, tecnologia do veículo ou o tipo de serviço a ser prestado.

Para fazer frente ao crescimento do serviço por veículos de pequeno porte, as empresas privadas de ônibus passam, progressivamente, da simples postura de pressão sobre os poderes públicos para que estes o inibam ou proibam para o uso de estratégias diversificadas de enfrentar o problema. Tais estratégias vão da publicidade em jornais e televisão sobre os riscos da viagem em veículos de pequeno porte à aquisição de veículos similares para concorrer com os "kombistas", "perueiros" e "vanzistas" (BRASILEIRO & HENRY, 1999).

2.6. A produção de ônibus no Brasil: indústria e mercado

2.6.1. Antecedentes

A indústria de ônibus, no país, iniciou a partir da produção de carrocerias de madeira montadas sobre chassi de automóveis ou caminhões importados em 1911, pelos irmãos Grassi, na cidade de São Paulo.

A necessidade de transporte e a escassez de energia elétrica naquela cidade e no Rio de Janeiro (1924/25), que resultou em menor número de bondes nas ruas, serviu também de estímulo a essa indústria. Na década de 70, tem-se conhecimento, que haviam mais de 30 fábricas de carrocerias espalhadas pelo país.

Com o advento da indústria automobilística a partir de 1958, passou-se a produzir no país também o chassi. A MERCEDES-BENZ foi a pioneira com o modelo L-312 para caminhão. Isto veio sanar, na época, as dificuldades para importação de chassi para montagem de veículos utilizados no transporte público.

Portanto, a indústria de ônibus originou-se de dois segmentos distintos: fabricantes de chassi e fabricantes de carroceria. Fabricantes de chassi, em sua maioria, fazem parte de grandes conglomerados de empresas de controle acionário estrangeiro, que têm seus centros de decisão situados fora do Brasil. As encarroçadoras, ao contrário, possuem, em geral, capital e administração nacionais. Os fabricantes de ônibus integral (monobloco), também são outro segmento desta indústria, possuindo, no entanto, participação muito baixa no mercado nacional: em torno de 20% contra 80% dos ônibus encarroçados. Vale

ressaltar que a produção de monoblocos pela MERCEDES foi desativada em 1997 (ORRICO FILHO & SILVA, 1992).

2.6.2. A indústria e o mercado de ônibus no Brasil

A indústria de ônibus existente no país apresenta um grande contraste. Uma enorme e poderosa capacidade instalada, capaz de chegar a 30 mil veículos/ano (monoblocos mais chassi-encarroçados), produz na sua maioria ônibus muito rústicos e inadequados para o transporte de pessoas. Isto se explica devido ao fato de os primeiros ônibus terem surgido de adaptações de chassi de caminhões e por não existir uma normatização para a fabricação dos ônibus, impulsionando os fabricantes a adotarem as normas utilizadas em seus países de origem (ORRICO FILHO; RABBANI; SILVA, 1990).

Durante os anos 70, em face da necessidade crescente de ônibus, as indústrias ampliaram o seu parque industrial. No anos 80, quando o Brasil passava por uma crise recessiva, as indústrias maiores e mais versáteis suportaram, enquanto as outras mais frágeis sucumbiram (ROCHA, 1996).

Embora passando por essa crise, pode-se perceber, conforme a tabela 2.1, que na década de 80 a produção média de ônibus não sofreu grande impacto, atingindo 11.800 unidades. Em 1990, a produção saltou para 15.031 unidades, porém, em 1999, caiu para 8.366 unidades.

Tabela 2.1 Produção média de ônibus (1960 à 1999).

Fonte: GUIA DE COMPRAS ÔNIBUS, MICROS E VANS 98/99.

Ano	Produção Média (unidade)
1960	4.060
1970	9.150
1980	11.800
1990	15.031
1999	8.366

Dentre os fabricantes existentes no país atualmente, a MERCEDES-BENZ é a que tem dominado a produção e o mercado, sendo também a maior produtora de ônibus do grupo do mundo. Para se ter uma idéia, somente em São Bernardo e Campinas foram fabricados mais de 300 mil ônibus (ROCHA, 1996).

Atualmente, os fabricantes de chassis mais importantes do país são: MERCEDES-BENZ, SCANIA, VOLVO, VOLKSWAGEN e AGRALE. Quanto às encarroçadoras, as principais são: CIFERAL, COMIL, CAIO, BUSSCAR, SAN MARINO NEOBUS e MARCOPOLLO.

Os ônibus brasileiros são exportados para os cinco continentes, ou seja, Europa, Ásia, África, América e Oceania. O Chile, no período entre 1984 e 1993, foi o maior comprador da produção de ônibus, absorvendo cerca de 31% das exportações brasileiras. Em seguida vieram a Indonésia, Argentina, Malásia e México (ROCHA, 1996).

A tabela 2.2 apresenta o comportamento da exportação brasileira no período de 1970 a 1999.

Tabela 2.2 Exportação média anual – Ema.

Fonte: ANFAVEA/99.

Ano	EMa (unidade)
1970	983
1980	2.718
1990	4.984
1999	2.627

2.6.3. Um balanço atual sobre a produção de ônibus no Brasil

A seguir é apresentado, para os anos de 1998 e 1999, um balanço do desempenho das principais montadoras de chassis, com destaque para uma análise sobre a produção total, as vendas ao mercado interno e a exportação de chassis para ônibus urbano e rodoviário. Assim como o desempenho das carroçadoras caracterizado por suas participações sobre as produções total e de carrocerias para ônibus urbanos e microônibus e, a participação de cada tipo de carroceria para ônibus e microônibus.

O desempenho das empresas fabricantes de chassis em 1998 e 1999

As figuras 2.14 e 2.15 apresentam, respectivamente, para os anos de 1998 e 1999, as participações por montadora sobre as produções totais de chassis para ônibus urbano e rodoviário.

FIGURA 2.14 Participação por montadora sobre a produção total de chassis em 1998. Fonte: ANFAVEA/99.

FIGURA 2.15 Participação por montadora sobre a produção total de chassis em 1999. Fonte: ANFAVEA/99.

As figuras 2.16 e 2.17 ilustram, respectivamente, as participações por montadora nas vendas ao mercado interno em 1998 e 1999.

FIGURA 2.16 Participação por montadora nas vendas ao mercado interno em 1998. Fonte: ANFAVEA/99.

FIGURA 2.17 Participação por montadora nas vendas ao mercado interno em 1999. Fonte: ANFAVEA/99.

As figuras 2.18 e 2.19 ilustram, respectivamente, as participações por montadora nas exportações de chassis para ônibus urbano e rodoviário em 1998 e 1999.

FIGURA 2.18 Participação por montadora na exportação de chassis em 1998. Fonte: ANFAVEA/99.

O desempenho das encarroçadoras em 1998 e 1999

As figuras 2.20 e 2.21 mostram, respectivamente, as participações por encarroçadora nas produções totais de carrocerias em 1998 e 1999.

FIGURA 2.19 Participação por montadora na exportação de chassis em 1999. Fonte: ANFAVEA/99.

FIGURA 2.20 Participação por encarroçadora na produção total de carrocerias em 1998. Fonte: FABUS/99.

FIGURA 2.21 Participação por encarroçadora na produção total de carrocerias em 1999. Fonte: FABUS/99.

As figuras 2.22 e 2.23 ilustram, respectivamente, para 1998 e 1999, as participações das encarroçadoras na produção de carrocerias para ônibus urbanos.

FIGURA 2.22 Participação por encarroçadora na produção de carrocerias para ônibus urbanos em 1998. Fonte: FABUS/99.

FIGURA 2.23 Participação por encarroçadora na produção de carrocerias para ônibus urbanos em 1999. Fonte: FABUS/99.

As figuras 2.24 e 2.25 apresentam, respectivamente, as participações por encarroçadora nas produções de carrocerias para microônibus em 1998 e 1999.

FIGURA 2.24 Participação por encarroçadora na produção de carrocerias para microônibus em 1998. Fonte: FABUS/99.

FIGURA 2.25 Participação por encarroçadora na produção de carrocerias para microônibus em 1999. Fonte: FABUS/99.

As figuras 2.26 e 2.27 apresentam, respectivamente, as participações de cada tipo de carroceria para ônibus e microônibus em 1998 e 1999.

FIGURA 2.26 Participação por tipo de carroceria para ônibus e microônibus em 1998. Fonte: FABUS/99.

FIGURA 2.27 Participação por tipo de carroceria para ônibus e microônibus em 1999. Fonte: FABUS/99.

3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS ÔNIBUS BRASILEIROS

3.1. Introdução

O sistema de transporte coletivo urbano das cidades brasileiras possui uma série de diferentes modelos de veículos. São diversas as montadoras e encarroçadoras que atuam no mercado de ônibus e, conseqüentemente, a concorrência torna-se cada vez mais acirrada. A cada ano aparecem novos modelos, por conta das inovações tecnológicas sofridas pelos veículos.

Os ônibus urbanos compreendem diferentes tipos de veículos variando de microônibus com capacidade de aproximadamente 25 passageiros até ônibus bi-articulados com capacidade para aproximadamente 240 passageiros. Em uma escala intermediária estão os ônibus com capacidade para carregar 45, 80, 105 ou 180 passageiros.

Neste capítulo são apresentadas as seguintes principais características técnicas dos ônibus brasileiros:

- dimensões dos chassis;
- peso, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis;
- características das carrocerias: dimensões, capacidade de passageiros e número de portas;

- raios de giro e;
- geometria viária compatível.

3.2. Dimensões dos chassis

As tabelas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 apresentam valores das principais dimensões do chassis (ou plataforma) para as diversas configurações de ônibus e microônibus urbanos, fornecidos pelos principais fabricantes de chassis do país, respectivamente:

- AGRALE S.A.;
- MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A.;
- SCANIA LATIN AMÉRICA LTDA;
- VOLKSWAGEN DO BRASIL LTDA e;
- VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

As dimensões relacionadas são as seguintes:

- distância entre eixos;
- comprimento total;
- balanço dianteiro e;
- balanço traseiro.

Segundo a CMTC (1984), plataforma é o tipo de base que não necessariamente é constituída por duas únicas vigas longitudinais pesadas, podendo possuir várias longitudinais e transversais formando uma grelha uniformemente rígida em seu todo.

TABELA 3.1 Dimensões do chassi dos microônibus urbanos fabricados pela AGRAL.

Fonte: AGRAL S.A. (1999).

Chassi (micro)	Distância entre eixos (mm)	Comprimento total (mm)	Balanço dianteiro (mm)	Balanço traseiro (mm)
MA 8.5T	3500 e 4200	5898/6598	898	1500
MA 7,0	3500/3900 e 4200	5898/6298 e 6598	898	1500
MA-7,5T	3500/3900 e 4200	5898/6298 e 6598	898	1500

TABELA 3.2 Dimensões do chassi dos microônibus e ônibus urbanos (comum, padron e articulado) fabricados pela MERCEDES.

Fonte: MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A. (1999).

Chassi/Plataforma* (ônibus)	Distância entre eixos (mm)	Comprimento total (mm)	Balanço dianteiro (mm)	Balanço traseiro (mm)
LO-914 (micro)	4250	6918	811	1700
OF-1721(comum)	5250/5950	11110/11810	2188	3544
OH-1621 LE (padron)	5950	11557	2386	3221
O-400 UPA (artic.)*	5450+6797	17745	2428	3070

*: O-400 UPA é uma plataforma.

TABELA 3.3 Dimensões do chassis dos ônibus urbanos do tipo padron, comum e articulado fabricados pela SCANIA.

Fonte: SCANIA LATIN AMÉRICA LTDA (1999).

Chassi (ônibus)	Distância entre eixos (mm)	Comprimento total (mm)	Balanço dianteiro (mm)	Balanço traseiro (mm)
F94 HB (comum)	6000	11590	1900	3690
K124 IB (padron)	3000	8750	2340	3250
L94 UB (padron)	3000	8970	2700	3270
S113AL (artic.)	6500	17970	1200	3500

TABELA 3.4 Dimensões do chassis dos ônibus urbanos do tipo comum e articulado fabricados pela VOLKSWAGEN.

Fonte: VOLKSWAGEN DO BRASIL LTDA (1998).

Chassi (ônibus)	Distância entre eixos (mm)	Comprimento total (mm)	Balanço dianteiro (mm)	Balanço traseiro (mm)
16.210 CO (comum)	5170/5940	10540	2040	3330/2560
16.210 CO (artic.)	5170/6000	16800	2040	2560

TABELA 3.5 Dimensões do chassi dos ônibus urbanos do tipo padron, articulado e bi-articulado fabricados pela VOLVO.

Fonte: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA (1998a).

Chassi (ônibus)	Distância entre eixos (mm)	Comprimento total (mm)	Balanço dianteiro (mm)	Balanço traseiro (mm)
B58 ECO (padron)	6000	9650	2350	1300
B10M ECO (padron)	6000	9650	2350	1300
B10M ECO (artic.)	5500	15850	2350	1300
B58 E (bi-artic.)	5500	21895	2350	1300
B7R (padron)	6300	11875	2500	3075

As figuras 3.1 e 3.2 apresentam, respectivamente, desenhos dos chassis dos ônibus urbanos padron e articulado fabricados pela VOLVO.

FIGURA 3.1 Vistas lateral e em planta de um chassi para ônibus urbano padron. Fonte: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA (1998b).

O significado dos símbolos que aparecem na figura 3.1 é o seguinte:

- A – Distância entre eixos
- I – Balanço dianteiro
- J – Balanço traseiro
- G – Comprimento total
- K – Largura total, rodas dianteiras
- T – Largura total, rodas traseiras
- M – Bitola dianteira
- N – Bitola traseira
- S – Ângulo de entrada

FIGURA 3.2 Vistas lateral e em planta de um chassi para ônibus urbano articulado. Fonte: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA (1998b).

O significado dos símbolos que aparecem na figura 3.2 é o seguinte:

- A – Distância entre eixos
- AT – Distância entre o eixo de tração e do 1º "trailer"
- AT1 – Distância entre o eixo 1º trailer e do 2º "trailer"

- I – Balanço dianteiro
- J – Balanço traseiro
- G – Comprimento total
- K – Largura total, rodas dianteiras
- T – Largura total, rodas traseiras
- M – Bitola dianteira
- N – Bitola traseira
- S – Ângulo de entrada

3.3. Peso, potência e capacidade de carga dos chassis

As tabelas 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 e 3.10 apresentam os valores de peso bruto total, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis ou da plataforma dos microônibus e ônibus urbanos, fornecidos pelos fabricantes de chassis, respectivamente:

- AGRAL S.A.;
- MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A.;
- SCANIA LATIN AMÉRICA LTDA;
- VOLKSWAGEN DO BRASIL LTDA e;
- VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

Segundo a CMTC (1984), o peso bruto total é o peso total do veículo completo e carregado com capacidade de passageiros equivalente à ocupação de 7 passageiros em pé por metro quadrado.

De acordo com a SCANIA (1999), a capacidade de carga é o peso bruto total subtraído do peso da carroceria e da tara do chassi.

TABELA 3.6 Peso bruto total, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis para microônibus urbano fabricados pela AGRALE.

Fonte: AGRALE S.A. (1999).

Chassi (micro)	Peso bruto total (kg)	Potência do motor diesel (cv)	Capacidade de carga (kg)
MA 8.5T	8.000	135	8.000
MA 7,0	7.000	95	7.000
MA-7,5T	7.000	122	7.000

TABELA 3.7 Peso bruto total, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis e da plataforma dos microônibus e dos ônibus urbanos fabricados pela MERCEDES.

Fonte: MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A. (1999).

Chassi/Plataforma (ônibus)	Peso bruto total (kg)	Potência do motor diesel (cv)	Capacidade de carga (kg)
LO-914 (micro)	8.500	136	7.700
OF-1721(comum)	17.000	211	17.000
OH-1621 LE (padron)	18.000	211	18.000
O-400 UPA (artic.)	28.500	300	28500

TABELA 3.8 Peso bruto total, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis dos ônibus urbanos, do tipo comum, padron e articulado, fabricados pela SCANIA.

Fonte: SCANIA LATIN AMÉRICA LTDA (1999).

Chassi (ônibus)	Peso bruto total (kg)	Potência do motor diesel (cv)	Capacidade de carga (kg)
F94 HB (comum)	19.500	220	19.500
K124 IB (padron)	19.500	360	19.500
L94 UB (padron)	19.100	220	19.500
S113AL (artic.)	29.500	310	28.500

TABELA 3.9 Peso bruto total, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis para ônibus urbanos, do tipo comum e articulado, fabricados pela VOLKSWAGEN.

Fonte: VOLKSWAGEN DO BRASIL LTDA (1998).

Chassi (ônibus)	Peso bruto total (kg)	Potência do motor diesel (cv)	Capacidade de carga (kg)
16.210 CO (comum)	16.000	206 cv	16.400
16.210 CO (artic.)	18.700	206 cv	26.000

TABELA 3.10 Peso bruto total, potência do motor diesel e capacidade de carga dos chassis dos ônibus urbanos, do tipo padron, articulado e bi-articulado, fabricados pela VOLVO.

Fonte: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA (1998a).

Chassi (ônibus)	Peso bruto total (kg)	Potência do motor diesel (cv)	Capacidade de carga (kg)
B58 ECO (padron)	5.785	245	16.500
B10M ECO (padron)	7.660	245	17.700
B10M ECO (artic.)	8.355	245	28.200
B58 E (bi-artic.)	10.700	286	36.500
B7R (padron)	5.510	230	18.000

3.4. Características das carrocerias

As tabelas 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 e 3.16 apresentam os valores das dimensões, capacidade de passageiros e número de portas de serviço, dos diversos modelos de carroceria aplicados para ônibus e microônibus urbanos, fornecidos pelas principais encarregadoras do país, respectivamente:

- SAN MARINO ÔNIBUS E IMPLEMENTOS LTDA;
- CIFERAL COMÉRCIO, INDÚSTRIA E PARTICIPAÇÕES S.A.;
- COMIL – CARROCERIAS E ÔNIBUS LTDA;
- CAIO – COMPANHIA AMERICANA INDUSTRIAL DE ÔNIBUS;
- BUSSCAR ÔNIBUS S.A. e;
- MARCOPOLO S.A.

As dimensões consideradas para as carrocerias são as seguintes:

- comprimento;
- largura;
- altura interna e;
- altura total.

O comprimento da carroceria é a medida efetuada entre as faces externas dos pára-choques. A altura total é a distância entre o nível do solo e a geratriz superior do ponto externo mais elevado do teto do veículo. E a altura interna é a perpendicular traçada entre a face interior do teto e o assoalho (GEIPOT, 1983).

TABELA 3.11 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos modelos de carroceria dos ônibus e microônibus urbanos fabricados pela SAN MARINO.

Fonte: SAN MARINO ÔNIBUS E IMPLEMENTOS LTDA (1999).

Modelo	Comp. (mm)	Larg. (mm)	Alt. interna (mm)	Alt. total (mm)	Capacidade de passageiros	Número de portas
Mega	10500 a 13200	2510	2020	3200	43 a 53 sentados 41 a 45 em pé	2
Evolution	12430	2510	2160	3200	47 sentados 35 em pé	3
Micro	7800 a 7870	2390	1900	2800	21 a 37 sentados 0 a 10 em pé	1

TABELA 3.12 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos modelos de carroceria dos ônibus e microônibus urbanos fabricados pela CIFERAL.

Fonte: CIFERAL COMÉRCIO, INDÚSTRIA E PARTICIPAÇÕES S.A. (1999).

Modelo	Comp. (mm)	Larg. (mm)	Alt. interna (mm)	Alt. total (mm)	Capacidade de passageiros	Nº de portas
Micro Agilis	8000 e 8015	2600	1900	2900	24/25 sentados 19 em pé	1 ou 2
Padron	11265 a 13370	2600	2120	3155 a 3397	43 a 52 sentados 31 a 40 em pé	2
Articulado Padron	18095 e 18150	2600	2120	3141	48/62 sentados 71/75 em pé	3 ou 5

TABELA 3.13 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos modelos de carroceria dos ônibus e microônibus urbanos fabricados pela COMIL.

Fonte: COMIL – CARROCERIAS E ÔNIBUS LTDA (1999).

Modelo	Comp. (mm)	Larg. (mm)	Alt. interna (mm)	Alt. total (mm)	Capacidade de passageiros	Nº de portas
Svelto	11020 a 14000	2500	2000	3100	45 a 57 sentados 26 a 33 em pé	1, 2 ou 3
Piá	6595 a 8115	2300	1915	2795	26 a 29	1 ou 2
Doppio Articulado	16800 a 18150	2500	2000	3100	62 a 65 sentados 35 a 42 em pé	2 ou 3

TABELA 3.14 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos modelos de carroceria dos microônibus e ônibus urbanos fabricados pela CAIO.

Fonte: CAIO – COMPANHIA AMERICANA INDUSTRIAL DE ÔNIBUS (1999).

Modelo	Comp. (mm)	Larg. (mm)	Alt. interna (mm)	Alt. total (mm)	Capacidade de passageiros	Nº de portas
Piccolo	7780 a 8330	2250	1980	2960	29 a 32 sentados	1
Alpha articulado	25000	2560	2040	3180 a 3390	57 sentados 100 em pé	6
Apache	10900 a 12500	2500	2140	3300 a 3350	38 a 47 sentados 28 a 38 em pé	1, 2 ou 3

TABELA 3.15 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos modelos de carroceria dos ônibus urbanos fabricados pela BUSSCAR.

Fonte: BUSSCAR ÔNIBUS S.A. (1999).

Modelo	Comp. (mm)	Larg. (mm)	Alt. interna (mm)	Alt. total (mm)	Capacidade de passageiros	Nº de portas
Urbanuss	8805 a 13200	2500	2135	3200 a 3310	51 sentados 40 em pé	2 ou 3
Urbanuss (Ligeirinho)	12800	2500	2135	3200	NF*	3
Urbanuss (Articulado)	18150	2500	2135	3200 3310	NF	3

NF* : Não Fornecido.

TABELA 3.16 Dimensões, capacidade de passageiros e número de portas dos modelos de carroceria dos ônibus e microônibus urbanos fabricados pela MARCOPOLO.

Fonte: MARCOPOLO S.A. (1999).

Modelo	Comp. (mm)	Larg. (mm)	Alt. interna (mm)	Alt. total (mm)	Capacidade de passageiros	Nº de portas
Torino	8800 a 13200	2500	2100	3175	84 a 113	2 ou 3
Torino Articulado	18150	2500	2100 2200	3200	Até 180	3 ou 4
Torino Bi-articulado	24900	2500	2210	3220	53 sentados 221 em pé	5
Viale Bi-articulado	24445	2500	2100	3100	274	8
Viale articulado	18150	2500	2100	3440	NF	3 ou 4
Viale	12100	2500	2100	3370	NF	3
Viale Low Entry	12100	2500	2490	2980	NF	3
VLP (Fura- Fila)	24750	2500	2200	3500	Até 270	8
Micro Senior	6600 8085	2240	1920	2780	16/29	1

As figuras 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6 apresentam, respectivamente, os "lay-outs" internos de um microônibus, de um ônibus padron, de um ônibus articulado e de um ônibus bi-articulado usados no transporte urbano de passageiros.

FIGURA 3.3 "Lay-out" interno de um microônibus aplicado ao transporte urbano de passageiros. Fonte: CIFERAL COMÉRCIO, INDÚSTRIA E PARTICIPAÇÕES S.A. (1999).

FIGURA 3.4 "Lay-out" interno de um ônibus padron para o transporte urbano de passageiros. Fonte: CIFERAL COMÉRCIO, INDÚSTRIA E PARTICIPAÇÕES S.A. (1999).

FIGURA 3.5 "Lay-out" interno de um ônibus urbano articulado adequado ao transporte de passageiros. Fonte: CIFERAL COMÉRCIO, INDÚSTRIA E PARTICIPAÇÕES S.A. (1999).

FIGURA 3.6 “Lay-out” interno de um ônibus urbano bi-articulado aplicado ao transporte de passageiros. Fonte: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA (1998b).

3.5. Raios de giro

A manobrabilidade de um ônibus decresce com o seu tamanho. Em trajetos estreitos e sinuosos, a circulação de grandes ônibus torna-se difícil. Uma exceção pode ser os ônibus articulados: um ônibus articulado de 16 metros de comprimento opera bem em ruas estreitas e tem uma maior manobrabilidade em relação a um ônibus comum com comprimento de 12 metros (VUCHIC, 1981).

Segundo VIEIRA (1979), numa curva de ângulo reto, um articulado de 18 metros (duas unidades mais ou menos iguais) requer menos área para manobrar do que um rígido convencional de 12 metros – desde que o terceiro eixo seja direcionável.

Entende-se por raio de giro de um veículo a manobra em curva de máximo “esterçamento”. O raio de giro entre paredes, o raio de giro externo entre guias e o raio de giro interno entre guias são raios de curva considerados na geometria de curvatura de um ônibus urbano.

As figuras 3.7 e 3.8 mostram, respectivamente, os valores dos raios de curva mínimos em milímetros para um ônibus padron de 12 metros e para um ônibus articulado de 18 metros.

Nessas figuras, as distâncias (2) e (3) são conhecidas como os raios mínimos entre guias e as dimensões (1) e (4) como os raios mínimos entre paredes.

FIGURA 3.7 Raios de curva mínimos em mm de um ônibus padron de 12m. Fonte: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA (1998b).

64

FIGURA 3.9 Raios de giro em mm de ônibus bi-articulado x ônibus articulado. Fonte: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA (1998b).

A tabela 3.17 apresenta os valores em mm, fornecidos pelas montadoras de chassis, dos raios de giro externo entre paredes e externo e interno entre guias para os diversos tipos de microônibus e ônibus urbanos.

TABELA 3.17 Valores em mm dos raios de giro para os diversos tipos de microônibus e ônibus urbanos.

Fonte: Catálogos dos fabricantes.

Ônibus Microônibus (chassi)	Raio de giro externo entre paredes (mm)	Raio de giro externo entre guias (mm)	Raio de giro interno entre guias (mm)
Padron (Volvo)	12030	10335	6130
Articulado (Volvo)	12300	10630	5800
Bi-articulado (Volvo)	12400	10950	5260
Comum (Scania)	11840 13224	10611 12005	6279 7421
Padron (Scania)	12130 14177	10473 12545	6122 7804
Microônibus (Agrale)	16400	15000	NF
Comum (VW)	13600	12000	5000
Microônibus (MBB)	15800	14650	7570
Comum (MBB)	23760	20370	11820
Padron (MBB)	23410	19750	10720
Articulado (MBB)	23850	20350	9870

3.6. Geometria viária compatível

3.6.1. Sistema viário

As vias utilizadas pelos ônibus devem apresentar o menor número possível de restrições ao seu deslocamento. Por este motivo, devem ser evitados aclives, conversões, semáforos, fluxo compartilhado com outros veículos, etc. A partir deste conceito, podem ser realizadas algumas intervenções capazes de melhorar o desempenho de um sistema de transporte público: adaptação das características geométricas das vias; prioridade para os ônibus, em relação aos demais veículos e prioridade em relação ao sistema de controle de tráfego (SILVA & FERRAZ, 1991).

As intervenções desta natureza apresentam algumas vezes custo bastante elevado, o que as torna, em certas circunstâncias, inviáveis. Apesar disto, algumas características básicas devem ser obedecidas a fim de que os ônibus possam trafegar com uma velocidade razoável e, principalmente, menos sujeitos a acidentes.

Características geométricas das vias

A largura das faixas de rolamento a serem utilizadas pelos ônibus é definida a partir da largura dos veículos (cerca de 2,60 metros), ficando a faixa, normalmente, entre 3,25 e 3,50 metros. Em casos críticos, pode ser adotada uma largura de 3,00 metros, desde que não seja em trechos muito extensos.

Em curvas com raios menores que 130 metros, devem ser adotadas sobrelarguras nas faixas de ônibus, conforme mostrado no gráfico da figura 3.10 e no exemplo da figura 3.11.

FIGURA 3.10 Sobrelargura em faixas exclusivas de ônibus, em função do raio de círculo de viragem interno. Fonte: MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A. (1987, p. 26).

Ex: Largura do ônibus: 2,60m.

Largura da faixa no trecho reto: 3,25m.

Raio de curva interno da via: 40m.

Cálculo da largura da faixa no trecho curvo: 1,00m (sobrelargura) + 2,60m (largura do ônibus) = 3,60m.

Cálculo do acréscimo: 3,60 – 3,25 (largura da faixa no trecho reto) = 0,35m (acrécimo).

FIGURA 3.11 Exemplo de sobrelargura em faixas exclusivas de ônibus. Fonte: MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A. (1987, p. 27).

Outro ponto importante refere-se à superelevação da pista nas curvas. Alguns raios mínimos devem ser adotados nas curvas horizontais para não reduzir excessivamente a velocidade dos ônibus. No quadro da figura 3.12 estão indicados os raios mínimos das curvas para diferentes velocidades de operação em função da superelevação e do fator de atrito dos pneus com a superfície de rolamento.

V (km/h)	F	r (m)		Observações
		$\theta_{\text{máx.}} \approx +5\%$	$\theta_{\text{mín.}} \approx +2,5\%$	
10		10	10	Raios mínimos para o traçado do meio-fio em uma interseção
20		25	25	
30		50	60	
40		85	100	
50	0,1	130	155	Raios mínimos para o traçado da via de ônibus
60		190	255	
70		255	305	
80		355	400	

FIGURA 3.12 Raios mínimos para faixas de ônibus. Fonte: MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A. (1987, p. 27).

Onde:

V = velocidade diretriz;

F = coeficiente de atrito radial do pneu;

e = taxa de superelevação;

r = raio mínimo.

Os aclives não devem ultrapassar 6% de inclinação, sob pena de aumentarem o consumo de combustível e o desgaste do veículo, aumentando ainda o tempo de viagem.

Devem ser observados ainda os ângulos de entrada e saída das curvas verticais (figura 3.13), para que os ônibus possam transpô-las sem problemas. Como o valor máximo dos ângulos de entrada e saída depende do tipo de veículo, bem como da lotação e do tipo e estado do sistema de suspensão, é indicado fazer testes reais em cada caso (FERRAZ, 1997).

FIGURA 3.13 Ângulos de entrada e saída em curvas verticais. Fonte: MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A. (1987, p. 28).

3.6.2. O relatório técnico de adequação do veículo ao perfil viário – SPTrans

O relatório elaborado em junho de 1999 pela equipe técnica da SPTrans, empresa gestora do sistema de ônibus em São Paulo, tinha como objetivo estabelecer uma metodologia a partir da qual se pudesse determinar, em função das características físicas do viário, os veículos mais adequados a serem utilizados na operação de uma determinada linha, visando gerar benefícios ao sistema, como redução dos custos de manutenção e o aumento da velocidade média da operação, entre outros.

Além disso, a partir da implementação da metodologia, puderam ser obtidas informações detalhadas acerca das linhas de ônibus em estudo, criando-se, assim, importantes subsídios para o tratamento da operação nas mesmas.

A caracterização do viário foi estabelecida a partir do levantamento do número de interferências encontradas ao longo do itinerário das linhas e que influenciavam na operação dos ônibus, causando dificuldades ao seu deslocamento.

Neste sentido, optou-se por dividir as linhas em três grupos: linhas com alto, médio e baixo grau de interferências. A partir desta classificação, estabeleceram-se critérios de utilização, no qual, em função da classificação da linha, foram definidos os tipos de veículos mais adequados para operarem na mesma.

Após uma prévia avaliação, foram adotadas para a classificação das linhas as interferências mais relevantes ao tráfego dos veículos, tais como:

lombadas leves, lombadas acentuadas, valetas leves, valetas acentuadas, curvas críticas e aclives acentuados.

A totalização das interferências foi feita levando-se em conta todo o trajeto da linha, ou seja, ida e volta. Sendo assim, uma mesma interferência podia ser levantada duas vezes.

Durante os trabalhos de campo foi utilizado um formulário padrão de preenchimento, contendo os campos para contabilização de interferências do itinerário e para informações complementares.

O sistema de classificação das linhas levou em conta basicamente a quantidade observada de cada interferência ao longo do itinerário (ida e volta), e como as mesmas, individualmente, interferiam na circulação dos veículos.

Uma pontuação ponderada foi adotada relacionando a quantidade e o tipo de interferência, procurando representar de uma forma mais realista a dificuldade imposta por cada uma delas à condição normal de operação do veículo na linha.

A ponderação das interferências foi feita a partir do levantamento e do estudo de uma amostra representativa, onde foi escolhido 1 (um) lote de cada região da cidade, perfazendo um total de 83 linhas.

As pontuações das interferências foram indicadas abaixo:

Interferências	Quantidade	Pontos
Lombadas leves	Nenhuma, de 1 até 10, de 11 até 20, a partir de 21	0, 1, 2, 3
Lombadas acentuadas	Nenhuma, de 1 até 10, de 11 até 20	0, 3, 5

Interferências	Quantidade	Pontos
Valetas leves	Nenhuma, de 1 até 6, de 7 até 15, a partir de 16	0, 1, 2, 3
Valetas acentuadas	Nenhuma, a partir de 1	0, 11
Curvas críticas	Nenhuma, de 1 até 4, a partir de 5	0, 5, 11
Ativos 1ª marcha	Nenhuma, de 1 até 4, de 4 até 10, a partir de 11	0, 4, 8, 11

A classificação da linha foi feita através do resultado da soma dos pontos obtidos por cada interferência, conforme mostrado no quadro 3.1.

QUADRO 3.1 Classificação da linha através da soma de pontos obtidos por cada interferência.

Fonte: Relatório técnico de adequação do veículo ao perfil viário – SPTTrans.

CLASSIFICAÇÃO	PONTOS
BAIXO GRAU DE INTERFERÊNCIAS	Até 4
MÉDIO GRAU DE INTERFERÊNCIAS	De 5 a 10
ALTO GRAU DE INTERFERÊNCIAS	A partir de 11

O objetivo principal da classificação proposta foi definir, de acordo com o perfil do viário da linha, o tipo de veículo que melhor se adequava à mesma. Os parâmetros mais importantes que influenciavam na operação dos veículos foram: relação potência-peso; comprimento total do ônibus; distância entre-eixos; balanço traseiro e dianteiro; ângulos de entrada e saída e altura em relação ao solo.

Desta forma, após o estudo das interferências e de como as mesmas prejudicavam o tráfego dos veículos em função de suas características dimensionais, estabeleceram-se as diretrizes relacionadas no quadro 3.2 para uma adequada utilização de um veículo.

QUADRO 3.2 Relação das diretrizes para uma adequada utilização de um veículo.

Fonte: Relatório técnico de adequação do veículo ao perfil viário – SPTrans.

CLASSIFICAÇÃO DA LINHA	TIPOS DE ÔNIBUS QUE PODERAM SER UTILIZADOS
BAIXO GRAU DE INTERFERÊNCIAS	Comprimento livre Ônibus leve/Básico/Padron/Articulado/Bi- articulado
MÉDIO GRAU DE INTERFERÊNCIAS	Comprimento máximo: 14000 mm Ônibus leve/Básico/Padron
ALTO GRAU DE INTERFERÊNCIAS	Comprimento máximo: 11030 mm Ônibus leve/Básico

Após os levantamentos das linhas dos lotes tomados como amostra para a elaboração dos critérios de classificação, observou-se que 32% das mesmas operavam com veículos inadequados ao seu perfil viário, de acordo com a metodologia descrita. Isto, além de provocar dificuldades maiores para o tráfego dos veículos, também podia aumentar o custo de manutenção, uma vez que o veículo passava a estar sujeito a maiores solicitações, muitas vezes inadequadas ao mesmo.

Ressaltou-se que, independente da classificação da linha, a escolha do veículo a ser utilizado devia ser também balizada pela demanda verificada na mesma. Desta forma, nada impedia que fosse utilizado um ônibus leve ou mesmo um ônibus básico em linhas caracterizadas como *baixo grau de interferências*. Isto se justificaria sempre que a demanda da mesma fosse incompatível com a utilização de veículos de maior capacidade.

Os resultados esperados da implementação da metodologia foram estes:

- Redução dos custos de manutenção;
- Aumento da velocidade comercial e redução do tempo de viagem (redução de frota);
- Otimização da mão-de-obra da manutenção e operação;
- Redução do consumo de combustível e emissão de poluentes e;
- Melhoria das condições operacionais, com o conseqüente aumento da produtividade do motorista.

4. OPERAÇÃO DOS ÔNIBUS URBANOS

4.1. Introdução

Segundo SANCHES (1988), a operação eficiente de um sistema de transporte público urbano com ônibus consiste em inter-relacionar racionalmente a demanda (passageiros), a frota (ônibus) e os itinerários (linhas) de modo a se oferecer um serviço de bom nível de qualidade. Um sistema bem operado irá proporcionar aos usuários menores tarifas e maior conforto, aos operadores menores custos operacionais e ao sistema como um todo, maior confiabilidade.

O modo ônibus é um sistema de transporte coletivo bastante flexível e barato. Operando de forma convencional, em linhas isoladas, sem priorização no tráfego, determina um sistema de baixa capacidade e de baixos investimentos: utiliza a malha viária existente e apenas exige pequenos terminais, abrigos e um sistema de comunicação visual (OLIVEIRA & LAULETTA, 1991).

A necessidade de se propiciar, a uma grande parcela da população, viagens de ônibus mais rápidas e curtas determina o surgimento de atuações no tráfego que possibilitem ao ônibus maior liberdade de circulação. As faixas, pistas e vias de circulação exclusiva dos ônibus proporcionam a esses veículos

uma circulação mais fluida, livre de congestionamento, e garantem aos passageiros viagens mais diretas e confortáveis (CET, 1982).

Neste capítulo são comentados os três tipos de operações dos ônibus urbanos (com o tráfego geral, em faixas exclusivas e em faixas segregadas), bem como são feitas considerações sobre a capacidade e a velocidade comercial do transporte por ônibus.

4.2. Operação com o tráfego geral

É comum, em regiões metropolitanas das cidades brasileiras, os ônibus concorrerem com os automóveis e entre si pelo uso da via pública. Mesmo com sua circulação facilitada por medidas parciais (como proibição do estacionamento de automóveis e caminhões em locais determinados), não são habituais as políticas de uso viário que garantam realmente prioridade ao transporte coletivo. Desta forma, as próprias condições de operação nas vias de tráfego das cidades não permitem que os ônibus realizem um serviço regular e veloz.

Uma das interferências ao movimento dos ônibus é causada pela existência de semáforos regulados para favorecer o fluxo dos automóveis. Outro inconveniente é a perda de tempo dos ônibus nos pontos de parada, fato que acontece principalmente pela dificuldade de acesso ao veículo e pela forma de cobrança do passageiro (REVISTA VIA URBANA, 1995, ano5, n.42, p. 26).

Segundo VUCHIC (1981), em vias com fluxo de tráfego tranquilo e com freqüentes paradas, os ônibus podem usar qualquer faixa; ou, onde o fluxo de tráfego é intenso, estes geralmente ficam na faixa junto ao meio-fio,

desestimulando outro tráfego naquela faixa e eliminando a ultrapassagem entre os ônibus.

Sob a condição da não existência de congestionamento em vias expressas, a circulação dos ônibus torna-se efetiva devido a um aumento substancial de suas velocidades operacionais nestas vias.

Durante o final dos anos 70, várias cidades, como Los Angeles, Houston, Washington e Minneapolis, despenderam grandes esforços para aumentar o uso de vias expressas pelos ônibus. Alguns desses esforços possibilitaram aumentos na demanda, particularmente em viagens bairro-centro nas horas de pico.

VUCHIC (1981) considera que um dos fatores limitantes à circulação dos ônibus em vias expressas é a menor quantidade de pontos de parada, dificultando seus acessos aos pedestres. Dependendo do tratamento dado às vias expressas, estas podem ser úteis à operação do sistema de transporte coletivo por ônibus. Instalações especiais (locais seguros e rampas de acesso exclusivo para o embarque/desembarque de passageiros são alguns exemplos) e tratamentos preferenciais podem aumentar consideravelmente o seu uso por estes veículos.

Segundo HERZOG & FRYSZMAN (1990), a ausência de prioridade para o transporte coletivo, com ônibus compartilhando o espaço em vias com alto volume de veículos, impõe uma dupla penalização ao usuário. Além do desconforto de um maior tempo de viagem, há um fato econômico: o preço final de um veículo urbano, entre US\$ 50 mil e US\$ 120 mil, conforme a sua capacidade e tecnologia. Deixar esse capital parado em um congestionamento representa um prejuízo à sociedade. Quanto mais rápido opera um ônibus, mais viagens realiza por dia, diluindo assim o custo fixo por passageiro.

4.3. Operação em faixas exclusivas

GARDNER & FOURACRE^{4.1} apud BALASSIANO (1998) consideram que as faixas exclusivas vêm sendo usadas desde o início da década de 70 como forma de melhorar a operação de ônibus em áreas congestionadas. Existe consenso, entre vários autores, a respeito do potencial dessas faixas exclusivas em reduzir o tempo das viagens, além de melhorar a operação dos ônibus em geral. Mesmo considerando o desenvolvimento de sistemas mais sofisticados que contemplam prioridades para ônibus como comboios ordenados; vias segregadas; etc, as faixas exclusivas ainda são largamente utilizadas, devido aos benefícios gerados e aos baixos custos de implementação e manutenção.

A seguir são apresentados conceitos, algumas vantagens/benefícios e desvantagens/problemas sobre a implantação de faixas exclusivas de ônibus no fluxo e no contrafluxo.

Faixa exclusiva de ônibus no fluxo

Segundo a CET (1982), consiste em uma faixa de tráfego reservada para o uso dos ônibus, na qual estes transitam no mesmo sentido de circulação dos demais veículos.

O objetivo direto da faixa exclusiva é sempre a economia de tempo na viagem do ônibus, normalmente às custas de um prejuízo na fluidez ou acessibilidade (embarque/desembarque, carga/descarga) dos demais veículos.

^{4.1} GARDNER, G & FOURACRE, P.R. (1990). Busway Transit – The TRL Study. *Public Transport Planning and Operations – PTRC*. University of Sussex, 10-14 September, p. 49-53. apud BALASSIANO, R. (1998). Prioridade para ônibus em centros urbanos: um instrumento de planejamento ainda viável. *Transporte em Transformação. Problemas e Soluções dos Transportes no Brasil*, p. 01-25. /Apresentado ao X ANPET, Brasília, 1996.

Vantagens/Benefícios

Os benefícios advindos da implantação da faixa exclusiva no fluxo podem ser divididos nas seguintes categorias:

- a redução do tempo de viagem e a obtenção de uma frequência regular dos ônibus;
- a racionalização do uso da frota e a melhoria das condições de atendimento dos usuários;
- a melhoria das condições de conforto e;
- a economia de combustível.

A implantação de faixa exclusiva no fluxo apresenta, além desses benefícios, as seguintes vantagens:

- pode ser implantada parcialmente em alguns trechos;
- permite uma implantação rápida, barata e com pequeno risco, devido não ser alterada a circulação;
- a sincronização de semáforos, para as faixas no fluxo, é de fácil elaboração mesmo quando feita manualmente e os resultados obtidos com programas computacionais trazem benefícios para o transporte coletivo, minimizando as paradas nos semáforos e;
- não demanda alteração do itinerário ou terminais de ônibus.

Desvantagens/Problemas

Os principais problemas que surgem junto às faixas exclusivas no fluxo são aqueles representados pela interrupção do fluxo nas interseções semaforizadas e pela saturação dos pontos de parada quando da existência de elevado volume de ônibus.

Outro problema é representado pela atração que sofrem os condutores de veículos particulares para circular na faixa exclusiva de ônibus devido às condições de baixa saturação e fluxo livre que geralmente ocorrem, implicando na necessidade de intensa fiscalização.

As faixas exclusivas no fluxo apresentam, também, uma série de desvantagens conforme o seu posicionamento na via.

Quando a faixa exclusiva no fluxo for localizada junto ao meio-fio do passeio, verificam-se as seguintes desvantagens:

- apresenta a necessidade de ser interrompida a uma certa distância das interseções, para possibilitar o movimento de conversão à direita dos demais veículos;
- cria dificuldades à operação de carga e descarga de mercadorias e ao embarque e desembarque de passageiros (notadamente de táxis) e;
- exige constante fiscalização para evitar a invasão da faixa pelos demais veículos e o estacionamento irregular.

Ao se posicionar as faixas exclusivas no fluxo na parte central da via, verificam-se as seguintes desvantagens:

- as vias precisam ter largura suficiente para acomodar a faixa exclusiva, uma plataforma para embarque e desembarque de passageiros e a(s) faixa(s) destinada(s) aos demais tipos de veículos;
- problema de segurança na travessia da via pelos passageiros que embarcam ou desembarcam na plataforma, sendo necessária, às vezes, a implantação de sinalização semafórica para a travessia dos mesmos, o que pode prejudicar a fluidez dos veículos na via e;

- exige obras devido à necessidade da construção de ilhas que servirão de plataforma para o embarque e desembarque de passageiros (CET, 1982).

Faixa exclusiva de ônibus no contrafluxo

Segundo a CET (1982), consiste em uma faixa de tráfego reservada ao uso dos ônibus, na qual estes circulam em sentido oposto ao do fluxo normal de tráfego da via.

Vantagens/Benefícios

Os benefícios advindos da implantação de faixa exclusiva no contrafluxo dividem-se nas mesmas categorias da implantação de faixa exclusiva no fluxo. Além disso, as faixas exclusivas no contrafluxo apresentam a vantagem de serem respeitadas pelos condutores de veículos que trafegam no fluxo normal da via, não havendo necessidade de fiscalização rígida e permanente, como é o caso das faixas no fluxo.

Desvantagens/Problemas

Os principais problemas que surgem ao se implantar a faixa exclusiva no contrafluxo são os seguintes:

- aumento do índice de acidentes, envolvendo ônibus e pedestres ao longo da faixa, e ônibus e demais veículos junto a interseções;
- eventual necessidade de se implantar sinalização semafórica ou introduzir fase adicional na sinalização semafórica existente, em função do novo sentido de circulação implantado e;

- defeito mecânico que determine o estacionamento do ônibus na faixa, implicando na sua ultrapassagem pela faixa de sentido de circulação contrário.

Algumas desvantagens da implantação dessa faixa podem ainda ser citadas:

- a impossibilidade de parada ou estacionamento no lado esquerdo da via, dificultando assim a operação de carga e descarga e;
- a redução da capacidade da via pela utilização de uma faixa de tráfego, para a circulação dos ônibus em sentido contrário ao do fluxo normal.

É imprescindível que a faixa exclusiva seja respeitada e que o policiamento seja efetivo. Do contrário, ela perde sua função, seus benefícios diminuem e é prejudicada sua credibilidade perante o público (CET, 1982).

Segundo FERRAZ (1997), um ponto importante na implementação das medidas de priorização dos ônibus nas vias é a sinalização adequada, tanto vertical como horizontal. A sinalização horizontal deve prever, inclusive, a utilização de tachões ou outro tipo de material na separação das faixas exclusivas. Também são importantes, sobretudo quando o movimento desses veículos é realizado no contrafluxo, a sinalização para pedestres da existência de faixas exclusivas para ônibus e a implantação de gradis, floreiras e dispositivos de bloqueio para impedir a travessia destes ao longo da faixa.

Segundo a CET (1980), os métodos normalmente utilizados para separar as faixas exclusivas de ônibus do tráfego geral, em muitas cidades européias, constituem-se simplesmente na pintura de faixas com tinta branca no asfalto, às vezes seguidos de placas com dizeres apropriados.

Chicago e Madison nos EUA, Londres e Lille na França têm avenidas onde a faixa exclusiva é separada do restante do asfalto por meios-fios interrompidos nos cruzamentos.

Em algumas faixas exclusivas de ônibus, operadas somente em horas de pico, nos EUA, cones de tráfego removíveis são colocados diariamente antes do início da operação da faixa e retiradas no final do período de pico. A colocação e retirada dos cones é feita por um funcionário em um caminhão.

Medidas ainda mais drásticas têm sido adotadas. Em uma avenida de Los Angeles foram colocados cones de tráfego permanentes. Meios-fios não muito baixos, a ponto de não poderem ser cruzados por automóveis e motocicletas, são empregados em avenidas da Itália, Alemanha Ocidental e da França (CET, 1980).

4.4. Operação em faixas segregadas (canaletas)

Segundo a CET (1982), a faixa segregada ou pista exclusiva (canaleta) é uma parcela da via, delimitada por obstáculos físicos intransponíveis, destinada ao uso exclusivo de ônibus. As pistas exclusivas geralmente são implantadas na parte central da via, contendo ambos os sentidos de circulação dos ônibus. Na Itália, Alemanha Ocidental, nos Estados Unidos e em Curitiba no Brasil, há igualmente muitos exemplos de canaletas para ônibus construídas no meio das avenidas.

Em alguns casos, dadas as características peculiares do uso do solo, das condições físicas da via e da operação do tráfego, ou ainda das características de operação dos ônibus, podem ser implantadas canaletas do lado direito ou esquerdo da via.

As faixas segregadas para os ônibus apresentam características bastante semelhantes às faixas exclusivas, ressalvado o fato de determinar uma segregação física mais eficiente do fluxo de ônibus em relação aos demais veículos.

Um dos critérios para a adoção de pista exclusiva baseia-se, portanto, na necessidade de se garantir que o espaço viário destinado aos ônibus não seja utilizado pelos demais veículos, independente de fiscalização rígida.

Outro fator a ser considerado é a disponibilidade de largura suficiente da via para a construção da pista exclusiva, sem que isso implique em condições indesejáveis de congestionamento para os outros veículos (CET, 1982).

A seguir são apresentadas as vantagens/benefícios e as desvantagens/problemas da implantação de faixas segregadas para ônibus no espaço viário.

Vantagens/Benefícios

A implantação de pistas exclusivas traz os benefícios de:

- redução do tempo de viagem;
- obtenção de uma frequência regular de ônibus;
- racionalização do uso da frota;
- melhoria das condições de atendimento dos usuários e;
- melhoria das condições de conforto.

Além desses benefícios, a implantação de pista exclusiva apresenta as seguintes vantagens:

- devido à existência de separação física entre o fluxo dos ônibus e o dos demais veículos, verifica-se um alto grau de obediência à regulamentação de uso, tanto da pista destinada aos ônibus quanto daquela(s) destinada(s) aos outros veículos;
- possibilita, devido à efetiva e permanente segregação dos ônibus em relação aos outros veículos, a adoção de sistemas mais sofisticados de operação dos ônibus;
- não necessita de rigorosa fiscalização e;
- possibilita, quando localizada na parte central da via, a organização de áreas para o embarque e desembarque de passageiros, para a operação de carga e descarga de mercadorias, bem como para o estacionamento de veículos.

Desvantagens/Problemas

Um dos problemas que surge próximo a pistas exclusivas é aquele representado pela travessia de pedestres junto aos pontos de embarque e desembarque. Outro problema é a quebra de ônibus em canaletas que não possuem acostamento ou faixa destinada à ultrapassagem e nas quais circule elevado volume de ônibus.

Como desvantagens, as pistas exclusivas apresentam as seguintes:

- custo elevado de implantação, quando comparado ao das faixas exclusivas e;
- dificuldades de acesso a garagens e estacionamentos e de operação da carga e descarga, quando implantada em qualquer um dos lados da via.

Segundo a CET (1992), a mais eficiente medida de priorização está na segregação dos ônibus, sob a forma de pistas exclusivas, garantindo assim a exclusividade para a circulação e acesso a esse transporte.

4.5. Considerações sobre a capacidade e a velocidade comercial

Segundo CAMPOS & SZASZ (1996), a capacidade de uma faixa exclusiva de ônibus varia de 5.500 pass/hora (ou menos, se houver interferências) até cerca de 80.000 pass/hora. Esses autores afirmam também que as vantagens do sistema sobre pneus resultam numa relação benefício/custo muito superior a de um VLT.

Segundo ARMSTRONG-WRIGHT^{4.2} apud BALASSIANO (1995), os sistemas de transporte público por ônibus podem atingir uma série de capacidades dependendo do tamanho do ônibus e do tipo de operação. Um corredor de ônibus operando com ônibus de tamanho padrão (capacidade para 80 passageiros aproximadamente) em tráfego misto é capaz de transportar 10.000 passageiros por hora por faixa. BALASSIANO (1995) considera que, ônibus maiores (capacidade de 120 passageiros aproximadamente), em operação no mesmo corredor, são capazes de transportar 15.000 passageiros por hora. A velocidade do trajeto no tráfego misto, incluindo pontos de parada e semáforos, está por volta de 12 km/h. O volume de passageiros nestes corredores pode ser aumentado com o uso de várias faixas na mesma via. Em Bogotá na Colômbia, foram registrados volumes de passageiros por ônibus entre 25.000 e 30.000 por hora em uma direção.

^{4.2} ARMSTRONG-WRIGHT, A. (1986) *Urban Transport Systems – Guidelines for Examining Options*. World Bank Technical Paper Number 52, Urban Transport Series, Washington, D.C.. apud BALASSIANO, R. (1995) . *The Future of the Urban Bus*. London. 342p. PhD Thesis – University of Westminster.

Também para aumentar a velocidade e a capacidade nos corredores, têm sido utilizada a operação de ônibus em comboios ordenados. Com a simultaneidade das operações de embarque e desembarque nos pontos de parada, é possível aumentar substancialmente o volume horário de veículos que pode passar no corredor. No caso de linhas com diferentes destinos passando pelo mesmo corredor, é empregado o sistema de comboios conforme o destino. O número de unidades nos comboios varia normalmente de 2 a 4, embora em São Paulo já se tenha operado com até 8 ônibus em comboios ordenados (sistema COMONOR – Comboio de Ônibus Ordenados) (FERRAZ, 1998).

Racionalizando-se a operação, criando-se linhas troncais, adotando-se medidas que dêem prioridade para o tráfego de ônibus e utilizando-se veículos adequados a um custo muito inferior ao de outras tecnologias, é possível atender a demandas de passageiros consideravelmente altas. Teoricamente, chega-se a transportar 28.000 passageiros por hora e sentido, operando-se com comboio de ônibus articulados com intervalos de 20 segundos e em faixas segregadas, com um número reduzido de paradas (MERCEDES-BENZ, 1987).

Em Curitiba, por exemplo, um ônibus comum de 12 metros pode carregar aproximadamente 1000 passageiros por dia. Operando em canaletas exclusivas, o mesmo ônibus pode levar até 1800 passageiros. Utilizando-se os bi-articulados, a capacidade aumenta para 2500 e, se a passagem for paga antes do embarque, mais de 3200 passageiros poderão ser transportados. Finalmente, se for utilizado um veículo bi-articulado, paralelamente a um sistema de controle de tráfego inteligente, a capacidade chega a 4000 passageiros por dia (VOLVO, 1998a).

Os ônibus bi-articulados que operam, em Curitiba, na canaleta do Boqueirão, chegam a transportar diariamente 115.000 passageiros. A outra

linha Norte-Sul, corredor que corta diametralmente o centro de Curitiba, transporta hoje cerca de 250.000 passageiros por dia com 66 ônibus bi-articulados (em substituição aos 134 veículos, 87 articulados e 47 padron, em operação anteriormente) e o conceito do bi-articulado é calculado para atender à demanda dos próximos 15 anos, mesmo que os valores atuais dobrem.

Ao longo dessas linhas (Boqueirão e Norte-Sul), a velocidade de operação é mantida através de uma moderna sinalização de tráfego, cujos semáforos são ajustados para facilitar a passagem dos ônibus, através do uso de detetores instalados na pista, garantindo prioridade nas horas de maior congestionamento de tráfego. Com esse tipo de tecnologia, a velocidade comercial do bi-articulado sobe dos 20 km/h atuais, no corredor do Boqueirão, para quase 23 km/h na linha Norte-Sul (VOLVO, 1998a).

Cidades como Porto Alegre, São Paulo, Goiânia e Belo Horizonte possuem frotas de ônibus articulados operando em canaletas (segregação total) e em corredores dotados de faixas exclusivas (separação parcial do tráfego geral) para aumentar a velocidade e a capacidade desse modo de transporte.

Deve-se lembrar que o espaçamento dos pontos de parada influencia na velocidade comercial da linha, no consumo de combustível dos veículos, no número de veículos em operação e nos custos operacionais do sistema que, em última análise, determinarão a tarifa aos seus usuários.

Devido a sua grande influência no valor da velocidade operacional dos ônibus, VUCHIC (1981) considera que as distâncias entre pontos de ônibus deveriam ser entre 400 e 600 metros. Já o manual da MERCEDES-BENZ (1987) aponta que deveriam ser entre 300 e 800 metros. E por fim, do ponto de vista do sistema viário, a ANTP (1995) considera, para operações em

corredores de transporte, distanciamentos de 300 a 500m entre os pontos de parada.

A prática do emprego de bilhetagem fora do veículo em estações apropriadas reduz significativamente o tempo perdido nas operações de embarque e desembarque dos passageiros, sobretudo se a plataforma estiver no mesmo nível do piso dos ônibus, evitando, assim, que os usuários tenham que subir ou descer degraus. O sistema de bilhetagem fora do veículo com o emprego de estações tubulares é largamente utilizado na cidade de Curitiba.

Outras práticas para priorizar o transporte coletivo por ônibus que têm sido empregadas são: alocação dos tempos de verde dos semáforos com base no número de passageiros, coordenação de semáforos consecutivos com base na velocidade dos coletivos e implementação de sistema de acionamento à distância dos semáforos pelos ônibus (FERRAZ, 1998).

5. ANÁLISE TÉCNICA DO DESEMPENHO DOS ÔNIBUS URBANOS

Este capítulo apresenta os seguintes gráficos: área consumida por lugar ofertado (sentado e em pé) para os diversos tipos de ônibus, capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalos entre atendimentos de 2,5, 5, 10, 20, 30 e 60 minutos e área consumida por passageiro x volume transportado para os mesmos intervalos entre atendimentos.

Os parâmetros envolvidos nos cálculos da capacidade de transporte, da área consumida por lugar ofertado e por passageiro transportado são os seguintes:

- D: volume de passageiros na seção crítica (pass/h);
- V: volume total de passageiros por sentido (pass/h/sentido);
- R: índice ou fator de renovação;
- P: capacidade do veículo de transporte (pass/veíc);
- T: tempo de ciclo (min);
- Q: fluxo de veículos para atender a demanda (veíc/h);
- H: intervalo entre atendimentos ou entre veículos (min/veíc);
- F: número de veículos necessários na frota (veíc);
- A: área ocupada por veículo (m^2 /veíc);
- S: área ocupada pela frota (m^2 /frota);
- X: área consumida por lugar ofertado (m^2 /lugar);
- L: comprimento do veículo (m);

- Y: área consumida por passageiro (m²/pass).

Nas determinações da capacidade de transporte, da área consumida por lugar ofertado e por passageiro transportado são utilizadas as seguintes expressões:

$$Q = 60 / H \quad (5.1)$$

$$D = Q \times P \quad (5.2)$$

$$V = D \times R \quad (5.3)$$

$$F = T / H \quad (5.4)$$

$$A = 3,5 \times (L + 8) \quad (5.5)$$

$$S = F \times A \quad (5.6)$$

$$X = A / P \quad (5.7)$$

$$Y = S / V \quad (5.8)$$

Foram adotados nos cálculos T = 60 minutos e R = 3.

Os valores de P e L admitidos para os diversos tipos de ônibus encontram-se no quadro 5.1.

QUADRO 5.1 Valores de P e L para os diversos tipos de ônibus.

Tipo de ônibus	Microônibus	Ônibus comum	Padron	Articulado padron	Bi-articulado padron
P (pass/veíc)	40	100	100	170	240
L (m)	7,0	12,0	12,0	18,0	24,0

No cálculo da área ocupada pelo veículo em movimento na via, foi considerada uma faixa de rolamento de 3,5m de largura e a ocupação de um espaço longitudinal igual ao comprimento do veículo (L) mais 8,0m (4,0m atrás e 4,0m na frente). A figura 5.1 ilustra o fato.

FIGURA 5.1 Área ocupada pelo veículo em movimento na via.

A figura 5.2 mostra o gráfico da área consumida por lugar ofertado para os diversos tipos de ônibus.

FIGURA 5.2 Área consumida por lugar ofertado para os diversos tipos de ônibus.

As figuras 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 e 5.8 mostram, respectivamente, os gráficos da capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalos entre atendimentos de 2,5, 5, 10, 20, 30 e 60 min.

Para os mesmos intervalos, as figuras 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13 e 5.14 mostram os gráficos da área consumida por passageiro x volume transportado por sentido.

FIGURA 5.3 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre atendimentos de 2,5 min.

FIGURA 5.4 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre atendimentos de 5 min.

FIGURA 5.5 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre atendimentos de 10 min.

FIGURA 5.6 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre atendimentos de 20 min.

FIGURA 5.7 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre atendimentos de 30 min.

FIGURA 5.8 Capacidade de transporte x tipo de ônibus para intervalo entre atendimentos de 60 min.

FIGURA 5.9 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 2,5 min.

FIGURA 5.10 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 5 min.

FIGURA 5.11 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 10 min.

FIGURA 5.12 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 20 min.

FIGURA 5.13 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 30 min.

FIGURA 5.14 Área consumida por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 60 min.

6. ANÁLISE ECONÔMICA DO DESEMPENHO DOS ÔNIBUS URBANOS

6.1. Custos de operação do transporte coletivo urbano por ônibus

Os custos operacionais dos ônibus podem ser divididos em dois grupos: fixos e variáveis.

Custo variável

É a parcela do custo operacional que mantém relação direta com a quilometragem percorrida, ou seja, sua incidência só ocorre quando o veículo está em operação. Esse custo, expresso em unidade monetária por quilômetro (R\$/km), é constituído pelas despesas com consumo de combustível, de lubrificantes, de rodagem e de peças e acessórios.

O valor de cada parcela do custo variável é o resultado do produto do preço unitário de cada componente pelo seu respectivo coeficiente de consumo. No caso específico da planilha GEIPOT (1996), esse coeficiente é representado pelo índice que expressa o consumo do insumo por quilômetro percorrido.

Os coeficientes de consumo estão sujeitos à modificações em função das características de cada área urbana e de seus sistemas de transporte coletivo (GEIPOT, 1996).

a) Combustível

Corresponde ao gasto com a energia que movimenta o veículo: óleo diesel, gasolina, álcool, gás, energia elétrica, entre outros.

O consumo médio de combustível (quantidade por quilômetro) depende de diversos fatores: tipo de ônibus, características topográficas da cidade, porcentagem do percurso realizado em vias não revestidas, condições de trânsito da cidade, distância média entre paradas, quantidade de semáforos e vias preferenciais cruzadas pelos ônibus, idade da frota, estado de manutenção dos ônibus, qualidade dos motoristas, etc.

Desta forma, o valor do consumo médio de combustível varia de cidade para cidade e de empresa para empresa, devendo ser investigado em cada caso para um cálculo preciso. Contudo, como a amplitude de variação do consumo não é grande, pode-se, na ausência de dado específico, utilizar um valor aproximado (FERRAZ & ZANELLA, 1992).

b) Lubrificantes

No caso dos ônibus diesel, o gasto com lubrificantes inclui o óleo do motor, óleo da caixa de marcha, óleo de diferencial, fluido de freio e graxa, os quais variam em função dos mesmos parâmetros e procedimentos do item combustível. Assim, é sempre recomendável a obtenção de dados específicos para cada cidade ou empresa. No entanto, se essas informações não estão disponíveis, pode-se adotar dados aproximados para o cálculo do custo (FERRAZ & ZANELLA, 1992).

Em relação ao consumo, algumas planilhas consideram cada um dos componentes do item lubrificantes, enquanto outras, como as do GEIPOT

(1996) e da NTU (1993), consideram um valor equivalente em combustível (ROCHA, 1996).

c) Rodagem

Este item de custo é composto por pneus, câmaras-de-ar, protetores e reformas (recapagem e/ou recauchutagem).

Como uma mesma empresa, ou cidade, pode utilizar diferentes pneus no tocante ao tipo e à dimensão, o cálculo preciso do gasto com rodagem exige a determinação do custo para cada espécie de pneu, e a posterior ponderação dos valores em função da porcentagem de cada espécie utilizada. Vale ressaltar que, a rigor, cada espécie de pneu apresenta preço e consumo diferenciados, inclusive no que se refere aos itens complementares (câmara, protetor e recapagem).

Como os índices de consumo da rodagem – sobretudo de pneu e reforma – dependem do tipo e estado da superfície das vias utilizadas, da sistemática de manutenção das empresas, das características topográficas da cidade, etc., é recomendável a determinação de índices específicos para cada caso. Na ausência dessas informações, pode-se usar valores aproximados para o cálculo (FERRAZ & ZANELLA, 1992).

d) Peças e Acessórios

O consumo de peças e acessórios é influenciado diretamente pela quantidade de quilômetros rodados, pelo regime de operação, topografia, clima e também pelo modo como o motorista conduz o veículo. Além do mais, por compreender uma grande variedade de componentes com os mais diversos tempos de vida útil, é de difícil mensuração. Apesar disso, recomenda-se que

seja determinado o consumo efetivo de peças e acessórios em cada local, por meio de pesquisa, que deve se prolongar pelo período de tempo necessário (no mínimo 12 meses) para abranger o comportamento das peças de longa duração (GEIPOT, 1996).

Ressalta-se que o item peças e acessórios é tratado na planilha EBTU/GEIPOT (1982) como integrante do custo fixo. As planilhas GEIPOT (1994), ANTP (1990) e NTU (1993), apesar de considerarem este item como integrante do custo variável, o tratam como se fosse fixo, pois não consideram a influência da idade do veículo em seu consumo (ROCHA, 1996).

Custo fixo

É a parcela do custo operacional que não se altera em função da quilometragem percorrida, ou seja, os gastos com os itens que compõem esse custo ocorrem, em princípio, mesmo quando os veículos não estão operando. Expresso em unidade monetária por mês (R\$/mês), é constituído pelos custos referentes à depreciação, à remuneração do capital, à despesas com pessoal (salários e encargos) e à despesas administrativas (ROCHA, 1996).

Para a obtenção da despesa mensal correspondente ao custo fixo, deve-se multiplicar as parcelas relativas à depreciação, à remuneração do capital e à despesas administrativas pela frota total, e a parcela referente à despesas com pessoal, pela frota operante.

e) Depreciação

Segundo FERRAZ (1998), a depreciação corresponde à perda de valor de um bem ao longo do tempo, resultante do desgaste pelo uso e ação da

natureza, mais a obsolescência tecnológica. Os bens naturais, como terrenos por exemplo, não estão sujeitos à depreciação.

Para efeito do cálculo do custo de operação do transporte público por ônibus, são consideradas a depreciação dos veículos que compõem a frota e a depreciação de máquinas, instalações e equipamentos.

Para calcular a depreciação do veículo, deve-se levar em consideração a vida útil do veículo e o valor residual.

A vida útil do veículo indica a época em que este deve ser substituído e está relacionada às características construtivas e operacionais do veículo (tecnologia empregada). A infra-estrutura viária, condições climáticas e pluviométricas, topografia e qualificação da mão-de-obra também influem para acelerar ou retardar o desgaste dos veículos.

A planilha GEIPOT (1996) recomenda a adoção da vida útil de sete anos para veículos leves (ônibus convencionais, alongados e monoblocos por exemplo), de dez anos para veículos pesados (ônibus padron) e de doze anos para veículos especiais (ônibus articulados).

O valor residual do veículo é o preço de mercado que ele alcança ao atingir o final de sua vida útil. Cada modelo de veículo tem um valor residual, também em face da tecnologia empregada na sua fabricação. O valor residual somado à parcela depreciada deve propiciar ao operador condições de substituição do veículo. A planilha GEIPOT (1996) recomenda a adoção de valores residuais de 20% para veículos leves, de 15% para os pesados e de 10% para os especiais.

Existem diversos métodos de cálculo do custo de depreciação. Os mais usuais são o Método Linear e o Método da Soma dos Dígitos Decrescentes (Método de Cole ou Método da Soma dos Anos Decrescentes ou ainda Método da Soma dos Dígitos Inversos) (ROCHA, 1996).

O Método Linear admite que a perda de valor do bem é constante no tempo, sendo a curva de depreciação uma linha reta. Nesse caso, o custo anual da depreciação tem sempre o mesmo valor ao longo da vida útil do bem. A depreciação anual por este método é calculada através da fórmula (6.1):

$$Da = (Vn - Vr) / n \quad (6.1)$$

Onde, Da: depreciação anual, Vn: valor do veículo novo sem rodagem, Vr: valor residual e n: vida útil adotada.

A depreciação linear dos ônibus é adotada em diversos métodos de cálculo de custos e tarifas.

O Método da Soma dos Dígitos Decrescentes considera que o veículo deprecia aceleradamente nos primeiros anos de vida útil. Este método é o que melhor representa a realidade do mercado. Os fatores de depreciação anual por este método são obtidos através da fórmula (6.2):

$$DA_{j, \text{o ano}} = VD \times (n - j + 1) / SD \quad (6.2)$$

Onde, $DA_{j, \text{o ano}}$: valor da depreciação anual para o ano j, VD: valor depreciável, n: vida útil, j: limite superior da faixa etária e SD: soma dos dígitos (anos) correspondentes à vida útil.

f) Remuneração

Segundo ORRICO FILHO(1995), a remuneração equivale ao pagamento de juros sobre o investimento ainda não depreciado. A determinação do valor da taxa de remuneração é produto da definição do ganho no setor. Portanto, corresponde – sob uma taxa pré-determinada – à remuneração sobre o capital que ainda está imobilizado em veículos, equipamentos, instalações e mesmo sobre o material estocado no almoxarifado.

A taxa de remuneração do capital normalmente utilizada no setor de transporte urbano no Brasil é de 12% ao ano (FERRAZ, 1998).

Em relação ao cálculo da remuneração de máquinas, instalações e equipamentos, admite-se o valor anual do capital imobilizado neste item correspondente a 4% do preço de um veículo novo completo, para cada veículo da frota. No cálculo da remuneração do capital imobilizado em almoxarifado, admite-se o valor anual do capital investido correspondente a 3% do preço de um veículo novo completo, para cada veículo da frota (GEIPOT, 1996).

O custo de capital (depreciação e remuneração) também pode ser calculado conjuntamente através da expressão (6.3):

$$\text{CAP} = \frac{[\text{PON} \times (1 + \text{TJR})^{\text{VUT}} - \text{RES}] \times [\text{TJR} / ((1 + \text{TJR})^{\text{VUT}} - 1)] \times \text{NOF}}{\text{FCI}} \quad (6.3)$$

Onde, CAP: custo médio mensal de capital (R\$/mês), PON: preço do ônibus novo (R\$/ônibus), TJR: taxa de juros mensal nas aplicações de longo prazo livre de risco (-/mês), RES: valor residual dos ônibus no final da vida útil (R\$/ônibus), VUT: vida útil dos ônibus (meses), NOF: número de ônibus na frota

(ônibus) e FCI: fator do capital adicional (instalações, máquinas, equipamentos, veículos de apoio, almoxarifado, etc).

g) Pessoal

Este item engloba todas as despesas relativas à mão-de-obra e é constituído pelas despesas com pessoal de operação, de manutenção, de administração, benefícios e remuneração da diretoria assalariada (GEIPOT, 1996).

A mão-de-obra no transporte público urbano envolve os motoristas, cobradores, despachantes, funcionários de manutenção, da administração e da fiscalização. As despesas com pessoal de operação, manutenção e administração envolvem gastos mensais com a folha de pagamentos e o recolhimento dos tributos incidentes sobre os salários de responsabilidade da empresa (FERRAZ, 1998).

Em relação às despesas com pessoal de operação, o valor da despesa mensal é resultado da multiplicação do salário mensal referente a cada uma das categorias, acrescido dos encargos sociais, pelo respectivo fator de utilização. Esse fator corresponde à quantidade de trabalhadores, por categoria, necessária para operar cada veículo da frota. Tendo em vista que alguns encargos são baseados em dados estatísticos, recomenda-se determiná-los de acordo com a realidade local.

As despesas com pessoal de manutenção e administrativo são vinculadas às despesas com pessoal de operação (GEIPOT, 1996).

Os benefícios são custos indiretos de pessoal e incluem auxílio-alimentação, cesta básica, uniforme, convênio médico e outros, que deverão

ser agregados ao custo da mão-de-obra. Porém, não devem ser vinculados aos salários, pois sobre eles não incidem os encargos sociais. Vale ressaltar que só devem ser considerados no cálculo tarifário os benefícios decorrentes de decisão judicial ou que tenham sido autorizados pelo poder concedente.

Considera-se como remuneração da diretoria ("pro labore") a retirada mensal efetuada pelos proprietários das operadoras que efetivamente exercem função de direção. Estes custos diferem das demais despesas de pessoal por não sofrerem incidência de encargos sociais. O valor a ser considerado no cálculo tarifário deve ser condicionado à aprovação do órgão de gerência local e compatível com os salários praticados na localidade (GEIPOT, 1996).

h) Administração

São consideradas como despesas administrativas os seguintes itens: material de expediente, impostos e taxas de pequena monta, energia elétrica, água, telefone, aluguéis, despesas das instalações e imóveis, seguro obrigatório, IPVA e seguro de responsabilidade civil.

O valor referente ao seguro obrigatório é o mesmo para todos os veículos e o referente ao IPVA deverá ser apropriado pelo total pago por todos os veículos.

O seguro de responsabilidade civil representa uma cobertura, às operadoras, na ocorrência de acidentes de sua responsabilidade (GEIPOT, 1996).

j) Lucro

Partindo-se do princípio de que a metodologia de cálculo tarifário é baseada em custos médios, estimados para um grupo de empresas operadoras, fica claro que a empresa que administrar melhor os seus custos, poderá enfrentar gastos reais menores aos considerados no cálculo tarifário, obtendo assim receita adicional. A sistemática de cálculo da tarifa única não exprime o custo real de cada empresa operadora, e sim o custo médio estimado de todo o sistema.

A margem de lucro do setor aparece através do diferencial entre o “custo real” da operação do sistema (e de cada empresa tomada individualmente) e o “custo médio” imputado aos cálculos tarifários através da planilha de custos operacionais (GOMIDE, 1992).

Segundo FERRAZ (1997), a taxa de lucratividade se justifica pelo risco associado ao investimento no projeto. Como o serviço de transporte público é considerado uma atividade livre de risco, a taxa de lucratividade deve ser baixa.

Existe uma corrente de pensamento que acha que a taxa de lucratividade deve ser zero, por duas razões. Primeiro, por entender que tendo o seu capital remunerado com a taxa livre de risco do mercado e tendo um “pro labore” (retirada) alta por seu trabalho na empresa, os proprietários já estariam bem remunerados. Segundo, os índices de consumo utilizados no cálculo da tarifa são em geral superestimados, bastando a empresa ter eficiência para obter índices menores e, assim, ter lucro.

Parece mais razoável, contudo, utilizar índices mais próximos da realidade, limitar a remuneração dos proprietários a valores racionais e estabelecer uma taxa de lucratividade. Pelo menos o processo será mais

transparente. Valores da lucratividade entre 2% e 6% parecem razoáveis, dependendo da situação (FERRAZ, 1997).

Aos custos operacionais do sistema de transporte público urbano por ônibus deve ser agregado o lucro do serviço. O lucro pode ser calculado aplicando-se sobre o capital da empresa (ônibus, instalações, máquinas, equipamentos e almoxarifado) a taxa de lucratividade. Sob a ótica dos usuários, o lucro constitui um custo fixo mensal, pois também deve ser pago por eles.

Cabe recordar que a taxa de rentabilidade total da empresa é a soma da taxa de juros livre de risco mais a taxa de lucratividade.

j) Tributos

Todos os tributos (impostos, contribuições e taxas) que incidem sobre a receita operacional das empresas operadoras devem ser incluídos na planilha de custos. Os principais tributos incidentes sobre a atividade são: Imposto Sobre Serviços (ISS), Contribuição Social sobre o Faturamento (COFINS), Programa de Integração Social (PIS) e Taxa de Gerenciamento (TG). A alíquota do COFINS é 3% e a do PIS é 0,65%, ambos incidentes sobre a receita. Quanto ao ISS e à Taxa de Gerenciamento, devem-se aplicar as alíquotas cobradas nos respectivos municípios (GEIPOT, 1996).

Custo unitário e tarifa

Segundo FERRAZ (1997), o custo unitário do serviço de transporte público é obtido rateando-se o custo total entre os passageiros que utilizam o sistema.

A tarifa é o preço cobrado dos usuários pelo transporte que, em tese, deveria suprir todos os custos do operador mais uma remuneração adequada.

Em vista da relevância social do transporte público urbano, muitas vezes é fixado um valor para a tarifa abaixo do custo unitário, sendo parte da mesma subsidiada pelo poder público. Este subsídio pode ser realizado por transferência direta de dinheiro para as empresas operadoras ou indiretamente através da eliminação de impostos e taxas.

No Brasil, os usuários dos modos metrô e trem de subúrbio são subsidiados, em geral, pelo governo por meio de recursos do orçamento público, transferidos às empresas operadoras sem critérios muito firmes de vinculação à escala e qualidade dos serviços prestados (BARAT, 1991).

Os sistemas de ônibus operados por empresas privadas não são, em geral, subsidiados, devendo o custo total do serviço ser coberto pela tarifa paga pelos usuários.

6.2. Métodos de cálculo do custo operacional e da tarifa dos ônibus

Breve histórico

Diversos métodos de cálculo dos custos e da tarifa de sistemas de transporte público urbano por ônibus têm sido utilizados no país.

Até 1981, o método oficial de cálculo da tarifa do transporte coletivo por ônibus no Brasil era o estabelecido pelo Conselho Interministerial de Preços do Governo Federal (método do CIP), que era o órgão responsável pela aprovação

das solicitações de majoração de tarifas do transporte público urbano em todas as cidades do país.

No desempenho de suas funções, o CIP definiu métodos de cálculo tarifário, estabeleceu planilha básica, fixou parâmetros e coeficientes e, aparentemente, buscou assegurar níveis de remuneração satisfatórios aos operadores de transporte por ônibus.

Em 1982, com o agravamento da situação econômica do país seguida de elevações nos preços do óleo diesel e das tarifas, a responsabilidade da aprovação de aumentos de tarifas do transporte coletivo urbano passou a ser dos governos municipais. Para auxiliar os municípios no cálculo da tarifa dos sistemas de ônibus urbanos, o Ministério dos Transportes, através da Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos (EBTU) e da Empresa Brasileira de Planejamento dos Transportes (GEIPOT), editou o manual EBTU/GEIPOT denominado: "Instruções Práticas para Cálculo de Tarifas de Ônibus Urbanos". Os parâmetros e coeficientes foram estabelecidos como limites que poderiam ser adotados na falta de dados específicos. O manual proporcionava a execução do cálculo tarifário por linha, empresa ou área de operação, onde estariam concentradas uma ou mais empresas. Segundo pesquisa feita pela ANTP (1993), cerca de 61% dos municípios brasileiros adotaram o manual EBTU/GEIPOT como planilha-base para efetuar o cálculo tarifário (FERRAZ, 1998).

Este manual foi utilizado durante longo tempo em praticamente todas as cidades do país, com exceção de algumas capitais que desenvolveram métodos próprios mais adequados às suas realidades, como por exemplo São Paulo e Curitiba.

Em 1990, o manual publicado pela ANTP, denominado “Cálculo de Tarifas de Ônibus Urbano”, fundamentou-se no elaborado pelo EBTU/GEIPOT. Nesse sentido, como não foi realizada nenhuma pesquisa em nível nacional, os coeficientes básicos adotados para a determinação dos custos não sofreram alterações (ROCHA, 1996).

Em 1991, o Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da USP publicou o método DETESC para cálculo e gerenciamento da tarifa dos ônibus nas cidades médias e pequenas. Os objetivos eram: ter um método de cálculo mais realista e atualizado para a situação dessas cidades e, considerando a ocorrência de altas taxas de inflação na época, propor um método de gerenciamento dos valores da tarifa. A simples determinação do valor da tarifa e a sua colocação em vigor eram insuficientes, sob inflação muito alta, para controlar a rentabilidade das empresas operadoras. Uma 2ª edição desse método foi lançada em 1992, visando corrigir alguns problemas detectados na 1ª edição (FERRAZ, 1998).

Em 1993, a ANTP editou uma publicação com o título: “Coeficientes de Consumo de Ônibus Urbano para Cálculo Tarifário”. O objetivo era fornecer valores atualizados do consumo médio de vários insumos, tendo em vista o desenvolvimento tecnológico e as alterações introduzidas na legislação trabalhista e tributária. Algumas conclusões apontadas por essa publicação podem ser citadas:

- Cerca de 15% das cidades brasileiras solicitavam das empresas operadoras os coeficientes a serem utilizados no cálculo tarifário;
- Grande variação dos coeficientes utilizados entre uma cidade e outra;
- Cerca de 75% das cidades adotavam o método da soma dos dígitos inversos para o cálculo de custo de capital e;

- Cerca de 95% das cidades adotavam a taxa de 12% ao ano para a determinação do custo de capital.

Ainda em 1993, foi lançada a planilha de cálculo tarifário elaborada pela Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos – NTU. Esta planilha considerou as alterações legislativas e tributárias, leis econômicas e de mercado, necessidade da administração científica das empresas e a responsabilidade civil da atividade. Além de apresentar coeficientes, índices e parâmetros para o cálculo tarifário, a planilha da NTU apresentou a importância dos dados operacionais na determinação do custo de serviço e análises da forma de obtenção do valor dos insumos utilizados (ROCHA, 1996).

Em 1994, o Ministério dos Transportes, através do GEIPOT (a EBTU foi extinta pelo Governo Federal), publicou uma versão atualizada do manual EBTU/GEIPOT de 1982, intitulado: “Cálculo de Tarifas de Ônibus Urbanos – Instruções Práticas Atualizadas”. Este método considerou três tipos de veículos: *veículo leve*, com potência do motor de até 200HP (os ônibus convencionais, alongado e monobloco por exemplo); *veículo pesado*, com potência do motor acima de 200HP (como o ônibus padron, com 2 ou 3 portas) e *veículo especial*, com potência do motor também acima de 200HP (como o ônibus articulado). O cálculo era feito a partir da ponderação dos diferentes preços dentre eles.

Uma 2ª edição desta publicação foi lançada em junho de 1996. Esse método é o mais utilizado no país atualmente (FERRAZ, 1997).

Segundo FERRAZ (2000), um outro método denominado Leonês, desenvolvido para a cidade de León-México e que é utilizado neste trabalho para avaliar os custos de operação dos diversos tipos de ônibus urbanos, é detalhado em seguida. Este método pode ser aplicado para o cálculo dos

custos operacionais dos vários tipos de ônibus urbanos, permitindo ampliar a vida útil dos veículos.

6.3. O método Leonês

1. Custo de combustível

O gasto mensal com combustível (óleo diesel, gasolina, álcool, etc.) é calculado através da fórmula (6.4):

$$\text{COM} = \text{CON} \times \text{PCO} \times \text{PMF} \quad (6.4)$$

Onde, COM: custo mensal de combustível (R\$/mês), CON: consumo de combustível (l/km), PCO: preço do combustível (R\$/l) e PMF: percurso mensal da frota (km/mês).

Como o consumo médio de combustível depende dos fatores já citados anteriormente, seu valor varia de cidade para cidade e de empresa para empresa, devendo ser pesquisado em cada caso para um cálculo preciso.

Em geral, os seguintes intervalos de variação do consumo de combustível para os vários tipos de ônibus diesel são verificados na prática: microônibus = 0,27 – 0,34l/km, ônibus convencional (10m) = 0,33 – 0,39l/km, ônibus alongado (12m) = 0,36 – 0,42l/km, ônibus padron = 0,35 – 0,55l/km, ônibus articulado = 0,53 – 0,70l/km e ônibus bi-articulado = 0,76 – 0,86l/km (FERRAZ, 2000).

2. Custo de lubrificantes

O gasto mensal com lubrificantes (óleos, fluido e graxa) é calculado pela fórmula (6.5):

$$\text{LUB} = \text{FLU} \times \text{COM} \quad (6.5)$$

Onde, LUB: custo mensal de lubrificantes (R\$/mês), FLU: fator lubrificantes (fração do custo de combustível gasto com lubrificantes) e COM: custo mensal de combustível (R\$/mês).

O fator lubrificantes varia conforme o tipo e o estado do ônibus, as condições de operação, a qualidade da manutenção, etc. Normalmente, este fator situa-se entre 0,05 e 0,10, sendo recomendável estabelecer um valor específico para cada empresa ou cidade para um cálculo preciso (FERRAZ, 2000).

3. Custo de rodagem

O gasto com rodagem (pneus, câmaras-de-ar, protetores e recapagens) é determinado mediante a fórmula (6.6):

$$\text{ROD} = \frac{[(\text{PPN} + \text{PCA} \times \text{CCA} + \text{PPR} \times \text{CPR} + \text{PRE} \times \text{NRE}) \times \text{NPN} / \text{DPN}]}{\text{PMF}} \quad (6.6)$$

Onde, ROD: custo mensal de rodagem (R\$/mês), PPN: preço do pneu (R\$/pneu), PCA: preço da câmara (R\$/câmara), CCA: consumo de câmaras (câmaras/pneu), PPR: preço do protetor (R\$/protetor), CPR: consumo de protetores (protetores/pneu), PRE: preço da reforma (R\$/reforma), NRE:

número de reformas (reformas/pneu), NPN: número de pneus (pneus/ônibus), DPN: duração dos pneus (km/pneu) e PMF: percurso mensal da frota (km/mês).

Como os índices de consumo da rodagem dependem do tipo de ônibus, da porcentagem do percurso dos ônibus realizado em vias não pavimentadas, da qualidade dos motoristas e também do tipo de pneu utilizado (diagonal, radial ou especial), é recomendável determinar os valores dos índices para cada cidade ou empresa.

Geralmente, os seguintes índices são observados na prática: DPN = 70.000 – 92.000 km/pneu para pneus diagonais e 85.000 – 125.000 km/pneu para pneus radiais, NRE = 2,5 – 3,5 reformas/pneu para pneus diagonais e 2,0 – 3,0 para pneus radiais, CCA = 2,0 – 4,0 câmaras/pneu e CPR = 2,0 – 5,0 protetores/pneu (FERRAZ, 2000).

4. Custo de peças e acessórios

O gasto com peças e acessórios é calculado mediante a fórmula (6.7):

$$PEA = FPA \times PON \times PMF \quad (6.7)$$

Onde, PEA: custo mensal de peças e acessórios (R\$/mês), FPA: fator peças e acessórios (fração do preço do ônibus novo gasto com peças e acessórios por quilômetro percorrido), PON: preço do ônibus novo (R\$/ônibus) e PMF: percurso mensal da frota (km/mês).

O fator peças e acessórios varia com a idade, modelo e tecnologia dos veículos, assim também com as características e estado de conservação da infra-estrutura viária, com as condições operacionais de tráfego, com a qualidade da manutenção, etc., devendo ser determinado um fator para cada

empresa ou cidade para um cálculo preciso. Em geral, este fator situa-se no intervalo: 5×10^{-7} a 10×10^{-7} (FERRAZ, 2000).

5. Custo de capital (depreciação e remuneração)

O custo médio mensal de capital é calculado pela fórmula (6.8):

$$\text{CAP} = \frac{[\text{PON} \times (1 + \text{TJR})^{\text{VUT}} - \text{RES}] \times [\text{TJR} / ((1 + \text{TJR})^{\text{VUT}} - 1)] \times \text{NOF} \times \text{FCI}}{(6.8)}$$

Onde, CAP: custo médio mensal de capital (R\$/mês), PON: preço do ônibus novo (R\$/ônibus), TJR: taxa de juros mensal nas aplicações de longo prazo livre de risco (-/mês), RES: valor residual dos ônibus no final da vida útil (R\$/ônibus), VUT: vida útil dos ônibus (meses), NOF: número de ônibus na frota (ônibus) e FCI: fator do capital adicional (instalações, máquinas, equipamentos, veículos de apoio, almoxarifado, etc).

O número de ônibus na frota é igual ao número de ônibus da frota em operação nos picos somado ao da frota reserva necessária para a realização da manutenção dos veículos bem como para a substituição dos que apresentarem defeitos durante a operação. Como o custo de capital também incide sobre a frota reserva, esta deve estar situada entre 5% e 15% da frota operante nos picos.

O fator FCI correspondente ao custo de depreciação e remuneração das instalações, máquinas, equipamentos, veículos de apoio e almoxarifado, varia entre 1,04 e 1,07, ou seja, entre 4% e 7% do custo de capital dos veículos (FERRAZ, 2000).

6. Custo de pessoal

O gasto mensal com pessoal é calculado mediante a fórmula (6.9):

$$\text{PES} = [(\text{SMO} \times \text{IMO} + \text{SCO} \times \text{ICO} + \text{SFD} \times \text{IFD}) \times \text{NOF}] \times (1 + \text{ESO}) \times \text{FPM} \times \text{FPA} + \text{BEN} \quad (6.9)$$

Onde, PES: custo mensal de pessoal (R\$/mês), SMO: salário mensal dos motoristas (R\$/mês), IMO: índice de motoristas por ônibus (pess/ônibus), SCO: salário mensal dos cobradores (R\$/mês), ICO: índice de cobradores por ônibus (pess/ônibus), SFD: salário mensal dos fiscais/despachantes (R\$/mês), IFD: índice de fiscais/despachantes por ônibus (pess/ônibus), ESO: encargos sociais (-/mês), NOF: número de ônibus na frota (ônibus), FPM: fator pessoal de manutenção (fração do gasto com pessoal de operação gasto com pessoal de manutenção), FPA: fator pessoal de administração (fração do gasto com pessoal de operação gasto com pessoal de administração) e BEN: valor total mensal dos benefícios concedidos aos funcionários (cesta básica, assistência médica, etc.) (R\$/mês).

O índice de motoristas, cobradores e fiscais/despachantes por ônibus depende do número diário de turnos de trabalho e da programação operacional do sistema. Deve, efetivamente, já incluir férias, descanso semanal, licenças, faltas, etc. Para um cálculo preciso, recomenda-se determinar o valor para cada empresa ou cidade. Em geral, os índices observados no país estão enquadrados nos seguintes intervalos: motorista e cobrador = 2,20 – 2,80 e fiscal/despachante = 0,20 – 0,50.

O valor dos encargos sociais situa-se no país em torno de 1,63, significando um gasto para a empresa de 63% a mais em relação ao valor pago efetivamente aos funcionários.

Normalmente, o fator pessoal de manutenção situa-se entre 1,10 e 1,15 e o fator pessoal de administração entre 1,10 e 1,20 (já incluindo aqui o gasto com a remuneração da diretoria da empresa) (FERRAZ, 2000).

7. Custo de despesas administrativas

O gasto mensal com despesas administrativas é calculado pela fórmula (6.10):

$$ADM = FDA \times PON \times NOF \quad (6.10)$$

Onde, ADM: custo mensal de despesas administrativas (R\$/mês), FDA: fator despesas administrativas (fração do preço do ônibus novo gasto com despesas administrativas por mês), PON: preço do ônibus novo (R\$/ônibus) e NOF: número de ônibus na frota (ônibus).

O valor de FDA varia conforme a empresa estando normalmente na faixa de 0,003 a 0,007 (FERRAZ, 2000).

8. Custo do lucro

O custo médio mensal do lucro é calculado pela fórmula (6.11):

$$LUC = \frac{[PON \times (1 + TLU)^{VUT} - RES] \times [TLU / ((1 + TLU)^{VUT} - 1)] \times NOF \times FAL}{FAL} \quad (6.11)$$

Onde, LUC: custo médio mensal do lucro (R\$/mês), PON: preço do ônibus novo (R\$/ônibus), TLU: taxa mensal de lucro (fração do capital por mês), VUT: vida útil dos ônibus (meses), RES: valor residual dos ônibus no final da vida útil (R\$/ônibus), NOF: número de ônibus na frota (ônibus) e FAL: fator

adicional do lucro referente ao capital investido em instalações, máquinas e equipamentos (na prática utiliza-se um valor igual a 1,03).

Pode parecer estranho a utilização do termo “custo do lucro”, mas, na realidade, para os usuários este é um valor a ser pago, sendo, portanto, um custo.

Este valor em teoria corresponde ao lucro bruto, sobre o qual incide o imposto de renda. O imposto de renda, que também incide no custo de capital da empresa, não é, entretanto, considerado no cálculo do custo operacional, pois também incidiria sobre os juros do capital caso o mesmo estivesse aplicado no mercado financeiro (FERRAZ, 2000).

9. Custo de tributos

O gasto mensal com tributos é calculado pela fórmula (6.12):

$$\text{TRI} = (\text{COM} + \text{LUB} + \text{ROD} + \text{PEA} + \text{CAP} + \text{PES} + \text{ADM} + \text{LUC}) \times \text{TTR} / (1 - \text{TTR}) \quad (6.12)$$

Onde, TRI: custo mensal de tributos (R\$/mês), COM: custo mensal de combustível (R\$/mês), LUB: custo mensal de lubrificantes (R\$/mês), ROD: custo mensal de rodagem (R\$/mês), PEA: custo mensal de peças e acessórios (R\$/mês), CAP: custo médio mensal de capital (R\$/mês), PES: custo mensal de pessoal (R\$/mês), ADM: custo mensal de despesas administrativas (R\$/mês), LUC: custo médio mensal do lucro (R\$/mês) e TTR: taxa de tributos (% sobre o faturamento mensal bruto).

A taxa de tributos inclui os impostos e taxas incidentes sobre a receita operacional das empresas operadoras, os quais são os seguintes: ISS, COFINS, PIS e Taxa de Gerenciamento – TG.

A alíquota do COFINS é de 3% e a do PIS é de 0,65%. O valor do ISS varia de cidade para cidade, sendo que em algumas delas o serviço de transporte público é isento deste tributo. Em algumas cidades é cobrada uma taxa de gerenciamento do serviço (FERRAZ, 2000).

10. Custo total

O custo mensal total é obtido através da soma de todos os custos abordados neste método (n^{os} 1 a 9), como mostra a fórmula (6.13):

$$\text{CMT} = \text{COM} + \text{LUB} + \text{ROD} + \text{PEA} + \text{CAP} + \text{PES} + \text{ADM} + \text{LUC} + \text{TRI} \quad (6.13)$$

Onde, CMT: custo mensal total (R\$/mês), COM: custo mensal de combustível (R\$/mês), LUB: custo mensal de lubrificantes (R\$/mês), ROD: custo mensal de rodagem (R\$/mês), PEA: custo mensal de peças e acessórios (R\$/mês), CAP: custo médio mensal de capital (R\$/mês), PES: custo mensal de pessoal (R\$/mês), ADM: custo mensal de despesas administrativas (R\$/mês), LUC: custo médio mensal do lucro (R\$/mês) e TRI: custo mensal de tributos (R\$/mês).

11. Custo por passageiro ou tarifa

A tarifa normal é calculada através da fórmula (6.14):

$$\text{TAN} = \text{CMT} / \text{PEM} \quad (6.14)$$

Onde, TAN: tarifa normal (R\$/pass), CMT: custo mensal total (R\$/mês) e PEM: número de passageiros equivalentes mensal (pass/mês).

O número de passageiros equivalentes mensal é calculado com a fórmula (6.15):

$$PEM = PSD + PPA \times A/100 + PPB \times B/100 + PPC \times C/100 + \dots \quad (6.15)$$

Onde, PEM: número de passageiros equivalentes mensal (pass/mês), PSD: número de passageiros sem desconto na tarifa (pass/mês), PPA: número de passageiros que pagam A% da tarifa normal (pass/mês), PPB: número de passageiros que pagam B% da tarifa normal (pass/mês), PPC: número de passageiros que pagam C% da tarifa normal (pass/mês), etc.

As categorias que em geral desfrutam de desconto na tarifa são: idosos, estudantes, desempregados, etc.

O valor da tarifa a ser paga por cada categoria que tem desconto é calculada pelas fórmulas (6.16), (6.17) e (6.18):

$$TAA = TAN \times A / 100 \quad (6.16)$$

$$TAB = TAN \times B / 100 \quad (6.17)$$

$$TAC = TAN \times C / 100 \quad (6.18)$$

Onde, TAA, TAB, TAC,: tarifa paga pelas diferentes categorias (R\$/pass); A, B, C,: porcentagens da tarifa normal paga pelas diversas categorias (%).

Outra maneira de calcular a tarifa é através da fórmula (6.19):

$$\text{TAN} = \text{Cq} / \text{IPK} \quad (6.19)$$

Onde, TAN: tarifa normal (R\$/pass), Cq: custo por quilômetro percorrido (R\$/km) e IPK: índice de passageiros equivalentes transportados por quilômetro percorrido (pass/km).

O custo por quilômetro é obtido pela fórmula (6.20):

$$\text{Cq} = \text{CMT} / \text{PMF} \quad (6.20)$$

Onde, Cq: custo por quilômetro percorrido (R\$/km), CMT: custo mensal total (R\$/mês) e PMF: percurso mensal da frota (km/mês).

O índice de passageiros equivalentes transportados por quilômetro percorrido é calculado com a fórmula (6.21):

$$\text{IPK} = \text{PEM} / \text{PMF} \quad (6.21)$$

Onde, IPK: índice de passageiros equivalentes transportados por quilômetro percorrido (pass/km), PEM: número de passageiros equivalentes mensal (pass/mês) e PMF: percurso mensal da frota (km/mês).

O custo por lugar-quilômetro é obtido pela fórmula (6.22):

$$\text{Cl} = \text{Cq} / \text{P} \quad (6.22)$$

Onde, Cl: custo por lugar-quilômetro (R\$/lug-km), Cq: custo por quilômetro percorrido (R\$/km) e P: capacidade do veículo de transporte (pass/veíc).

6.4. Cálculo dos custos com base no método Leonês

São apresentadas, em anexo, as planilhas de cálculo dos custos operacionais dos diversos tipos de ônibus analisados: microônibus, ônibus comum, padron, articulado padron e bi-articulado padron. As planilhas foram desenvolvidas no Excel, e permitiram determinar os custos por quilômetro e por lugar-quilômetro, admitindo um percurso mensal dos veículos de 6.500 km/mês.

Os índices utilizados no cálculo correspondem aos valores médios dos intervalos de variação citados no método Leonês.

Os preços dos pneus novos, considerados no cálculo como sem câmaras e sem protetores, e de reformas foram obtidos através de informações cedidas pela empresa LOGITRANS (Logística e Engenharia de Transportes Ltda) sediada em Curitiba-PR. Para o número de reformas por pneu, adotou-se o limite inferior do intervalo de variação proposto pelo método.

Devido à uma grande variação existente entre os valores pesquisados dos preços dos ônibus em algumas planilhas tarifárias de localidades brasileiras, adotou-se uma média que pudesse melhor representar os preços praticados no mercado.

Para o cálculo do custo de capital (depreciação e remuneração), adotou-se uma taxa de juros de 1% ao mês, que corresponde a 12,68% ao ano (FERRAZ, 2000).

Para veículos leves (microônibus e ônibus comum), veículos pesados (ônibus padron) e veículos especiais (ônibus articulado e bi-articulado), foram adotados, respectivamente, valores residuais de 20%, 15% e 10% do preço do

veículo novo e vidas úteis de 7, 10 e 12 anos, seguindo o adotado no método do Ministério dos Transportes (GEIPOT, 1996).

Os valores para os salários mensais dos motoristas, cobradores e dos fiscais/despachantes foram baseados nos adotados na planilha de cálculo de custos e tarifa para o sistema de transporte público em Fortaleza cedida pela ETTUSA (Empresa de Trânsito e Transporte Urbano S/A), empresa gerenciadora do sistema. Os ônibus bi-articulados que operam em Curitiba não possuem cobradores, mas neste trabalho o cobrador foi considerado como um ajudante do motorista.

Os encargos sociais foram considerados iguais a 63% e a taxa de tributos igual a 3,65%, considerando apenas as alíquotas do COFINS e do PIS. O valor total mensal dos benefícios concedidos aos funcionários foi considerado zero.

Nos cálculos, a taxa de lucro foi considerada zero.

No cálculo do custo por lugar-quilômetro, os valores da capacidade adotados para o microônibus, ônibus comum, padron, articulado padron e bi-articulado padron foram, respectivamente, 40, 100, 100, 170 e 240 pass/veíc.

O quadro 6.1 apresenta os valores dos custos mensais variáveis, fixos e totais, dos tributos, dos custos por quilômetro e por lugar-quilômetro obtidos no cálculo dos custos operacionais dos tipos de ônibus estudados.

QUADRO 6.1 Custos operacionais dos ônibus.

Tipo de veículo	Microônibus	Ônibus comum	Padron	Articulado padron	Bi-articulado padron
<i>Custos variáveis mensais</i>					
Combustível	1128,40	1419,60	1638,00	2256,80	2948,40
Lubrificantes	84,63	106,47	122,85	169,26	221,13
Rodagem	192,40	346,54	412,66	687,76	962,87
Peças e Acessórios	316,88	365,63	560,63	1072,50	1950,00
<i>Custos fixos mensais</i>					
Capital	1105,58	1275,67	1661,55	2975,70	5410,37
Pessoal	5740,28	5740,28	5740,28	5740,28	5740,28
Despesas Administrativas	325,00	375,00	575,00	1100,00	2000,00
Lucro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Tributos</i>	336,90	364,78	405,76	530,45	728,60
<i>Custo Total Mensal</i>	9230,07	9993,97	11116,73	14532,75	19961,65
<i>Custo por Quilômetro</i>	1,42	1,54	1,71	2,24	3,07
<i>Custo por Lugar-Quilômetro</i>	0,0355	0,0154	0,0171	0,0132	0,0128

É importante ressaltar que os custos da infra-estrutura viária e operacional não foram considerados nos cálculos.

A figura 6.1 apresenta o gráfico do custo por lugar-quilômetro para os diversos tipos de ônibus analisados.

FIGURA 6.1 Custo por lugar-quilômetro para os diversos tipos de ônibus.

6.5. Avaliação econômica

Neste tópico são apresentados os gráficos do custo por passageiro x volume transportado por sentido para os diversos tipos de ônibus, considerando intervalos entre atendimentos de 2,5, 5, 10, 20, 30 e 60 minutos.

Os parâmetros envolvidos no cálculo do custo por passageiro são os seguintes:

- D: volume de passageiros na seção crítica (pass/h);
- V: volume total de passageiros por sentido (pass/h/sentido);
- R: índice ou fator de renovação;
- P: capacidade do veículo de transporte (pass/veíc);

- T: tempo de ciclo (min);
- U: velocidade comercial (km/h);
- Q: fluxo de veículos para atender a demanda (veíc/h);
- H: intervalo entre atendimentos ou entre veículos (min/veíc);
- F: número de veículos necessários na frota (veíc);
- K: quilometragem horária (km/h);
- Ch: custo horário (R\$/h);
- Cq: custo por quilômetro (R\$/km) e;
- Cp: custo por passageiro (R\$/pass).

Na determinação do custo por passageiro são utilizadas as seguintes expressões:

$$Q = 60 / H \quad (6.23)$$

$$D = Q \times P \quad (6.24)$$

$$V = D \times R \quad (6.25)$$

$$F = T / H \quad (6.26)$$

$$K = F \times U \quad (6.27)$$

$$Ch = K \times Cq \quad (6.28)$$

$$Cp = Ch / V \quad (6.29)$$

Foram adotados nos cálculos $T = 60\text{min}$, $U = 20\text{km/h}$ e $R = 3$.

O custo por quilômetro (Cq) correspondente a cada tipo de ônibus encontra-se no quadro 6.1.

As figuras 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 e 6.7 mostram, respectivamente, os gráficos custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalos entre atendimentos de 2,5, 5, 10, 20, 30 e 60 min.

FIGURA 6.2 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 2,5 min.

FIGURA 6.3 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 5 min.

FIGURA 6.4 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 10 min.

FIGURA 6.5 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 20 min.

FIGURA 6.6 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 30 min.

FIGURA 6.7 Custo por passageiro x volume transportado por sentido para intervalo entre atendimentos de 60 min.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na seleção do tipo de ônibus mais indicado para realizar serviços de transporte público urbano, devem ser contemplados aspectos técnicos e econômicos.

Os principais aspectos técnicos a ser considerados são: qualidade do serviço, capacidade de transporte e ocupação do espaço viário.

No que diz respeito à questão econômica, os principais parâmetros a ser considerados são: custo por lugar-quilômetro e custo por passageiro transportado.

Em relação à qualidade do serviço, neste trabalho foram considerados: o intervalo entre atendimentos, do qual depende a espera dos usuários nos pontos de parada, a lotação máxima dos veículos (lugares ofertados), que reflete o conforto na viagem e nas operações de embarque/desembarque e as características do veículo (comum ou padron), que também influem diretamente no conforto dos usuários.

A ocupação do espaço viário, parâmetro importante no que diz respeito aos impactos no trânsito, foi caracterizada neste estudo através dos seguintes índices: espaço viário ocupado por lugar ofertado e espaço viário ocupado por passageiro transportado.

No que se refere à questão econômica, os índices considerados neste estudo foram: o custo por lugar-quilômetro e o custo por passageiro transportado.

Quanto à capacidade de transporte, os resultados obtidos mostram que, em relação ao microônibus, os outros tipos de veículos apresentam os seguintes percentuais superiores:

- ônibus comum e padron: 250%
- ônibus articulado padron: 425%
- ônibus bi-articulado padron: 600%

Em relação à ocupação do espaço viário por lugar ofertado, os resultados em termos percentuais, tomando como referência o microônibus, foram:

- ônibus comum e padron: 53,3%
- ônibus articulado padron: 40,7%
- ônibus bi-articulado padron: 35,6%

No que se refere à área consumida por passageiro transportado, os gráficos elaborados mostram que cada tipo de ônibus tem desempenho crescente (menor consumo de área por passageiro) até o limite da sua capacidade.

O custo por lugar-quilômetro ofertado apresenta os seguintes valores relativos:

- microônibus: 100%
- ônibus comum: 43,4%
- ônibus padron: 48,2%
- ônibus articulado padron: 37,2%
- ônibus bi-articulado padron: 36,1%

No que corresponde ao custo por passageiro transportado, os gráficos elaborados mostram que, em termos de tamanho, cada modelo de ônibus apresenta menores custos até o limite de sua capacidade, para todos os intervalos entre atendimentos.

Embora tendo o mesmo tamanho, o ônibus padron, por ter maior custo de aquisição, apresenta obviamente, maiores custos por passageiro transportado que o ônibus comum.

Também é relevante destacar neste capítulo final, a necessidade de se verificar, na seleção do melhor modelo de ônibus, a compatibilidade entre a geometria da via e os limites da manobrabilidade dos veículos.

Por fim, vale lembrar da importância de se levar em conta, nos estudos econômicos de implantação de ônibus maiores em faixas exclusivas, os custos de adequação da infra-estrutura viária e operacional (divisórias, pontos de parada, terminais, sinalização, etc.).

Cada tipo de ônibus apresenta um conjunto de atributos que determina o padrão de resposta do mesmo (desempenho) na realização de um determinado serviço de transporte público urbano. Sendo que são os atributos do tipo de ônibus que lhe conferem, ou não, a possibilidade de oferecer vantagens relativas a outros modelos. Padrões e níveis de desempenho, e ainda a possibilidade de oferecer condições de vantagens relativas são fatores que se

colocam na base da seleção do tipo de ônibus mais indicado para o transporte público urbano.

Como recomendações para futuros trabalhos, seria interessante incorporar, às análises técnica e econômica do desempenho operacional dos ônibus urbanos, estudos sobre o comportamento da demanda de passageiros e o nível de serviço oferecido. Em relação às faixas de atendimento da demanda por transporte público urbano e as diferentes configurações de ônibus existentes, recomendam-se estudos para analisar a compatibilidade ótima entre a tecnologia de ônibus a ser utilizada, o custo por passageiro transportado e o nível de serviço ofertado.

ANEXO A

CÁLCULO DO CUSTO OPERACIONAL: MICROÔNIEUS

DADOS PARA O CÁLCULO

Item	Denominação	Símbolo	Unidade	Valor
1	Consumo de combustível	CON	l/km	0,31
2	Preço do combustível	PCO	R\$/l	0,56
3	Percurso mensal da frota	PMF	km/mês	6.500
4	Fator lubrificantes	FLU	-	0,075
5	Preço do pneu novo	PPN	R\$/pneu	320,00
6	Preço da câmara	PCA	R\$/câmara	0,00
7	Consumo de câmaras	CCA	câmaras/pneu	0,00
8	Preço do protetor	PPR	R\$/protetor	0,00
9	Consumo de protetores	CPR	protet./pneu	0,00
10	Preço da reforma	PRE	R\$/reforma	99,00
11	Número de reformas	NRE	reformas/pneu	2,00
12	Número de pneus	NPN	pneus/ônibus	6
13	Duração dos pneus	DPN	km/pneu	105000
14	Fator peças e acessórios	FPA	-	0,00000075
15	Preço do ônibus novo	PON	R\$/ônibus	65000,00
16	Taxa de juros	TJR	-/mês	0,01
17	Valor residual	RES	R\$/ônibus	13000,00
18	Vida útil	VUT	meses	84
19	Número de ônibus na frota	NOF	ônibus	1
20	Fator do capital adicional	FCI	-	1,055
21	Salário mensal dos motoristas	SMO	R\$/mês	600,00
22	Índice de motoristas por ônibus	IMO	pess/ônibus	2,50
23	Salário mensal dos cobradores	SCO	R\$/mês	400,00
24	Índice de cobradores por ônibus	ICO	pess/ônibus	2,50
25	Salário mensal dos fiscais/desp.	SFD	R\$/mês	600,00
26	Índice de fiscais/desp.	IFD	pess/ônibus	0,35
27	Encargos sociais	ESO	-/mês	0,63
28	Fator pessoal de manutenção	FPM	-	1,13
29	Fator pessoal de administração	FPA	-	1,15
30	Valor total mensal dos benefícios	BEN	R\$/mês	0,00
31	Fator despesas administrativas	FDA	-	0,005
32	Taxa de lucro	TLU	-/mês	0,00
33	Fator adicional do lucro	FAL	-	1,03
34	Taxa de tributos	TTR	-	0,0365

VALORES OBTIDOS

Item	Custos mensais	Símbolo	Unidade	Valor
1	Combustível	COM	R\$/mês	1128,40
2	Lubrificantes	LUB	R\$/mês	84,63
3	Rodagem	ROD	R\$/mês	192,40
4	Peças e Acessórios	PEA	R\$/mês	316,88
5	Capital	CAP	R\$/mês	1105,58
6	Pessoal	PES	R\$/mês	5740,28
7	Despesas administrativas	ADM	R\$/mês	325,00
8	Lucro	LUC	R\$/mês	0,00
9	Tributos	TRI	R\$/mês	336,90
10	Total	CMT	R\$/mês	9230,06
11	Custo por quilômetro	Cq	R\$/km	1,4200096
12	Custo por lugar.kilômetro	Cl	R\$/lug-km	0,035500241

ANEXO B

CÁLCULO DO CUSTO OPERACIONAL: ÔNIBUS COMUM

DADOS PARA O CÁLCULO

Item	Denominação	Símbolo	Unidade	Valor
1	Consumo de combustível	CON	l/km	0,39
2	Preço do combustível	PCO	R\$/l	0,56
3	Percurso mensal da frota	PMF	km/mês	6.500
4	Fator lubrificantes	FLU	-	0,075
5	Preço do pneu novo	PPN	R\$/pneu	585,00
6	Preço da câmara	PCA	R\$/câmara	0,00
7	Consumo de câmaras	CCA	câmaras/pneu	0,00
8	Preço do protetor	PPR	R\$/protetor	0,00
9	Consumo de protetores	CPR	protetores/pneu	0,00
10	Preço da reforma	PRE	R\$/reforma	174,00
11	Número de reformas	NRE	reformas/pneu	2,00
12	Número de pneus	NPN	pneus/ônibus	6
13	Duração dos pneus	DPN	km/pneu	105000
14	Fator peças e acessórios	FPA	-	0,00000075
15	Preço do ônibus novo	PON	R\$/ônibus	75000,00
16	Taxa de juros	TJR	-/mês	0,01
17	Valor residual	RES	R\$/ônibus	15000,00
18	Vida útil	VUT	meses	84
19	Número de ônibus na frota	NOF	ônibus	1
20	Fator do capital adicional	FCI	-	1,055
21	Salário mensal dos motoristas	SMO	R\$/mês	600,00
22	Índice de motoristas por ônibus	IMO	pess/ônibus	2,50
23	Salário mensal dos cobradores	SCO	R\$/mês	400,00
24	Índice de cobradores por ônibus	ICO	pess/ônibus	2,50
25	Salário mensal dos fiscais/desp.	SFD	R\$/mês	600,00
26	Índice de fiscais/desp.	IFD	pess/ônibus	0,35
27	Encargos sociais	ESO	-/mês	0,63
28	Fator pessoal de manutenção	FPM	-	1,13
29	Fator pessoal de administração	FPA	-	1,15
30	Valor total mensal dos benefícios	BEN	R\$/mês	0,00
31	Fator despesas administrativas	FDA	-	0,005
32	Taxa de lucro	TLU	-/mês	0,00
33	Fator adicional do lucro	FAL	-	1,03
34	Taxa de tributos	TTR	-	0,0365

VALORES OBTIDOS

Item	Custos mensais	Símbolo	Unidade	Valor
1	Combustível	COM	R\$/mês	1419,60
2	Lubrificantes	LUB	R\$/mês	106,47
3	Rodagem	ROD	R\$/mês	346,54
4	Peças e Acessórios	PEA	R\$/mês	365,63
5	Capital	CAP	R\$/mês	1275,67
6	Pessoal	PES	R\$/mês	5740,28
7	Despesas administrativas	ADM	R\$/mês	375,00
8	Lucro	LUC	R\$/mês	0,00
9	Tributos	TRI	R\$/mês	364,78
10	Total	CMT	R\$/mês	9993,97
11	Custo por quilômetro	Cq	R\$/km	1,5375334
12	Custo por lugar.kilômetro	Cl	R\$/lug-km	0,01537533

ANEXO C

CÁLCULO DO CUSTO OPERACIONAL: ÔNIBUS PADRON

DADOS PARA O CÁLCULO

Item	Denominação	Símbolo	Unidade	Valor
1	Consumo de combustível	CON	l/km	0,45
2	Preço do combustível	PCO	R\$/l	0,56
3	Percurso mensal da frota	PMF	km/mês	6.500
4	Fator lubrificantes	FLU	-	0,075
5	Preço do pneu novo	PPN	R\$/pneu	737,00
6	Preço da câmara	PCA	R\$/câmara	0,00
7	Consumo de câmaras	CCA	câmaras/pneu	0,00
8	Preço do protetor	PPR	R\$/protetor	0,00
9	Consumo de protetores	CPR	protet./pneu	0,00
10	Preço da reforma	PRE	R\$/reforma	187,00
11	Número de reformas	NRE	reformas/pneu	2,00
12	Número de pneus	NPN	pneus/ônibus	6
13	Duração dos pneus	DPN	km/pneu	105000
14	Fator peças e acessórios	FPA	-	0,00000075
15	Preço do ônibus novo	PON	R\$/ônibus	115000,00
16	Taxa de juros	TJR	-/mês	0,01
17	Valor residual	RES	R\$/ônibus	17250,00
18	Vida útil	VUT	meses	120
19	Número de ônibus na frota	NOF	ônibus	1
20	Fator do capital adicional	FCI	-	1,055
21	Salário mensal dos motoristas	SMO	R\$/mês	600,00
22	Índice de motoristas por ônibus	IMO	pess/ônibus	2,50
23	Salário mensal dos cobradores	SCO	R\$/mês	400,00
24	Índice de cobradores por ônibus	ICO	pess/ônibus	2,50
25	Salário mensal dos fiscais/desp.	SFD	R\$/mês	600,00
26	Índice de fiscais/desp.	IFD	pess/ônibus	0,35
27	Encargos sociais	ESO	-/mês	0,63
28	Fator pessoal de manutenção	FPM	-	1,13
29	Fator pessoal de administração	FPA	-	1,15
30	Valor total mensal dos benefícios	BEN	R\$/mês	0,00
31	Fator despesas administrativas	FDA	-	0,005
32	Taxa de lucro	TLU	-/mês	0,00
33	Fator adicional do lucro	FAL	-	1,03
34	Taxa de tributos	TTR	-	0,0365

VALORES OBTIDOS

Item	Custos mensais	Símbolo	Unidade	Valor
1	Combustível	COM	R\$/mês	1638,00
2	Lubrificantes	LUB	R\$/mês	122,85
3	Rodagem	ROD	R\$/mês	412,66
4	Peças e Acessórios	PEA	R\$/mês	560,63
5	Capital	CAP	R\$/mês	1661,55
6	Pessoal	PES	R\$/mês	5740,28
7	Despesas administrativas	ADM	R\$/mês	575,00
8	Lucro	LUC	R\$/mês	0,00
9	Tributos	TRI	R\$/mês	405,76
10	Total	CMT	R\$/mês	11116,72
11	Custo por quilômetro	Cq	R\$/km	1,7102652
12	Custo por lugar.kilômetro	CI	R\$/lug-km	0,01710265

ANEXO D

CÁLCULO DO CUSTO OPERACIONAL: ARTICULADO PADRON

DADOS PARA O CÁLCULO

Item	Denominação	Símbolo	Unidade	Valor
1	Consumo de combustível	CON	l/km	0,62
2	Preço do combustível	PCO	R\$/l	0,56
3	Percurso mensal da frota	PMF	km/mês	6.500
4	Fator lubrificantes	FLU	-	0,075
5	Preço do pneu novo	PPN	R\$/pneu	737,00
6	Preço da câmara	PCA	R\$/câmara	0,00
7	Consumo de câmaras	CCA	câmaras/pneu	0,00
8	Preço do protetor	PPR	R\$/protetor	0,00
9	Consumo de protetores	CPR	protetores/pneu	0,00
10	Preço da reforma	PRE	R\$/reforma	187,00
11	Número de reformas	NRE	reformas/pneu	2,00
12	Número de pneus	NPN	pneus/ônibus	10
13	Duração dos pneus	DPN	km/pneu	105000
14	Fator peças e acessórios	FPA	-	0,00000075
15	Preço do ônibus novo	PON	R\$/ônibus	220000,00
16	Taxa de juros	TJR	-/mês	0,01
17	Valor residual	RES	R\$/ônibus	22000,00
18	Vida útil	VUT	meses	144
19	Número de ônibus na frota	NOF	ônibus	1
20	Fator do capital adicional	FCI	-	1,055
21	Salário mensal dos motoristas	SMO	R\$/mês	600,00
22	Índice de motoristas por ônibus	IMO	pess/ônibus	2,50
23	Salário mensal dos cobradores	SCO	R\$/mês	400,00
24	Índice de cobradores por ônibus	ICO	pess/ônibus	2,50
25	Salário mensal dos fiscais/desp.	SFD	R\$/mês	600,00
26	Índice de fiscais/desp.	IFD	pess/ônibus	0,35
27	Encargos sociais	ESO	-/mês	0,63
28	Fator pessoal de manutenção	FPM	-	1,13
29	Fator pessoal de administração	FPA	-	1,15
30	Valor total mensal dos benefícios	BEN	R\$/mês	0,00
31	Fator despesas administrativas	FDA	-	0,005
32	Taxa de lucro	TLU	-/mês	0,00
33	Fator adicional do lucro	FAL	-	1,03
34	Taxa de tributos	TTR	-	0,0365

VALORES OBTIDOS

Item	Custos mensais	Símbolo	Unidade	Valor
1	Combustível	COM	R\$/mês	2256,80
2	Lubrificantes	LUB	R\$/mês	169,26
3	Rodagem	ROD	R\$/mês	687,76
4	Peças e Acessórios	PEA	R\$/mês	1072,50
5	Capital	CAP	R\$/mês	2975,70
6	Pessoal	PES	R\$/mês	5740,28
7	Despesas administrativas	ADM	R\$/mês	1100,00
8	Lucro	LUC	R\$/mês	0,00
9	Tributos	TRI	R\$/mês	530,45
10	Total	CMT	R\$/mês	14532,75
11	Custo por quilômetro	Cq	R\$/km	2,2358077
12	Custo por lugar.kilômetro	Cl	R\$/lug-km	0,01315181

ANEXO E

CÁLCULO DO CUSTO OPERACIONAL: BI-ARTICULADO PADRON

DADOS PARA O CÁLCULO

Item	Denominação	Símbolo	Unidade	Valor
1	Consumo de combustível	CON	l/km	0,81
2	Preço do combustível	PCO	R\$/l	0,56
3	Percurso mensal da frota	PMF	km/mês	6.500
4	Fator lubrificantes	FLU	-	0,075
5	Preço do pneu novo	PPN	R\$/pneu	737,00
6	Preço da câmara	PCA	R\$/câmara	0,00
7	Consumo de câmaras	CCA	câmaras/pneu	0,00
8	Preço do protetor	PPR	R\$/protetor	0,00
9	Consumo de protetores	CPR	protetores/pneu	0,00
10	Preço da reforma	PRE	R\$/reforma	187,00
11	Número de reformas	NRE	reformas/pneu	2,00
12	Número de pneus	NPN	pneus/ônibus	14
13	Duração dos pneus	DPN	km/pneu	105000
14	Fator peças e acessórios	FPA	-	0,00000075
15	Preço do ônibus novo	PON	R\$/ônibus	400000,00
16	Taxa de juros	TJR	-/mês	0,01
17	Valor residual	RES	R\$/ônibus	40000,00
18	Vida útil	VUT	meses	144
19	Número de ônibus na frota	NOF	ônibus	1
20	Fator do capital adicional	FCI	-	1,055
21	Salário mensal dos motoristas	SMO	R\$/mês	600,00
22	Índice de motoristas por ônibus	IMO	pess/ônibus	2,50
23	Salário mensal dos cobradores	SCO	R\$/mês	400,00
24	Índice de cobradores por ônibus	ICO	pess/ônibus	2,50
25	Salário mensal dos fiscais/desp.	SFD	R\$/mês	600,00
26	Índice de fiscais/desp.	IFD	pess/ônibus	0,35
27	Encargos sociais	ESO	-/mês	0,63
28	Fator pessoal de manutenção	FPM	-	1,13
29	Fator pessoal de administração	FPA	-	1,15
30	Valor total mensal dos benefícios	BEN	R\$/mês	0,00
31	Fator despesas administrativas	FDA	-	0,005
32	Taxa de lucro	TLU	-/mês	0,00
33	Fator adicional do lucro	FAL	-	1,03
34	Taxa de tributos	TTR	-	0,0365

VALORES OBTIDOS

Item	Custos mensais	Símbolo	Unidade	Valor
1	Combustível	COM	R\$/mês	2948,40
2	Lubrificantes	LUB	R\$/mês	221,13
3	Rodagem	ROD	R\$/mês	962,87
4	Peças e Acessórios	PEA	R\$/mês	1950,00
5	Capital	CAP	R\$/mês	5410,37
6	Pessoal	PES	R\$/mês	5740,28
7	Despesas administrativas	ADM	R\$/mês	2000,00
8	Lucro	LUC	R\$/mês	0,00
9	Tributos	TRI	R\$/mês	728,60
10	Total	CMT	R\$/mês	19961,64
11	Custo por quilômetro	Cq	R\$/km	3,0710221
12	Custo por lugar.kilômetro	Cl	R\$/lug-km	0,01279593

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRALE S.A. (1999). *Catálogos Técnicos*. Caxias do Sul – RS.
- ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (1999). *Desempenho da indústria nacional de ônibus*. São Paulo – SP.
- ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (1993). *Coeficientes de Consumo de Ônibus Urbano para Cálculo Tarifário*. São Paulo – SP.
- ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (1995). *Pontos de parada de ônibus urbano. Contribuição para sua implantação*. Caderno técnico n.2, São Paulo – SP.
- ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (1990). *Cálculo de Tarifas de Ônibus Urbano*. São Paulo–SP.
- Anuário do Ônibus (1999). São Paulo, n.7, p.8 – 11. OTM Editora Ltda.
- BALASSIANO, R. (1997). Planejamento Estratégico de Transportes Considerando Sistemas de Média e Baixa Capacidade. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES-ANPET, 11, Rio de Janeiro, 1997. *Anais*. v.1, p.203 – 216.
- BALASSIANO, R. (1995). *The Future of the Urban Bus*. London. 342p. PhD Thesis – University of Westminster.
- BALASSIANO, R. (1998). Prioridade para Ônibus em Centros Urbanos: Um Instrumento de Planejamento Ainda Viável. *Transporte em Transformação. Problemas e Soluções dos Transportes no Brasil*, p.01–25. Apresentado ao X Congresso de Pesquisa e Ensino de Transporte – ANPET, Brasília, 1996.
- BARAT, J. (1991). Sistema de Transporte nos Países em Desenvolvimento: Financiamento e Tarifação. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, ano13, n.52, p.5 – 15, São Paulo.
- BRANCO, A. M. (1981). *Transporte Urbano no Brasil*. São Paulo.

- BRASILEIRO, A.; HENRY, E. (1999). *Viação Ilimitada – Ônibus das cidades brasileiras*. São Paulo, Cultura Editores Associados.
- BUSSCAR ÔNIBUS S.A. (1999). *Catálogos Técnicos*. Joinville–Santa Catarina.
- CAIO–COMPANHIA AMERICANA INDUSTRIAL DE ÔNIBUS (1999). *Catálogos Técnicos*. Botucatu – SP.
- CAMPOS, L. P. G. de.; SZASZ, P. A. (1996). O ônibus urbano operando como sistema de média capacidade. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*. ano18, p.21 – 32, 1º trimestre, São Paulo.
- CET – Companhia de Engenharia de Tráfego (1980). *O Potencial do Ônibus Articulado*. Nota Técnica 53, São Paulo.
- CET – Companhia de Engenharia de Tráfego (1982). *Programa de Transportes Urbanos. Tratamento Preferencial ao Transporte Coletivo por Ônibus*. Manual técnico, v.1, São Paulo.
- CET – Companhia de Engenharia de Tráfego (1992). Corredor Vila Nova Cachoeirinha–ônibus com 5 portas e operação à esquerda. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*. ano14, p.91 – 115, 1º trimestre, São Paulo.
- CIFERAL COMÉRCIO, INDÚSTRIA E PARTICIPAÇÕES S.A. (1999). *Catálogos Técnicos*. Duque de Caxias – RJ.
- CMTC – Companhia Municipal de Transportes Coletivos (1984). *Trólebus – Veículo Articulado, Especificações Técnicas*. São Paulo.
- COMIL – CARROCERIAS E ÔNIBUS LTDA (1999). *Catálogos Técnicos*. Erechim – RS.
- CUNHA, O. V. da. (1997). O ônibus no limiar do século 21: tendências. *Revista dos Transportes Público – ANTP*. ano19, p.25 – 31, 1º trimestre, São Paulo.
- EBTU/GEIPOT–EMPRESA BRASILEIRA DOS TRANSPORTES URBANOS/EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES (1982). *Instruções Práticas para Cálculo de Tarifas de Ônibus Urbanos*. Brasília – DF.

- FABUS – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CARROÇARIAS PARA ÔNIBUS (1999). *Produção acumulada de 1971 a 1999*. São Paulo – SP.
- FERRAZ, A. C. P. (1998). *Escritos sobre transporte, trânsito e urbanismo*. São Carlos, SP.
- FERRAZ, A. C. P. (1997). *Transporte Público Urbano. Notas de Aula do Curso de Pós-Graduação em Transportes*. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FERRAZ, A. C. P.; ZANELLA, C. (1992). *Cálculo e Gerenciamento da Tarifa dos Ônibus nas Cidades Médias e Pequenas*. São Carlos, SP.
- FERRAZ, A. C. P. (2000). *Transporte Público Urbano*. São Carlos, SP.
- FERREIRA, E. A. (1999). *Um método de utilização de dados de pesquisa embarque/desembarque na calibração de modelos de distribuição do tipo gravitacional*. São Carlos. 118p. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GEIPOT– EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES. (1996). *Cálculo de Tarifas de Ônibus Urbanos – Instruções Práticas Atualizadas*. Brasília, DF.
- GEIPOT– EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES. (1983). *Estudo de padronização dos ônibus urbanos*. Brasília – DF.
- GOMIDE, A. de A. (1992). Questão tarifária e determinação da margem de lucro: o caso de Uberlândia. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*. ano14, n.57, p.37 – 52, São Paulo.
- GRAY, G. E.; HOEL, L. A. (1979). *Public Transportation: Planning, Operations and Management*. New Jersey, EUA.
- GUIA DE COMPRAS ÔNIBUS, MICROS E VANS 98/99. São Paulo, p.20 – 21. Autodata Editora Ltda.
- HERZOG, B. O ; FRYSZMAN, A. S. (1990). As virtudes dos corredores. *Revista Transporte Moderno*. n.321, p.38 – 39, Novembro, São Paulo.

- INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. (1988). Carroçaria de Ônibus Urbano: Padronização. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*. ano12, n.47, p.85 – 101, Março, São Paulo.
- INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. (1993). Carroçaria de Ônibus Urbano: Padronização. <http://www.inmetro.gov.br/cbm.htm>. (01 Março).
- MARCOPOLO S.A. (1999). *Catálogos Técnicos*. Caxias do Sul – RS.
- MERCEDES – BENZ DO BRASIL S.A. (1987). *Manual de Sistema de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus – Planejamento e Operação*. São Bernardo do Campo, SP.
- MERCEDES – BENZ DO BRASIL S.A. (1999). *Catálogos Técnicos*. São Bernardo do Campo – SP.
- MORLOK, E. K. (1978). *Introduction to transportation engineering and planning*. New York, Ed. McGraw – Hill.
- NORDSTRÖM, P. E. (1990). *Desfile Histórico dos Ônibus Scania*. Suécia.
- NTU – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS (1997). 100 anos do transporte urbano no Brasil. Brasília – DF.
- OLIVEIRA, N. S. A. de.; LAULETTA, A. F. (1991). Corredores de transporte operados por ônibus com portas à esquerda. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES – ANPET, 8, Fortaleza, 1991. *Resumos*. p.191 – 195.
- ORRICO FILHO, R. D. (1995). Ônibus urbanos – custos de capital, manutenção e tarifas. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*. ano18, n.69, p.73 – 84, São Paulo.
- ORRICO FILHO, R. D.; SILVA, P. H. N. V. (1992). Ônibus, Produção, Preço e Poder. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES-ANPET, 6, Rio de Janeiro, 1992. *Anais*. v.1, p.376 – 385.
- ORRICO FILHO, R. D.; RABBANI, S. R.; SILVA, P. H. N. V. (1990). Transporte Urbano, Indústria de Ônibus e Formação de Preços. *Revista de*

- Transporte e Tecnologia*. ano3, n.5, p.28 – 49, Julho, Campina Grande – PB.
- PADILHA, E. (1998). Por uma Política de Transportes Urbanos. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 31 mar. Caderno 1, p.3.
- RABBANI, S. R.; SILVA, P. H. N. V. (1990). Considerações sobre o Ônibus Urbano Típico. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*. ano12, n.47, p.79 – 84, São Paulo.
- REVISTA VIA URBANA (1995). São Paulo, ano5, n.42, p.26 – 31, Abril.
- ROCHA, E. C. da. (1996). *As Planilhas Tarifárias do Transporte Coletivo Urbano por Ônibus e os Diferentes Modelos de Veículos*. Rio de Janeiro. 184p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ.
- SANCHES, S. da P. (1988). *Contribuição à Análise Operacional de Redes de Transporte Coletivo em Cidades de Porte Médio*. São Carlos. 117p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SAN MARINO ÔNIBUS E IMPLEMENTOS LTDA (1999). *Catálogos Técnicos*. Caxias do Sul – RS.
- SCANIA LATIN AMÉRICA LTDA (1999). *Catálogos Técnicos*. São Bernardo do Campo – SP.
- SILVA, A. N. R.; FERRAZ, A. C. P. (1991). *Transporte público urbano – operação e administração*. São Carlos. 82p. Notas de Aula, Escola de Engenharia de São Carlos, SP.
- TECHNIBUS (1998). São Paulo, ano7, n.43, p.44 – 45, Out/Nov, Technibus Editora Ltda.
- VIEIRA, J.L. (1979). *A Tecnologia Atual dos Ônibus Urbanos*. São Paulo.
- VOLKSWAGEN DO BRASIL LTDA (1998). *Catálogos Técnicos*. São Paulo – SP.
- VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA. (1998a). *Sistema B58 de Transporte Urbano de Passageiros*. Curitiba – PR.

VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA. (1998b). *Catálogos técnicos*. Curitiba – PR.

VUCHIC, V. R. (1981). *Urban Public Transportation: Systems and Technology*. New Jersey, EUA.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- ASSMANN, P. O. (1978). O lugar dos diferentes modos de transporte coletivo. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, ano1, n.1, p.49 – 69, São Paulo.
- BELDA, R. (1983). Perspectivas dos transportes públicos na América Latina e o caso brasileiro. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, ano5, n.20, p.7 – 48, São Paulo.
- CMTC – COMPANHIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES COLETIVOS (1985). Plano Municipal de Transportes Coletivos. São Paulo.
- COSTA, E. E. S. da. (1997). *Análise da compatibilidade do gabarito de caminhões com a geometria das interseções urbanas numa cidade de médio porte*. São Carlos. 91p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- CS&A – CLORALDINO SEVERO E ASSOCIADOS CONSULTORIA LTDA (1991). Sugestões para a formulação da política de transporte de passageiros no Brasil – ônibus urbano. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, ano13, n.51, p.10 – 11, São Paulo.
- EBTU – EMPRESA BRASILEIRA DOS TRANSPORTES URBANOS (1984). Transporte Urbano no Brasil – Tópicos Especiais. Brasília, DF.
- KHAIR, A. A. (1983). Cálculo tarifário pelo método direto nos transportes coletivos. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, ano6, n.22, p.39 – 51, São Paulo.
- MADUREIRA, O. M. (1987). Experiência da utilização de ônibus padrão e articulados no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS, 6, Salvador, 1987. *Anais*. p.1 – 23.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (1985). Conjuntura atual do transporte coletivo urbano no Brasil. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, Ano7, n.28, p.17 – 33, São Paulo.

- NETTO, A. M. F. (1983). Considerações sobre as "Instruções Práticas para Cálculo das Tarifas de Ônibus Urbanos". *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, ano6, n.22, p.9 – 24, São Paulo.
- NÓBREGA, L. C. de U (1994). O transporte coletivo no Brasil. *Revista Via Urbana*. ano4, n.34, p.27 – 30, Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, C. C. de. (1993a). Sistemas de Média Capacidade: Estruturação da oferta para enfrentar o desafio da demanda. *Revista de Transporte e Tecnologia*. ano6, n.11, p.19 – 30, Campina Grande – PB.
- OLIVEIRA, C. C. de. (1993b). Tarifa única: solução ideal, panacéia ou apenas uma opção?. *Revista de Transporte e Tecnologia*. ano5, n.10, p.49 – 61, Campina Grande – PB.
- ORAN, A. H. F. (1985). Um método alternativo para a depreciação de veículos em transporte coletivo urbano por ônibus. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, ano7, n.30, p.25 – 37, São Paulo.
- PEREIRA, W. A. de A.; CUNHA, J. L. M. V. da. (1982). Tarifação por Áreas em Linhas Metropolitanas – A Experiência do Rio de Janeiro. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, ano5, n.18, p.9 – 33, São Paulo.
- REVISTA TRANSPORTE MODERNO (1995). São Paulo, n.367, p.30. Editora TM Ltda.
- REVISTA TRANSPORTE MODERNO (1990). São Paulo, n.317, p.24 – 26, Março, Editora TM Ltda.
- ROCHA, F. M. da. (1982). A Tarifa no Transporte Coletivo por Ônibus. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, ano4, n.16, p.37 – 60, São Paulo.
- SETTI, J. R.; WIDMER, J. A. (1993). *Tecnologia de Transportes*. São Carlos, SP.
- STRAMBI, O.; NOVAES, A. G. (1992). Elementos de uma Política Tarifária para o Transporte Público: Nível e Estrutura Tarifária. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES – ANPET, 6, Rio de Janeiro, 1992. *Anais*. v.1, p.313 – 328.

TECHNIBUS – TRANSPORTE COLETIVO E TRÂNSITO (1999). São Paulo, n.46, p.34 – 35, ago/set. OTM Editora Ltda.

VASCONCELLOS, E. A. (1996). *Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas*. São Paulo, Editoras Unidas Ltda.

VUCHIC, V. R. (1994). *The Bus Transit System: Its Underutilized Potential*. p.30 – 32, May. Washington, USA.

XAVIER, A. G. (1992). *Considerações sobre o Cálculo da Tarifa dos Ônibus nas Cidades Médias e Pequenas*. São Carlos. 91p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.