

# TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO URBANO



ANTONIO CLÓVIS PINTO "COCA" FERRAZ  
ISAAC GUILLERMO ESPINOSA TORRES  
ANTÔNIO NELSON RODRIGUES DA SILVA  
MAGALY NATALIA PAZZIAN VASCONCELLOS ROMÃO  
FERNANDO HIDEKI HIROSUE  
JORGE TIAGO BASTOS

*RiMa*

# TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO URBANO

**Antonio Clóvis Pinto “Coca” Ferraz**  
Escola de Engenharia de São Carlos – USP

**Isaac Guillermo Espinosa Torres**  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

**Antônio Nelson Rodrigues da Silva**  
Escola de Engenharia de São Carlos – USP

**Magaly Natalia Pazzian Vasconcellos Romão**  
Faculdade de Tecnologia de Jahu

**Fernando Hideki Hirose**  
Universidade Federal de São Carlos

**Jorge Tiago Bastos**  
Universidade Federal do Paraná

APOIO



*RiMa*  
2024

Copyright © 2024 dos autores

Direitos reservados desta edição:

RiMa Editorial

Capa: Francisco José “Chico” Santoro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Transporte público coletivo urbano / Antonio Clóvis Pinto Ferraz... [et al]. – São Carlos, SP : RiMa Editorial, 2023.  
472 p.

Formato digital (ebook)  
ISBN 978-85-84811-37-9

1. Transporte urbano. 2. Mobilidade urbana. 3. Transporte urbano – ônibus. 4. Trânsito urbano. I. Ferraz, Antonio Clóvis Pinto. II. Torres, Isaac Guillermo Espinosa. III. Silva, Antônio Nelson Rodrigues da. IV. Romão, Magaly Natalia Pazzian Vasconcellos. V. Hirotsue, Fernando Hideki. VI. Bastos, Jorge Tiago.

CDD 343.098

Elaborado por Natalia Gallo Cerrao – CRB 8/10169

**Índice para catálogo sistemático:**

1. Transporte urbano 343.098

COMISSÃO EDITORIAL

Dirlene Ribeiro Martins (RiMa Editora)

Paulo de Tarso Martins (RiMa Editora)

Carlos Eduardo M. Bicudo (Instituto de Botânica - SP)

Evaldo L. G. Espíndola (USP - SP)

João Batista Martins (UEL - PR)

Norma Valencio (UFSCar - SP)

Pedro Roberto Jacobi (USP - SP)

*RiMa*

Rua Virgílio Pozzi, 81 – Jardim Santa Paula

CEP 13564-040 – São Carlos-SP

Fone: (16) 988064652

# APRESENTAÇÃO

O objetivo deste livro é fornecer a estudantes, profissionais e interessados uma publicação em que os fundamentos sobre Transporte Público Coletivo Urbano são abordados de forma sintética e prática.

As principais fontes de informação utilizadas na elaboração deste livro foram: *Transporte Público Urbano*, A. C. P. Ferraz e I. G. E. Torres; *Sistema de Transporte Coletivo por Ônibus – Planejamento e Operação*, Mercedes Benz do Brasil; *Public Transportation Planning, Operations and Management*, G. E. Gray e L. Hoel; *Urban Public Transportation – Systems and Technology*, V. Vuchic; *Transportation for Livable Cities*, V. Vuchic; *Guia TPC – Orientações para Seleção de Tecnologias e Implementação de Projetos de Transporte Público Coletivo*, Ministério das Cidades, BNDES, Cooperação Financeira Alemã/Banco KfW e Oficina Consultores.

Como a maioria das viagens por transporte público coletivo urbano no Brasil e no mundo é realizada por ônibus, é natural que este modo de transporte tenha maior destaque no texto em relação às outras modalidades.

Um agradecimento a todos que contribuíram para a viabilização deste livro. Em especial, às seguintes empresas e pessoas: Circular Santa Luzia, Viação Expresso Itamarati, Roberto Massafera (ex-prefeito de Araraquara e ex-deputado estadual), Claudinei Brogliato, João José Garcia, Edinaldo Donizete dos Santos Damasceno, Marcos Roberto Cavalini, Maurício Olbrick Rodrigues, Thyago Henrique Genari, Luiz Paulo Bellini, Paulo Vicente Jordão Medina, Kaike Leite, Talita Caetano de Moraes, Ernesto Lia, Ingridi Ienco Cazella, Karla Maria de Paula Rodrigues, Luciano Abelhaneda, Antônio Gabriel, Miguel Moreira Júnior, Cláudio Zanella e Eduardo Kfourri.

Um tributo ao brilhante profissional arquiteto Francisco “Chico” Santoro, autor de grandes obras e da capa deste livro, à Dra. Daniela Barbato, da empresa Barbato Engenharia, pelo desenvolvimento do algoritmo/software que permite obter a matriz O-D a partir dos dados da bilhetagem eletrônica, e ao emérito prefeito Dr. Paulo do Vale, que mostrou que é possível, com competência e criatividade, transformar para muito melhor em curto prazo a mobilidade em uma cidade.



# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 A IMPORTÂNCIA DO TRANSPORTE URBANO .....	1
1.2 O TRANSPORTE URBANO .....	2
Conceitos básicos .....	2
Motivos de viagem .....	2
Modos de transporte .....	2
Classificações dos modos de transporte .....	2
Modos de transporte x tamanho da cidade .....	3
1.3 TRANSPORTE PÚBLICO URBANO .....	4
Importância .....	4
Modos de transporte público x tamanho da cidade .....	4
Planejamento, gestão e operação .....	5
Qualidade e eficiência .....	5
1.4 QUESTÕES .....	6
<b>2. BREVE HISTÓRICO DO TRANSPORTE URBANO E DA EVOLUÇÃO DAS CIDADES</b> .....	9
2.1 HISTÓRIA DO TRANSPORTE URBANO .....	9
O princípio: deslocamento a pé ou com tração humana e animal .....	9
O aparecimento do bonde com tração mecânica .....	11
O ônibus elétrico .....	13
O transporte aquático.....	16
O aparecimento do carro .....	17
A bicicleta e a motocicleta .....	19
2.2 HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DAS CIDADES .....	21
2.3 QUESTÕES .....	23
<b>3. MODOS DE TRANSPORTE URBANO</b> .....	25
3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MODOS DE TRANSPORTE URBANO .....	25
Privado ou individual.....	25
Público, coletivo ou de massa .....	25
Semipúblico .....	25
3.2 MODOS PRIVADOS OU INDIVIDUAIS.....	26
A pé .....	26
Bicicleta.....	28
Motocicleta, motoneta e ciclomotor.....	32
Carro .....	33
Tração animal .....	37
Patinete elétrico .....	37
3.3 MODOS PÚBLICOS, COLETIVOS OU DE MASSA.....	38
Sustentação e dirigibilidade .....	38

	Energia para a locomoção .....	39
	Espaço utilizado na locomoção .....	44
	Preferência em semáforos .....	44
	Tipo de bilhetagem.....	44
	Tipo de parada .....	45
	Operação em comboio .....	45
	Modo ônibus .....	45
	Modo bonde.....	57
	Modo metrô.....	58
	Modo VLT .....	61
	Modo trem urbano .....	64
	Principais características dos modos de transporte público .....	65
3.4	MODOS SEMIPÚBLICOS.....	65
	Carro alugado .....	66
	Transporte solidário ( <i>carpool</i> ) .....	66
	Transporte compartilhado ( <i>vanpool</i> ).....	67
	Transporte fretado.....	68
	Táxi.....	69
	Táxi aéreo .....	72
	Transporte programado via telefone ( <i>dial a ride</i> ) ou internet.....	72
	Lotação .....	74
3.5	FLEXIBILIDADE E CAPACIDADE DOS MODOS DE TRANSPORTE URBANO .....	77
3.6	MODOS NÃO CONVENCIONAIS .....	78
	Monotrilho .....	78
	Aeromóvel .....	84
	Ônibus com dirigibilidade automática.....	85
	Teleférico .....	89
	Transporte ferroviário tipo funicular e cremalheira.....	93
	Elevador.....	94
	Embarcação .....	96
	Correia transportadora.....	99
	Veículo de levitação magnética .....	100
3.7	QUESTÕES .....	102
<b>4.</b>	<b>COMPARAÇÃO ENTRE O TRANSPORTE COLETIVO E O TRANSPORTE INDIVIDUAL.....</b>	<b>103</b>
4.1	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO TRANSPORTE INDIVIDUAL .....	103
	As vantagens .....	103
	As desvantagens .....	104
4.2	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO	106
	As vantagens .....	106
	As desvantagens .....	106
4.3	COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MODOS DE TRANSPORTE URBANO .....	107
4.4	MOBILIDADE E DISTRIBUIÇÃO MODAL NO TRANSPORTE URBANO.....	115

4.5	AÇÕES EMPREGADAS PARA REDUZIR O USO DO CARRO .....	121
4.6	USO RACIONAL DO CARRO .....	123
4.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	125
4.8	QUESTÕES .....	125
<b>5.</b>	<b>QUALIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO .....</b>	<b>127</b>
5.1	VISÃO GERAL DA QUALIDADE .....	127
	Fundamentos .....	127
	Objetivos, direitos e obrigações dos atores .....	127
5.2	FATORES DE QUALIDADE PARA OS USUÁRIOS.....	131
	Considerações iniciais .....	131
5.3	PADRÕES DE QUALIDADE PARA OS USUÁRIOS .....	140
	A complexidade da definição de padrões de qualidade .....	140
	O caso das tecnologias diferenciadas das grandes cidades.....	142
5.4	AVALIAÇÃO GLOBAL DA QUALIDADE.....	143
5.5	QUESTÕES .....	146
<b>6.</b>	<b>EFICIÊNCIA NO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO .....</b>	<b>149</b>
6.1	EFICIÊNCIA ECONÔMICA.....	149
6.2	FATORES QUE AFETAM A EFICIÊNCIA ECONÔMICA.....	150
	Tamanho dos veículos .....	150
	Tipo e estado das vias .....	150
	Distância entre paradas .....	150
	Prioridade no sistema viário .....	151
	Aproveitamento da frota .....	151
	Configuração da rede de linhas .....	151
	Traçado das linhas .....	152
	Programação da operação .....	152
	Aproveitamento dos recursos humanos.....	152
	Sistema de bilhetagem.....	152
	Administração e tamanho das empresas operadoras.....	152
	Morfologia da cidade.....	153
	Topografia da cidade.....	153
6.3	AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ECONÔMICA .....	153
	Índice de quilômetros por veículo (km/veíc./dia) .....	153
	Índice de aproveitamento da frota (%).....	153
	Índice de mão de obra (func./veíc.).....	154
	Índice de passageiros por quilômetro (pass./km).....	154
	Índice de passageiros por veículo (pass./veíc./dia) .....	154
	Custo por quilômetro (R\$/km) .....	155
	Custo por passageiro (R\$/km).....	155
	Relação entre o valor efetivamente arrecadado e o valor previsto por passageiro transportado (%) .....	155
6.4	PADRÕES DE EFICIÊNCIA ECONÔMICA .....	155
6.5	EFICIÊNCIA SOCIAL .....	156
6.6	QUESTÕES .....	156

<b>7. INTEGRAÇÃO NO TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO URBANO</b> .....	159
7.1 INTEGRAÇÃO NO TRANSPORTE DE PASSAGEIROS.....	159
7.2 INTEGRAÇÃO FÍSICA.....	160
7.3 INTEGRAÇÃO TARIFÁRIA .....	161
7.4 INTEGRAÇÃO SINCRONIZADA .....	164
7.5 QUESTÕES .....	165
<b>8. LINHAS E REDES</b> .....	167
8.1 LINHAS DE TRANSPORTE PÚBLICO .....	167
Tipos de linhas.....	167
8.2 REDES DE TRANSPORTE PÚBLICO .....	170
Rede radial.....	170
Rede em grelha, grade ou malha.....	172
Rede radial com linhas tronco e alimentadoras.....	174
Redes de transporte público nas grandes cidades .....	177
8.3 PROJETO DAS REDES.....	177
8.4 PROJETO DAS LINHAS .....	178
Definição do traçado.....	178
Distância entre os itinerários de ida e de volta.....	180
Retidão dos itinerários.....	181
Extensão das linhas.....	183
Outros aspectos relevantes no projeto das linhas .....	184
8.5 REDES DE TRANSPORTE COLETIVO EM ALGUMAS CIDADES .....	185
8.6 QUESTÕES .....	192
<b>9. PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA OPERAÇÃO</b> .....	195
9.1 DEMANDA DE PASSAGEIROS.....	195
Generalidades .....	195
Distribuição da demanda ao longo de uma linha .....	196
Variação horária da demanda .....	198
Variação da demanda nas horas de pico .....	199
9.2 DESEMPENHO OPERACIONAL DOS VEÍCULOS .....	199
Movimento entre duas paradas .....	199
Movimento uniforme (velocidade constante).....	201
Tempo de permanência nas paradas .....	201
Movimento entre dois terminais .....	203
9.3 DIMENSIONAMENTO DA OFERTA HORÁRIA.....	206
Determinação da frequência e da frota necessária .....	206
Intervalo entre veículos sucessivos .....	208
9.4 PROGRAMAÇÃO DA OPERAÇÃO AO LONGO DO DIA .....	210
Definição dos níveis de oferta .....	210
Dimensionamento da frota.....	211
Programação dos horários .....	212
9.5 ESTRATÉGIAS OPERACIONAIS ALTERNATIVAS .....	214
Controle dos horários de partida em terminais ou bases de operação .....	214

Operação com aproveitamento máximo da frota .....	214
Otimização da operação nas linhas.....	215
9.6 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA OPERAÇÃO .....	217
9.7 PARÂMETROS QUANTIFICADORES DA OPERAÇÃO .....	218
9.8 CAPACIDADE DE TRANSPORTE EM UM CORREDOR.....	219
Parada de um comboio por vez em todas as paradas .....	219
Parada de mais de um comboio por vez em todas as paradas .....	221
Parada de um comboio por vez em paradas alternadas.....	221
Considerações adicionais .....	222
9.9 QUESTÕES .....	222
<b>10. PAGAMENTO DA PASSAGEM E CONTROLE DO ACESSO .....</b>	<b>229</b>
10.1 PAGAMENTO DA PASSAGEM .....	229
10.2 CONTROLE DE ACESSO .....	233
10.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA COBRANÇA E CONTROLE DE ACESSO .....	235
Registrador mecânico de passageiros .....	235
Registrador eletrônico de embarques e desembarques .....	236
Emissor de comprovante de pagamento .....	237
Cobrador automático com bilhete magnético .....	238
Cobrador automático com cartão inteligente .....	238
10.4 QUESTÕES .....	239
<b>11. CONTROLE DA OPERAÇÃO .....</b>	<b>241</b>
11.1 INTRODUÇÃO .....	241
11.2 TRABALHO DOS FISCAIS.....	241
11.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS .....	243
Radiocomunicador .....	243
Identificador de coletivos .....	244
Registrador de passagem de coletivos .....	245
Rastreador de coletivos por satélite .....	245
Registrador de comportamento do condutor e do veículo .....	246
Registrador de viagens .....	246
Comunicador com os usuários .....	247
Acionador de semáforo .....	247
Vigilador de locais, vias e interior de coletivos .....	248
Tecnologias integradas .....	248
11.4 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE.....	249
11.5 QUESTÕES .....	250
<b>12. LEVANTAMENTOS E PESQUISAS .....</b>	<b>253</b>
12.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	253
12.2 PRINCIPAIS LEVANTAMENTOS.....	254
Levantamento geral da cidade e do sistema de transporte .....	254
Levantamento da rede de linhas e estações/terminais .....	254
Levantamento da programação operacional das linhas .....	255

Levantamento da acessibilidade à rede de transporte coletivo .....	256
Levantamento dos locais de parada e dos pontos terminais .....	258
Levantamento da situação da frota .....	259
Levantamento do sistema viário .....	259
Levantamentos diversos .....	259
12.3 PRINCIPAIS PESQUISAS .....	260
Pesquisa de origem-destino das viagens por transporte coletivo .....	260
Pesquisa da lotação ao longo da linha e movimento nas paradas .....	265
Pesquisa da variação da demanda ao longo do dia.....	266
Pesquisa da confiabilidade e da pontualidade .....	267
Pesquisa da demanda e da quilometragem de um dia de operação.....	268
Pesquisa de opinião dos usuários .....	268
12.4 PESQUISA O–D COM DADOS DA BILHETAGEM ELETRÔNICA .....	270
12.5 QUESTÕES .....	276
<b>13. PONTOS DE PARADA E ESTAÇÕES/TERMINAIS .....</b>	<b>281</b>
13.1 CONCEITUAÇÃO .....	281
13.2 PONTOS DE PARADA .....	282
Instalações e equipamentos .....	282
Distância entre paradas .....	286
Formas de operação nos pontos de parada .....	287
Localização dos pontos .....	287
Tipos de pontos de parada em relação à posição da guia .....	288
Dimensões e características geométricas dos pontos .....	290
Sinalização dos pontos de ônibus.....	297
13.3 ESTAÇÕES/TERMINAIS DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO .....	298
Introdução .....	298
Instalações .....	299
Estações/terminais abertos e fechados .....	300
Tipos de baias nas estações (terminais) .....	303
Projeto geométrico .....	304
Dimensionamento do número de baias .....	307
13.4 ESTAÇÕES DE TRENS URBANOS .....	308
Elementos das estações de trens .....	308
Dispositivos especiais nas mudanças e cruzamentos de linhas .....	309
Tipos de baias no transporte sobre trilhos .....	309
Dimensionamento do número de baias nas estações .....	309
Arranjo físico dos trilhos e das plataformas nas estações .....	310
13.5 QUESTÕES .....	313
<b>14. SISTEMA VIÁRIO: GEOMETRIA E PRIORIZAÇÃO .....</b>	<b>315</b>
14.1 GEOMETRIA.....	315
Largura das faixas.....	315
Superlargura nas curvas .....	315
Raios mínimos de giro .....	317
Declividade longitudinal.....	318

Superelevação nas curvas.....	318
Curvas verticais .....	319
14.2 PRIORIZAÇÃO DO TRANSPORTE PÚBLICO.....	319
Considerações iniciais .....	319
Prioridade nas vias.....	319
Prioridade nas interseções.....	322
14.3 QUESTÕES .....	327
<b>15. INFORMAÇÕES AOS USUÁRIOS.....</b>	<b>329</b>
15.1 INTRODUÇÃO .....	329
15.2 INFORMAÇÕES NOS VEÍCULOS .....	329
15.3 INFORMAÇÕES NOS PONTOS DE PARADA.....	331
15.4 INFORMAÇÕES NAS ESTAÇÕES/TERMINAIS.....	333
15.5 INFORMAÇÕES IMPRESSAS EM FOLHETOS .....	334
15.6 INFORMAÇÕES POR TELEFONE .....	335
15.7 INFORMAÇÕES VIA INTERNET/TELEFONE CELULAR .....	335
15.8 INFORMAÇÕES PELOS ÓRGÃOS DE COMUNICAÇÃO .....	335
15.9 QUESTÕES .....	336
<b>16. AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE TRANSPORTE.....</b>	<b>337</b>
16.1 TAXA DE JUROS E TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE .....	337
Taxa de juros .....	337
Taxa mínima de atratividade (taxa de oportunidade de capital) .....	338
16.2 EXPRESSÕES PARA A TRANSFERÊNCIA DE CAPITAL.....	339
16.3 CUSTOS ASSOCIADOS AOS PROJETOS DE TRANSPORTE.....	340
Tipos de custos .....	340
Valor presente e valor anual .....	341
16.4 VIABILIDADE DE PROJETOS (EMPREENHIMENTOS) .....	342
16.5 IMPACTOS DOS PROJETOS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO .....	343
Benefícios associados aos projetos de transporte público coletivo .....	343
Custos associados aos projetos de transporte público urbano .....	344
Impactos sobre o meio ambiente .....	344
Impactos sociais .....	346
Impactos sobre o uso e o valor do solo.....	346
Impactos sobre sítios, monumentos e/ou edificações históricas .....	347
Impactos de maior magnitude .....	347
16.6 AVALIAÇÃO ECONÔMICA .....	348
Fundamentos da avaliação econômica .....	348
Métodos (índices ou critérios) de avaliação econômica.....	349
Análise de sensibilidade e de risco de um projeto .....	351
Seleção econômica de alternativas .....	351
16.7 AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO .....	352
16.8 QUESTÕES .....	359

<b>17. CUSTOS NO TRANSPORTE COLETIVO URBANO</b> .....	363
17.1 CÁLCULO DOS CUSTOS E DA TARIFA NO TRANSPORTE POR ÔNIBUS.....	363
Introdução .....	363
Breve histórico dos métodos de cálculo da tarifa .....	364
Custos no transporte por ônibus .....	365
Custos variáveis.....	365
Custos fixos.....	366
Custo unirário e tarifa.....	367
Custos de capital .....	368
17.2 MÉTODO NEC PARA CÁLCULO DOS CUSTOS E DA TARIFA.....	373
Custo mensal total.....	379
Custo de capital no método NEC .....	381
Planilhas eletrônicas para aplicação do método NEC .....	382
17.3 COMPENSAÇÃO TARIFÁRIA .....	383
17.4 FORMAS DE TARIFICAÇÃO .....	384
No espaço .....	384
No tempo.....	384
Por quantidade .....	384
Subsídio e tarifa zero .....	385
17.5 IMPORTÂNCIA DO VALOR CORRETO DA TARIFA .....	386
17.6 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO .....	387
17.7 CUSTOS DE AQUISIÇÃO DOS ÔNIBUS NACIONAIS .....	387
17.8 FINANCIAMENTO DO TRANSPORTE PÚBLICO .....	388
17.9 QUESTÕES .....	391
<b>18. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA</b> .....	395
18.1 CONSTITUIÇÃO BRASILEIRA .....	395
18.2 LEI DE CONCESSÃO E PERMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS.....	395
18.3 QUESTÕES .....	413
<b>19. PLANEJAMENTO, GESTÃO E OPERAÇÃO</b> .....	415
19.1 INTRODUÇÃO.....	415
19.2 PLANEJAMENTO .....	417
19.3 GESTÃO .....	417
Regulamentação .....	418
Administração .....	418
Programação operacional.....	419
Fiscalização .....	419
19.4 ORGANIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO E DA GESTÃO .....	420
19.5 OPERAÇÃO .....	420
19.6 QUESTÕES .....	421
<b>20. EMPRESAS OPERADORAS</b> .....	423
20.1 TIPOS DE EMPRESAS OPERADORAS .....	423

20.2	ATIVIDADES ESSENCIAIS NAS EMPRESAS OPERADORAS .....	423
	Planejamento .....	423
	Organização .....	424
	Direção e execução .....	424
	Supervisão e controle.....	424
20.3	ORGANIZAÇÃO DAS EMPRESAS OPERADORAS .....	425
	Departamento de operação .....	426
	Departamento de manutenção .....	426
	Departamento de finanças.....	427
	Departamento de administração .....	428
20.4	DIMENSIONAMENTO DA FROTA E DE PESSOAL .....	429
	Dimensionamento da frota .....	429
	Dimensionamento dos recursos humanos .....	430
20.5	LOCALIZAÇÃO, ARRANJO FÍSICO E DIMENSIONAMENTO DA GARAGEM .....	430
20.6	A VISÃO DOS USUÁRIOS SOBRE A EMPRESA DE ÔNIBUS .....	432
20.7	QUESTÕES .....	433
<b>21.</b>	<b>O TRANSPORTE URBANO E AS CIDADES .....</b>	<b>435</b>
21.1	TRANSPORTE X QUALIDADE E EFICIÊNCIA DAS CIDADES.....	435
21.2	OCUPAÇÃO DO ESPAÇO NA ÁREA CENTRAL DAS CIDADES .....	440
21.3	O CUSTO DO TRANSPORTE PÚBLICO E A OCUPAÇÃO DO SOLO .....	442
	Forma e porte da cidade.....	443
	Densidade populacional.....	444
21.4	O TEMPO DE VIAGEM E A OCUPAÇÃO DO SOLO.....	445
21.5	O CUSTO DA INFRAESTRUTURA E A OCUPAÇÃO DO SOLO .....	447
21.6	AS CARACTERÍSTICAS DA CIDADE E O TIPO DE TRANSPORTE PÚBLICO .....	448
	Forma.....	448
	Grau de descentralização das atividades.....	448
	Índice de utilização do transporte público .....	449
	Tamanho .....	449
21.7	TEMAS CORRELATOS .....	453
	A Agenda 2030 da ONU .....	453
	Um enfoque inovador na integração no transporte urbano: o MaaS ....	454
	Avaliação da mobilidade urbana.....	454
21.8	QUESTÕES .....	455
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>457</b>	



## 1.1 A IMPORTÂNCIA DO TRANSPORTE URBANO

A facilidade de deslocamento de pessoas, que depende das características do sistema de transporte de passageiros, é um fator importante na caracterização da qualidade de vida de uma sociedade e, por consequência, do seu grau de desenvolvimento econômico e social.

Também associado ao nível de desenvolvimento econômico e social está a facilidade de deslocamento de produtos, o que depende das características do sistema de transporte de carga.

Essas afirmações valem para todos os contextos geográficos, ou seja, em nível de país, estado, região, município e cidade.

As atividades comerciais, industriais, educacionais, recreativas etc., que são essenciais à vida nas cidades modernas, somente são possíveis com o deslocamento de pessoas e produtos. Assim, o transporte urbano é tão importante para a qualidade de vida da população quanto os serviços de abastecimento de água, coleta de esgoto, fornecimento de energia elétrica, comunicação por telefone etc.

A mobilidade é o elemento balizador do desenvolvimento urbano. Proporcionar uma adequada mobilidade para todas as classes sociais constitui uma ação essencial no processo de desenvolvimento econômico e social das cidades.

O equacionamento adequado do transporte urbano é uma preocupação presente em todos os países, pois a maioria da população vive nas cidades. No Brasil, atualmente cerca de 175 milhões de pessoas moram nas cidades – por volta de 85% do total de aproximadamente 205 milhões de habitantes no ano de 2023. No mundo atual, da ordem de 60% das pessoas residem nas cidades; em 2050, essa cifra atingirá 70%.

Os custos do transporte urbano englobam o investimento, a manutenção e a operação do sistema viário: vias, obras de arte (viadutos, pontes, túneis, trevos, rotatórias etc.), dispositivos de controle do tráfego, sinalização, estações, dos sistemas de transporte público coletivo e da frota de veículos. O custo da mobilidade (transporte) nas grandes cidades constitui uma expressiva parcela da matriz dos custos urbanos; nessas cidades, o custo do transporte público coletivo supera em muito o custo de outros serviços públicos básicos, como abastecimento de água, fornecimento de energia elétrica, iluminação pública, coleta de esgoto, telefonia etc.

## 1.2 O TRANSPORTE URBANO

### Conceitos básicos

Transporte é a denominação dada ao deslocamento de pessoas e de produtos. O deslocamento de pessoas é referido como transporte de passageiros e o de produtos, como transporte de carga.

O termo transporte urbano é empregado para designar os deslocamentos de pessoas e produtos realizados no interior das cidades.

### Motivos de viagem

Os motivos que levam as pessoas a viajar são diversos: trabalho, estudo, compras, lazer (recreação) e outras necessidades específicas, como ir ao banco, prefeitura, correio, hospital, médico, dentista, residência de outra pessoa etc.

Já o movimento de carga no interior das cidades ocorre pelas seguintes principais razões: coleta de lixo, chegada de insumos às indústrias e obras, saída de produtos das indústrias, chegada e saída de mercadorias dos estabelecimentos comerciais, movimentação de terra e de entulhos, transporte de mudanças etc.

### Modos de transporte

A palavra *modo* é empregada para caracterizar a maneira como o transporte é realizado.

Há vários modos de transporte de passageiros nas cidades: a pé, de bicicleta, montado em animal, em veículo rebocado por animal, com motocicleta ou veículo assemelhado, de carro, com perua, de ônibus, por intermédio de trem, bonde, embarcação, helicóptero etc. Os meios mais comuns são: a pé, de bicicleta, motocicleta, carro, perua (van), ônibus, bonde (em algumas poucas cidades), metrô e trem urbano (os dois últimos nas grandes cidades).

O transporte urbano de carga é em geral realizado por caminhões (de diversos tamanhos e formas), camionetas, caminhonetes e peruas (vans). Também são utilizados automóvel (para carga de baixo peso e pequeno volume, como, por exemplo, alimentos), carreta rebocada por trator, carroça puxada por animal, carriola empurrada por pessoa (em pequenas distâncias) etc.

### Classificações dos modos de transporte

No que diz respeito à origem do esforço utilizado no deslocamento, os modos de transporte podem ser classificados como motorizados e não motorizados.

Não motorizados são todos os modos em que o esforço para movimentação é realizado pelo homem ou por animal.

Motorizados são os modos que utilizam, no deslocamento, outra fonte de energia que não a tração animal ou humana, a qual é normalmente transformada em energia mecânica por um motor. As principais fontes de energia usadas na locomoção de veículos de transporte são: derivados de petróleo (gasolina e óleo diesel), álcool, gás natural, eletricidade etc.

No tocante à propriedade do veículo, liberdade de uso e capacidade, os modos de transporte podem ser classificados nos seguintes grupos: privado ou individual; público, coletivo ou de massa; e semipúblico.

Privado ou individual são os modos em que o veículo utilizado no transporte pertence (mesmo que temporariamente, pois pode estar emprestado ou a serviço) à pessoa que está dirigindo. Há completa liberdade para escolher o caminho a seguir e o horário de início da viagem, ou seja, existe total flexibilidade no tempo e no espaço para efetuar o transporte. O número de passageiros é pequeno e o deslocamento é de porta a porta. Exemplos típicos de modos de transporte privado: a pé, bicicleta, motocicleta, carro etc.

Público, coletivo ou de massa são os modos utilizados por muitas pessoas simultaneamente (e por isso o custo unitário é baixo), sendo que o veículo pertence a uma empresa ou outra pessoa. Não existe flexibilidade de uso, pois os itinerários e os horários são fixos, e as viagens não são de porta a porta, havendo necessidade de completá-las com percursos a pé ou utilizando outros modos. Os modos mais comuns de transporte público urbano são: ônibus, metrô, VLT (pré-metrô), bonde e trem urbano.

Semipúblico são os modos que apresentam características intermediárias entre os modos privado e público. Por exemplo: táxi, transporte por aplicativo, lotação (peruas, vans ou micro-ônibus realizando transporte de pessoas com diferentes níveis de desregulamentação), ônibus fretado etc.

## **Modos de transporte x tamanho da cidade**

O tamanho da cidade determina em grande parte o modo de locomoção dos seus habitantes.

Nas cidades muito pequenas, a locomoção é feita quase exclusivamente a pé. Crescendo o tamanho da cidade, aumenta o uso de veículos particulares (carro, motocicleta e bicicleta), táxis e transporte por aplicativo.

Nas cidades de porte médio, já se observam ruas mais largas e transporte coletivo por ônibus. Maior o porte da cidade, surgem as vias expressas, sobretudo nos fundos de vale (marginais aos rios), e, muitas vezes, a priorização do transporte coletivo com o emprego de faixas exclusivas para os ônibus e bondes. Mais um salto de tamanho e surgem o transporte coletivo tipo VLT (pré-metrô) e muitos viadutos e vias expressas (no nível do solo, elevadas etc.).

Nas grandes metrópoles é comum uma grande parte do transporte coletivo ser realizada por metrô, VLT (pré-metrô) e ônibus articulados ou biarticulados em faixas segregadas, e a cidade contar com extensa rede de vias expressas e elevado número de viadutos.

### 1.3 TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

#### Importância

De fundamental importância nas cidades é o transporte público coletivo, no qual várias pessoas são transportadas juntas em um mesmo veículo.

Em primeiro lugar, por seu aspecto social e democrático, uma vez que o transporte público representa o único modo motorizado seguro, cômodo e acessível às pessoas de baixa renda, bem como uma importante alternativa para quem não pode dirigir (crianças, adolescentes, idosos, deficientes, doentes etc.), ou prefere não dirigir.

Nas grandes cidades, o transporte coletivo urbano também tem a função de proporcionar uma alternativa de transporte em substituição ao automóvel, visando à melhoria da qualidade de vida da comunidade mediante a redução da poluição ambiental, congestionamentos, acidentes de trânsito, necessidade de investimentos em obras viárias caras, consumo desordenado de energia etc.

Outro aspecto relevante do uso massivo do transporte público é uma ocupação e um uso mais racional do solo urbano, contribuindo para tornar as cidades mais humanas e mais eficientes no tocante a transporte, sistema viário e infraestrutura de serviços públicos.

As atividades econômicas da maioria das cidades dependem do transporte público, pois esse é o modo utilizado por grande parte dos clientes e trabalhadores do comércio, do setor de serviços e da indústria. Também do transporte público dependem as atividades sociais (recreativas, esportivas, religiosas etc.), uma vez que grande parte das pessoas se desloca utilizando esse modo, por necessidade ou preferência.

O transporte público urbano é, assim, imprescindível para a vitalidade econômica, a justiça social, a qualidade de vida e a eficiência das cidades modernas.

#### Modos de transporte público x tamanho da cidade

Nas cidades pequenas e médias, os veículos sobre pneus que se deslocam nas ruas (ônibus e micro-ônibus) são os modos mais utilizados no serviço de transporte público.

Nas grandes cidades, além dos ônibus, é comum o emprego de transporte sobre trilhos: metrô, VLT (pré-metrô), trem urbano etc. Em algumas poucas

idades, também são utilizados sistemas de bondes ou outros modos especiais.

Nas cidades maiores, é comum o emprego de faixas exclusivas ou segregadas para ônibus e bondes modernos (VLT) nas ruas, a fim de oferecer prioridade ao transporte público coletivo no trânsito.

## **Planejamento, gestão e operação**

A experiência aponta que o mais indicado é a operação do transporte público urbano ser realizada por empresas privadas e o planejamento e a gestão (regulamentação, administração, fiscalização e programação da operação), pelo poder público.

As empresas privadas apresentam, quase sempre, maior eficiência em comparação com as empresas públicas, sendo, portanto, mais indicadas para realizar a operação do transporte público.

O planejamento e a gestão do transporte público urbano devem ser realizados pelo governo municipal, pois o transporte coletivo tem grande influência na qualidade de vida, na justiça social, na ocupação e uso do solo, nas atividades comerciais e na eficiência econômica das cidades, devendo, portanto, ser tratado em conjunto com o planejamento urbano em geral.

A falta de planejamento e gestão compromete a eficiência e a qualidade do transporte coletivo, prejudica a qualidade de vida da comunidade e pode levar a uma competição predatória entre operadores, provocando a desordem econômica e legal do sistema.

Assim, as atividades de planejamento e gestão são vitais para garantir a qualidade e a eficiência do serviço de transporte público urbano, bem como o menor impacto negativo possível sobre o meio ambiente (poluição) e o trânsito (congestionamentos e acidentes), a ocupação e o uso racional do solo e a fixação de valores justos para as tarifas: nem elevados, que prejudiquem os usuários, nem baixos, que prejudiquem a qualidade e a sustentabilidade econômica do sistema etc.

## **Qualidade e eficiência**

A qualidade e a eficiência do transporte público nas cidades devem ser contempladas a partir de uma visão ampla do sistema de transporte e do ambiente urbano.

É necessário considerar a eficiência de todas as ações envolvidas na realização do serviço, bem como o impacto do sistema de transporte público na eficiência global da cidade.

Do ponto de vista da qualidade, é importante considerar a satisfação de todos os atores direta ou indiretamente envolvidos com o transporte público: usuários, comunidade, governo, trabalhadores do setor e empresários do ramo.

Um transporte público com qualidade e eficiência depende, principalmente, do atendimento de cinco requisitos: conscientização, planejamento, gestão, legislação e educação/capacitação.

A conscientização de todos os atores envolvidos para que o transporte público coletivo tenha qualidade e eficiência é um requisito fundamental. As principais motivações dos diversos segmentos são: por parte dos usuários, a sua qualidade de vida; por parte do governo e da comunidade, aspectos sociais e econômicos, pois o transporte público é o modo utilizado pelos menos favorecidos e o mais indicado do ponto de vista da qualidade de vida e da eficiência econômica da cidade; por parte dos empresários e dos trabalhadores do setor, a necessidade de manter seus negócios e empregos vencendo a concorrência com os modos individuais.

O planejamento e a gestão adequados do sistema por parte do poder público também são fundamentais para obter qualidade e eficiência no transporte público e em todas as outras atividades urbanas.

Uma legislação que proporcione confiança aos empresários para investir no transporte público e, ao mesmo tempo, forneça ao governo condições para realizar bem o planejamento e a gestão do sistema é fundamental para um transporte público coletivo com desempenho adequado.

Por último, a educação/capacitação de todos os atores envolvidos no serviço de transporte público (usuários, trabalhadores, empresários, comunidade e governo) também constitui um requisito importante para obter boa qualidade e eficiência, pois é fundamental que cada grupo realize adequadamente as ações que lhe competem.

## 1.4 QUESTÕES

1. Qual a importância de um adequado sistema de transporte de passageiros para a comunidade?
2. E de um adequado sistema de transporte de carga?
3. Quais os custos associados ao transporte urbano? É grande o peso do transporte na matriz dos custos urbanos?
4. Qual a magnitude do custo do transporte público em grandes cidades em comparação com o custo de outros serviços públicos básicos, como abastecimento de água, fornecimento de energia elétrica, coleta de esgoto, telefonia etc.?

5. Quais os principais motivos de viagem das pessoas?
6. Quais as principais razões da movimentação de carga nas cidades?
7. Como se classificam os modos de transporte urbano de passageiros?  
Quais as principais características de cada grupo?
8. Escrever sobre o assunto: modos de transporte x tamanho da cidade.
9. Falar sobre a importância do transporte público coletivo urbano.
10. Discorrer sobre o tema: modos de transporte público x tamanho da cidade.
11. Conceituar planejamento, gestão e operação do sistema de transporte coletivo. Quem deve ser o responsável por essas atividades?
12. O que significa contemplar a eficiência e a qualidade do transporte público a partir de uma visão ampla?
13. Quais os cinco principais requisitos para um transporte coletivo com boa qualidade e eficiência? Comentar sucintamente cada um deles.



# BREVE HISTÓRICO DO TRANSPORTE URBANO E DA EVOLUÇÃO DAS CIDADES

## CAPÍTULO 2

### 2.1 HISTÓRIA DO TRANSPORTE URBANO

#### O princípio: deslocamento a pé ou com tração humana e animal

Antes do século XVII, o deslocamento das pessoas nas cidades era realizado a pé, montado em animal ou em carruagem própria puxada por animais – privilégio dos mais ricos. As carruagens de aluguel puxadas por animais, que surgiram nas cidades de Londres, em 1600, e Paris, em 1612, podem ser consideradas os primeiros serviços de transporte público urbano. Nos anos de 1617, em Paris, e 1634, em Londres, apareceu o transporte por meio de liteiras de aluguel (espécie de cadeira coberta onde se sentava o passageiro, sustentada por dois longos varais e conduzida por dois homens).

Somente em 1662, quando Paris já contava com aproximadamente 150 mil habitantes, é que o matemático francês Blaise Pascal organizou o primeiro serviço regular de transporte público: linhas com itinerários fixos e horários predeterminados. O serviço era realizado por carruagens com oito lugares, puxadas por cavalos e distribuídas em cinco linhas.

Em 1826, foi criado em Nantes, França, uma linha de transporte público que ligava a cidade a uma casa de banhos. O veículo utilizado era uma carruagem com comprimento e capacidade superiores aos existentes na época, e que foi denominado *omnibus* (“para todos” em latim). Esse tipo de veículo, referido na época como “carruagem longa ou comprida”, já havia sido utilizado em Londres muito antes, por volta de 1798, mas foi na França que adquiriu o nome de *omnibus*, pelo qual ficou conhecido. Nessa época, surgiram veículos de transporte tipo *omnibus* com capacidade para conduzir entre 10 e 20 passageiros, operando com rotas predefinidas em diversas cidades: Bordeaux, Nova York, Londres, Paris etc.

A Figura 2.1 mostra um *omnibus* típico da primeira metade do século XIX.

O aparecimento quase simultâneo do transporte público em várias cidades decorreu da Revolução Industrial. A produção de bens, até então feita de forma artesanal ou semiartesanal, nas próprias casas dos trabalhadores e com ferramentas rudimentares, passou a ser realizada com a ajuda de máquinas e ferramentas especiais que ficavam nas fábricas, obrigando os operários a se deslocar diariamente de suas casas às fábricas.

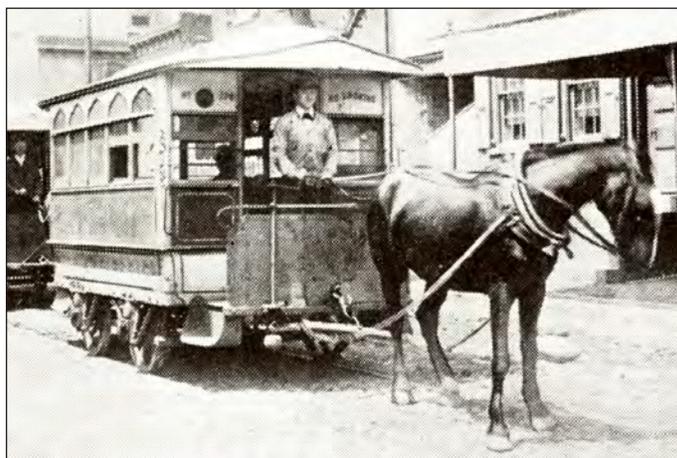


**Figura 2.1** *Omnibus* típico da primeira metade do século XIX. Fonte: ANTP (2000).

Ainda na primeira metade do século XIX, em Nova York, no ano de 1832, surgiram os primeiros bondes – veículos que se movem sobre trilhos – puxados por animais (cavalos, burros ou semelhantes).

A grande vantagem dos bondes sobre os *omnibus* era a menor resistência ao movimento e o rodar mais suave propiciado pelo rolamento da roda de aço sobre o trilho de aço. A menor resistência ao movimento permitiu a utilização de veículos de maior tamanho e o desenvolvimento de velocidades maiores (até 7 km/h em média, contra 5 km/h dos *omnibus*) com o mesmo número de animais na tração. A inexistência de vibrações e solavancos aumentou o conforto dos passageiros e a vida útil dos veículos. Economicamente, a maior velocidade e o aumento da vida útil compensavam o gasto com a implantação dos trilhos.

A Figura 2.2 mostra um bonde puxado por cavalos típico do século XIX.



**Figura 2.2** Bonde puxado por cavalo no século XIX. Fonte: Gray & Hoel (1992).

## O aparecimento do bonde com tração mecânica

Muitas tentativas foram feitas para criar bondes com tração mecânica. A utilização de propulsão a vapor, como nas locomotivas, chegou a ser utilizada em algumas cidades, porém sem sucesso.

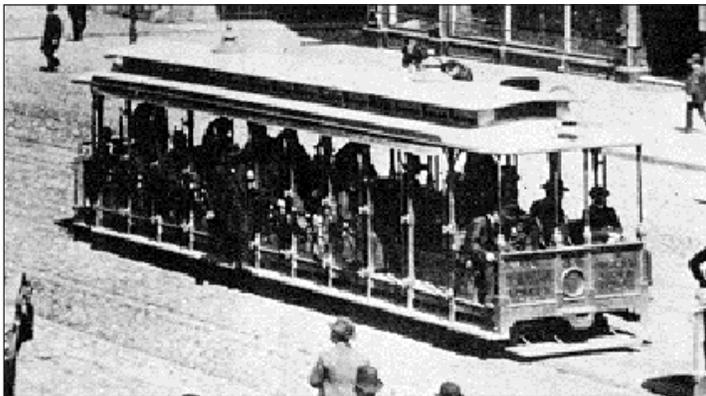
O primeiro sistema que efetivamente apresentou resultado satisfatório foi o bonde movido a cabo, inaugurado no ano de 1873 em São Francisco, Estados Unidos, e, depois, utilizado em outras cidades americanas. Um cabo de aço era mantido permanentemente em movimento, em um canal estreito feito no pavimento entre os trilhos, acionado por grandes motores a vapor em cabines situadas nos extremos das linhas. Um dispositivo especial, acionado pelo condutor, era usado para prender o bonde ao cabo, quando era necessária tração, e desprender, quando o bonde parava nos pontos.

A grande vantagem da tração por cabo em relação à tração animal foi a possibilidade de desenvolver maiores velocidades (algo em torno de 15 km/h).

Na última década do século XIX, surgiu o bonde impulsionado por motor elétrico, com a energia sendo conduzida inicialmente pelos trilhos (o que era bastante problemático, pois os trilhos energizados ficavam no meio da rua) e, logo após, por cabo aéreo. A primeira linha efetivamente bem-sucedida começou a funcionar em 1888, na cidade de Richmond, Estados Unidos.

As principais vantagens do bonde com tração elétrica em relação ao sistema com tração por cabo eram o menor custo de operação e a maior segurança. A velocidade era praticamente a mesma do bonde acionado por cabo, ou seja, cerca de 15 km/h. O bonde elétrico foi um grande sucesso, permanecendo por muitos anos como o principal meio de transporte urbano utilizado no mundo.

A Figura 2.3 mostra um bonde elétrico típico do final do século XIX e início do século XX.

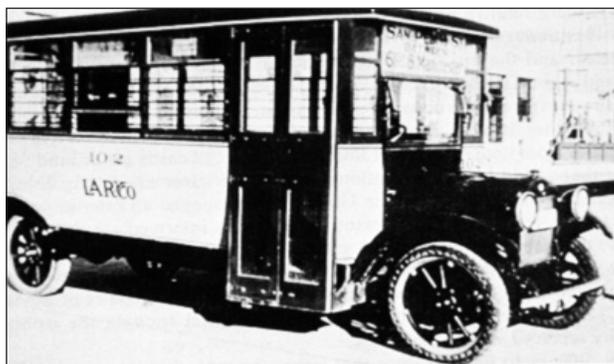


**Figura 2.3** Bonde elétrico típico do final do século XIX e início do século XX. *Fonte:* Vuchic (1981).

## O surgimento do ônibus com tração mecânica

Diversas tentativas de movimentar os *omnibus* com propulsão mecânica foram feitas no século XIX. A utilização de propulsão a vapor foi uma delas. Contudo, nenhuma teve sucesso até, aproximadamente, 1890, quando os primeiros ônibus (denominação dada aos *omnibus* acionados por propulsão mecânica) movidos a gasolina começaram a ser utilizados em inúmeras cidades da Alemanha, França e Inglaterra. Nos Estados Unidos, os primeiros ônibus a gasolina começaram a circular em 1905, na cidade de Nova York.

A Figura 2.4 mostra um ônibus típico do início do século XX.



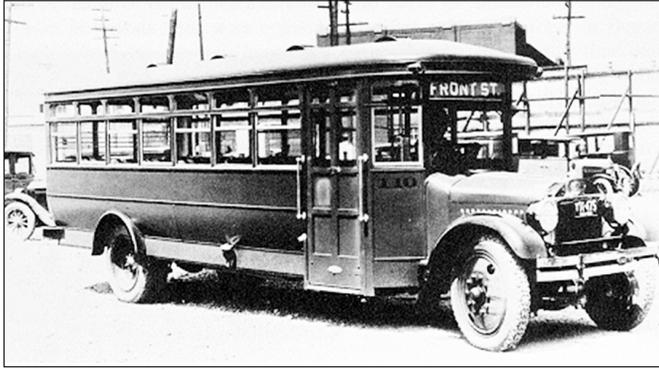
**Figura 2.4** Ônibus típico do início do século XX. Fonte: Gray & Hoel (1992).

Por volta de 1920, começaram a operar os primeiros ônibus movidos a óleo diesel, inicialmente na Alemanha e posteriormente na Inglaterra. Também nessa época, as rodas dos ônibus deixaram de ser de borracha maciça e passaram a ser de pneus com câmaras de ar, que, até então, só eram usadas nas bicicletas, desde 1888, e nos automóveis, desde 1900.

A partir daí, o ônibus passou a substituir o bonde no transporte urbano em virtude de suas inúmeras vantagens: menor custo de implantação e operação, pois não necessita de subestações de energia, trilhos e cabos elétricos; total flexibilidade nas rotas, em razão da possibilidade de desviar de trechos de vias bloqueados por motivo de incidentes ou execução de serviços; e maior confiabilidade, pois as interrupções no fornecimento de energia elétrica não paralisam o transporte.

Com o passar do tempo, inovações tecnológicas foram incorporadas aos ônibus, até chegar aos ônibus modernos que constituem o principal modo de transporte público urbano empregado no mundo atualmente (mais de 85% do transporte público urbano é realizado por ônibus).

A Figura 2.5 mostra um ônibus a diesel típico da década de 1930.

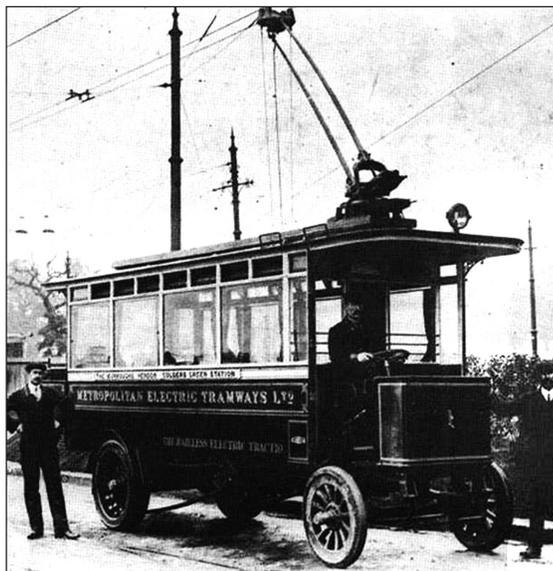


**Figura 2.5** Ônibus típico da década de 1930. *Fonte:* Vuchic (1981).

## O ônibus elétrico

O ônibus elétrico (trólebus) também teve grande importância como meio de transporte urbano entre 1920 e 1950. A primeira linha regular de trólebus data de 1901, em Paris. Dessa data em diante, muitas cidades europeias começaram a utilizá-lo. Nos Estados Unidos, o emprego de ônibus elétrico começou mais intensamente a partir de 1925, em muitos casos aproveitando a rede elétrica dos bondes.

A Figura 2.6 mostra um trólebus típico do final do século XIX, e a Figura 2.7, um trólebus da década de 1930.



**Figura 2.6** Modelo de trólebus do final do século XIX. *Fonte:* Museum of Transportation, USA.

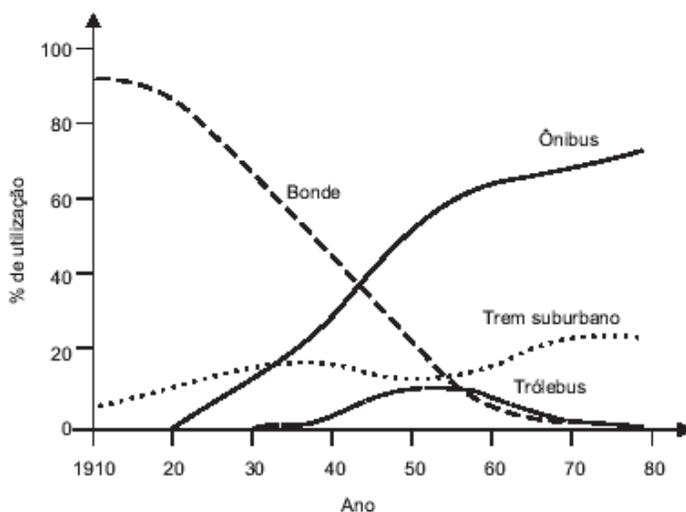


**Figura 2.7** Trólebus utilizado na década de 1930. *Fonte:* Vuchic (1981).

O apogeu do emprego do trólebus no mundo ocorreu por volta de 1950. A partir dessa data, muitos sistemas foram desativados. No entanto, diversas cidades mantiveram em operação os ônibus elétricos, com algumas até mesmo expandido as linhas operadas por esse tipo de veículo.

Diversos fatores contribuíram para o declínio do trólebus: a rigidez das rotas, o custo de operação superior ao do ônibus a diesel, a menor confiabilidade em relação aos ônibus a diesel e a massificação do uso do automóvel, sobretudo nos países ricos.

A Figura 2.8 mostra o declínio na utilização do bonde e do trólebus nos Estados Unidos, que foram substituídos na primeira metade do século XX pelo ônibus e pelo metrô. Esse fenômeno, em escalas diferentes, também ocorreu nos outros países desenvolvidos.



**Figura 2.8** Distribuição modal do transporte público nos Estados Unidos. *Fonte:* Gray & Hoel (1992).

## O trem urbano e o metrô

Outra modalidade de transporte urbano muito importante, no passado e atualmente, é o transporte ferroviário: o trem urbano e o metrô.

A utilização dos trens convencionais para o transporte urbano de pessoas começou na segunda metade do século XIX, quando algumas cidades do mundo já haviam atingido grande tamanho. Nessas cidades, passou a ser viável para as empresas ferroviárias transportar passageiros entre as estações localizadas nos subúrbios e as da região central (onde se localizava a maioria dos empregos), sobretudo nos horários de entrada e saída das pessoas do trabalho.

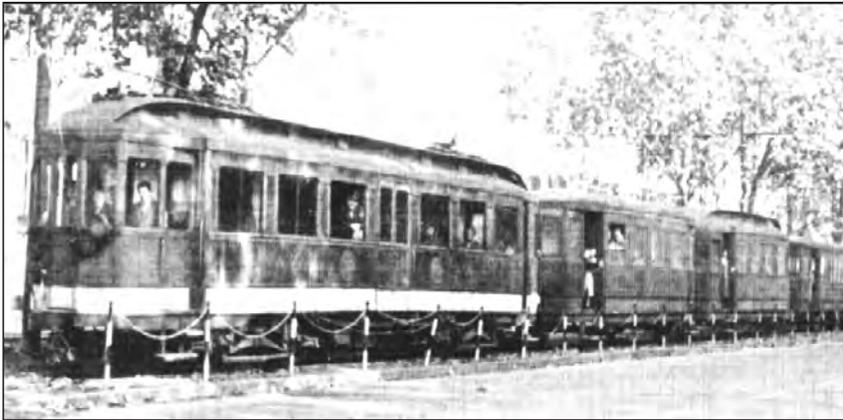
A Figura 2.9 mostra um típico trem puxado por locomotiva a vapor utilizado em regiões suburbanas no final do século XIX.

Esse tipo de transporte experimentou um crescimento mais acelerado a partir das locomotivas elétricas. A maior potência dessas máquinas permitiu que a distância entre as estações nas regiões suburbanas se tornasse menor e a velocidade dos trens, maior, trazendo, com isso, maior facilidade para os usuários e induzindo a uma maior ocupação das áreas distantes do centro, gerando, assim, mais viagens.



**Figura 2.9** Trem suburbano com tração a vapor no final do século XIX. *Fonte:* Vuchic (1981).

A Figura 2.10 mostra um trem suburbano tracionado por locomotiva elétrica utilizado no início do século XX.



**Figura 2.10** Trem suburbano com tração elétrica no início do século XX. *Fonte:* Vuchic (1981).

O transporte tipo metrô (em essência uma ferrovia subterrânea ou elevada) começou a ser utilizado no ano de 1863, em Londres, com uma linha subterrânea para aliviar o congestionamento na região central da cidade. Pela mesma razão, Nova York construiu sua primeira linha elevada em 1868. Ambos os sistemas eram impulsionados por locomotivas a vapor que possuíam um reservatório para armazenar a fumaça quando se locomoviam em trechos subterrâneos e que era expelida quando as locomotivas voltavam a circular na superfície.

Com o surgimento da locomotiva elétrica no final do século XIX, que eliminava os inconvenientes da propulsão a vapor, os sistemas de metrô se expandiram e se multiplicaram nas grandes cidades do mundo. Por volta de 1930, já havia metrô em praticamente todas as grandes cidades dos países desenvolvidos. Embora apresente custo de implantação bastante elevado, o metrô é o sistema de transporte mais indicado nas grandes cidades para evitar o colapso do trânsito de veículos na superfície.

## O transporte aquático

Outra modalidade de transporte urbano que teve papel importante no passado foram as embarcações (barco, balsa/*ferryboat*, canoas etc.).

Antigamente, a transposição de rios, lagos e braços de mar era feita a um custo muito baixo, com barcos, balsas e canoas, permitindo, assim, que as cidades crescessem além das barreiras aquáticas. Esses veículos aquáticos também faziam a ligação entre diferentes partes da cidade situadas à beira do mar, de rios e de lagos, competindo com os modos terrestres.

Essa modalidade de transporte é ainda bastante utilizada em muitas cidades, como, por exemplo, em Veneza (Itália), Hamburgo (Alemanha), Rio de Janeiro (Brasil) etc.

## O aparecimento do carro

Os primeiros carros surgiram no final do século XIX e eram veículos bastante rudimentares. Nas Figuras 2.11 e 2.12 são mostrados dois dos primeiros modelos de carros.



**Figura 2.11** Modelo de um dos primeiros carros construídos. *Fonte:* Museum of Transportation, USA.



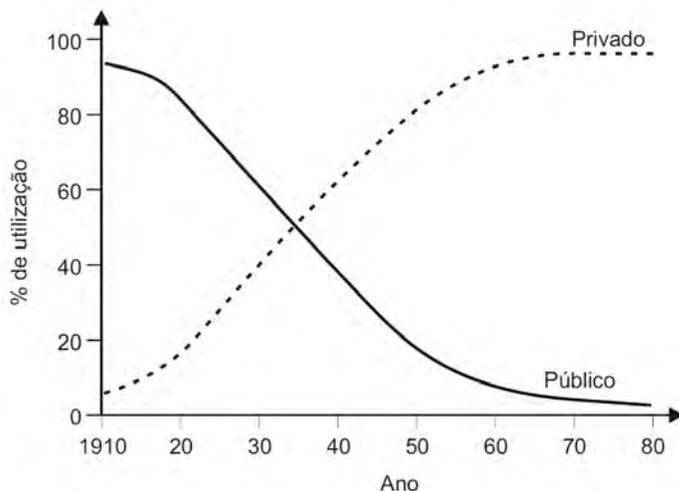
**Figura 2.12** Ford modelo T (1919): o primeiro carro montado no Brasil com peças importadas da matriz americana. *Fonte:* Geipot (2001).

Até por volta de 1920, o transporte público era praticamente a única alternativa de transporte de passageiros nas cidades. Com o surgimento do automóvel no início do século, e seu aperfeiçoamento, o transporte coletivo foi sendo substituído pelo transporte individual, principalmente nas cidades dos países desenvolvidos.

A intensificação do uso do automóvel deve-se às seguintes razões: redução do preço devido ao aumento da produção (economia de escala), permitindo que cada vez mais pessoas pudessem adquiri-los; total flexibilidade de uso no tempo e no espaço, já que o condutor escolhe o caminho e a hora da partida;

possibilidade do deslocamento de porta a porta, sem necessidade de caminhada; conforto, mesmo em condições atmosféricas adversas; privacidade, pois o carro é como se fosse uma casa móvel; e *status* conferido pela posse do veículo.

Nos Estados Unidos, como mostrado na Figura 2.13, houve uma massificação do uso do automóvel a partir de 1910. Embora em proporção menor e com defasagem no tempo, esse fenômeno também ocorreu nos outros países desenvolvidos.



**Figura 2.13** Divisão modal das viagens urbanas nos Estados Unidos. *Fonte:* Gray & Hoel (1992).

Para ilustrar a rapidez da massificação do uso do automóvel, a Figura 2.14 mostra uma foto de 1930, na qual já se pode ver um grande congestionamento em uma rua da cidade de Nova York.



**Figura 2.14** Congestionamento na cidade de Nova York em 1930. *Fonte:* Gray & Hoel (1992).

## A bicicleta e a motocicleta

Duas outras modalidades de transporte urbano que há muito tempo também têm sido utilizadas são a bicicleta e a motocicleta.

A bicicleta, inventada na Inglaterra em 1839, foi sendo aperfeiçoada ao longo do tempo, chegando a um modelo próximo do atual, inclusive com uso de pneu com câmara de ar, no final do século XIX. Dessa época até a segunda década do século XX, a bicicleta foi bastante utilizada como meio de transporte urbano, devido a seu baixo custo, total flexibilidade de uso no tempo e no espaço e possibilidade de efetuar o transporte de porta a porta.

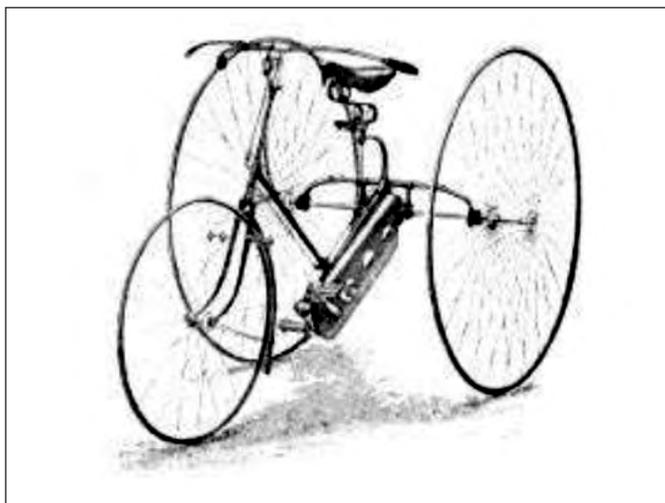
A partir da década de 1930, a utilização das bicicletas passou a ser menor nos países desenvolvidos devido à massificação do uso do automóvel. Em muitos países pobres (Cuba, Índia, China etc.) e em alguns países ricos do norte da Europa (Holanda, Suécia, Finlândia, Noruega etc.), a bicicleta continua sendo muito utilizada.

Atualmente, o uso da bicicleta tem aumentado bastante no mundo todo, como modo ecologicamente correto por não poluir nem consumir energia. Para incentivar a sua utilização, muitas cidades têm implantado ciclovias, ciclofaixas e estacionamentos para bicicletas.

As Figuras 2.15 e 2.16 mostram dois dos primeiros modelos de bicicleta construídos.



**Figura 2.15** Um dos primeiros modelos de bicicleta. *Fonte:* Pedaling History Bicycle Museum, USA.



**Figura 2.16** Um dos primeiros modelos de triciclo. *Fonte:* Pedaling History Bicycle Museum, USA.

Os bicislos e os triciclos motorizados (motocicletas, motonetas e similares) têm sido utilizados desde o final do século XIX.

Atualmente, a motocicleta, em razão do seu baixo preço e custo operacional, vem sendo cada vez mais utilizada nos países menos desenvolvidos dos trópicos, onde o clima é ameno na maior parte do tempo. Em alguns países, como no Brasil, já representa próximo de 30% da frota nacional de veículos.

A Figura 2.17 mostra uma motocicleta típica do início do século XX.



**Figura 2.17** Um dos primeiros modelos de motocicleta. *Fonte:* Motorcycle Museum Online, USA.

## 2.2 HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DAS CIDADES

A história do desenvolvimento dos núcleos urbanos está diretamente relacionada à evolução dos meios de transporte. Os meios de transporte disponíveis exerceram grande influência na localização, no tamanho e nas características das cidades, bem como nos hábitos da população.

O crescimento e o desenvolvimento econômico e social de uma aglomeração dependem, em grande parte, da facilidade da troca de informações e produtos com outras localidades. Assim, não é por acaso que as primeiras cidades surgiram à beira do mar e dos grandes rios e lagos, pois o meio de transporte preponderante no passado eram as embarcações. O desenvolvimento de outros meios de transporte (ferroviário, inicialmente, e depois rodoviário e aéreo) é que levou ao aparecimento de cidades distantes das rotas de navegação importantes.

Por outro lado, o tamanho das cidades estava condicionado a dois fatores: a capacidade de obter suprimentos (alimentos e combustíveis) por meio de produção própria ou do transporte de outras localidades e a distância máxima que as pessoas podiam vencer a pé para trabalhar, comprar e realizar outras atividades inerentes à vida urbana.

Considerando que a maioria das viagens tinha como destino a área central (onde, nas cidades antigas, se concentravam o comércio, os serviços, as fábricas etc.) e admitindo uma velocidade de caminhada de 4 km/h e um tempo máximo de viagem de 20 minutos, a maior distância do centro que, teoricamente, as primeiras cidades poderiam atingir era de aproximadamente 1,3 km.

Com o aparecimento dos *omnibus* puxados por animais, as cidades puderam crescer um pouco mais. Não que a velocidade dessas carruagens fosse muito maior (era de aproximadamente 5 km/h), mas o fato de não requer esforço físico permitia viagens mais longas. Supondo ser de 30 minutos a duração máxima aceitável das viagens por *omnibus*, as cidades poderiam chegar, em teoria, a um máximo de 2,5 km a partir da área central.

Os bondes puxados por cavalos, que apresentavam velocidade de cerca de 7 km/h, mudaram novamente a possibilidade de crescimento das cidades. Com 30 minutos de viagem, a distância máxima do centro, teoricamente, poderia chegar a 3,5 km, admitindo-se as mesmas hipóteses anteriormente colocadas.

O surgimento do bonde elétrico, com velocidade de cerca de 15 km/h, revolucionou definitivamente a possibilidade de as cidades crescerem. Com 30 minutos de viagem, a distância máxima do centro poderia ser, em tese, de 7,5 km (mais do que o dobro em relação ao transporte com bondes rebocados por animais).

Com o surgimento dos ônibus e dos automóveis – também da motocicleta em muitos países –, que permitiam velocidades maiores, as cidades puderam crescer ainda mais. Também contribuíram para o crescimento das cidades o transporte ferroviário (trem urbano e metrô) e a construção de vias expressas, onde os veículos podem desenvolver velocidades muito maiores do que nas ruas comuns.

O uso do solo urbano também sofreu a influência do tipo de transporte. Quando o transporte era feito a pé ou utilizando animais, as cidades eram compactas e bastante densas, devido à impossibilidade do deslocamento confortável por distâncias maiores.

Quando os bondes eram o meio de transporte preponderante, as cidades se desenvolviam ao longo das linhas dos mesmos, pois as pessoas buscavam morar e ter os seus negócios próximos às linhas de bonde em razão da maior facilidade de acesso.

Os trens urbanos/suburbanos geravam ocupação não-uniforme do solo, com a concentração de moradias e atividades próxima às estações. Alta concentração populacional e de atividades também é observada nas vizinhanças das estações de metrô.

O aparecimento do ônibus e do automóvel – e também da motocicleta em muitos países – provocou mudanças na forma de ocupação e uso do solo nas cidades. Por um lado, positivas, pois a permeabilidade total do espaço urbano ao automóvel e ao ônibus possibilitou a ocupação dos vazios deixados pelo bonde e pela ferrovia, permitindo, em tese, um adensamento mais uniforme das cidades. Por outro lado, contudo, o aparecimento do automóvel levou muitas cidades a expandir a mancha urbana de maneira totalmente irracional, provocando baixas densidades de ocupação e, com isso, prejudicando bastante a eficiência econômica da infraestrutura viária e de serviços públicos, bem como do próprio transporte urbano.

Outro aspecto importante: o transporte público induzia à concentração de atividades comerciais, industriais e de prestação de serviços na região central, pois era aonde os passageiros poderiam chegar com viagens diretas (sem necessidade de transbordo) e o destino que minimizava o tempo médio das viagens (admitindo o caso comum de rotas radiais). Com o automóvel foi extremamente favorecida a descentralização das atividades. O aparecimento de shopping centers distantes da área central é consequência do processo de descentralização de atividades proporcionado pelo automóvel e a motocicleta e, ao mesmo tempo, a solução para a falta de estacionamento nas regiões centrais de comércio tradicional.

O crescimento do uso do automóvel trouxe, no entanto, uma série de problemas para as cidades: congestionamentos, acidentes, poluição atmosférica, desumanização em virtude das grandes áreas destinadas a vias e estacionamentos, baixa eficiência econômica devido à necessidade de grandes investimentos no sistema viário e ao espalhamento das cidades etc.

A situação dos congestionamentos atingiu níveis alarmantes, a ponto de a velocidade de deslocamento por automóvel ser atualmente, em muitas cidades grandes, menor do que a velocidade dos bondes empregados no passado e, na área central de algumas grandes metrópoles, nos horários de pico, menor que a velocidade de uma pessoa caminhando.

## 2.3 QUESTÕES

1. Quais as primeiras formas de transporte público? Quando e onde surgiram?
2. O que era um *omnibus*? Quando e onde surgiu? Por que seu uso se expandiu rapidamente?
3. O que são bondes? Como eram tracionados os primeiros bondes? Quando e onde começaram a ser empregados no transporte público?
4. Como era o primeiro sistema de bonde movido a tração mecânica? Quando e onde surgiu?
5. Quando e onde foram utilizados os primeiros bondes movidos a energia elétrica?
6. Quando e onde foram empregados os primeiros ônibus no transporte urbano? Como foi o desenvolvimento da tecnologia dos ônibus?
7. Comentar sobre a história de utilização do trólebus, do trem suburbano e do metrô.
8. Que outros modos de transporte público tiveram grande importância no passado e continuam tendo atualmente?
9. Discorrer sobre a ascensão e o declínio dos diversos modos (públicos e privados) de transporte urbano.
10. Como a evolução dos meios de transporte urbano influenciou o tamanho das cidades? Comentar citando valores.
11. Que mudanças ocorreram na ocupação e no uso do solo urbano com a massificação do uso do automóvel?



## 3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MODOS DE TRANSPORTE URBANO

Os modos de transporte urbano de passageiros podem ser classificados em três grandes grupos: privado ou individual; público, coletivo ou de massa; e semipúblico.

### Privado ou individual

Os veículos são conduzidos por um dos usuários, que pode escolher livremente o caminho e o horário de partida. Há, portanto, total flexibilidade de uso no espaço e no tempo. O transporte é feito de porta a porta, sendo, em geral, pequenas as distâncias a serem percorridas a pé para completar as viagens. A capacidade do veículo é pequena e a posse pode ser momentânea, pois ele pode estar emprestado ou a serviço.

Os modos mais comuns de transporte individual são: a pé, bicicleta, motocicleta, carro (vocábulo utilizado neste texto para designar automóvel, van/perua e camioneta), veículo com tração animal, montado em animal etc.

### Público, coletivo ou de massa

Os veículos pertencem, em geral, a uma empresa e operam em rotas predefinidas e em horários fixos. Não há flexibilidade de uso no espaço e no tempo, e o transporte não é de porta a porta, pois normalmente é necessário caminhar distâncias significativas para completar as viagens. A capacidade do veículo é grande, sendo a viagem compartilhada por um grande número de passageiros.

Os modos mais comuns de transporte público coletivo são: ônibus, bonde, veículo leve sobre trilho (VLT), metrô, trem urbano etc.

### Semipúblico

O veículo pertence a uma empresa ou indivíduo e pode ser utilizado por determinado grupo de indivíduos ou por qualquer pessoa, tendo rota e horários adaptáveis aos desejos dos usuários em vários graus. Apresenta, portanto, características intermediárias entre os modos privado e público.

Os modos mais comuns de transporte semipúblico são: táxi, mototáxi, transporte por aplicativo com carro ou motocicleta (também denominados táxi ou mototáxi por aplicativo), táxi aéreo, carona programada (*carpool*), locação com van/perua ou micro-ônibus, veículo fretado, veículo alugado etc.

A denominação dada ao transporte semipúblico na língua inglesa é *para-transit* e na língua francesa *para-collectifs*. Para designar esse modo de transporte têm sido utilizados no país os termos paratrânsito e paracoletivo. O vocábulo semipúblico parece, contudo, mais apropriado à língua portuguesa do que os verbetes citados.

## 3.2 MODOS PRIVADOS OU INDIVIDUAIS

### A pé

O deslocamento a pé é um dos mais importantes modos de transporte urbano. É o modo mais utilizado para percorrer pequenas distâncias, incluindo a complementação das viagens realizadas por outros modos de transporte. Mas não apenas viagens curtas são realizadas a pé; em cidades dos países em desenvolvimento, é grande o número de pessoas que caminham distâncias consideráveis por não terem condições econômicas de pagar por outro meio de transporte.

Grande atenção tem sido dada ao transporte a pé na maioria dos países, com a implantação de vias exclusivas para pedestres (calçadões) na região comercial do centro das cidades, passagens aéreas (passarelas) ou passagens subterrâneas (túneis) para os pedestres cruzarem vias com grande movimento, semáforos para pedestres, faixas de pedestres etc.

Em algumas cidades de países desenvolvidos, nas quais as temperaturas são muito baixas, têm sido construídas redes de transporte destinadas a pedestres na área central, constituídas de vias subterrâneas com acesso a espaços comerciais e de prestação de serviços, vias públicas no interior dos edifícios também com acesso a espaços de negócios e passagens aéreas protegidas sobre as ruas ligando os edifícios. Essas vias para pedestres são, em geral, interligadas com grandes estacionamentos de carros e estações/terminais de transporte público. Em alguns locais onde o movimento de pessoas é muito intenso, o fluxo é separado por sentido para melhorar a fluidez e a comodidade (conforto) dos pedestres.

A Figura 3.1 mostra um semáforo de pedestre e a faixa de segurança em um cruzamento em Berna, Suíça; a Figura 3.2 apresenta uma via exclusiva para pedestres (calçadão) em Colônia, Alemanha; a Figura 3.3, uma via subterrânea para pedestres em Rochester, Estados Unidos; a Figura 3.4, uma travessia aérea protegida entre prédios em Minneapolis, Estados Unidos; e a Figura 3.5, o mapa da rede de vias subterrâneas e aéreas para pedestres na região central de Rochester.



**Figura 3.1** Semáforo para pedestres e faixa de segurança em João Pessoa, Brasil. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



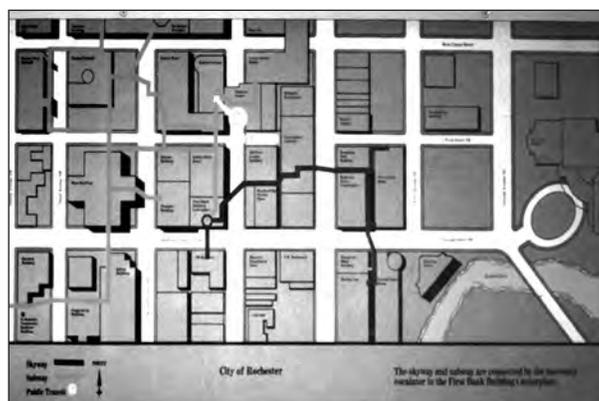
**Figura 3.2** Via exclusiva (calçadão) para pedestres em Colônia, Alemanha. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.3** Via subterrânea para pedestres em Rochester, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.4** Travessia aérea protegida em Minneapolis, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.5** Mapa da rede de vias para pedestres em Rochester, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

## Bicicleta

A bicicleta é bastante utilizada em viagens urbanas no mundo todo. Em razão do baixo preço de aquisição e de o custo de operação ser praticamente zero, a bicicleta constitui uma das principais alternativas de transporte urbano nos países pobres. Também, em algumas nações desenvolvidas do norte da Europa (Holanda, Suécia, Finlândia, Noruega etc.), a bicicleta é muito utilizada por razões culturais e ambientais.

Em muitos países, o uso da bicicleta tem sido incentivado como alternativa para a redução da poluição atmosférica, a melhoria do trânsito, a economia de combustível, a redução da necessidade de espaço para estacionamento etc. Os movimentos ecológicos defendem o uso do modo bicicleta por ser não poluente e não consumir energia não renovável. Clima ameno e topografia plana favorecem o transporte por bicicleta.

Há diversas formas de incentivo ao transporte por bicicletas: pintura de faixas exclusivas nas ruas (ciclofaixas), implantação de vias exclusivas para bicicletas (ciclovias), implementação de estacionamentos cobertos e dotados de dispositivos para prender as bicicletas, facilidade no aluguel de bicicletas que ficam estacionadas em locais estratégicos e podem ser deixadas em estacionamentos situados em outros locais (em muitas cidades grandes, o uso é gratuito), fabricação de bicicletas com tração elétrica utilizando baterias, venda com financiamento a longo prazo (importante sobretudo nos países pobres), possibilidade de transportar a bicicleta nos carros do metrô (como em Stuttgart, Alemanha), em ônibus etc.

Nas Figuras 3.6 a 3.12 são mostradas fotos associadas ao emprego da bicicleta no transporte urbano.



**Figura 3.6** Ciclistas em faixa exclusiva em Paris, França. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.7** Estacionamento para bicicletas em Amsterdã, Holanda. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.8** Estacionamento para bicicletas públicas de uso gratuito em Amsterdã, Holanda. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.9** Estacionamento de bicicletas de aluguel em Lisboa, Portugal. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.10** Faixa exclusiva para bicicletas em Londres, Inglaterra. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.11** Estacionamento coberto para bicicletas na Cidade da Guatemala, Guatemala.  
*Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.12** Canaleta para conduzir a bicicleta em escada na cidade de Viena, Áustria.  
*Fonte:* Foto feita pelos autores.

Um país que devido às limitações econômicas tem incentivado bastante o uso da bicicleta é Cuba. O preço das bicicletas é subsidiado e a compra é financiada a longo prazo.

Uma forma diferente de uso da bicicleta ocorre na cidade de Havana. Como é proibido o trânsito de bicicletas no túnel construído para a travessia da baía da cidade, devido à contaminação atmosférica e à falta de espaço, as bicicletas são conduzidas por ônibus especiais sem bancos, que são chamados de *ciclobus*. A Figura 3.13 mostra a rampa utilizada para o embarque/desembarque das bicicletas nos *ciclobuses*.

Um veículo que representa uma extensão da bicicleta comum é o triciclo (bicicleta de três rodas). Em alguns países, esse tipo de veículo é bastante utilizado no transporte urbano. A Figura 3.14 mostra triciclos transitando na cidade de Havana.



**Figura 3.13** Embarque de bicicletas em um *ciclobus* em Havana, Cuba. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.14** Triciclos circulando em Havana, Cuba. *Fonte:* Fotos feitas pelos autores.

### **Motocicleta, motoneta e ciclomotor**

A denominação motocicleta é empregada para designar veículo automotor de duas rodas dirigido por condutor em posição montada; motoneta, no caso de ser dirigida por condutor em posição sentada; e ciclomotor, quando provido de motor a gasolina com menos de 50 cilindradas ou elétrico e com velocidade máxima de fabricação de 50 km/h. A esses três tipos de veículos pode ser anexado um módulo com roda lateral (*side car*), ou eles podem ser fabricados com três rodas (triciclos motorizados).

A utilização desses tipos de veículos tem aumentado bastante nos países tropicais, nos quais o clima ameno durante praticamente todos os meses do ano favorece esse modo de transporte. O preço e o custo de operação muito menores que os do carro são os grandes atrativos. Outros pontos positivos são: reduzido consumo de combustível e pequeno consumo de espaço para circulação e estacionamento. Alguns problemas das motocicletas e assemelhados são: menor segurança e desconforto ou impedimento do uso em condições atmosféricas adversas: chuva, neve, frio etc.

Os triciclos motorizados são bastante comuns em alguns países menos desenvolvidos (Tailândia, Cuba etc.); atualmente, também como meio de transporte tipo táxi (cobertos para proteção do sol e da chuva e denominados de tuk-tuk), sobretudo para turistas, em algumas cidades maiores da Europa.

A Figura 3.15 mostra motocicleta e triciclo motorizado transitando na cidade de Havana e triciclo motorizado com cobertura (tuk-tuk) em Lisboa, Portugal.



Motocicletas em Havana

Triciclo motorizado  
(tuk-tuk) em Havana

Triciclo motorizado  
(tuk-tuk) em Lisboa

**Figura 3.15** Motocicletas e triciclos motorizados tipo tuk-tuk. *Fonte:* Fotos feitas pelos autores.

## Carro

O termo carro é utilizado nesta publicação para designar todos os tipos de veículos rodoviários comumente utilizados no transporte privado de pessoas: automóvel, van/perua e camioneta.

O carro é um dos principais modos de transporte urbano da atualidade. Em muitos países desenvolvidos, como nos Estados Unidos, é o modo de transporte urbano preponderante. A produção em grande escala e a fabricação de veículos populares tornaram o custo do carro acessível a grande parte da população, sobretudo nos países desenvolvidos.

Além da total flexibilidade de uso no tempo e no espaço e de proporcionar o deslocamento de porta a porta, o carro também permite carregar pequenas cargas, proporciona grande conforto e privacidade no seu interior (pois é como se fosse uma casa móvel) e é símbolo de status social.

Para atender à grande demanda de viagens por carro, as cidades têm expandido bastante os seus sistemas viários com a construção de vias expressas (no nível do terreno, aéreas e subterrâneas), viadutos, pontes, estacionamentos subterrâneos e aéreos etc. Também têm investido bastante na melhoria dos sistemas de controle do tráfego, com o emprego de computadores, dispositivos automáticos (sensores) para detecção de veículos, softwares para otimização do fluxo nas redes viárias, centrais para controle centralizado do tráfego, sistemas on-line de informação aos usuários etc.

A Figura 3.16 mostra parte do complexo viário em Chicago, Estados Unidos; a Figura 3.17, a central de controle do tráfego em Los Angeles, Estados

Unidos, utilizando monitor de vídeo; e a Figura 3.18, o painel de controle operacional do sistema de vias expressas (*freeways*) de Los Angeles.



**Figura 3.16** Complexo viário na região central de Chicago, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.17** Monitoramento do tráfego com câmaras de televisão em Los Angeles, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.18** Painel de controle do tráfego das vias expressas de Los Angeles, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

A maioria das grandes cidades dos países desenvolvidos possui centrais de controle do tráfego nas vias principais, a partir das quais monitoram os tempos dos semáforos, emitem informações aos usuários através de painéis digitais localizados ao longo das vias sobre as condições do tráfego e da necessidade de utilizar percursos alternativos no caso de congestionamentos ou acidentes, enviam ordens à equipe de operação para, no caso de acidentes, sinalizar o local, socorrer os feridos e promover a retirada dos veículos acidentados.

Los Angeles é o exemplo típico de cidade que tentou resolver, sem sucesso, o problema de locomoção dos seus habitantes construindo uma extensa rede de vias expressas elevadas, algo como o “primeiro andar” de um edifício de vias, uma vez que o andar térreo não conseguia mais absorver todo o tráfego de veículos. O problema é que as vias do “primeiro andar” também congestionaram. Alguns anos atrás, a cidade decidiu investir, a exemplo de outras grandes cidades, no transporte público coletivo de massa.

Para atender à crescente demanda de viagens por carro, não basta apenas construir vias. É preciso aumentar a oferta de estacionamentos. Por essa razão, as cidades maiores passaram a utilizar grandes áreas para estacionamento no nível do solo e a implantar edifícios de estacionamento e estacionamentos subterrâneos.

A Figura 3.19 mostra um imenso estacionamento no nível do solo em Los Angeles; a Figura 3.20, a entrada e a saída de estacionamento subterrâneo na cidade de Colônia, Alemanha; e a Figura 3.21, dois edifícios de estacionamento conjugados na cidade de Chicago.



**Figura 3.19** Estacionamento imenso em nível em Los Angeles, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.20** Estacionamento subterrâneo na cidade de Colônia, Alemanha. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.21** Edifícios de estacionamento em Chicago, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

Mesmo nos países em desenvolvimento, os estacionamentos fora das vias públicas já são necessários na região central das cidades, como é o caso do edifício de estacionamento existente na cidade de San Salvador, El Salvador, mostrado na Figura 3.22 .



**Figura 3.22** Edifício de estacionamento em San Salvador, El Salvador. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

## Tração animal

O transporte urbano de pessoas empregando tração animal, geralmente charrete (veículo de duas rodas) ou carruagem (veículo de quatro rodas), é mais frequente nas cidades menores de alguns países mais pobres.

Em algumas cidades, o transporte com charretes ou carruagens é utilizado com objetivo turístico. A Figura 3.23 mostra uma carruagem transportando turistas na cidade de Viena, Áustria.



**Figura 3.23** Carruagem transportando turistas em Viena, Áustria. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

## Patinete elétrico

O patinete elétrico vem sendo utilizado para a locomoção em algumas grandes cidades do mundo, sobretudo na região central. Em muitas delas, há estacionamentos de patinetes de aluguel distribuídos pela cidade e os usuários podem utilizá-los mediante pagamento (que pode se realizado de diversas maneiras), com valor variável em função do tempo de utilização. A devolução pode ser feita em qualquer outro estacionamento da empresa responsável pelo sistema.

A movimentação pode ser feita nos passeios, desde que com velocidade reduzida. Nas Figuras 3.24 e 3.25 são mostradas fotos relacionadas ao transporte com patinetes.



**Figura 3.24** Estacionamento para patinetes em Lisboa, Portugal. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.25** Patinetes sendo utilizados na cidade do Porto, Portugal. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

### 3.3 MODOS PÚBLICOS, COLETIVOS OU DE MASSA

#### Sustentação e dirigibilidade

Quanto à sustentação e à dirigibilidade, dois tipos de tecnologia são comumente empregados no transporte público urbano: veículos sobre pneus rodando apoiados usualmente em vias pavimentadas (exemplo típico: ônibus) e veículos sobre rodas de aço apoiadas em trilhos (exemplos típicos: metrô, trem e bonde).

Nos veículos sobre pneus, as mudanças de direção são realizadas geralmente mediante o giro do volante por parte do condutor; nos ônibus com dirigibilidade automática, por servomecanismos atuados por computador que recebe informação ótica, magnética ou mecânica sobre a trajetória a ser se-

guida. No transporte sobre trilhos, os veículos são guiados automaticamente pelo formato cônico das rodas e pelo contato do friso da roda com a parte interna do boleto do trilho.

Em geral, as principais vantagens do transporte sobre trilhos em relação ao transporte sobre pneus são: menor consumo de energia (a resistência ao movimento é menor no rolamento da roda de aço sobre o trilho de aço), dirigibilidade automática, maior conforto dos passageiros e maior vida útil dos veículos devido ao rodar mais suave sobre superfície totalmente regular. As desvantagens: elevados custos de implantação e manutenção, total impossibilidade de os veículos saírem da rota para desviar de incidentes ou permitir a execução de serviços de manutenção da via e impossibilidade de vencer rampas muito íngremes.

## Energia para a locomoção

As fontes de energia mais utilizadas na tração dos veículos de transporte público coletivo urbano são o óleo diesel e a eletricidade. Em escala muito menor aparecem o gás natural, a gasolina, o etanol e as baterias elétricas.

Os modos de transporte urbano sobre trilhos (metrô, veículo leve sobre trilho, trem urbano, bonde etc.) utilizam, em geral, motores elétricos com a energia captada por pantógrafos em contato com cabos aéreos; ou coletada por sapatas em contato com um terceiro trilho situado ao lado dos trilhos normais ou entre eles.

Os veículos sobre pneus (ônibus e similares) em geral utilizam motores diesel. Apenas um pequeno número de ônibus usa motores elétricos com energia captada externamente (trólebus). Atualmente, muitas cidades estão começando a operar com ônibus híbrido – propulsão utilizando motores diesel e elétrico alimentado por baterias.

A tração elétrica apresenta as seguintes vantagens em relação à propulsão com óleo diesel: nenhuma poluição atmosférica, baixo nível de ruído, maior capacidade de aceleração para motores de mesma potência, maior durabilidade dos veículos devido à ausência das vibrações mecânicas existentes nos motores a combustão interna e possibilidade de obter eletricidade de fontes renováveis de energia (hidráulica, atômica etc.).

As desvantagens da tração elétrica: elevados custos de implantação e manutenção das subestações e da rede elétrica, poluição visual do espaço urbano, paralisação de todo o transporte no caso de interrupção no fornecimento de energia elétrica e total impossibilidade de os veículos saírem da rota para desviar de eventuais incidentes ou permitir a execução de serviços na via – o que é particularmente problemático quando o transporte é feito nas ruas.

A flexibilidade na rota é, em grande parte, a razão pela qual os ônibus usam fonte de energia própria. Como os veículos que se movem sobre trilhos já não têm flexibilidade de rota, a alimentação por rede elétrica não acrescenta mais entrave sob esse aspecto.

A maioria dos ônibus utiliza óleo diesel como combustível. O óleo diesel usado nos ônibus no Brasil é do tipo S10 (assim denominado por conter 10 partes por milhão de enxofre), com o objetivo de reduzir a emissão de contaminantes, uma vez que é mais puro que o S500, que tem preço ligeiramente inferior.

Aqui e em muitos outros países, é adicionado biodiesel ao óleo diesel, com o objetivo de tornar a mistura menos poluente e pelo fato de o biodiesel ser uma fonte de energia renovável. Além de reduzir a emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), responsável pelo aumento do efeito estufa (aquecimento do planeta), o biodiesel é biodegradável, não contém enxofre e melhora a lubrificidade do motor. Por não agredir o meio ambiente, o biodiesel é muitas vezes referido como combustível “ecologicamente correto”.

Na realidade, o biodiesel é uma forma de diesel verde, uma vez que o diesel verde pode abranger uma gama mais ampla de combustíveis renováveis. O biodiesel é um combustível renovável produzido a partir de óleos vegetais, gorduras animais ou resíduos de alimentos, não tóxico e pouco poluente, feito a partir das plantas (óleos vegetais extraídos do girassol, dendê, mamona, amendoim, soja etc.) ou de animais (gordura animal), enquanto o diesel verde também pode ser obtido a partir de outras fontes, como gás natural renovável, óleos de algas e até mesmo resíduos de madeira.

No Brasil, a porcentagem de biodiesel adicionada ao óleo diesel é, atualmente (2023), de 10% (já foi de 13% e pode chegar a 15% em 2025); na Europa é de 7%; nos Estados Unidos, Japão e Argentina é de 5%; e no Canadá varia entre 1% e 5%.

Alguns especialistas acreditam que, no futuro, o diesel verde possa substituir, gradativamente, os combustíveis fósseis – o que seria um grande avanço no tocante à poluição atmosférica e à utilização de energia renovável.

Com o intuito de reduzir ainda mais a emissão de poluentes, os motores diesel são atualmente projetados para uso do ARLA 32 (sigla utilizada para designar o produto denominado Agente Redutor Líquido Automotivo, solução aquosa com 32,5% de ureia que é adicionada aos gases de escape).

Nos países desenvolvidos, tem aumentado cada vez mais a exigência de motores diesel que levem a menor emissão de contaminantes. No Brasil, neste ano (2023) está entrando em vigor a regulamentação para a fabricação de motores diesel conhecida como Euro 6, que constitui um conjunto de nor-

mas regulamentadoras para motores diesel visando a uma maior redução da emissão de poluentes.

Cada mudança na norma de fabricação dos motores diesel tem por objetivo a redução dos níveis de poluentes; assim, o Euro 6 tem por meta reduzir ainda mais a poluição quando comparado à norma Euro 5. Para atender aos novos padrões no tocante à emissão de contaminantes, os motores são aperfeiçoados e os veículos equipados com sistemas de pós-tratamento dos gases de escapamento, como, por exemplo, a redução catalítica seletiva que envolve o uso do Agente Redutor Líquido Automotivo (ARLA 32).

Visando à sustentabilidade ambiental, os combustíveis fósseis utilizados nos veículos automotivos vêm sendo substituídos por energia renovável e menos poluente.

A poluição tem dois tipos de efeitos: local e global. O efeito local atua prejudicando as diversas formas de vida na cidade e é composta dos seguintes principais componentes químicos: monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, material particulado e óxidos de enxofre. O efeito global refere-se aos poluentes que provocam o acúmulo excessivo de gases de efeito estufa na atmosfera, levando ao aquecimento global (aumento da temperatura média da Terra), que tem efeitos catastróficos no clima. Os gases associados ao efeito estufa (GEE) são: metano, óxido nitroso, clorofluorcarbonos, ozônio, vapor d'água e, principalmente, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), também referido como gás carbônico. Comumente, o efeito conjunto desses gases é expresso em  $\text{CO}_2$  equivalente, que corresponde à quantidade de  $\text{CO}_2$  que apresenta o mesmo efeito no aquecimento global que o conjunto de todos os gases emitidos.

A denominação “pegada de carbono” é empregada para designar o total de emissão de gases de efeito estufa causada por um produto, envolvendo a sua fabricação, comercialização e consumo, expresso em dióxido de carbono equivalente. O conceito pode ser estendido para serviços, eventos etc.

O aquecimento global tem levado o mundo a modificar a matriz energética na produção industrial e no transporte. Novas fontes de energia alternativa foram e estão sendo desenvolvidas em busca da redução da emissão de poluição – em especial do dióxido de carbono, que causa o efeito estufa.

Nos carros, por exemplo, a propulsão com etanol e a adição de etanol na gasolina já é uma realidade em muitos países, sobretudo no Brasil, onde a porcentagem de álcool na gasolina passará de 27,5% para, em breve, 30%.

Muitas cidades do mundo já utilizam, há muito tempo, o gás natural veicular (GNV) para propulsão de parte da frota de ônibus, como, por exemplo, Atlanta (Estados Unidos), Madri (Espanha), Cidade do México (México) e Copenhague (Dinamarca).

Também o biometano tem sido testado nos ônibus urbanos como alternativa ao GNV. O biometano é um combustível gasoso obtido a partir do processamento do biogás, que, por sua vez, é gerado pela digestão de matéria orgânica (biomassa) em equipamentos chamados de biodigestores.

A Figura 3.26 mostra um ônibus movido a gás natural em Copenhague, Dinamarca.



**Figura 3.26** Ônibus movido a gás natural em Copenhague, Dinamarca. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

Na cidade de Chattanooga, Estados Unidos, há muitos anos uma grande parte da frota de ônibus é movida por baterias elétricas. A Figura 3.27 mostra um desses ônibus no interior do prédio onde as baterias são recarregadas.



**Figura 3.27** Ônibus movido a baterias elétricas em Chattanooga, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

Com o aperfeiçoamento da tecnologia das baterias elétricas, o emprego de carros movidos a bateria já é uma realidade. Na Alemanha, os carros elétri-

cos já representam próximo de 25% da frota. Na Noruega, graças a incentivos fiscais, 80% dos carros novos têm motor elétrico. Nos Estados Unidos, 20%. Na China, o uso é ainda maior. Na União Europeia, a venda de veículos com motor a gasolina ou diesel será proibida a partir de 2035. No Brasil, ainda é pequena a frota de carros elétricos (em torno de 2% do total).

Também já é significativo o número de ônibus híbridos com motores diesel e elétrico (alimentado com baterias) utilizados em diversas cidades do mundo. No Brasil, a cidade de São Paulo mantém em teste, desde 2019, ônibus movidos a bateria; atualmente está adquirindo 2.600 ônibus híbridos diesel-elétricos.

O uso do ônibus híbrido diesel-elétrico deverá ser cada vez maior, pois, além de poluir menos, tem menor custo de operação e maior vida útil. O custo de aquisição atualmente é maior, mas tende a cair com a fabricação em grande escala.

Outra fonte alternativa de combustível que também vem sendo desenvolvida e testada nos ônibus (inclusive no Brasil) é o hidrogênio, armazenado em tanques e alimentando motor de combustão interna ou com conversão em célula de combustível combinado com oxigênio gerando energia elétrica. As pesquisas atuais têm por objetivo obter a preços competitivos o hidrogênio através da eletrólise da água utilizando fontes renováveis de energia – o hidrogênio verde (combustível totalmente limpo).

Na Figura 3.28 é mostrado ônibus movido com célula de hidrogênio.



**Figura 3.28** Ônibus movido com célula de hidrogênio. *Fonte:* Internet.

Também o etanol vem sendo testado como combustível para os ônibus – o que é de grande interesse para o Brasil, que é um grande produtor de álcool derivado da cana-de-açúcar. Cabe salientar que o hidrogênio verde pode ser obtido a partir do etanol da cana-de-açúcar.

## **Espaço utilizado na locomoção**

Dependendo do espaço destinado à locomoção dos veículos de transporte público, podem ser identificadas as seguintes situações: movimento nas ruas junto com o tráfego geral, movimento nas ruas em faixas exclusivas (separação parcial), movimento nas ruas em canaletas (separação total) e movimento em vias específicas isoladas – no nível do solo, subterrâneas ou aéreas. As vias específicas isoladas destinam-se aos sistemas de metrô, trem urbano, VLT (em alguns casos), monotrilho etc.

O objetivo do emprego de faixas exclusivas e canaletas nas vias é aumentar a velocidade e a capacidade de movimento dos ônibus ou veículos sobre trilhos (bonde e VLT) nas ruas. No caso das vias específicas isoladas, empregadas nos sistemas de metrô, trem urbano, VLT e monotrilho, a velocidade e a capacidade são, em geral, maiores em comparação com o transporte em canaletas ou faixas exclusivas.

Soluções mais radicais, como destinar ruas só para os veículos de transporte coletivo ou até mesmo toda uma área na região central das cidades, também têm sido adotadas.

## **Preferência em semáforos**

Com o objetivo de aumentar a velocidade e a capacidade dos coletivos que se movimentam nas ruas, é comum dar a eles preferência nos cruzamentos semaforizados.

No caso de linhas troncais operadas com veículos de maior tamanho ou em comboio, a prioridade pode ser total, com os semáforos abrindo verde quando os coletivos se aproximam, mediante identificação prévia por sensores.

Outras formas de preferência nas interseções semaforizadas menos radicais são: alocação dos tempos de verde dos semáforos com base no número de passageiros e não de veículos (como é usual), coordenação de semáforos consecutivos com base na velocidade dos coletivos etc.

## **Tipo de bilhetagem**

Outra forma de aumentar a velocidade e a capacidade dos modos de transporte coletivo é fazer a bilhetagem (pagamento e controle de acesso)

fora dos veículos, em estações apropriadas. Essa prática reduz significativamente o tempo perdido nas operações de embarque e desembarque dos passageiros, sobretudo se a plataforma estiver no mesmo nível do piso dos coletivos, pois evita que os usuários tenham de subir ou descer degraus.

Essa estratégia é comum no caso dos modos metrô, trem suburbano, VLT, BRT e ônibus maiores (padron, articulado e biarticulado) operando em canaléticas no centro das vias.

## Tipo de parada

No caso de diversas linhas operando no mesmo corredor (troncais ou não), os locais de parada podem ser dotados de várias baias de estacionamento, em geral com entrada e saída independentes, para permitir o embarque/desembarque simultâneo de vários coletivos, visando com isso reduzir o tempo perdido nos pontos de paradas e, em consequência, aumentar a velocidade operacional e a capacidade de transporte.

## Operação em comboio

Outra estratégia para aumentar a velocidade e a capacidade dos modos de transporte coletivo é a operação em comboio. Nos modos metrô, trem urbano e VLT, os carros constituintes do trem/comboio circulam engatados (isso de certa forma também ocorre nos ônibus articulados e biarticulados). No caso dos ônibus comuns, o comboio é formado por unidades independentes circulando próximas – prática que tem sido empregada nos corredores com baias dispostas linearmente nas paradas, com entradas e saídas não independentes.

No caso de uma única linha operando no corredor, é simples conformar os comboios. Contudo, no caso de duas ou mais linhas, é indicado que os comboios sejam ordenados conforme o destino (para que os coletivos possam parar nas baias corretas, evitando que os usuários tenham de se movimentar nas plataformas, atrasando, com isso, a operação de embarque). A operação de ordenamento é realizada no início do corredor e acarreta alguma perda de tempo.

O número de unidades nos comboios normalmente varia de duas a quatro, embora em São Paulo, Brasil, já tenham sido utilizados comboios ordenados com até oito ônibus (sistema Comonor: comboio de ônibus ordenados).

## Modo ônibus

As dimensões dos veículos de transporte público que se movimentam junto com o tráfego geral precisam ser compatíveis com a geometria das vias urbanas no que concerne à largura das faixas de trânsito e aos raios das cur-

vas. Por essa razão, os ônibus sem articulação têm entre 2,4 e 2,6 metros de largura e entre 6,5 (micro-ônibus) e 14 metros de comprimento (15 metros quando dotado de 3º eixo direcional). Com o uso de articulações para poder realizar curvas de pequeno raio, é possível operar com ônibus de maior tamanho. Os ônibus articulados têm até 19 metros de comprimento, e os biarticulados podem chegar a 30 metros.

Outra solução utilizada para aumentar o tamanho dos ônibus e, por consequência, sua capacidade é o acoplamento de unidades independentes: o sistema tipo cavalo-reboque, em que uma unidade de tração (cavalo) reboca a unidade destinada aos passageiros (reboque), e o sistema ônibus-trailer (conhecido como "Romeu e Julieta"), em que um ônibus reboca uma unidade independente (trailer) que também transporta passageiros. Nesse caso, o ônibus precisa ter grande potência e as duas unidades precisam operar independentemente, com sistemas de bilhetagem individualizados. A vantagem desse sistema é que o trailer pode ser desconectado fora dos períodos de pico, quando a demanda é menor.

Também empregado como alternativa para aumentar a capacidade é o ônibus de dois andares – denominado *double-deck* na língua inglesa e apelidado de "dose dupla" e "fofão" no Brasil, quando algumas unidades operaram em São Paulo na década de 1980. Esse tipo de ônibus foi idealizado na Inglaterra a fim de aumentar a capacidade de transporte nas ruas estreitas típicas das cidades inglesas, passando depois a ser utilizado em muitos outros países. Dois inconvenientes dos ônibus de dois andares: a exigência de gabaritos de vias com dimensão vertical maior, pois a altura do veículo é de aproximadamente 4,5 metros, contra 3,5 metros dos convencionais, e a dificuldade de acesso ao piso superior.

A Figura 3.29 mostra um ônibus de 12 metros com aspecto moderno em Montevideú, Uruguai; a Figura 3.30, ônibus de 9 metros com aspecto antigo em Tegucigalpa, Honduras; a Figura 3.31, ônibus com 15 metros de comprimento; a Figura 3.32, ônibus articulado em León, México; a Figura 3.33, ônibus biarticulado em Curitiba, Brasil; a Figura 3.34, sistema cavalo-reboque em Havana, Cuba; a Figura 3.35, trólebus articulado em Budapeste, Hungria; a Figura 3.36, ônibus elétrico rebocando trailer em Lausanne, Suíça; a Figura 3.37, ônibus de dois andares em Berlim, Alemanha; e a Figura 3.38, micro-ônibus em León, México.



**Figura 3.29** Ônibus de 12 metros com aspecto moderno em Montevideú, Uruguai. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.30** Ônibus de 9 metros com aspecto antigo em Tegucigalpa, Honduras. *Fonte:* foto feita pelos autores.



**Figura 3.31** Ônibus urbano com 15 metros de comprimento. *Fonte:* Fotos feitas pelos autores.



**Figura 3.32** Ônibus articulado em León, México. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.33** Ônibus biarticulado em Curitiba, Brasil. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.34** Sistema cavalo-reboque na cidade de Havana, Cuba. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.35** Trólebus articulado em Budapeste, Hungria. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.36** Ônibus elétrico rebocando trailer em Lausanne, Suíça. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.37** Ônibus de dois andares em Berlim, Alemanha. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.38** Micro-ônibus em operação no transporte público de León, México. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

Em algumas cidades com topografia acidentada, a encosta de muitos morros foi ocupada sem planejamento – situação comum em muitos países pobres –, sendo o acesso a essas zonas feito por vias muito estreitas e/ou com grande declividade, impossibilitando a passagem de ônibus e, às vezes, até mesmo de micro-ônibus. Nessas áreas, o transporte público é realizado por linhas regulares (com horários e itinerários predefinidos) operadas com veículos pequenos tipo van/perua, muitas vezes com o espaço interior adaptado para comportar maior número de passageiros.

Mesmo quando é possível o acesso por ônibus ou micro-ônibus, algumas cidades mantêm linhas regulares com vans/peruas para o atendimento de algumas regiões.

A Figura 3.39 mostra uma perua de marca Kombi operando em uma linha regular de transporte público na cidade de Pachuca, México.



**Figura 3.39** Perua em operação no transporte público de Pachuca, México. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

Comumente, os ônibus se movimentam em unidades independentes do lado direito das vias, junto com o tráfego geral; a bilhetagem é realizada no interior dos mesmos e não há preferência nos semáforos.

Contudo, como colocado, diversas estratégias têm sido utilizadas para aumentar a velocidade e a capacidade do modo ônibus: veículos maiores sem articulação, articulados ou biarticulados; locomoção em faixas exclusivas situadas à direita da via, canaletas (faixas segregadas) na parte central das vias e ruas só para ônibus; preferência em semáforos; bilhetagem (pagamento da passagem) fora dos ônibus em estações, plataforma das estações e dos ônibus no mesmo nível; estações de parada com várias baias e entrada e saída independentes ou operação em comboio, no caso de paradas com várias baias e entrada e saída não independentes.

A denominação BRT (sigla em inglês de *Bus Rapid Transit*) é empregada para designar o transporte coletivo realizado por ônibus convencional com grande comprimento (com até 15 metros), articulado (com até 19 metros) ou biarticulado (com até 30 metros) operando em canaletas com piso de concreto na parte central de vias largas (com faixa de tráfego ideal de 3,5 metros de largura, excepcionalmente 3,2 metros), com bilhetagem fora dos ônibus na entrada das estações, plataforma das estações e dos ônibus no mesmo nível (é comum o emprego de rampas metálicas apoiadas nas plataformas das estações e dos ônibus para facilitar o embarque e desembarque, sobretudo de cadeirantes), prioridade nos semáforos com abertura da luz verde quando se aproximam, alto nível de automação no monitoramento e controle da operação realizados em CCO (Centro de Controle Operacional) etc.

Os ônibus utilizados no BRT operam com tecnologia embarcada moderna: computador de bordo para receber e enviar informações ao CCO, GPS, internet para os usuários, câmeras internas de monitoramento, controle automático de abertura e fechamento das portas, controle da aceleração e frenagem, elevador ou rampa de acesso para cadeirante, controle da temperatura (ar condicionado) e da umidade no interior etc.

Muitas dessas tecnologias embarcadas modernas também já são utilizadas nos ônibus comuns, incluindo o emprego de validador eletrônico acionado a distância por cartão inteligente. Em especial, vem crescendo bastante o uso de ar condicionado nos ônibus, tendo em conta, sobretudo, as altas temperaturas no verão em muitas cidades.

De certa forma, o BRT corresponde a um VLT (Veículo Leve sobre Trilho) sobre pneus, com capacidade para transportar até cerca de 35 mil passageiros por hora por sentido. O sistema já opera em muitas cidades do mundo (o mais conhecido é o de Bogotá, Colômbia). No Brasil, o BRT opera nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Goiânia, Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, Uberlândia etc.

A Figura 3.40 mostra via com faixa exclusiva para ônibus na cidade de São Paulo, Brasil; a Figura 3.41, canaleta de ônibus em Quito, Equador; a Figura 3.42, canaleta de ônibus em estação com baias independentes em uma linha tronco do sistema Transmilenio na cidade de Bogotá, Colômbia; e a Figura 3.43, rua exclusiva para ônibus também na cidade de Bogotá, Colômbia.

Cabe observar, na Figura 3.42, que a canaleta de ônibus do sistema Transmilenio engloba uma faixa de tráfego no trecho entre as estações e duas faixas junto a essas, para permitir a ultrapassagem – necessária para que os coletivos possam parar na baia programada e, também, para que se possa operar com viagens expressas (sem parada na maioria das estações). No sistema de Quito (Figura 3.41), só existe uma faixa em cada sentido, inclusive nas estações, pois no corredor opera uma única linha troncal com parada em todas as estações.



**Figura 3.40** Faixa exclusiva de ônibus em São Paulo. *Fonte:* MBB (1987).



**Figura 3.41** Canaleta de ônibus em Quito, Equador. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.42** Faixa segregada (caneleta) do sistema Transmilenio em Bogotá, Colômbia, com duas faixas de tráfego junto às estações. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



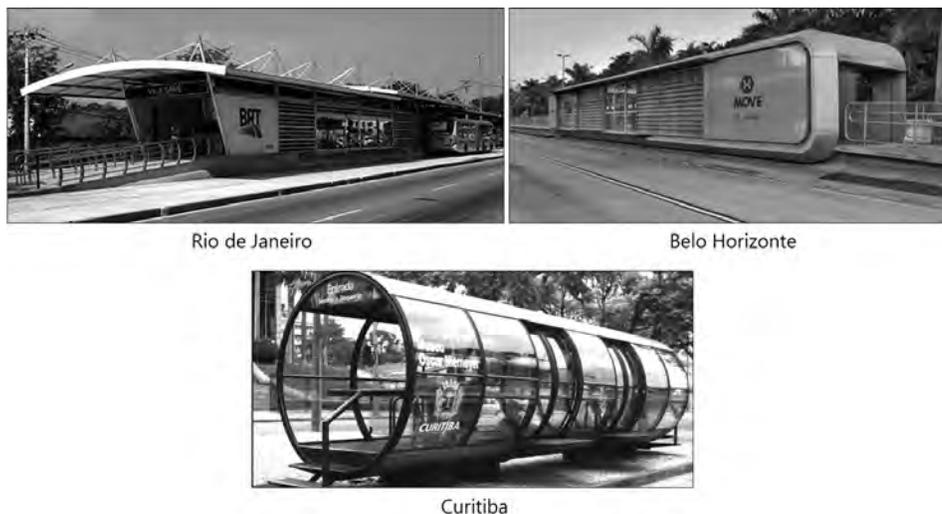
**Figura 3.43** Rua exclusiva para ônibus em Bogotá, Colômbia. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

A Figura 3.44 mostra comboio de ônibus em operação na cidade de São Paulo, Brasil.



**Figura 3.44** Comboio de ônibus em operação em São Paulo, Brasil. *Fonte:* CET (1979).

A Figura 3.45 mostra estações utilizadas no sistema BRT em cidades brasileiras, onde a bilhetagem é realizada na entrada das estações.



**Figura 3.45** Estações do BRT, com bilhetagem na entrada das estações. *Fonte:* Fotos feitas pelos autores.

Os ônibus são fabricados com diferentes características no que se refere às dimensões (comprimento, largura e altura), capacidade, peso, suspensão, caixa de câmbio, número de portas, posição do motor etc.

A capacidade dos veículos de transporte coletivo é dada somando-se o número de assentos com a quantidade de pessoas que podem viajar em pé – valor calculado multiplicando-se o valor da área livre disponível (que exclui a área reservada para acomodação de cadeira de roda ou cão-guia) pelo número máximo de passageiros por metro quadrado. A taxa máxima de passageiros em pé por metro quadrado adotada depende da qualidade do transporte. Nos países desenvolvidos, nos quais a qualidade prepondera sobre o custo, têm sido adotadas taxas limitadas a 4 pass./m<sup>2</sup>; nos países em desenvolvimento, nos quais o custo baixo é fundamental, têm sido utilizadas taxas superiores a 5 pass./m<sup>2</sup>. Durante a operação, muitas vezes esses valores são superados momentaneamente, pois com muito aperto é possível colocar mais de 7 pass./m<sup>2</sup>.

No Brasil, os tipos de ônibus e as suas características estão definidos em ABNT NBR 15570/2011 (norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas). Na Tabela 3.1 estão reproduzidas as principais características no tocante a dimensões, capacidade e peso.

**Tabela 3.1** Tipos e características dos ônibus urbanos nacionais no tocante a dimensões, capacidade e peso. *Fonte:* NBR 15570 (ABNT, 2021).

Tipo de ônibus	Micro-ônibus	Miniônibus	Midiônibus	Básico	Padron	Articulado	Biarticulado
Comprimento máximo (m)	7,4	9,6	11,5	14,0	14,0 ou 15,0 <sup>a</sup>	18,6	30,0
Capacidade mínima <sup>b</sup> (pass.)	10-20	30	40	70	80	100	160
Peso bruto mínimo (t)	5	8	10	16	16	26	36
Largura externa máxima (m)	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Altura externa máxima (m)	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80

(a) Com 3º eixo direcional; (b) considerando 0 pass. em pé por m<sup>2</sup> no micro-ônibus, 4 no miniônibus e 6 nos demais tipos em relação à área livre (que exclui a área reservada para acomodação de cadeira de rodas ou cão-guia).

Na Tabela 3.2 estão indicados alguns dados aproximados dos ônibus nacionais tomados como referência para efeito de comparação do desempenho. No caso do custo dos ônibus (chassis mais carroceria), a variação é grande considerando que depende do comprimento, do tipo de acabamento, da quantidade adquirida (economia de escala) etc.

**Tabela 3.2** Características técnicas e econômicas dos ônibus urbanos nacionais utilizados como referência para comparação do desempenho.

Tipo de ônibus	Comprimento (m)	Capacidade (pass.)	Custo (US\$ mil)	Custo/capacidade (US\$ mil/pass.)	Pass./m <sup>2</sup> de via <sup>a</sup>
Micro-ônibus	7	20	70	3,50	0,34
Miniônibus	9	40	90	2,25	0,60
Midiônibus	11	60	120	2,00	0,82
Básico	13	80	150	1,88	0,99
Padron <sup>b</sup>	14	90	210	2,33	1,07
Articulado <sup>b</sup>	18	120	260	2,17	1,22
Biarticulado	28	180	380	2,11	1,35

(a) O número de passageiros por metro quadrado foi avaliado considerando-se ônibus com lotação completa ocupando uma extensão de via igual ao seu comprimento mais 10 metros e uma largura da faixa de tráfego igual a 3,5 metros; (b) considerando modelo padron.

A suspensão dos ônibus pode ser de três tipos: metálica (com molas), com ar comprimido (que proporciona maior conforto aos passageiros por absorver melhor os impactos verticais decorrentes das irregularidades na superfície de rolamento) e mista (com molas e ar comprimido).

A caixa de câmbio pode ser comum, o que obriga o motorista a trocar de marchas, ou automática, que não exige troca de marchas, facilitando bastante o trabalho do condutor.

As opções em relação ao número de portas nos ônibus comuns são de duas e três, sendo que a existência de uma porta a mais para o desembarque traz maior comodidade aos usuários. Os ônibus articulados e biarticulados têm maior número de portas. Nos ônibus que circulam nas vias comuns, as portas se encontram do lado direito (lado da calçada). Na operação em faixas segregadas (canaletas) do lado esquerdo da via, junto ao canteiro central, onde estão localizadas as estações de embarque e desembarque, os coletivos são dotados com portas no lado esquerdo (lado do motorista). Se o coletivo, além de circular em vias com essas características, também utiliza vias comuns, onde o embarque e o desembarque são realizados pelo lado direito, ele é fabricado com portas dos dois lados.

A localização do motor próximo ao motorista nos ônibus tem a vantagem de facilitar o processo de refrigeração, pois o ar, durante o movimento, é canalizado diretamente sobre o mesmo. Em contrapartida, dificulta a circulação dos passageiros e causa grande desconforto ao condutor e aos usuários que estejam próximos, em razão do ruído e do calor – embora isso tenha sido amenizado com o emprego de novos materiais de isolamento do motor. A tendência, no entanto, é utilizar motor na parte de trás ou na lateral dos ônibus.

Outra característica relevante nos ônibus é a altura da plataforma. Quanto mais baixa, maior a comodidade dos passageiros ao subir ou descer e maior a velocidade nas operações de embarque e desembarque nos pontos de parada comuns localizados na calçada. As irregularidades da superfície de rolamento (valetas e lombadas) nas vias impedem, no entanto, o emprego de plataformas muito baixas. Nos ônibus de linhas troncais que operam em canaletas centrais, as alturas das plataformas dos coletivos e das estações devem ser as mesmas para maior comodidade dos usuários e maior agilidade no embarque e no desembarque. Em alguns casos, em todas as portas do ônibus há uma chapa que se estende das plataformas do coletivo até a estação, como se fosse uma ponte, para facilitar o embarque e o desembarque. Alguns ônibus mais sofisticados podem abaixar a plataforma nas paradas ("ajoelhar"), por meio de mecanismo hidráulico apropriado.

## Modo bonde

O termo bonde (em inglês, *tram*) é utilizado para designar os veículos sobre rodas que transitam em trilhos embutidos no pavimento junto com o tráfego geral (movimentos em faixas exclusivas são exceções). O sistema de bilhetagem é localizado no interior do veículo.

Para evitar o descarrilamento durante as conversões nas ruas, normalmente com raios de curva na faixa de 15 a 25 metros, a distância entre os eixos dos bondes pode atingir, no máximo, de 6 a 7 metros. Considerando que é possível mais 3 a 4 metros de balanço em cada extremidade, os bondes comuns podem ter, no máximo, 13 a 14 metros de comprimento. Veículos maiores somente são possíveis com o emprego de articulações, podendo chegar a comprimentos entre 18 e 22 metros com uma única articulação e entre 23 e 29 metros com dupla articulação.

A largura máxima dos bondes é de aproximadamente 2,5 metros, levando-se em conta as restrições do movimento em ruas normais. A capacidade dos bondes varia entre 70 e 250 passageiros, dependendo do comprimento e do layout interno.

A concepção de um modo de transporte ultrapassado é comum quando se pensa nos bondes antigos; não sem razão, pois o bonde foi o primeiro veículo motorizado empregado no transporte urbano de pessoas. No entanto, veículos tipo bonde com moderna tecnologia têm sido utilizados em algumas cidades do mundo com desempenho bastante satisfatório.

A Figura 3.46 mostra um bonde comum em Gante, Bélgica; a Figura 3.47, em Nova Orleans, Estados Unidos; e a Figura 3.48, bondes articulados em Viena, Áustria, e em Bratislava, Eslováquia.



**Figura 3.46** Bonde em Gante, Bélgica. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.47** Bonde em Nova Orleans, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



Viena, Áustria.



Bratislava, Eslováquia.

**Figura 3.48** Bondes articulados em operação. *Fonte:* Fotos feitas pelos autores.

## Modo metrô

A denominação metrô (em inglês, *subway* ou *underground*) é empregada para designar trens urbanos que se movimentam em vias específicas totalmente isoladas, com operação em geral totalmente automatizada, de forma a possibilitar o desenvolvimento de velocidades altas e maior capacidade de transporte. São, comumente, movidos com energia elétrica (captada por contato e transmitida por um terceiro trilho embutido no solo e energizado somente quando o veículo estiver sobre o tramo ou indutiva com o uso de sistema magnético). A bilhetagem é realizada nas estações.

As vias utilizadas são, normalmente, subterrâneas, embora não sejam incomuns trechos aéreos ou no nível do solo (neste caso, em geral, utilizando antigos leitos ferroviários).

Os carros utilizados nos trens metroviários têm entre 2,5 e 3,2 metros de largura e entre 15 e 23 metros de comprimento, com capacidade para 150

a 250 passageiros, dependendo do tamanho e do layout interno. O transporte normalmente é realizado em comboios de 4 a 10 unidades agrupadas, com capacidade entre 1.200 e 2.000 passageiros por trem. O comprimento máximo dos trens é da ordem de 130 metros. A velocidade operacional comumente varia de 35 a 50 km/h, e a capacidade é de 20 a 80 mil passageiros por hora, por sentido. O intervalo mínimo entre trens é de 120 segundos, podendo chegar a 90 segundos com tecnologia de automação avançada.

A Figura 3.49 mostra trem do metrô de Atlanta, Estados Unidos; a Figura 3.50, trem do metrô de Praga, República Checa; e a Figura 3.51 apresenta a estrutura de sustentação de trecho aéreo do metrô sobre rua de Chicago, Estados Unidos (um dos mais antigos do mundo).



**Figura 3.49** Trem do metrô de Atlanta, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

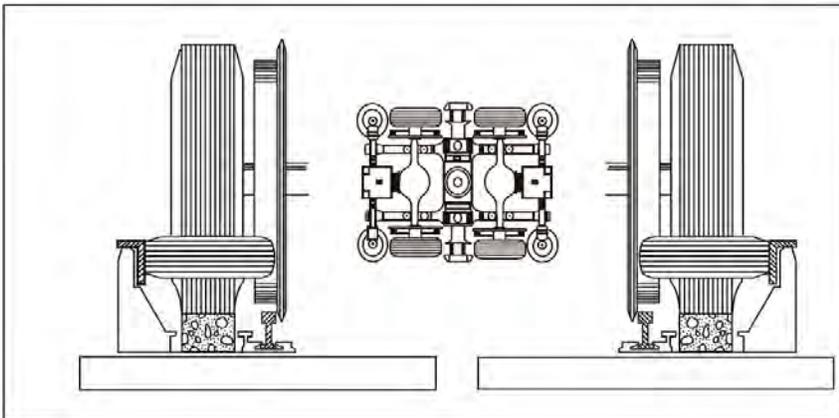


**Figura 3.50** Trem do metrô de Praga, República Checa. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.5 1** Estrutura de sustentação da parte aérea do metrô sobre ruas de Chicago, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

Entre 1951 e 1956, foi desenvolvida, na França, uma tecnologia diferente para tração, sustentação e dirigibilidade dos trens de metrô. A Figura 3.52 mostra o esquema dessa tecnologia.



**Figura 3.52** Sustentação e dirigibilidade no metrô sobre rodas pneumáticas. *Fonte:* Vuchic (1981).

Os veículos apoiam-se sobre rodas pneumáticas de tamanho normal que, por sua vez, se apoiam em uma laje de concreto; a dirigibilidade é dada por pequenas rodas pneumáticas que giram encostadas em uma mureta metálica colocada ao longo da via. Os veículos continuam tendo rodas de aço que não tocam os trilhos nos trechos normais e servem como segurança no caso de falha do sistema de dirigibilidade com rodas laterais. As rodas metálicas e os trilhos somente são utilizados nos trechos de mudança de linha ou nos

cruzamentos, quando as rodas pneumáticas de sustentação e dirigibilidade, por razões técnicas, têm de ser deixadas livres.

O sistema foi idealizado com dois objetivos: aumentar a velocidade média, pois com maior adesão entre a roda e a superfície de rolamento é possível obter maior aceleração e desaceleração, e reduzir o ruído provocado pelo rolamento de roda de aço sobre trilho de aço. Atualmente, contudo, com o aperfeiçoamento da tecnologia com trilho, essas vantagens, relevantes na época, deixaram de existir.

O sistema de rodas pneumáticas foi originariamente empregado em algumas linhas do metrô de Paris e depois utilizado em inúmeras outras cidades, como Santiago, Chile, Cidade do México, México, Montreal, Canadá, Lyon, França etc.

A Figura 3.53 mostra um trem sobre pneus do metrô de Paris.



**Figura 3.53** Metrô sobre rodas pneumáticas em Paris, França. *Fonte:* Vuchic (1981).

## Modo VLT

O VLT – Veículo Leve sobre Trilhos (em inglês, *Ligh Rail Transit – LRT*) – é um modo de transporte público que situa entre o bonde e o metrô. São veículos modernos operando em comboios de várias unidades engatadas e utilizando vias segregadas (exceto em alguns trechos curtos ou nos cruzamentos com ruas, quando dividem o espaço com o tráfego geral), movidos com alimentação elétrica que pode ser aérea com catenária e pantógrafo, com contato através de um terceiro trilho embutido no solo e energizado somente quando o veículo estiver sobre o tramo, ou indutiva, com uso de sistema magnético. A operação é automatizada utilizando CCO (Centro de Controle Operacional), e a bilhetagem ocorre dentro dos veículos com a apresentação

do bilhete/cartão em validador eletrônico sem a passagem em catraca (sensores instalados nas portas contam o número de entradas e saídas), ou feita fora do veículo, nas entradas das estações, como no metrô.

Os cruzamentos em nível com ruas são semaforizados, com semáforos normalmente abrindo automaticamente para o VLT quando se aproxima. Na região central, devido ao tráfego congestionado, algumas cidades utilizam vias subterrâneas.

O VLT também é referido como Transporte Leve sobre Trilho (TLT), pré-metrô, bonde moderno, metrô leve ou metrô de superfície (em inglês, em alguns países, *tramway* ou simplesmente *tram*).

O VLT apresenta velocidade e capacidade maiores que o bonde, porém menores que o metrô.

Os carros têm entre 2,40 e 2,65 metros de largura e a composição, entre 32 e 64 metros de comprimento, com capacidade para 280 a 660 passageiros (dependendo do comprimento e do layout interno). Opera em curvas com raio de até 20 metros e rampa com inclinação de até 7%. A velocidade operacional, em geral, varia de 15 a 25 km/h, e a capacidade vai de 10 a 20 mil passageiros por hora, por sentido. O intervalo mínimo entre trens é da ordem de 2 a 3 minutos, dependendo do nível de automação, do tipo de bilhetagem e do layout da estação de embarque e desembarque.

As Figuras 3.54 a 3.57 mostram sistemas de VLT em algumas cidades do mundo.



**Figura 3.54** VLT em Estrasburgo, França. *Fonte:* Foto feita pelo eng. Vanildo Trindade.



**Figura 3.55** Semáforo no cruzamento da linha do VLT com uma rua em Guadalajara, México. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.56** VLT operando em via exclusiva na cidade de Dresden, Alemanha. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.57** VLT operando em vias comuns em Amsterdã, Holanda. *Fonte:* Fotos feitas pelos autores.

## Modo trem urbano

O modo denominado trem urbano refere-se ao transporte de características regionais realizado nas grandes metrópoles por trens comuns utilizando os mesmos leitos do transporte ferroviário interurbano; algumas vezes, também é referido como trem suburbano. A fonte de energia para a locomoção é elétrica ou diesel. A alimentação elétrica pode ser aérea, com catenária e pantógrafo, com contato através de um terceiro trilho embutido no solo e energizado somente quando o veículo estiver sobre o tramo, ou indutiva, com uso de sistema magnético. São características do sistema: viagens relativamente longas, grande distância entre as estações e velocidade alta.

Os carros e as locomotivas são, normalmente, os mesmos do transporte ferroviário interurbano. Os carros têm entre 2,5 e 3,2 metros de largura e entre 20 e 26 metros de comprimento, com capacidade para 150 a 250 passageiros. O transporte é realizado em comboios de 4 a 10 carros (capacidade total do trem da ordem de 2.000 passageiros), bilhetagem nas estações e nível de automação variado – desde sistemas ultramodernos de controle, com o emprego de sensores eletrônicos e computadores, até sistemas antigos com uso de *staff* (bastão entregue ao condutor para que a linha possa ser liberada na próxima estação). A velocidade operacional varia de 40 a 60 km/h, e a capacidade é de 20 a 40 mil passageiros por hora, por sentido. O intervalo mínimo entre trens varia de 3 a 6 minutos.

As Figuras 3.58 e 3.59 mostram trens urbanos operando em duas cidades.



**Figura 3.58** Trem urbano em Natal, Brasil. *Fonte:* Internet.



**Figura 3.59** Trem urbano em Buenos Aires, Argentina. *Fonte:* Internet.

## Principais características dos modos de transporte público

Na Tabela 3.3 são mostradas as faixas de valores típicas dos principais parâmetros relativos aos modos de transporte público urbano.

**Tabela 3.3** Faixas de valores típicos de parâmetros relativos aos modos de transporte público coletivo urbano.

Parâmetro	Ônibus <sup>a</sup>	BRT <sup>b</sup>	VLT <sup>c</sup>	Metrô	Trem urbano
Capacidade (mil pass./h/sentido)	5-15 <sup>a</sup>	15-35	10-20	20-80	20-40
Investimento (US\$ milhões/km)	4-12	15-40	40-80	50-500	50-100
Velocidade operacional (km/h)	18-22	22-30	18-30	35-50	40-60
Distância entre estações (m)	300-600	500-800	500-800	700-2000	1500-3000

(a) Ônibus padron ou articulado operando em faixas preferenciais ou segregadas. (b) Ônibus articulado ou biarticulado sem e com ultrapassagem. (c) Cobrindo desde sistema moderno de bonde até pré-metrô (metrô leve).

## 3.4 MODOS SEMIPÚBLICOS

Os modos de transporte semipúblicos podem ser classificados em três grupos: transporte privado com uso modificado, transporte contratado e transporte regular flexível.

Como transporte privado com uso modificado são considerados os carros alugados e aqueles utilizados em transporte solidário (*carpool*, na língua inglesa). No grupo transporte contratado incluem-se as peruas de transporte compartilhado (*vanpool*) e os veículos fretados (*vans/peruas*, micro-ônibus ou ônibus). Transporte regular flexível são os modos táxi/mototáxi, transporte por aplicativo (também denominado de táxi/mototáxi por aplicativo), táxi

aéreo, transporte programado via telefone ou internet (*dial a ride*) e lotações (vans/peruas ou micro-ônibus realizando transporte desregulamentado).

## Carro alugado

O carro pode ser alugado por determinado período de tempo, sendo o valor do aluguel estabelecido em função do tempo de locação e da quilometragem percorrida, ou apenas do tempo de locação. A colocação de combustível é de responsabilidade do locador. Eventuais acidentes que provoquem danos ao veículo ou a terceiros são cobertos por seguro, cujo pagamento é obrigatório por ocasião do aluguel.

Esse tipo de serviço encontra-se disseminado no mundo todo e apresenta duas características interessantes: o usuário passa efetivamente a ter um veículo particular dentro do período de locação e o veículo, após o período de utilização, dependendo da empresa locadora, pode ser deixado em um local diferente da origem: outra cidade ou até mesmo outro país, mediante o pagamento de uma taxa adicional.

## Transporte solidário (*carpool*)

Neste sistema, também conhecido como carona programada, duas ou mais pessoas utilizam o mesmo carro para realizar viagens regulares em que há relativa coincidência dos horários de ida e volta e as origens e os destinos são relativamente próximos. O mais comum é o revezamento de carros entre os integrantes do grupo. Se, por algum motivo, um deles não colocar o carro no revezamento, a compensação pode ocorrer com alguma forma de pagamento aos demais.

O transporte solidário foi muito incentivado em vários países durante a crise do petróleo na década de 1970, e em alguns continua sendo, por levar a uma diminuição no número de viagens e nas externalidades negativas associadas. Duas formas de incentivo normalmente dadas ao transporte tipo *carpool* são: maior facilidade de estacionamento no local de destino (empresa, universidade etc.), por meio de garantia de vaga e concessão de desconto na tarifa ou mesmo gratuidade, e possibilidade de uso de faixas exclusivas nas vias expressas (faixas destinadas apenas ao tráfego de ônibus e veículos transportando mais de duas pessoas). Isenção do pagamento de pedágio urbano e/ou suburbano para veículos com mais de duas pessoas também tem sido utilizada para incentivar o transporte solidário.

A Figura 3.60 mostra o quadro de organização de transporte solidário na Universidade de Wisconsin, Estados Unidos, e a Figura 3.61, faixa exclusiva

para veículos com mais de dois passageiros em uma via expressa em Atlanta, Estados Unidos.



**Figura 3.60** Quadro de organização de *carpool* na Universidade de Wisconsin, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.61** Faixa da esquerda exclusiva para veículos com mais de dois passageiros em Atlanta, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

Com o desenvolvimento da internet e dos aplicativos para celular, e a facilidade de comunicação associada, esse tipo de transporte ficou bastante facilitado.

### Transporte compartilhado (*vanpool*)

É a denominação dada ao transporte com as seguintes características: grupo de pessoas viajando regularmente em um veículo tipo van/perua de propriedade de um deles, que é pago pelo serviço. Algumas variações possíveis: o veículo pertence a todo o grupo ou a parte dele, e um dos proprietários fica responsável pela guarda, operação e manutenção, sendo pago para isso.

A Figura 3.62 mostra uma perua utilizada em transporte compartilhado em Bordeaux, França.



**Figura 3.62** Van utilizada em transporte compartilhado em Bordeaux, França. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

A utilização de transporte compartilhado (*vanpools*) também foi incentivada durante a crise do petróleo, e em algumas cidades continua sendo. Faixas exclusivas nas vias expressas e facilidades de estacionamento (garantia de vaga e desconto na tarifa) são as formas mais comuns de incentivo.

### Transporte fretado

Corresponde ao serviço de transporte com horários e trajetos predefinidos, contratado para transportar pessoas (trabalhadores, alunos etc.) até o local de trabalho, estudo etc. No caso mais comum, os veículos pegam e deixam as pessoas nas suas casas ou nas proximidades, sendo o serviço contratado por empresas, escolas etc. Os veículos normalmente utilizados são vans/peruas, micro-ônibus e ônibus.

A Figura 3.63 mostra perua para transporte escolar em São Carlos, Brasil, e a Figura 3.64, ônibus para transporte fretado de funcionários de empresa em Juárez, México.



**Figura 3.63** Van para transporte escolar em São Carlos, Brasil. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.64** Ônibus fretados para transporte de funcionários em Juárez, México. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

## Táxi

São carros alugados com o condutor. Esse serviço de transporte público é um dos mais antigos. Encontra-se disponível em praticamente todas as cidades do mundo. Nas cidades pequenas é quase sempre o único modo de transporte público disponível para os moradores.

Outros tipos de veículos também têm sido utilizados em serviços de táxi: charrete, motocicleta (mototáxi), triciclo não motorizado (como o bicitáxi em Cuba) etc. No passado, o serviço de táxi era realizado com charrete ou caruagem puxada por animais. Os táxis usualmente têm sinais exteriores e/ou cores especiais para facilitar seu reconhecimento por parte do público.

O táxi constitui um modo de transporte de grande relevância para a sociedade, na medida em que, além da flexibilidade de horários e rotas do automóvel particular, incorpora outras importantes características: a não propriedade do veículo, a não necessidade de dirigir, a não necessidade de estacionar, a não responsabilidade em caso de acidentes etc.

O preço da viagem é determinado, em geral, por dispositivo denominado taxímetro, que calcula o valor em função da quilometragem percorrida e de uma taxa inicial preestabelecida, denominada "bandeirada", para compensar a quilometragem percorrida sem remuneração. A bandeirada, normalmente, tem valores distintos conforme o período do dia (dia ou noite), o dia da semana (dia útil ou domingo/feriado), o mês do ano (em dezembro, usualmente, a bandeirada é maior para proporcionar um rendimento maior ao condutor, como se fosse um 13º salário). O valor também pode ser tabelado conforme a origem e o destino da viagem ou combinado com o motorista antes do início da viagem.

Nas cidades médias e pequenas, os táxis ficam estacionados em pontos predefinidos pelo poder público municipal, normalmente próximos de locais onde é maior a geração de viagens. Para utilizar o serviço, as pessoas devem se dirigir até o ponto ou solicitar por telefone. Nas grandes cidades, muitos táxis não têm ponto-base e ficam circulando vazios à espera de passageiros, os quais podem abordar os veículos em qualquer local.

Atualmente, serviços de táxis em que uma central de controle se comunica por rádio com os veículos (sistema de rádio-táxi) são bastante comuns. A comunicação por rádio permite melhorar bastante a produtividade e a qualidade do serviço, bem como a segurança pessoal dos condutores. O usuário telefona para a central e tem o táxi disponível mais rapidamente, pois os veículos são acionados por rádio e, teoricamente, aquele que estiver livre e mais próximo do local pega o passageiro.

A Figura 3.65 mostra táxis parados em um ponto em Madri, Espanha, e táxi circulando em Londres, Inglaterra; a Figura 3.66, bicitáxi em Havana, Cuba, e mototáxi tipo triciclo motorizado (tuk-tuk) em Lisboa, Portugal.



Ponto de táxi em Madri.



Táxi circulando em Londres.

**Figura 3.65** Táxis parados em ponto e táxi circulando. *Fonte:* Fotos feitas pelos autores.



Mototáxi – triciclo motorizado (tuk-tuk) em Lisboa.



Bicitáxi em Havana.

**Figura 3.66** Mototáxi tipo tuk-tuk e bicitáxi. *Fonte:* Fotos feitas pelos autores.

## Transporte por aplicativo

O transporte por aplicativo constitui um serviço digital de transporte de passageiros oferecido por empresas privadas. Existem nas modalidades de táxi remunerado (denominado de táxi por aplicativo) e por conexão de passageiros e condutores por meio de aplicativos para telefone celular. No Brasil, o serviço foi regulamentado por lei federal de 26/03/2018, que concedeu aos municípios a responsabilidade de regulamentar o serviço.

As empresas de transporte por aplicativo (no Brasil, as mais conhecidas são Uber, 99 e Cabify) surgiram como alternativa ao táxi e revolucionaram completamente a mobilidade urbana, aumentando a agilidade de locomoção e reduzindo os custos das viagens.

Antes do transporte por aplicativo, a única alternativa ao transporte público coletivo convencional era o serviço de táxi – em geral, regulamentado pelas prefeituras quanto ao preço das viagens, tamanho e características da frota etc. Com isso, o serviço resultava caro e, dependendo do local e horário, difícil de conseguir.

O serviço de transporte por aplicativo surgiu em 2009, nos Estados Unidos, com a fundação da empresa Uber por dois jovens motivados pela dificuldade de encontrar táxi à noite em São Francisco. Eles viram nisso a oportunidade de juntar motoristas de carros particulares dispostos a compartilhar os seus veículos por preços menores que os táxis. Na realidade, as primeiras empresas, como Uber, 99 e Cabify, não surgiram como empresas de transporte, mas sim como empresas de tecnologia que conectam motoristas e pessoas que necessitam se deslocar a um valor acessível.

Com a expansão dos smartphones, os serviços de transporte por aplicativo chegaram ao Brasil em 2014. Antes, em 2011, já havia nas grandes cidades do país aplicativos para táxi, como o Easy Táxi.

A revolução da chegada do transporte por aplicativo foi tamanha que taxistas fizeram uma série de protestos; algumas cidades chegaram até mesmo a proibir esse tipo de transporte. Com o transporte por aplicativo, o sistema de táxi convencional, tudo indica, vai ficar limitado às cidades pequenas e, nas cidades grandes, a aeroportos, shopping centers, estações rodoviárias e outros locais onde há grande concentração de pessoas.

O transporte por aplicativo é uma opção de mobilidade mais cômoda e rápida de acessar e bem mais barata que os táxis; muitas vezes, o custo por usuário é até mesmo menor que o do transporte coletivo quando o carro é utilizado por duas ou mais pessoas. A questão da segurança pessoal à noite também conta bastante em favor do transporte por aplicativo em relação ao transporte coletivo convencional. Esses pontos positivos é que levaram à multiplicação do serviço no Brasil e no mundo.

Outro aspecto positivo do transporte por aplicativo é a oportunidade de ganho que oferece àqueles que estão desempregados ou de obtenção de rendimento extra para aqueles com salário reduzido. O principal ponto negativo é que atrai usuários do transporte coletivo, contribuindo para aumentar os congestionamentos, a poluição do ar, o consumo de energia e os acidentes de trânsito.

O sistema de transporte urbano por aplicativo funciona, de forma simplificada, da maneira explicada a seguir. O usuário cadastrado na empresa operadora registra no aplicativo da plataforma de transporte disponível no seu celular o desejo de realizar a viagem, informando o destino; se a viagem for para o portador do celular, a localização da origem é obtida automaticamente; se for para outra pessoa, a origem precisa ser informada. Essas informações definem o “itinerário”, a distância e o custo da viagem; com base nelas, a plataforma aciona o motorista que se encontra mais próximo do usuário, ou os motoristas mais próximos, dependendo da sistemática de operação. Aceita a viagem, o motorista se dirige para o local onde se encontra o passageiro – que pode acompanhar o deslocamento do veículo pela tela do seu celular. O pagamento pode ser realizado em dinheiro, cartão ou Pix.

Na realidade, os algoritmos (inteligência artificial) dos sistemas de transporte por aplicativo são bastante complexos, permitindo variadas escolhas, como seleção do veículo, da viagem, do motorista, do passageiro etc.

Atualmente, já existe, em algumas cidades, o transporte por aplicativo utilizando motocicletas (também denominado de mototáxi por aplicativo).

## **Táxi aéreo**

Ainda que muito pouco utilizado e restrito a algumas megacidades, também existe o serviço de táxi utilizando helicóptero em viagens urbanas.

Alguns países, como França e Israel, já estão testando o serviço de táxi utilizando drones para transporte de pessoas em viagens urbanas.

Em Jerusalém, Israel, por exemplo, está sendo testado, sem passageiros ainda, um táxi aéreo utilizando drone movido com baterias elétricas, cabine para dois passageiros e comando automático a distância. A autonomia é de 35 km. O projeto também prevê a utilizando dos drones para o transporte de alimentos e equipamentos de uso médico.

## **Transporte programado via telefone (*dial a ride*) ou internet**

Neste modo de transporte, os usuários se comunicam (via chamada telefônica ou pela internet) com a central de operação do sistema com antecedência e informam as características da sua viagem: origem, destino e horário

de partida desejados, com certa tolerância. De posse dessas informações e dispondo de ferramental adequado (programas de computador e pessoal técnico especializado), a central programa as viagens dos veículos (usualmente vans ou micro-ônibus) para atender aos usuários em grupos, da maneira mais racional possível, isto é, tentando minimizar o número de veículos e a quilometragem percorrida.

Três características importantes do transporte programado: deslocamento de porta a porta, custo inferior ao táxi e possibilidade de ser implantado com a finalidade específica de atender a idosos e deficientes físicos (caso em que os veículos devem ser adaptados e os motoristas treinados).

Alguns pontos que podem ser negativos: a necessidade de agendar previamente a viagem; tempo de viagem maior em comparação com o táxi e o transporte por aplicativo, pois os veículos percorrem rotas tortuosas para pegar outras pessoas; e perda de privacidade. Para idosos e aposentados, essas características podem ser positivas, pois permitem conhecer e conversar com novas pessoas.

Esse modo de transporte é viável apenas em grandes cidades, devido à necessidade de um patamar mínimo de demanda para a sua viabilização econômica. Em muitas cidades, o transporte agendado por telefone/internet para deficientes é subsidiado.

A Figura 3.67 mostra uma perua utilizada em transporte programado para pessoas idosas em Saint Paul, Estados Unidos, e a Figura 3.68, uma perua utilizada em transporte programado para portadores de deficiência física em Madison, Estados Unidos.



**Figura 3.67** Perua para transporte programado de idosos em Saint Paul, Estados Unidos.

Fonte: Foto feita pelos autores.



**Figura 3.68** Van para transporte programado de deficientes em Madison, Estados Unidos.  
 Fonte: Foto feita pelos autores.

## Lotação

As lotações constituem um modo de transporte bastante utilizado nas cidades dos países menos desenvolvidos, nos quais o transporte público regulamentado por ônibus ou outros modos é deficiente ou inexistente. São vans/peruas ou micro-ônibus geralmente conduzidos pelo próprio proprietário, realizando o transporte de pessoas com diferentes níveis de desregulamentação.

Em muitas cidades da América Latina, o atendimento de vários bairros é feito com lotações, como em Lima, no Peru, em Bogotá, na Colômbia etc. Em muitas cidades dos países mais pobres, como em Nairóbi, no Quênia, e Manila, nas Filipinas, a lotação é o modo de transporte urbano preponderante. Mesmo nas cidades brasileiras, as lotações são ainda utilizadas em alguns casos específicos, como na favela da Maré, no Rio de Janeiro.

A denominação desse modo de transporte varia conforme o país: *públicos* em Porto Rico, *por puestos* na Venezuela, *dolmus* na Turquia, *jeepneys* nas Filipinas, *jeetneys* nos países de língua inglesa, *kombi* no México etc.

Em algumas cidades, o transporte tipo lotação é realizado de forma totalmente desregulamentada: os próprios operadores definem os itinerários, os horários, os períodos de operação e, muitas vezes, até mesmo a tarifa.

As Figuras 3.69 e 3.70 mostram fotos de veículos operando como lotações.

As características negativas do transporte público coletivo realizado por veículos pequenos e de forma desregulamentada nas grandes cidades são: trânsito caótico devido à não regulamentação dos locais de parada e ao clima de guerra na disputa por passageiros, alta frequência de acidentes, veículos velhos e malconservados, grande lotação nas viagens durante os picos, falta

de transporte nos horários de menor demanda nos bairros com baixa densidade populacional, ausência de informações aos usuários, falta de integração e racionalidade no transporte, desrespeito à legislação trabalhista, sobretudo com os condutores trabalhando muitas horas, não pagamento de tributos, impacto negativo na organização e no visual da cidade com a invasão de calçadas, praças e outros logradouros públicos, elevado consumo de combustível e emissão de poluentes por passageiro transportado etc.



**Figura 3.69** Van-lotação em Bogotá, Colômbia. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.70** Micro-ônibus-lotação em Caracas, Venezuela. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

Considerando que são necessários cerca de cinco a oito vans/micro-ônibus para levar a mesma quantidade de pessoas de um ônibus comum, e que as lotações em geral param para embarcar e desembarcar passageiros

em qualquer lugar, é possível ter ideia do prejuízo causado ao trânsito e ao meio ambiente natural e construído pelo transporte que utiliza lotações em vez de ônibus. Esse fato é ilustrado nas Figuras 3.71 , que mostra o trânsito de micro-ônibus congestionando as duas faixas da direita de uma das principais avenidas de Santiago, Chile (nessa cidade, o transporte com lotações foi substituído há muito tempo por um moderno sistema de ônibus e metrô), e 3.72, que mostra acúmulo de lotações em um local em Nairóbi, Quênia.



**Figura 3.71** Micro-ônibus em operação desregulamentada em Santiago, Chile. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 3.72** Acúmulo de lotações em um local em Nairóbi, Quênia. *Fonte:* Internet.

Há, no entanto, algumas características positivas do transporte tipo lotação: realizam muitas vezes um transporte quase porta a porta, diminuindo a distância de caminhada e evitando transbordos, as viagens são em geral sem lotação excessiva devido à sobreoferta, a tarifa é baixa, o tempo de espera é pequeno, geram muitos empregos etc.

O transporte por ônibus, adequadamente planejado, gerenciado e regulamentado, apresenta desempenho superior ao transporte com lotações: melhor qualidade, tarifa menor se subsidiado (como é a tendência atual), trânsito organizado e menos congestionado nas áreas centrais, menor número de acidentes, menor contaminação atmosférica e consumo de combustível por passageiro transportado, preservação da organização e do visual da cidade sem a invasão de passeios, praças e outros logradouros públicos etc.

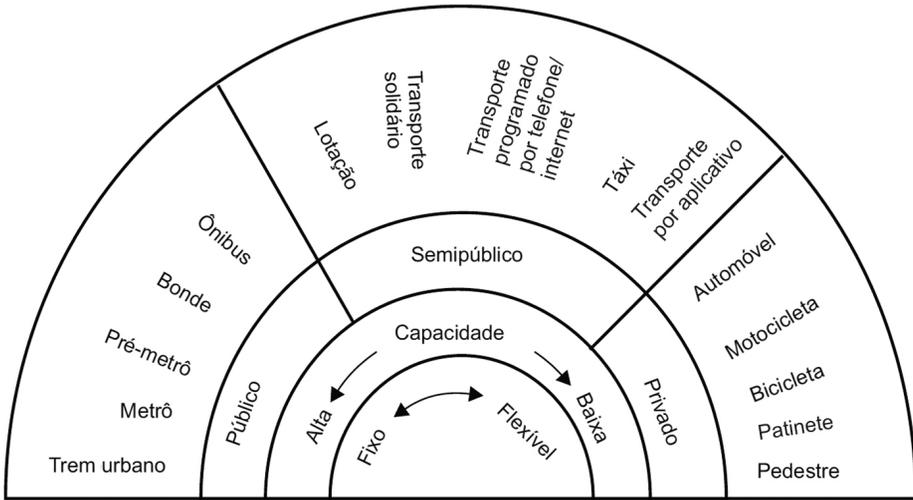
Em algumas cidades, o transporte regulamentado com veículos menores (micro-ônibus e vans/peruas) é utilizado para complementar o serviço convencional de ônibus. Por exemplo, em serviço de qualidade superior com tarifa maior e onde é proibido viajar em pé, como ocorre em Porto Alegre, Brasil; ou em linhas alimentadoras (onde o transporte é gratuito) de linhas convencionais para atender a áreas com baixa ocupação muito afastadas da cidade, como ocorre em Ribeirão Preto, Brasil. A regulamentação do serviço é, no entanto, imprescindível para evitar concorrência predatória e possibilitar aos proprietários obter ganho suficiente para manter os veículos em bom estado de conservação, pagar impostos e encargos sociais e trocar os veículos ao final da vida útil.

### 3.5 FLEXIBILIDADE E CAPACIDADE DOS MODOS DE TRANSPORTE URBANO

Os diversos modos de transporte urbano apresentam características diferentes em relação à flexibilidade de uso no tempo (escolha da hora de início da viagem) e no espaço (escolha da rota), bem como no que se refere à capacidade.

Dessa forma, é interessante ter uma visão geral da variação dessas características nos diversos modos, como mostrado na Figura 3.73. Nessa figura estão relacionados os principais modos de transporte urbano, ordenados conforme a flexibilidade e a capacidade. Os modos privados apresentam alta flexibilidade e baixa capacidade, ao contrário dos modos públicos, que têm baixa ou nenhuma flexibilidade e alta capacidade. Entre os dois aparecem os modos semipúblicos, com flexibilidade e capacidade que podem ser classificadas genericamente como médias. Mesmo entre os modos que integram

cada um dos grandes grupos existem diferenças significativas no tocante à flexibilidade e à capacidade.



**Figura 3.73** Comparação da flexibilidade e capacidade dos modos de transporte. *Fonte:* Adaptado de Gray & Hoel (1992).

### 3.6 MODOS NÃO CONVENCIONAIS

Com o propósito de reduzir o custo de implantação do serviço de transporte público coletivo urbano, de evitar ao máximo a remoção de pessoas e prédios, de transpor barreiras naturais difíceis de vencer com os modos convencionais, de implantar sistemas que possam se transformar em atração turística, de promover ligação rápida entre a região central da cidade e aeroportos, de testar novas tecnologias etc., algumas cidades têm utilizado modos não convencionais de transporte público coletivo urbano. Alguns desses modos são descritos a seguir.

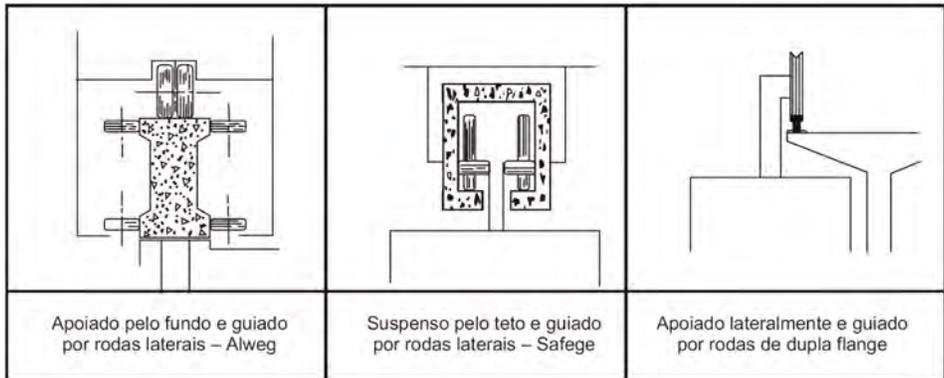
#### Monotrilho

Monotrilho (em inglês, *monorail*) é a denominação dada ao sistema de transporte público coletivo em que as rodas dos veículos se movimentam apoiadas em um único trilho de aço ou em viga de concreto. A estrutura elevada é apoiada em pilares e comumente implantada no canteiro central de vias largas, o que exige pouca ou nenhuma desapropriação, mas pode causar impacto visual negativo à paisagem urbana.

Há, basicamente, três tipos diferentes de monotrilho: apoiado pelo fundo, suspenso pelo teto e apoiado lateralmente. A dirigibilidade pode ser obtida de dois modos diferentes: rodas de aço com dupla flange sobre trilho ou

pequenas rodas pneumáticas laterais que giram pressionadas de encontro à viga de sustentação de concreto – caso mais comum.

A Figura 3.74 mostra o esquema dos três principais tipos de mon trilho existentes: sistema Alweg, apoiado pelo fundo e dirigibilidade com rodas laterais; sistema Safege, desenvolvido na França, suspenso pelo teto e dirigibilidade com rodas laterais; e sistema com apoio lateral e dirigibilidade com rodas de aço de dupla flange.



**Figura 3.74** Esquema dos principais tipos de mon trilho. *Fonte:* Vuchic (1981).

A Figura 3.75 mostra diferentes vistas do mon trilho tipo Alweg que foi implantado em Poços de Caldas, Brasil (atualmente desativado), e a Figura 3.76, o mon trilho em Wuppertal, Alemanha, onde os veículos são suspensos e se movimentam suportados por rodas de aço rolando sobre trilho e a dirigibilidade é garantida pela dupla flange das rodas. Este foi o primeiro mon trilho suspenso do mundo com tração elétrica. O mais extenso mon trilho urbano suspenso do mundo é o da cidade de Chiba, Japão.

Os mon trilhos modernos são do tipo Alweg e consistem em um trem composto de carros dotados de rodas com pneus de borracha que rodam sobre uma viga-guia de aço ou concreto reforçado, com a função de suporte e tração, e rodas menores também com pneus de borracha que giram na parte lateral dos dois lados da viga, com a função de guiar (dirigir) e garantir estabilidade aos carros.

A viga-guia é sustentada por pilares de concreto que transmitem as cargas para as fundações. A maioria dos mon trilhos é movida por tração elétrica fornecida por terceiros trilhos, cabos aéreos de contato ou cabos elétricos presos à superfície ou encaixados na viga-guia. Muito poucos são movidos a diesel.



Integração monorilho-ônibus no terminal central de ônibus



Veículo do monorilho em movimento



Integração monorilho-teleférico



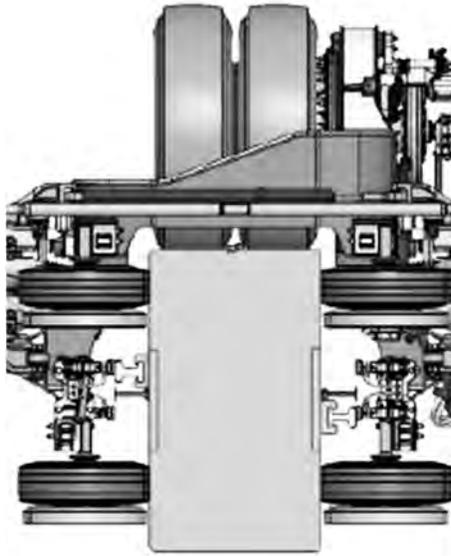
Vista ampla da via do monorilho implantado às margens de um riacho

**Figura 3.75** Fotos do monorilho de Poços de Caldas, Brasil. *Fonte:* Fotos feitas por Antonio Aparecido de Oliveira.



**Figura 3.76** Monorilho de Wuppertal, Alemanha. *Fonte:* TRB (1999).

A Figura 3.77 mostra uma representação esquemática de um monotrilho moderno, e a Figura 3.78, vias de um sistema de monotrilho.



**Figura 3.77** Representação esquemática dos monotrilhos modernos. *Fonte:* Internet.



**Figura 3.78** Vias de um sistema de monotrilho. *Fonte:* Internet.

O primeiro monotrilho de grande capacidade, no Brasil, foi implantado na cidade de São Paulo, tendo sido inaugurado em 2014, com uma extensão de 2,9 quilômetros, correspondendo a um trecho da Linha 15-Prata. Atualmente, essa linha já conta com 14,6 quilômetros e 11 estações, devendo, quando finalizada, ter 26,6 quilômetros de extensão e 18 estações. Além dessa, encontra-se em obras a Linha 17-Ouro e está projetada a Linha 16-Bronze. Na Figura 3.79 é mostrado um trem circulando na Linha 15.



**Figura 3.79** Trem circulando em monotrilho de São Paulo, Brasil. Fonte: Site do Metrô de São Paulo.

Os monotrilhos, em geral, apresentam as seguintes características principais: viga com largura entre 0,60 e 0,90 metro, altura entre 8 e 15 metros, além dos seguintes valores aproximados: largura dos carros = 3 metros, comprimento = 13 metros, comprimento da composição = 26 a 104 metros (2 a 8 carros por composição), rampas máximas de cerca de 6%, raio mínimo da ordem de 45 metros para velocidade bastante reduzida (raio de 200 metros para velocidade de 60 km/h), velocidade operacional entre 30 e 40 km/h (considerando parada nas estações), velocidade máxima de 80 km/h, capacidade entre 30 e 40 mil passageiros por hora por sentido, intervalo mínimo entre composições da ordem de 75 segundos, distância entre estações entre 1.000 e 1.500 metros.

Para a mudança de linhas, um curto segmento móvel da viga-guia intercalado entre dois trechos fixos tem a sua posição alterada por mecanismo acionado a distância (aparelho de mudança de via – AMV; em inglês, *track switch*), como ilustrado na Figura 3.80.

Em monotrilhos simples bidirecionais, a inversão do sentido de movimento é feita nas extremidades com trajeto em círculo ou com a inversão do movimento do trem utilizando o *track switch*.

As principais características positivas do monotrilho são:

- ◆ Grande capacidade de transporte – comparável à do metrô.
- ◆ Baixa emissão de poluentes e de ruído quando movido a eletricidade.
- ◆ Não ocupa espaço destinado ao sistema viário.
- ◆ Não cria barreiras físicas, uma vez que permite a passagem por baixo de um lado para o outro.
- ◆ Exige nenhuma ou muito pouca desapropriação.
- ◆ Custo de implantação bem menor que o metrô convencional.
- ◆ Adapta-se facilmente à geografia urbana, pois permite curvas de até 45 metros de raio e rampas de até 6%.

A principal característica negativa é a poluição visual, que pode ser bastante atenuada com vegetação adequada no entorno.



Trem segue pela via da direita



Mudando a posição do AMV



Trem segue pela via da esquerda

**Figura 3.80** Mudança de via no monotrilho. *Fonte:* Internet.

## Aeromóvel

O aeromóvel (também conhecido como “trem a vela”) foi inventado pelo técnico brasileiro Oscar Coester. Em 1987, começou a operar uma linha experimental em Porto Alegre, Brasil, com cerca de 1 quilômetro de extensão. Em 1989, foi implementado com sucesso uma linha circular com 3,2 quilômetros de extensão em um parque em Jacarta, Indonésia.

Atualmente, encontra-se em operação uma linha com 814 metros de extensão ligando a estação de trem denominada Aeroporto até o Aeroporto Internacional Salgado Filho de Porto Alegre, operando com dois veículos, um com capacidade para 150 passageiros e outro para 300 passageiros, a uma velocidade operacional de 20 km/h.

Também está sendo implantada uma linha do aeromóvel, com 4,6 quilômetros de extensão, em Canoas, na Região Metropolitana de Porto Alegre, com operação planejada para ser realizada por seis veículos com capacidade unitária para 300 passageiros. O custo de implantação está estimado em R\$ 64 milhões/km.

A Figura 3.81 mostra o aeromóvel em operação em Porto Alegre, Brasil, e Jacarta, Indonésia.



Aeromóvel em Porto Alegre

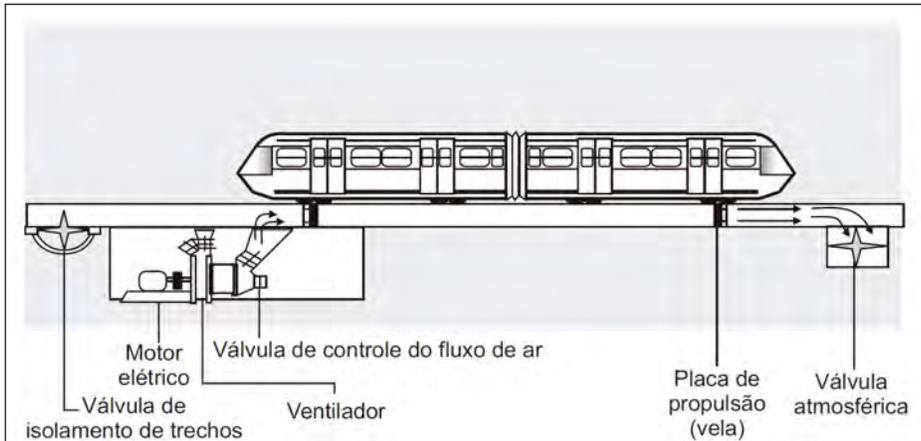
Aeromóvel em Jacarta

**Figura 3.81** Aeromóvel em operação. *Fonte:* Manual do fabricante.

Basicamente, o aeromóvel é um transporte sobre trilhos, como o VLT, mas sua propulsão é realizada pelo impacto do vento provocado por ventiladores gigantes em aletas (placas metálicas) presas aos carros, que se movimentam dentro de túneis, conforme mostrado na Figura 3.82. Os ventiladores gigantes ficam em locais estrategicamente localizados e são acionados por motores elétricos.

O fato de ficar aliviado do peso dos motores e do sistema de transmissão torna o comboio de carros mais leve (o peso morto é aproximadamente quatro vezes menor em relação ao trem convencional), aumentando a eficiência do transporte.

A concepção do aeromóvel é bastante interessante, mas ainda é uma tecnologia a ser consolidada.



**Figura 3.82** Representação esquemática do funcionamento do aeromóvel. *Fonte:* Manual do fabricante.

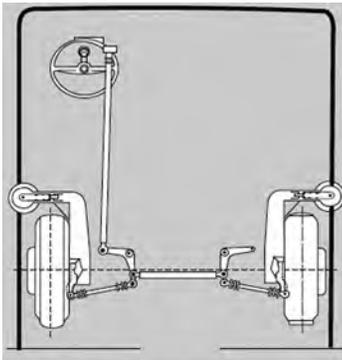
## Ônibus com dirigibilidade automática

Com o objetivo de melhorar o desempenho dos veículos de transporte público sobre pneus (aumentar a velocidade e a capacidade, melhorar a segurança, diminuir a largura da faixa de terreno necessária, vencer rampas íngremes etc.), foram desenvolvidos sistemas de dirigibilidade automática utilizando dispositivos mecânicos ou eletrônicos. Essa tecnologia também é conhecida como VLP (Veículo Leve sobre Pneus), por sua similaridade com o VLT (Veículo Leve sobre Trilho) [em inglês, *Guided Light Transit (GVT)*, em francês, *Transport sur Voie Réservée (TVR)*, em alemão, *O-Bahn*].

A dirigibilidade automática pode ser realizada por sistema mecânico ou eletrônico. O sistema mecânico pode ser de dois tipos: com pequenas rodas horizontais que giram em contato com muretas laterais ou com uma pequena roda que gira sobre trilho embutido no pavimento. O sistema eletrônico também pode ser de dois tipos: com leitura ótica de linhas pintadas no pavimento ou com detecção magnética de fio elétrico conduzindo corrente embutido no pavimento.

Uma das formas de dirigibilidade mecânica consiste em dois pequenos braços laterais com rodas pequenas que rolam encostadas em uma mureta lateral de concreto/metálica, atuando através de servomecanismo no sistema de direção, o que mantém o ônibus na trajetória correta. Esse sistema funciona em Essen (Alemanha), Adelaide (Austrália), Leeds e Ipswich (Inglaterra) etc.

Na Figura 3.83 é mostrado esquema do funcionamento desse sistema e ônibus operando em uma via.



Dirigibilidade com rodas laterais



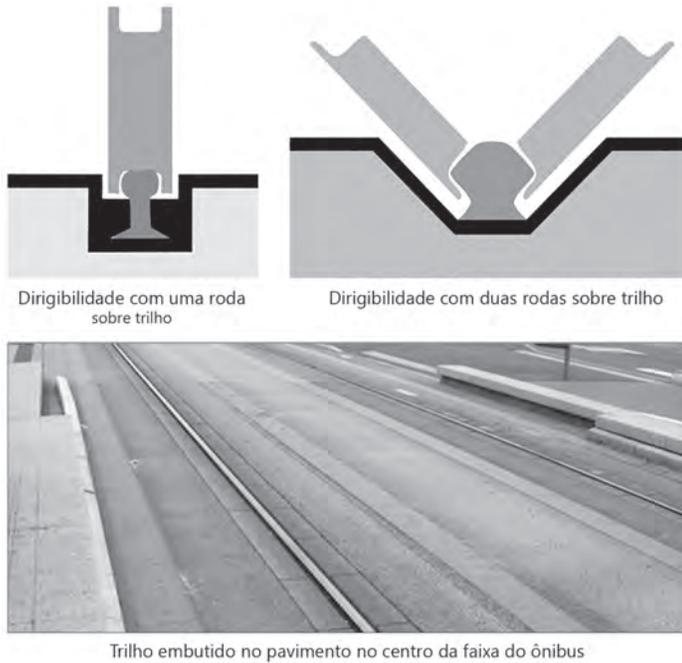
Detalhe da roda lateral que gira encostada na mureta



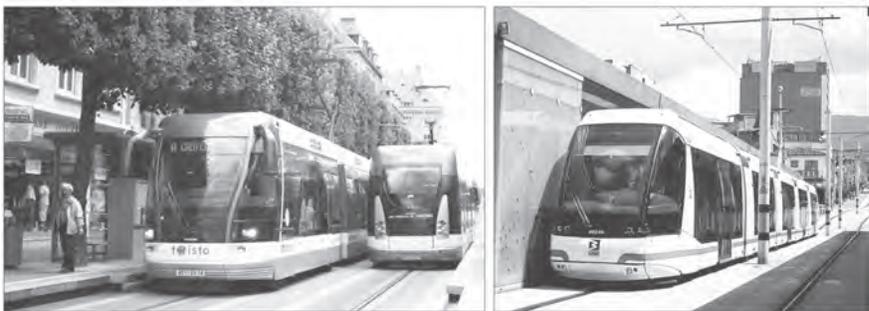
Ônibus circulando em Adelaide, Austrália

**Figura 3.83** Ônibus com dirigibilidade mecânica com rodas laterais. *Fonte:* Internet.

Outro tipo de dirigibilidade mecânica consiste em uma ou duas rodas de pequena dimensão, situadas debaixo do ônibus, girando sobre trilho embutido no pavimento no centro da faixa. Na Figura 3.84 são mostrados fotos e esquemas relativos a esse tipo de dirigibilidade; na Figura 3.85, ônibus com esse tipo de dirigibilidade.



**Figura 3.84** Esquema da dirigibilidade com rodas sobre trilho central. *Fonte:* Internet.



**Figura 3.85** Ônibus com dirigibilidade utilizando trilho central. *Fonte:* Internet.

O sistema com uma única roda guia funcionou durante algum tempo em Caen, França, tendo sido substituído por VLT em 2017. Já em Nancy, França, foi substituído por trólebus em 2023. A paralisação da operação se deu em virtude dos muitos problemas técnicos apresentados.

O sistema com duas rodas guias funciona em Clermont Ferrand e Paris (França), em Pádua, Ravena e Mestre-Veneza (Itália), em Tianjin e Shanghai (China), em Medellín (Colômbia) etc.

Um dos tipos de dirigibilidade eletrônica consiste na leitura óptica realizada por câmera, situada no interior do ônibus, de duas linhas tracejadas pintadas

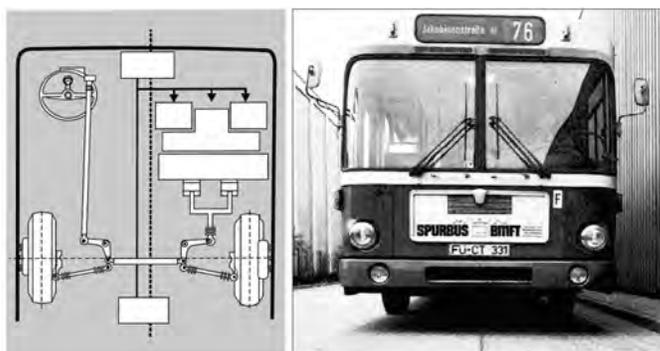
sobre o pavimento; as imagens captadas são processadas por um computador que, por intermédio de servomecanismo, atua no sistema de direção do ônibus mantendo a trajetória na faixa. Na Figura 3.86 são mostradas fotos relativas à dirigibilidade ótica.



**Figura 3.86** Dispositivo ótico embarcado e veículos operando com base em faixas tracejadas no pavimento. *Fonte:* Internet.

O sistema com leitura ótica funciona em Rouen (França), Castellon (Espanha), Las Vegas (Estados Unidos), Zhuzhou (China) etc.

Outro tipo de dirigibilidade eletrônico consiste em sensores colocados de baixo do veículo que detectam sinais magnéticos de cabo energizado, embutido no pavimento, no centro da faixa. Os sinais magnéticos captados pelos sensores são processados por um microprocessador que, por intermédio de servomecanismo, atua no sistema de direção, mantendo o ônibus na trajetória. Na Figura 3.87 são mostrados aspectos relativos a esse tipo de dirigibilidade.



**Figura 3.87** Ônibus com dirigibilidade automática por meio magnético. *Fonte:* Catálogo do fabricante.

O sistema com detecção magnética funciona em Douai (França), Eugene (Estados Unidos) etc. e durante algum tempo funcionou em Eindhoven (Holanda) – nesta cidade, o funcionamento foi interrompido em razão de problemas na operação.

Esse sistema funciona, ainda que de forma limitada, nas seguintes cidades: Rouen, Nimes e região de Douai (França), Castellon (Espanha) e Eugene-Oregon (Estados Unidos).

## Teleférico

Teleférico é a denominação dada ao transporte no qual o veículo (cabine) com pessoas ou materiais viaja pendurado, preso a um cabo. Na língua inglesa, no transporte de passageiros, é referido pela sigla *CPT* (*Cable Propelled Transit*).

Basicamente, duas tecnologias são utilizadas nos teleféricos: o monocabo e o bicabo. No monocabo, o cabo é móvel e tanto suporta o peso como movimenta a cabine (também denominada gôndola), que é presa ao mesmo. No bicabo, o cabo fixo (cabo portador) suporta o peso da cabine, que tem rodas na parte superior que se movimentam sobre ele; o cabo móvel (cabo motor) movimenta a cabine que é presa ao mesmo.

Os teleféricos têm os seguintes componentes básicos: veículos (cabines), cabo ou cabos de sustentação e tração, estações onde são realizadas as operações de embarque e desembarque dos passageiros e onde, em geral, se localizam os motores elétricos que movimentam os cabos, mecanismos de fechamento das portas e aceleração das cabines na saída das estações e desaceleração e abertura das portas na chegada e torres metálicas altas com roldanas onde se apoiam o cabo ou os cabos.

Algumas características típicas dos teleféricos são: capacidade das cabines de 6 a 15 passageiros sentados, velocidade operacional entre 10 e 30 km/h, capacidade máxima de transporte em torno de 2 mil passageiros/hora/sentido, extensão; inclinação máxima dos cabos (45° ou até um pouco mais) e distância entre estações de 400 a 1.000 metros.

O custo de implantação do teleférico é pequeno quando comparado com os modos sobre trilhos, a construção é rápida e ocupa pouco espaço horizontal. O custo de implantação de um teleférico é, grosso modo, de 5 milhões de dólares por quilômetro – muito menor que o do VLT e do metrô.

Um problema do teleférico nas áreas edificadas é a perda de privacidade das pessoas nas edificações que se situam abaixo (sobretudo, nos quintais dos moradores), o que tem sido resolvido com o emprego de tecnologia que torna automaticamente opacos os vidros das janelas das cabines ao passar por cima das construções.

O transporte por teleférico é utilizado comumente com finalidade turística, no acesso a morros (o mais comum é em estâncias de esportes de inverno), transposição de vales, rios, braços de mar, lagos etc. Também é utilizado como meio de transporte de materiais entre fábricas, minas e portos.

São ainda relativamente poucos os casos em que o teleférico é utilizado como modo de transporte público coletivo urbano de passageiros; nos últimos anos, no entanto, esse modo de transporte tem sido implantado em diversas cidades do mundo. Relativamente rápido, não poluente e com baixo custo de implantação e operação, o sistema teleférico surgiu, nos últimos anos, como alternativa para atender a regiões urbanizadas situadas em morros com grande densidade demográfica e de difícil acesso por modos sobre rodas.

O teleférico, como modo de transporte coletivo, tem atraído mais a atenção das cidades do continente americano – vários deles têm sido implantados nos últimos anos.

As seguir, destacam-se as principais características dos sistemas teleféricos de transporte público coletivo urbano em algumas cidades.

Em Medellín, Colômbia, fica um dos teleféricos mais conhecidos do mundo, principalmente por sua utilidade pública. Inaugurado em 2004, o Metrocable liga os principais morros da cidade à região central, fazendo integração com o metrô da cidade. É composto por quatro linhas, conta com 13 estações e 10,7 quilômetros de extensão. O sistema transporta cerca de 30 mil pessoas por dia. Na Figura 3.88 é mostrada foto de uma linha e estação do teleférico de Medellín.



**Figura 3.88** Linha e estação do teleférico de Medellín, Colômbia. *Fonte:* Internet.

Em La Paz, Bolívia, a Rede “Mi Teleferico” tem oito linhas (27,1 quilômetros) em funcionamento e mais três linhas (5,5 quilômetros) em construção. Além de sua principal função, que é o transporte coletivo urbano de pessoas, o teleférico de La Paz se tornou também uma das principais atrações turísticas da cidade. As linhas fazem a ligação entre bairros populosos situados na parte alta da cidade com a parte baixa, onde se encontra a região central, e são integradas com os modos ônibus e metrô.

A maioria das linhas tem capacidade máxima para 3.000 passageiros por hora. Cada cabine acomoda 10 passageiros e a partida de cada cabine acontece a cada 12 segundos.

Uma das linhas em operação, com cerca de 10 quilômetros, é percorrida em cerca de 30 minutos de ponta a ponta, enquanto os ônibus gastam 90 minutos uma vez que têm de passar por vias íngremes e sinuosas com grande extensão para vencer o desnível de 400 metros.

Na Figura 3.89 são mostradas cabines em movimento no teleférico de La Paz, o exterior de uma estação, o interior de uma estação e o mapa esquemático da rede de linhas.



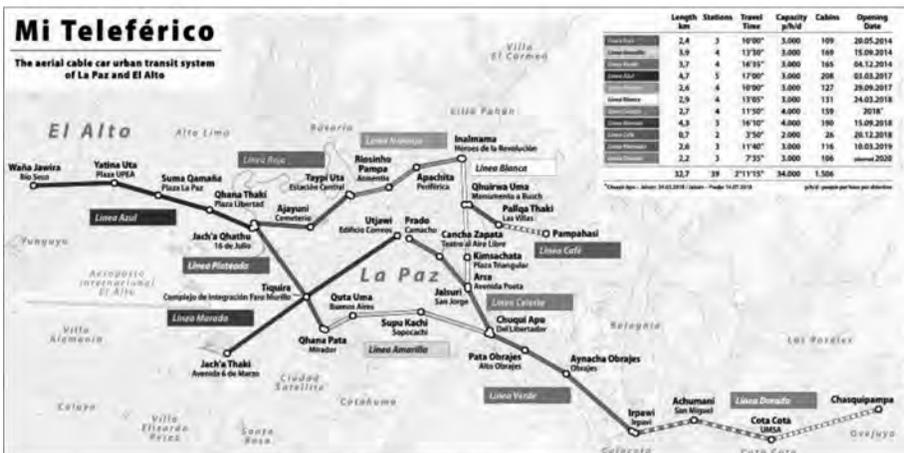
Cabines em movimento



Vista exterior de uma estação



Vista interior de uma estação



Mapa da rede de linhas

Figura 3.89 Teleférico de La Paz, Bolívia. Fonte: Internet.

Na Cidade do México, o sistema de teleférico denominado Cablebus já conta com duas linhas em operação conectando áreas habitadas em morros e a parte baixa, proporcionando significativa redução no tempo de viagem em relação ao transporte por micro-ônibus ou van.

A linha 1 liga as regiões de Cuauhtepéc e Índios Verdes e tem conexão com linhas do metrô e do BRT. Suas características são as seguintes: extensão = 9,2 quilômetros, tempo de percurso entre extremos = 33,3 minutos, velocidade = 21,6 km/h, capacidade das cabines = 10 passageiros e demanda de 40 mil a 50 mil passageiros diariamente.

A linha 2 liga as estações de Constitución de 1917 e Santa Marta e também tem conexão com linhas do metrô e do BRT. Sua extensão é de 10,55 quilômetros.

Na Figura 3.90 são mostradas as cabines e a estrutura do teleférico da Cidade do México e a chegada a uma das estações.



Cabines e estrutura de sustentação

Chegada a uma das estações

**Figura 3.90** Teleférico da Cidade do México, México. *Fonte:* Internet.

O primeiro teleférico de transporte público coletivo no Brasil foi implantado em 2011, no Complexo do Alemão, na cidade do Rio de Janeiro. O sistema liga o morro à estação Bonsucesso da rede ferroviária da cidade e tem 3,5 quilômetros de extensão, 6 estações e 152 cabines (gôndolas). Na Figura 3.91 é mostrada foto deste teleférico.

Brest é a primeira cidade da França a ter um sistema de teleférico integrado ao transporte coletivo (foi inaugurado em 2016), com extensão de 420 metros, altura vencida de 420 metros, tempo de viagem de 3 minutos e transportando cerca de 1.200 passageiros por dia. Diferentemente dos sistemas convencionais, onde as cabines se cruzam lateralmente, nesse sistema elas se cruzam umas sobre as outras. Possui também tecnologia especial que escurece as janelas das cabines quando passam por região habitada para preservar a privacidade dos moradores. Na Figura 3.92 são mostradas fotos deste teleférico.



**Figura 3.91** Teleférico do Complexo do Alemão no Rio de Janeiro. *Fonte:* Internet.



Cabine e estrutura de sustentação

Teleférico em operação noturna

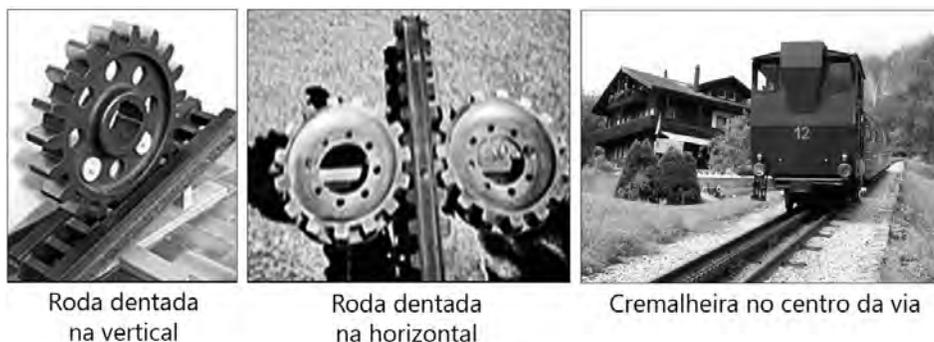
**Figura 3.92** Teleférico em Brest, França. *Fonte:* Internet.

Como a implantação de teleférico é bem mais barata que os modos convencionais em regiões com geografia acidentada, algumas cidades estão buscando nesse sistema a solução para o transporte público coletivo urbano a fim de atender a áreas habitadas isoladas por rios, colinas, grandes pátios ferroviários etc.

### Transporte ferroviário tipo funicular e cremalheira

Em muitas cidades do mundo, para vencer rampas íngremes, têm sido empregados sistemas não convencionais de transporte público coletivo urbano. Os dois tipos mais comuns são os sistemas de cremalheira (esteira ranhurada) e roda dentada e de tração por cabos, ambos utilizando trilhos ferroviários.

No sistema de cremalheira e roda dentada, uma esteira com dentes transversais (cremalheira) é fixada no meio dos trilhos. O veículo possui, na parte central inferior, uma roda dentada acoplada ao motor, cujos dentes se encaixam nos dentes da cremalheira para obter apoio e gerar a força de tração. A Figura 3.93 mostra os principais aspectos associados a esse sistema de transporte.



**Figura 3.93** Principais aspectos associados ao transporte tipo cremalheira. *Fonte:* Internet.

No sistema de tração por cabos, um motor situado sobre a elevação a ser vencida puxa o cabo preso ao veículo, proporcionando o esforço de tração. À medida que vai sendo puxado, o cabo é enrolado em um cilindro com acionamento por motor elétrico. Outra tecnologia é utilizar duas cabines enlaçadas por um cabo, de forma que enquanto um veículo sobe o outro desce. Isso diminui a quantidade de energia necessária à movimentação e permite controlar a velocidade. A Figura 3.94 mostra os principais aspectos associados a esse sistema de transporte.



**Figura 3.94** Principais aspectos associados ao transporte funicular. *Fonte:* Internet.

## Elevador

O elevador (ascensor) é um modo de transporte público coletivo urbano que proporciona movimentação vertical, em geral no interior de edifícios com vários andares. Em muitas cidades, no entanto, ele possui instalações próprias e é utilizado como um “transporte de massa” para vencer desníveis acentuados.

Alguns elevadores utilizados no transporte público coletivo urbano no mundo são: Matte, em Berna, Suíça; Santa Justa, em Lisboa, Portugal; Lacerda, em Salvador, Brasil; Polanco, em Valparaíso, Chile; Boca do Vento, em Almada, Portugal; e Echavacoiz, em Pamplona, Espanha. Na Figura 3.95 são mostrados alguns deles.



Elevador Echavacoiz em Pamplona, Espanha



Elevador Santa Justa em Lisboa, Portugal



Elevador Lacerda em Salvador, Brasil

**Figura 3.95** Transporte público coletivo urbano com elevadores. *Fonte:* Internet.

Geralmente, os elevadores são constituídos dos principais elementos:

- ◆ Casa de máquinas – Local onde são instalados os componentes e os equipamentos necessários ao funcionamento do elevador: máquina de tração, quadro de comando e limitador de velocidade. Na maioria das vezes é construída na parte superior do prédio.
- ◆ Cabine – Compartimento onde as pessoas são transportadas.
- ◆ Contrapeso – Componente ligado à cabine pelo cabo através de roldanas, que têm a função de reduzir a força necessária para elevar a cabine, bem como proporcionar certa desaceleração da velocidade do elevador durante a descida; com isso, é menor o consumo de energia no transporte.
- ◆ Caixa de corrida – Parte das instalações na qual a cabine se move.
- ◆ Patamar ou pavimento – Local para entrada ou saída de passageiros.
- ◆ Poço – Parte inferior da caixa de corrida onde ficam instalados dispositivos de segurança (para-choques) para amortecer o movimento da cabine no caso de quebra do cabo de sustentação ou outro motivo.
- ◆ Campainha – Dispositivo com componentes luminosos e sonoros que servem para avisar quando o elevador chega a determinado pavimento.
- ◆ Quadro de comando – Dispositivo que gerencia todo o sistema do elevador, processando informações e controlando a resposta de todos os

comandos, como estratégia de tráfego, velocidade e precisão nas paradas; utiliza circuitos eletrônicos com lógica digital.

- ◆ Cabo de tração – Componente mecânico de alta resistência à tração que movimenta a cabine e o contrapeso.
- ◆ Limitador de velocidade – Mecanismo de segurança que desliga o motor e aciona o freio de segurança quando a velocidade da cabine supera o valor-limite.

## Embarcação

O transporte público coletivo urbano com embarcações é utilizado para travessia de rios, lagos e braços de mar que avançam no interior das cidades e, também, como meio de transporte entre diferentes zonas situadas nas margens de rios, lagos e mares.

Nas grandes cidades localizadas à beira do mar, rios ou lagos, é grande o fluxo de barcas, lanchas e balsas/ferryboats realizando o transporte público coletivo de passageiros.

Muitas cidades do mundo utilizam embarcações no transporte coletivo urbano, como: Istambul (no estreito de Bósforo), na Turquia, Bangkok, na Tailândia, Lagos, na Nigéria, Veneza, na Itália, Manila, nas Filipinas, Gotemburgo, na Suécia, Hamburgo, na Alemanha etc.

Na cidade de Veneza, Itália, o transporte público coletivo urbano é feito pelos vaporettos (ônibus aquático), conforme mostrado na Figura 3.97.

O mais importante sistema de transporte aquaviário do Brasil está na cidade do Rio de Janeiro. O sistema transporta cerca de 22,9 milhões de passageiros/ano (próximo de 3,1% do total de passageiros por barcas e ônibus intermunicipais na região metropolitana do Rio de Janeiro) e é constituído por três linhas: Praça XV-Niterói (operação com balsa/ferryboat, aerobarco e catamarã); Praça XV-Ilha de Paquetá (operação com balsa/ferryboat e aerobarco); e Praça XV-Ilha do Governador (operação com balsa/ferryboat). Na Figura 3.96 são mostrados os três tipos de embarcações utilizadas no Rio de Janeiro.



Ferryboat (balsa): leva pessoas e veículos

Catamarã: barca com dois cascos paralelos de igual tamanho

Aerobarco: propulsão com grande ventilador na popa fora da água

**Figura 3.96** Tipos de embarcações utilizadas no Rio de Janeiro. *Fonte:* Internet.

Um projeto moderno de transporte aquaviário de passageiros está previsto para iniciar sua operação em 2024, na cidade de São Paulo, Brasil. O Aquático SP, denominação dada ao sistema, será o primeiro meio de transporte coletivo por embarcações na cidade e deverá beneficiar diretamente 385 mil pessoas residentes nos bairros do Grajaú, Cocaia e Pedreira, na zona sul da capital. O projeto prevê a construção de atracadouros de barco e terminais de ônibus.

A distância da ligação entre os lados opostos é de 3,4 quilômetros, e o tempo de travessia é estimado em 15 minutos. Estão previstas embarcações com ar-condicionado e capacidade para 220 passageiros sentados. Nos momentos de pico, elas poderão transportar até 900 passageiros por hora.

Haverá integração com os ônibus, que partirão de terminais situados nas margens. O barco aproximará o Bairro Pedreira da estação de trem Grajaú, pertencente à Linha 9-Esmeralda da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM).

O tempo de viagem entre os bairros com barco será cerca de cinco vezes menor do que com ônibus, uma vez não existem ruas contínuas por toda a orla.

Na Figura 3.97 são mostrados diferentes aspectos de terminais urbanos de transporte aquaviário e um mapa indicando trajeto de linha urbana de transporte aquaviário em Gotemburgo, Suécia.



**Figura 3.97** Diferentes aspectos de terminais urbanos aquaviários e mapa indicando trajeto de linha de transporte aquaviário. *Fonte:* Internet.

Na Figura 3.98 são mostradas fotos de embarcações operando no transporte público coletivo urbano aquaviário em diversas cidades do mundo.



**Figura 3.98** Embarcações operando em diferentes cidades do mundo. *Fonte:* Internet.

### Ônibus híbrido (*dual bus*)

A denominação ônibus híbrido (*dual bus*) é dada aos ônibus que podem funcionar com energia de duas fontes diferentes. O mais comum é o que tem motor elétrico movido a baterias e motor com combustível convencional (óleo diesel, biodiesel, etanol etc.). O motor com combustível opera em condições de máxima eficiência e gera energia que é armazenada nas baterias que alimentam o motor elétrico.

O motor diesel aplicado a essa tecnologia de ônibus elétrico, além de ser menor que o aplicado a um ônibus diesel similar, opera em rotação constante, o que reduz muito a emissão de poluentes, pois nas acelerações é o motor elétrico que atua. O motor diesel permanece em rotação constante

(calibrada para o ponto ideal de baixa emissão e de baixo consumo) ou em marcha lenta.

Algumas tecnologias permitem a recuperação de energia nas frenagens (frenagem regenerativa): quando o freio é acionado, o motor elétrico transforma-se em um gerador e a energia que seria desperdiçada na frenagem é reaproveitada e armazenada no banco de baterias.

O híbrido diesel-elétrico custa cerca de 1,5 vez mais que os ônibus comuns, tem praticamente o dobro da vida útil, emite entre 30% e 90% menos substâncias poluidoras da atmosfera, consome entre 15% e 35% menos diesel e não emite ruído entre 30% e 40% do tempo de operação. Já é fabricado em inúmeros países, inclusive no Brasil.

O ônibus dual diesel-elétrico já está sendo testado em inúmeras cidades; no Brasil, em São Paulo, Curitiba etc. Na Figura 3.99 é mostrado esse tipo de ônibus operando em três cidades.



**Figura 3.99** Ônibus híbrido operando em diferentes cidades. *Fonte:* Internet.

Outros tipos de tecnologia de ônibus híbrido que estão sendo aperfeiçoadas: elétrico-hidrogênio, elétrico-etanol e elétrico-elétrico (coleta energia de rede aérea, onde for possível, e usa baterias em trechos não muito longos).

## Correia transportadora

A utilização de correias transportadoras horizontais tem se restringido às áreas internas de grandes terminais de transporte. Já o uso de correias inclinadas (escadas rolantes) tem sido mais disseminado, pois elas são bastante empregadas em terminais de transporte, shopping centers, grandes lojas etc.

O transporte por correias tem sido pensado como um possível meio de transporte para ser utilizado nas áreas centrais das grandes cidades. A ideia é utilizar sistemas de aceleração para aumentar a velocidade do transporte, limitada a valores pequenos nos sistemas atuais devido ao problema de o passageiro estar parado e ter de subir na esteira em movimento.

A Figura 3.100 mostra uma esteira rolante no aeroporto de Madri, Espanha.



**Figura 3.100** Esteira rolante no aeroporto de Madri, Espanha. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

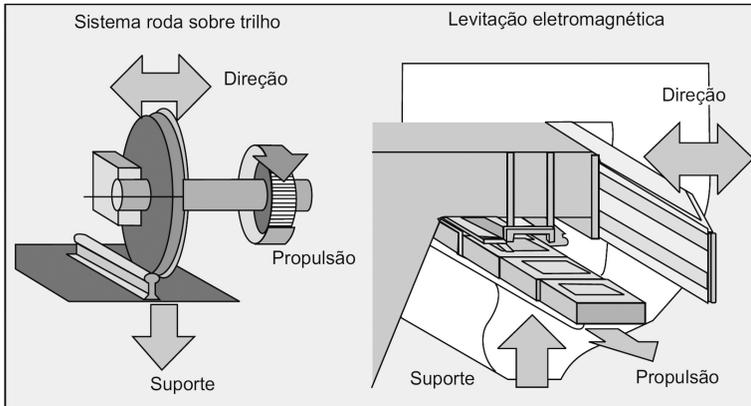
### Veículo de levitação magnética

O veículo de levitação magnética (em inglês, *Magnetic Levitation Transport – Maglev*) é aquele que transita em uma linha elevada sobre o chão e é propulsionado pelas forças atrativas e repulsivas do magnetismo através do uso de supercondutores.

Nesse sistema, o veículo se move sendo sustentado (levitando) por força eletromagnética. A força de tração também é de origem eletromagnética, sendo fornecida por motores de indução linear. Também são forças eletromagnéticas que proporcionam a dirigibilidade dos veículos, mantendo a direção do movimento.

A Figura 3.101 mostra esquematicamente as diferenças entre o transporte ferroviário convencional e o sistema de transporte com levitação magnética.

As forças de sustentação e tração são obtidas pela passagem de corrente elétrica em elementos que se encontram dentro de uma região com forte campo magnético, gerando, assim, as forças magnéticas de sustentação, tração e direção. O princípio de funcionamento é o mesmo dos motores elétricos de tração convencionais, nos quais a passagem de corrente elétrica na bobina inserida em um campo magnético produz uma força eletromagnética que gira o conjunto eixo-bobina, fornecendo potência e torque.



**Figura 3.101** Diferenças entre transporte sobre trilhos e com levitação magnética. *Fonte:* Revista Transporte Moderno nº 365 (2001).

Devido à não existência de contato entre o veículo e a linha, a única resistência ao movimento é a do ar, o que permite o desenvolvimento de altas velocidades com relativamente baixo consumo de energia e pouca poluição sonora e atmosférica. Em razão do elevado custo de implantação, atualmente existe uma única linha comercial, que opera desde 2004 como um trem (denominado Transrapid), com extensão de 30 quilômetros percorridos em 8 minutos e chegando a atingir a velocidade de 430 km/h, que liga Xangai, China, ao Aeroporto Internacional de Pudong. Na Figura 3.102 é mostrado o Maglev de Xangai em duas situações.



**Figura 3.102** Trem de levitação magnética (*Maglev*) em Xangai. *Fonte:* Internet.

No Brasil, o *Maglev* Cobra é um veículo de levitação desenvolvido pela COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e pela Escola Politécnica, da Universidade de São Paulo. Na Figura 3.103 é mostrado o *Maglev* Cobra em duas situações.



**Figura 3.103** Veículo de levitação magnética em teste no Rio de Janeiro, Brasil. *Fonte:* Internet.

Essa tecnologia de transporte se mostra bastante promissora para ser utilizada no transporte público coletivo urbano das grandes cidades no futuro.

### 3.7 QUESTÕES

1. Como são classificados os modos de transporte urbano? Quais as características gerais de cada grupo?
2. Quais os principais modos de transporte privado ou individual? Discorrer de forma breve sobre cada um deles.
3. Quais os principais modos de transporte público coletivo urbano? Discorrer de forma breve sobre cada um deles.
4. Citar as vantagens e as desvantagens da propulsão elétrica no transporte urbano.
5. Idem no que concerne ao transporte urbano sobre trilhos.
6. Quais os principais tipos de ônibus?
7. Quais as medidas que se pode implementar para priorizar o transporte coletivo por ônibus no sistema viário?
8. Que estratégias operacionais permitem aumentar a capacidade do modo ônibus?
9. Quais os principais modos de transporte semipúblico urbano? Discorrer de forma breve sobre cada um deles.
10. Discorrer de forma breve sobre a flexibilidade e a capacidade dos principais modos de transporte urbano.
11. Quais os principais modos de transporte referidos como não convencionais? Discorrer de forma breve sobre cada um deles.

# COMPARAÇÃO ENTRE O TRANSPORTE COLETIVO E O TRANSPORTE INDIVIDUAL

## 4.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO TRANSPORTE INDIVIDUAL

### As vantagens

O transporte com carro particular oferece, em geral, muito mais comodidade que o transporte público coletivo. Os principais motivos da maior comodidade do carro são os seguintes:

- ◆ Viagem direta da origem para o destino, seguindo o percurso mais rápido e sem perda de tempo em transbordos (operação necessária em muitas das viagens por transporte público coletivo).
- ◆ Flexibilidade no espaço. Possibilidade de escolher o percurso e fazer paradas intermediárias durante a viagem para realizar outras atividades, como, por exemplo: deixar e pegar a esposa no trabalho e os filhos na escola; passar na farmácia, na padaria e no supermercado para fazer compras etc.
- ◆ Flexibilidade no tempo. Total liberdade na escolha do horário de saída, não necessitando esperar pelo veículo de transporte (no transporte público coletivo sempre existe espera, que muitas vezes pode ser significativa).
- ◆ Viagem de porta a porta (nenhuma ou pequena distância de caminhada).
- ◆ Menor tempo total de viagem devido à maior velocidade (em condições de tráfego congestionado perde para o transporte coletivo em vias segregadas), menor percurso e menor distância de caminhada.
- ◆ Possibilidade de transportar um volume significativo de produtos: alimentos, roupas, eletrodomésticos etc.
- ◆ Viagem realizada com total privacidade, pois o carro é quase uma casa móvel onde é possível fazer muitas coisas, estando o mesmo em movimento ou parado, como ouvir música ou notícias, comer, descansar com o banco reclinado etc.
- ◆ Viagem em ambiente agradável no tocante à temperatura e outros aspectos, proporcionando deslocamento com comodidade em condições de chuva, neve, frio, vento, forte calor etc.
- ◆ Em geral, maior segurança contra atos de violência – assaltos, roubos etc. – que ocorrem nos trajetos a pé que complementam as viagens por transporte coletivo, nos locais de embarque/desembarque ou nos próprios coletivos.

- ◆ Maior proteção contra doenças transmissíveis (de grande relevância no caso das pandemias).
- ◆ Sensação de importância ao proprietário/conductor, pois o carro ainda é símbolo de status social.

A maioria dessas vantagens do carro particular vale para o carro alugado, e muitas delas também para táxi (comum e por aplicativo).

A motocicleta e assemelhados (motoneta e ciclomotor) também reúnem a maioria dessas vantagens, mas apresentam alguns inconvenientes: segurança no trânsito muito menor, desconforto ou impossibilidade de uso em condições climáticas adversas – chuva, neve, frio e vento –, impossibilidade de uso por pessoas com certas limitações físicas, capacidade de transportar apenas duas pessoas, inexistência de privacidade etc. Mas, em comparação com o carro, apresentam algumas vantagens consideráveis: custo e desembolso direto muito menores e menor tempo de viagens (não ficam presos em congestionamentos).

Comparada à motocicleta, a bicicleta apresenta maior segurança em razão da menor velocidade e, muitas vezes, a possibilidade de utilização de ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas, que trazem maior segurança e reduzem o tempo de viagem. A necessidade de esforço físico para a locomoção pode ser positiva ou negativa, dependendo do caso.

## As desvantagens

As principais desvantagens para o usuário do transporte por carro particular são as seguintes:

- ◆ Necessidade de investimento na compra do veículo e gastos com a operação e manutenção; muito menores no caso da motocicleta/motoneta e menores ainda no caso da bicicleta.
- ◆ Maior custo das viagens; o desembolso direto (sobretudo combustível), que é mais perceptível, fica, no entanto, na faixa de 20% a 30% do total para o carro e de 10% a 15% para motocicleta/motoneta.
- ◆ Necessidade de espaço para estacionamento.
- ◆ Necessidade do pagamento de estacionamentos (muitas vezes), pedágios (em rodovias e em algumas cidades do mundo para ingressar na área central) e seguros.
- ◆ Risco de acidentes e roubo do veículo.
- ◆ Necessidade de dirigir (ação que pode ser bastante desagradável em condições de trânsito intenso, chuva forte, neve etc.).

O maior problema do uso massivo do automóvel reside, no entanto, nas muitas consequências negativas para a comunidade:

- ◆ Congestionamentos, que provocam baixa velocidade de circulação, com prejuízo inclusive para o transporte público coletivo que é realizado junto com o trânsito geral.
- ◆ Maior poluição da atmosfera com substâncias tóxicas, prejudicando a saúde dos seres humanos e de todas as outras formas de vida (muito maior nos carros movidos com derivados de petróleo, menor nos carros movidos a álcool e muito menor nos carros elétricos com baterias).
- ◆ Necessidade de grandes investimentos de recursos públicos na expansão e manutenção da infraestrutura viária e dos sistemas de controle do tráfego, em detrimento de outros setores de maior relevância social, como saúde, habitação, educação etc.
- ◆ Maior frequência de acidentes que causam perdas de vidas, lesões graves que impedem as pessoas de levar uma vida normal e um grande ônus financeiro para a sociedade com o tratamento dos feridos, perdas de dias de trabalho, gastos com a recuperação dos veículos avariados etc.
- ◆ Maior consumo de energia com prejuízo para o desenvolvimento sustentável, sobretudo pelo fato de a maioria da energia consumida no transporte ser ainda derivada do petróleo.
- ◆ Desumanização da cidade, fenômeno associado aos seguintes fatos: descharacterização da estrutura física das cidades devido à grande área ocupada por vias expressas, obras viárias e estacionamentos; degradação da vizinhança próxima a grandes vias e obras viárias, em decorrência da poluição visual, sonora e atmosférica; espalhamento exagerado das cidades, o que aumenta os tempos de viagem por todos os modos de transporte; deterioração e esvaziamento das regiões centrais onde tradicionalmente se concentravam as atividades de comércio, serviços e lazer, e que eram centros de convivência democráticos em virtude do fácil acesso de todas as classes sociais (a área central é o lugar aonde se chega mais facilmente por transporte público, pois, em geral, as viagens são diretas e a soma-tória das distâncias percorridas partindo de todas as regiões da cidade é próxima do mínimo); mudanças nos relacionamentos humanos em virtude do isolamento das pessoas dentro dos carros; dificuldade de locomoção a pé devido às grandes distâncias entre as atividades e à necessidade de travessia de vias com grande movimento etc.
- ◆ Ineficiência da cidade, uma vez que é muito maior o custo da infraestrutura urbana (implantação e manutenção do sistema viário e da rede de serviços públicos) e do transporte nas cidades onde predomina o uso do carro, devido ao grande número de vias expressas e obras viárias (viadutos, pontes,

trevos, túneis etc.) e pelo fato de as cidades tornarem-se espalhadas, reduzindo a “economia de aglomeração”. Dessa forma, nos núcleos urbanos onde é massivo o uso do carro, o custo-cidade aumenta, dificultando a sustentabilidade econômica – o que significa impostos municipais mais altos, dificuldades no atendimento das necessidades básicas da população no tocante à expansão e manutenção da infraestrutura e dos serviços públicos e, também, maiores custos de deslocamento em razão das maiores distâncias.

## 4.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO

### As vantagens

O transporte público coletivo urbano apresenta muitas características positivas. As principais são as seguintes:

- ◆ É um modo de transporte motorizado de custo baixo, portanto acessível à população de baixa renda (sobretudo se for subsidiado, como ocorre em muitas cidades do mundo), que apresenta “total” segurança e comodidade satisfatória.
- ◆ Contribui para a democratização da mobilidade, uma vez que é uma alternativa de locomoção para aqueles que não têm carro/motocicleta, não têm condições econômicas para usar o carro/motocicleta, não podem dirigir (idosos, crianças, adolescentes, doentes e deficientes), não querem dirigir etc.
- ◆ Constitui uma alternativa de transporte, em substituição ao carro, para reduzir os impactos negativos do uso massivo do transporte individual: congestionamentos, poluição, consumo excessivo de energia, acidentes de trânsito, desumanização do espaço urbano e perda de eficiência econômica das cidades.
- ◆ Também como alternativa ao automóvel, diminui a necessidade de grandes investimentos em ampliação do sistema viário, estacionamentos, sistemas de controle do tráfego etc., permitindo maiores aportes de recursos em setores de maior relevância social: saúde, habitação, educação etc.
- ◆ Proporciona uma ocupação mais racional (eficiente e humana) do solo nas cidades.

### As desvantagens

Os principais inconvenientes do transporte público para os usuários são:

- ◆ Falta de flexibilidade de horários na utilização de linhas de baixa frequência.
- ◆ Falta de flexibilidade no percurso, que é fixo.

- ◆ Necessidade de caminhar distâncias significativas ou utilizar outro meio de transporte para completar a viagem.
- ◆ Necessidade de esperar pelo veículo de transporte no ponto/estação de origem.
- ◆ Grande desconforto nas caminhadas e esperas nos pontos de parada em condições climáticas adversas: neve, chuva, frio, calor, sol, vento etc.
- ◆ Em geral, maior tempo de viagem, devido à menor velocidade, maior percurso e maior distância de caminhada.
- ◆ Necessidade de transbordo para uma parcela significativa das viagens.
- ◆ Impossibilidade de fazer paradas intermediárias durante a viagem para realizar alguma atividade.
- ◆ Impossibilidade de transportar produtos.

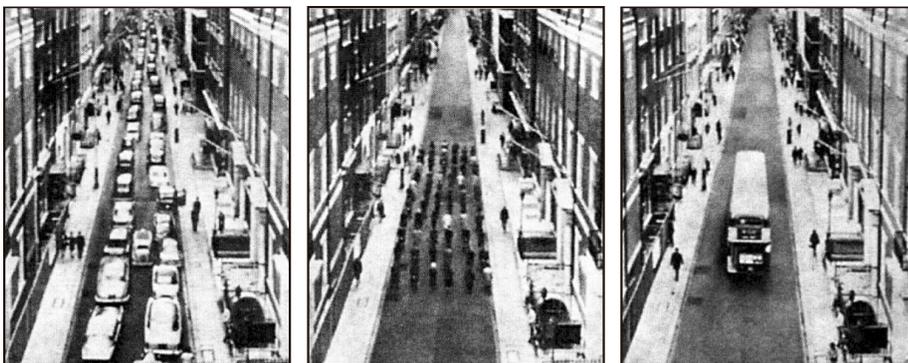
### 4.3 COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MODOS DE TRANSPORTE URBANO

A seguir são colocados alguns valores comparativos entre o transporte por ônibus convencional (o modo coletivo mais utilizado) e o transporte por carro e por motocicleta (os modos individuais motorizados mais utilizados no Brasil).

O consumo de espaço viário por passageiro transportado é, em situações normais, de 10 a 25 vezes maior no carro do que no ônibus, dependendo do espaço ocupado pelos carros para estacionar, do tempo que os carros permanecem estacionados etc.

Se todos os funcionários de um edifício de escritórios utilizassem carros, seria necessária uma área cerca de 20% maior para estacionamento.

A Figura 4.1 ilustra a excessiva ocupação do espaço viário nas viagens por automóvel em relação ao transporte por ônibus e a pé.



Carro

A pé

Ônibus

**Figura 4.1** Visualização do espaço viário ocupado por 70 pessoas em diferentes modos de transporte urbano. *Fonte:* Vuchic (2000).

Sobre a questão do uso massivo do carro, vale reproduzir a opinião de dois especialistas americanos:

- ◆ Camp Oakley: “A cidade que quiser resolver o problema da locomoção de seus habitantes com automóveis ampliará cada vez mais as áreas centrais de circulação e estacionamento, até o extremo em que não existirão mais os edifícios; aí, deixará de existir também a cidade” (Branco, 1981).
- ◆ John Volpe (em 1975): “*Fifty years ago, we needed mass transit because most americans cannot afford a car. Today, we need it even more because most americans can afford a car*”. Tradução livre: “Há 50 anos, nós necessitávamos de transporte público em virtude de a maioria dos americanos não possuir automóvel. Hoje, nós precisamos ainda mais desse tipo de transporte, pelo fato de a maioria dos americanos possuir automóvel” (UTRB, 1978).

No tocante ao consumo de energia para locomoção e emissão de poluentes, considerando ônibus movido a diesel e carro a gasolina, a literatura menciona, por passageiro-quilômetro transportado, valores entre cinco e dez vezes maiores no carro do que no ônibus – os intervalos são grandes para cobrir as diferenças existentes considerando-se os diversos tipos de veículos, composição da gasolina e do óleo diesel etc.

A utilização de diesel nos ônibus e de gasolina nos carros e motocicletas deverá ser muito reduzida em futuro breve, uma vez que o uso de energia renovável e pouco poluente está fortemente presente na agenda mundial, sobretudo em razão do efeito estufa que vem provocando o aquecimento do planeta e mudanças climáticas com impactos altamente negativos.

Como visto no Capítulo 3, o uso de outros tipos de energia automotiva (renovável e pouco poluente), como o etanol (álcool), o diesel verde (em especial o biodiesel), as baterias elétricas, o hidrogênio verde etc., já é uma realidade. A seguir são colocados alguns números acerca do consumo de combustível e da emissão de poluição associados a alguns tipos de energia automotiva.

Na Tabela 4.1 são mostrados os resultados dos testes de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) realizados no Brasil com o mesmo veículo utilizando diferentes tipos de energia propulsora, divulgados por Mobilize Brasil (2023). A emissão é medida em CO<sub>2</sub> equivalente, e os resultados consideram não apenas a emissão de CO<sub>2</sub> resultante da propulsão, mas, também, as emissões correspondentes à produção da energia.

**Tabela 4.1** Emissão de gás carbônico equivalente em testes realizados.

<b>Tipo de energia/combustível</b>	<b>Emissões de CO<sub>2</sub>eq (kg)</b>	<b>Valor relativo das emissões</b>
Gasolina	60,64	2,83
Eletricidade gerada na Europa (principalmente de termoeletricas)	30,41	1,42
Etanol (álcool)	25,79	1,20
Eletricidade gerada no Brasil (principalmente de hidroeletricas)	21,45	1

Fonte: Mobilize Brasil (2023).

Os valores da Tabela 4.1 apontam que o motor a gasolina emite mais CO<sub>2</sub> equivalente que o motor a etanol e o motor elétrico; o motor elétrico com eletricidade gerada no Brasil emite menos que o motor a etanol; e o motor elétrico com eletricidade gerada na Europa emite mais que o motor a etanol. No caso do Brasil, os carros elétricos emitem cerca de 2,83 vezes menos CO<sub>2</sub> que os a gasolina – um número expressivo no tocante à sustentabilidade ambiental.

No caso do ônibus híbrido diesel-elétrico, a literatura técnica menciona uma redução próxima de 35% no consumo de diesel e na emissão de dióxido de carbono (principal responsável pelo efeito estufa) e acima de 50% dos outros poluentes nocivos à saúde (material particulado, monóxido de carbono, óxido de nitrogênio etc.).

No caso do ônibus híbrido hidrogênio-elétrico, a pegada de carbono é praticamente zero no caso do hidrogênio verde (obtido através da eletrólise da água).

Diante das várias possibilidades de energia automotiva nos carros e nos ônibus, uma abordagem teórica interessante é proceder à comparação do consumo de energia e da emissão de poluição por passageiro-quilômetro, admitindo-se que esses parâmetros sejam proporcionais ao peso bruto (total) do veículo – o que significa considerar que todos os tipos de veículo utilizam a mesma energia propulsora e o motor tem potência proporcional ao peso bruto transportado. Na Tabela 4.2 estão indicados os valores admitidos para os três tipos de veículos motorizados mais comumente utilizados no transporte urbano (ônibus, carro e motocicleta), bem como os resultados obtidos.

**Tabela 4.2** Valores teóricos comparativos do consumo de combustível e emissão de poluentes dos três tipos de veículos motorizados mais comumente utilizados no transporte urbano.

<b>Parâmetro</b>	<b>Ônibus</b>	<b>Carro</b>	<b>Motocicleta</b>
Peso bruto (kg)	15.000	1.200	190
Ocupação média (pass./veíc.)	50	1,4	1,1
Peso bruto médio por passageiro (kg/pass.)	300	857,14	172,73
Consumo de energia (valores relativos)	1,74	4,96	1
Emissão de poluição (valores relativos)	1,74	4,96	1

Com base nos valores da Tabela 4.2, infere-se que o consumo de energia e a emissão de poluição por passageiro é 4,96 vezes maior no carro em relação à motocicleta, 1,74 vez maior no ônibus em relação à motocicleta e 2,85 (4,96/1,74) vezes maior no carro em relação ao ônibus.

Na Tabela 4.3 estão indicados outros valores comparativos dos cinco principais modos de transporte urbano (ônibus, carro, motocicleta, bicicleta e a pé).

Sobre a segurança das motocicletas no trânsito, vale colocar as observações que seguem baseadas em informações da CET-SP (2023).

Na cidade de São Paulo foi implantada como teste, em duas vias de grande movimento, uma faixa sinalizada no “meio da via” para o trânsito de motocicletas – procedimento parecido já é utilizado na Malásia desde 1970. O propósito é reduzir a acidentalidade, uma vez que nesses locais os motociclistas utilizavam o corredor que se forma entre os veículos maiores.

Nesses trechos ocorreram 39 mortes nos dez anos anteriores à colocação das faixas de motocicletas; depois da implantação não ocorreu nenhuma morte (a implantação foi feita há cerca de 1 ano e 9 meses). Nas faixas sinalizadas, o índice de severidade dos acidentes de motocicletas se mostrou três vezes menor em relação aos locais onde não há faixas sinalizadas.

Também relevante é que, com a organização do fluxo de veículos, houve uma redução de 15% na lentidão média do trânsito.

A extensão total das faixas implantadas é de 14,5 km e, diante do excelente resultado obtido, o plano da cidade é ampliar tal medida para um total de 200 km.

A largura das faixas deve ser de no mínimo 1,10 metro, quando a velocidade é de 50 km/h, e de 1,20 metro, quando a velocidade é de 60 km/h.

**Tabela 4.3** Valores comparativos do desempenho dos modos de transporte urbano.

Parâmetro	Ônibus	Carro	Motocicleta	Bicicleta	A pé
Comprimento (m)	12,0	4,5	2,0	1,8	–
Ocupação média (pass./veic.)	50	1,4	1,1	1,0	–
Área de via ocupada <sup>a</sup> (m <sup>2</sup> )	60,8	36,8	28,8 / 0 <sup>b</sup>	28,16 / 0 <sup>b</sup>	–
Área de via ocupada por passageiro (m <sup>2</sup> /pass.)	1,22	26,29	26,18 / 0 <sup>b</sup>	28,16 / 0 <sup>b</sup>	–
Consumo de espaço viário (valores relativos)	1	21,55	21,46 / 0 <sup>b</sup>	23,08	–
Segurança: mortes/milhão de km <sup>f</sup>	0,01	0,06	0,44	0,14	0,13
Segurança: mortes/10 <sup>9</sup> pass.km <sup>d</sup>	0,20	42,86	400,00	140,00	130,00
Segurança: risco relativo de morte	1	214	2.000	700	650
Tempo total de viagem para uma distância de 10 km (valores relativos) <sup>e</sup>	3,0	1,4	1	2,3	9,0
Desembolso direto em uma viagem de 5 km <sup>f</sup> /valores relativos	6,10	3,00	0,86	0,00	0,00
Desembolso direto em uma viagem de 10 km <sup>f</sup> (valores relativos)	6,10	6,00	1,71	0,00	0,00
Desembolso direto em uma viagem de 15 km <sup>f</sup> (valores relativos)	6,10	9,00	2,57	0,00	0,00
Comodidade <sup>g</sup> (posição relativa)	3	1	2	4	5
Possibilidade de utilização <sup>h</sup>	2	1	3	5	4
Espaço para estacionamento (m <sup>2</sup> )	0	12	3	2	–
Estacionamento (posição relativa)	1	4	3	2	–

- a) Considerando largura da faixa de tráfego de 3,2 metros, extensão da via ocupada igual ao comprimento do veículo mais 7 metros (situação com velocidade próxima de 30 km/h – trânsito lento).
- b) Transitando no corredor entre as filas de veículos (motocicleta) ou entre a fila e a guia (motocicleta e bicicleta).
- c) Valores de ANTP (2020) relativos ao ano de 2017.
- d) Admitindo os seguintes valores de ocupação média: ônibus = 50 pass, carro = 1,4 pass, motocicleta = 1,1 pass, bicicleta e a pé = 1 pass.
- e) Valores adotados com base em testes realizados em cinco grandes cidades do Estado de São Paulo, considerando viagens bairro-centro no pico da manhã, ônibus convencional e bicicleta transitando junto com o tráfego geral, maioria das motocicletas utilizando corredor entre veículos, trajetos a pé mais tempo de espera no ponto inicial dos ônibus igual a 15 minutos, viagem sem transbordo e trânsito não congestionado.
- f) Valores admitindo tarifa do ônibus de R\$ 6,10 (sem subsídio), preço da gasolina = R\$ 6,00/litro, consumo carro = 10 km/l e da motocicleta = 35 km/l.
- g) Considerando distância de caminhada, flexibilidade na utilização, proteção climática na viagem completa, possibilidade de levar passageiro etc.
- h) Possibilidade de ser utilizado por pessoas idosas, crianças pequenas, deficientes etc.

Na Figura 4.2 é mostrada a sinalização empregada na marcação das faixas (linha azul interna ao lado de linha branca tracejada); vale notar que a faixa de motocicleta fica entre as faixas do tráfego normal situadas mais à esquerda, onde o trânsito é praticamente só de carros – que são mais estreitos.



Corredor de motocicleta sem sinalização  
(caso normal)



Sinalização do corredor de motocicletas na  
cidade de São Paulo

**Figura 4.2** Fila de motocicletas transitando no corredor entre carros veículos. *Fonte:* CET-SP (2023).

Com base nos valores das Tabelas 4.2 e 4.3, segue a ordem de desempenho (do melhor para o pior) dos modos nos diversos quesitos:

- ◆ Consumo de combustível (valores teóricos): a pé/bicicleta – motocicleta – ônibus – carro.
- ◆ Emissão de poluentes (valores teóricos): a pé/bicicleta – motocicleta – ônibus – carro.
- ◆ Consumo de espaço viário: a pé – ônibus – motocicleta – carro – bicicleta; se motocicleta e bicicleta transitando no corredor: a pé – bicicleta/motocicleta – ônibus – carro.
- ◆ Segurança (mortalidade): ônibus – carro – a pé – bicicleta – motocicleta.
- ◆ Tempo de viagem: motocicleta – carro – bicicleta – ônibus – a pé.
- ◆ Desembolso direto (5 km): a pé/bicicleta – motocicleta – carro – ônibus.
- ◆ Desembolso direto (10 km): a pé/bicicleta – motocicleta – carro – ônibus.
- ◆ Desembolso direto (15 km): a pé/bicicleta – motocicleta – ônibus – carro.
- ◆ Conforto: carro – motocicleta – ônibus – bicicleta – a pé.
- ◆ Possibilidade de utilização: carro – ônibus – motocicleta – a pé – bicicleta.
- ◆ Espaço para estacionamento: a pé – ônibus – bicicleta – motocicleta – carro.

Na comparação do desempenho dos principais modos motorizados de transporte urbano cabem as seguintes observações:

- ◆ O modo ônibus é o melhor em ocupação do espaço viário, segurança e espaço para estacionamento; o pior em tempo de viagem, desembolso direto (5 km), desembolso direto (10 km) e comodidade; e intermediário em desembolso direto (15 km), consumo teórico de combustível e emissão teórica de poluição.
- ◆ O modo motocicleta é o melhor em consumo teórico de combustível, emissão teórica de poluição, tempo total de viagem e desembolso direto; o pior em segurança e possibilidade de utilização; e intermediário em comodidade e espaço para estacionamento.
- ◆ O modo carro é o melhor em comodidade e possibilidade de utilização; o pior em consumo teórico de combustível, emissão teórica de poluição, ocupação do espaço viário, desembolso direto e espaço para estacionamento; e intermediário em tempo de viagem.

Na comparação dos modos de transporte urbano é fundamental examinar a visão da população sobre a questão.

Para as pessoas das classes de menor renda, a motocicleta tem forte poder de atração, uma vez que tem baixo custo de aquisição, baixo desembolso direto (menor que o ônibus), boa comodidade (é porta a porta e tem total flexibilidade na utilização), permite levar passageiro (por exemplo, a esposa para o trabalho, o filho para a escola etc.), é rápida e não fica presa em congestionamentos. Mais: ainda que menos que o carro, a motocicleta é um símbolo de status para a população de menor renda. Um problema da motocicleta é a impossibilidade ou grande desconforto no uso em condições climáticas adversas – nos países de clima ameno, como é o caso do Brasil, isso não constitui grande problema – e no transporte de pessoas idosas, crianças pequenas e deficientes. A insegurança da motocicleta não é relevante para a população de menor renda.

O carro é o modo preferido pelas classes de maior renda, que têm condições de comprar e pagar pelo uso do mesmo. Salvo em condições de congestionamento severo, o carro também apresenta baixo tempo de viagem e oferece maior comodidade que a motocicleta, sobretudo por ter o ambiente interior protegido e poder transportar muitos passageiros. Também relevante é a possibilidade de transportar idosos, crianças pequenas e deficientes. O fato de o carro ser muito mais seguro que a motocicleta é relevante para a população de maior renda.

O ônibus, na visão da população de menor renda, principal usuária, tem tarifa muito alta (o desembolso é, em geral, maior que o da motocicleta,

a menos que a tarifa seja subsidiada), necessita de caminhada e espera no ponto inicial, tem lotação excessiva nos períodos de pico, o intervalo entre atendimentos nas linhas é elevado, sobretudo fora dos picos, não tem flexibilidade no espaço, tem tempo total de viagem elevado e muitas vezes as viagens necessitam de transbordo (o que é desconfortável e aumenta muito o tempo de viagem) etc.

Com um grande número de pessoas nas classes de menor renda e com o PIB crescendo, essas colocações explicam a razão de a frota de motocicletas ter crescido bastante no Brasil (o financiamento a longo prazo também contribuiu muito para isso) e o número de passageiros por ônibus ter diminuído significativamente – só não diminuiu ainda mais pelos benefícios (gratuidades e descontos) concedidos a algumas categorias e ao vale-transporte.

Seguem alguns valores comparativos entre julho de 2013 e julho de 2023, com base em dados do SENATRAN, que comprovam isso:

- ◆ Frota total de veículos: 2013 = 79.261.065, 2023 = 117.366.780 – crescimento nos dez anos = 48,08%.
- ◆ Frota de automóveis: 2013 = 44.257.654, 2023 = 61.169.867 – crescimento nos dez anos = 38,21%.
- ◆ Frota de motocicletas, motonetas e ciclomotores: 2013 = 20.942.530, 2023 = 32.474.098 – crescimento nos dez anos = 55,06%.
- ◆ Frota de ônibus: 2013 = 533.370, 2023 = 701.050 – crescimento nos dez anos = 31,44%.
- ◆ Crescimento da frota de motocicleta e assemelhados em relação ao crescimento da frota de automóveis = 44,10%.
- ◆ Crescimento da frota de motocicleta e assemelhados em relação ao crescimento da frota de ônibus = 75,13%.
- ◆ Relação entre a frota de motocicletas e assemelhados e a frota de automóveis: 2013 = 0,473, 2023 = 0,531 – crescimento nos últimos dez anos = 12,26%.

As considerações feitas na comparação dos modos são válidas para ônibus comuns transitando junto com o tráfego geral. Quando se trata, no entanto, do transporte público coletivo nas cidades maiores, onde operam os modos metrô, VLT, BRT e monotrilho, que têm qualidade superior (grande velocidade, pequeno intervalo entre atendimentos, adequado nível de conforto no interior dos veículos e nas estações, tarifa baixa com parte do custo subsidiado, integração física e tarifária etc.), e onde o trânsito é congestionado, a visão dos usuários é totalmente distinta e parte considerável da população opta pelo transporte coletivo, sobretudo por razões econômicas e/ou por comodidade.

## 4.4 MOBILIDADE E DISTRIBUIÇÃO MODAL NO TRANSPORTE URBANO

A quantidade de viagens diárias (mensais, anuais) realizadas por habitante (índice ou taxa de mobilidade) e a distribuição das viagens entre os vários modos de transporte urbano (distribuição modal) dependem dos seguintes fatores: nível de desenvolvimento socioeconômico da cidade; tamanho da cidade e características da ocupação e uso do solo; clima; cultura/tradição no uso da bicicleta e do transporte público coletivo; existência ou não de políticas de restrição ao uso do carro, tarifa e qualidade do transporte público e semipúblico; facilidade para locomoção de bicicleta e a pé; grau de uso da tecnologia de comunicação (telefone celular, internet, aplicativos para celular) no trabalho remoto, na educação a distância, no comércio eletrônico, nas operações bancárias etc.

No tocante à geração de viagens por habitante (índice de mobilidade) no transporte urbano no Brasil, são reproduzidas, na Tabela 4.4, as informações constantes de ANTP (2020) obtidas em pesquisas realizadas no ano de 2018 nas cidades com mais de 60 mil habitantes.

**Tabela 4.4** Índice de mobilidade e PIB per capita por grupos de tamanho das cidades brasileiras com população acima de 60 mil habitantes em 2018.

Modo		Faixa de população (habitantes)				
		Mais de 1 milhão	De 500 mil a 1 milhão	De 250 a 500 mil	De 100 a 250 mil	De 60 a 100 mil
Transporte coletivo	Ônibus (municipal + metropolitano)	0,50	0,40	0,37	0,33	0,26
	Trilhos	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
	Subtotal	0,69	0,40	0,37	0,33	0,26
Transporte individual	Auto	0,49	0,49	0,41	0,39	0,33
	Moto	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
	Subtotal	0,54	0,50	0,50	0,48	0,43
Transporte não motorizado	Bicicleta	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08
	A pé	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60
	Subtotal	0,70	0,69	0,69	0,68	0,68
Total		1,93	1,60	1,56	1,49	1,36
PIB per capita (R\$/hab/ano)		43,42	36,01	33,85	30,23	25,33

Fonte: ANTP (2020).

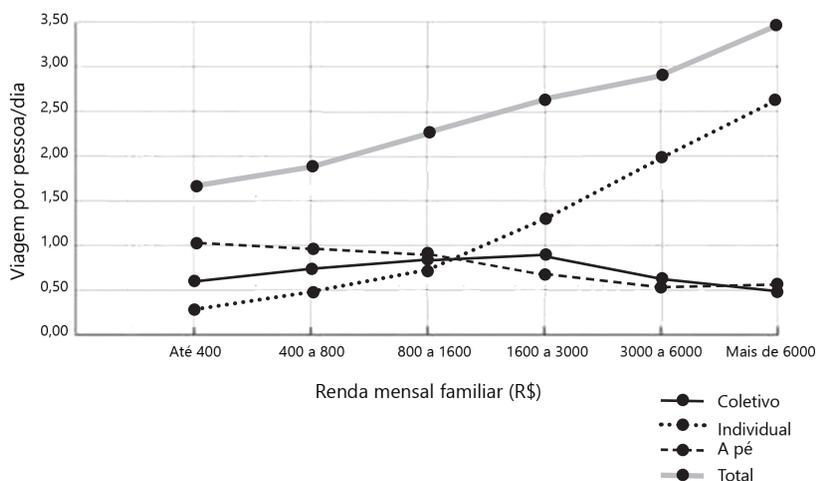
O valor médio do índice de mobilidade considerando todas as cidades do país com mais de 60 mil habitantes é igual a 1,65 e o PIB per capita, R\$ 35.504,00/hab. A população total das cidades com mais de 60 mil habitantes corresponde a cerca de 65% da população total do país; o PIB per capita médio dessas cidades é R\$ 31.702,00, pouco maior que o PIB per capita do país.

Como se pode observar, o PIB per capita e o índice total de mobilidade aumentam quanto maior o tamanho das cidades. As cidades com mais de 1 milhão de habitantes têm o PIB per capita 71% maior que as cidades com população entre 60 mil e 100 mil habitantes e o índice total de mobilidade é 41% maior.

O maior número de oportunidades de viagens e o maior PIB per capita (melhor condição econômica) explicam as razões pelas quais o índice de mobilidade cresce com o aumento do tamanho das cidades.

A seguir são mencionadas características da mobilidade urbana no Brasil com base em valores obtidos em diversas pesquisas.

Na Figura 4.3 é mostrada-se a variação do índice de mobilidade total e por modo de transporte em função da renda familiar em pesquisa realizada na região metropolitana de São Paulo no ano de 2002, reproduzida por Vasconcellos (2005). O índice de mobilidade total cresce com o aumento da renda familiar: vai de 1,50 viagem /pessoa/dia para renda mensal familiar de até R\$ 400,00 para 3,30 (2,2 vezes maior) para renda acima de R\$ 6.000,00.



**Figura 4.3** Variação do índice de mobilidade total e por modo de transporte em função da renda familiar na Região Metropolitana de São Paulo em 2002. *Fonte:* Vasconcellos (2005).

As duas situações colocadas (Tabela 4.4 e Figura 4.3) apontam que, quanto melhor a condição econômica da família (renda) em um enfoque micro, ou da população (PIB per capita) em um enfoque macro, maior o número de viagens realizadas – o que significa que há na população o desejo de viajar mais, aspiração que só não é concretizada, em geral, por restrições econômicas. Isso que acontece no Brasil também ocorre na maioria dos países em desenvolvimento. Em muitos dos países desenvolvidos, o desejo de viajar já

beira o limite máximo e o aumento da renda não se reflete em aumento do índice de mobilidade.

A distribuição percentual (faixa de valores usuais) dos principais motivos de viagens no Brasil é a seguinte: trabalho = 35-45%, estudo = 25-40%, compras = 2-6%, saúde = 2-5% e outros = 10-20% (Vasconcellos, 2005).

Segue a distribuição com relação à idade: as crianças com até 3 anos viajam muito pouco; o número de viagens vai aumentando com o aumento da idade, atingindo valores máximos na faixa de 20 a 50 anos; a partir dos 50 anos o número de viagens vai diminuindo até atingir um patamar mínimo a partir dos 70 anos (Vasconcellos, 2005).

No tocante ao gênero, no passado, as mulheres por trabalharem mais em suas casas viajavam menos que os homens; atualmente, o número de viagens urbanas dos dois gêneros é praticamente o mesmo.

No que diz respeito à escolaridade, o número de viagens cresce com o aumento da escolaridade, chegando a praticamente dobrar quando se compara os que têm 1º grau com os de nível superior, principalmente pelo fato de a renda crescer quanto maior o grau de instrução.

Com relação à distribuição modal nas cidades brasileiras com tamanhos distintos, a Tabela 4.5, obtida com base nos valores da Tabela 4.4 (ANTP, 2020), fornece as porcentagens de viagens por modo em relação ao total.

Os valores da Tabela 4.5 mostram o seguinte: o transporte com carro praticamente não varia com o tamanho da cidade, ficando próximo de 26%; o transporte com motocicleta sobe de 3% nas maiores cidades para 7% (2,3 vezes mais) nas menores; o transporte individual praticamente não varia, ficando próximo de 31%; o transporte com ônibus sobe de 19% nas cidades menores para 26% (1,4 vez mais) nas maiores; o transporte sobre trilhos é de 10% nas grandes cidades e de 0% nas demais; o transporte coletivo varia de 19% nas menores para 36% (1,9 vez mais) nas maiores; o transporte por bicicleta sobe de 1% nas maiores para 6% (6 vezes mais) nas menores; o transporte a pé cresce de 35% nas maiores para 44% (1,3 vez mais) nas menores; o transporte não motorizado cresce de 36% nas maiores para 50% (1,4 vez mais) nas menores; e o transporte motorizado sobe de 50% nas menores para 64% (1,3 vez maior) nas maiores.

**Tabela 4.5** Distribuição percentual de viagens por modos em função do tamanho das cidades brasileiras com população acima de 60 mil habitantes em 2018.

Modo de transporte		Faixa de população das cidades				
		> 1 milhão	500 mil-1 milhão	250-500 mil	100-250 mil	60-100 mil
Coletivo	Ônibus	26	25	24	22	19
	Trilho	10	0	0	0	0
	Total	36	25	24	22	19
Individual	Carro	26	27	26	26	24
	Moto	3	4	5	6	7
	Total	29	31	31	32	31
Não motorizado	Bicicleta	1	2	3	4	6
	A pé	35	41	41	42	44
	Total	36	53	44	46	50
PIB per capita (mil R\$/hab/ano)		43,42	36,01	33,85	30,23	25,33

Fonte: ANTP (2020).

Síntese dos resultados da pesquisa: nas cidades menores é maior o transporte não motorizado (bicicleta e a pé) e o transporte com motocicleta; nas cidades maiores é maior o transporte motorizado, sobretudo o transporte coletivo, em grande parte devido à existência do transporte sobre trilhos, que tem qualidade superior. A maior porcentagem de viagens motorizadas nas cidades maiores é explicada pelo aumento da distância e, também, do maior PIB per capita (melhor condição econômica da população).

A associação entre a distribuição modal e o nível de renda familiar pode ser observada na Figura 4.3, que mostra a porcentagem de utilização dos vários modos de transporte em função da renda familiar em pesquisa realizada na região metropolitana de São Paulo no ano de 2002, reproduzida por Vasconcellos (2005). A utilização do transporte individual (carro e motocicleta) aumenta com o aumento da renda familiar; o modo a pé diminui com o aumento da renda familiar; e o uso do transporte coletivo cresce até uma determinada faixa de renda e depois diminui.

Inúmeros fatores influenciam a distribuição modal das viagens urbanas, como o valor da tarifa e a qualidade do transporte público coletivo, a cultura/tradição no uso da bicicleta e do transporte coletivo, o tamanho da cidade, a forma de ocupação e uso do solo, as restrições ao uso do carro etc. O fator mais relevante na escolha modal das viagens urbanas é, no entanto, a condição econômica das famílias – com exceção da maioria das cidades da Europa

e muitas cidades da Ásia, onde é muito forte a cultura/tradição do uso da bicicleta e do transporte público coletivo (nas maiores, com ótima qualidade – metrô, VLT, BRT etc.).

Seguem informações sobre a distribuição modal em alguns países e algumas cidades do mundo.

Nos Estados Unidos, considerado o país do automóvel, o carro, na maioria das cidades, é responsável por mais de 80% das viagens urbanas motorizadas. Poucas cidades são exceção, uma delas é Nova York, em que 52% das viagens motorizadas é por transporte público e 48% com carro – isso se deve à grande disponibilidade de transporte coletivo (sobretudo metrô), à cultura/tradição e às fortes restrições indiretas ao uso do carro. Outros países onde há grande preponderância do uso de carro no transporte urbano são o Canadá e a Austrália.

Nas cidades da Europa, a porcentagem de uso do carro no transporte urbano é menor: grosso modo, algo entre 30% e 60% das viagens motorizadas, sobretudo por razões culturais e históricas – quase todas as médias e grandes cidades da Europa têm sistema de transporte público sobre trilhos (metrô, VLT e/ou bonde) de excelente qualidade e grandes espaços para pedestres nas regiões centrais (calçadas e praças). Há cidades na Europa em que o uso do transporte individual é próximo de 20%; as viagens a pé, por bicicleta e por transporte público perfazem cerca de 80% do total.

Em muitos países da Europa, como Holanda, Suécia, Dinamarca, Alemanha etc., faz parte da cultura/tradição o uso da bicicleta como modo de transporte urbano. Em algumas delas, mais de 20% das viagens urbanas são realizadas com bicicleta (em Amsterdã e muitas outras cidades da Holanda superam 35%). No Japão e na China, a bicicleta também é bastante utilizada no transporte urbano: são comuns valores percentuais variando entre 10% e 20%.

Nas cidades dos países pobres, o transporte público coletivo (sobretudo ônibus e micro-ônibus) e o semipúblico (peruas/vans e micro-ônibus) são os modos mais usados: aproximadamente de 60% a 90% das viagens motorizadas. Nos países com nível de desenvolvimento médio, como é o caso do Brasil, há, grosso modo, certo equilíbrio entre o transporte público/ semipúblico e o transporte individual (carro e motocicleta/motoneta).

Nos países mais pobres, as motocicletas e as bicicletas de duas e de três rodas, em razão dos baixos custos de aquisição e operação, têm grande participação no transporte urbano. Em muitas cidades dos países asiáticos e em Cuba, esses modos, em conjunto, são responsáveis por cerca de 20% a 50% das viagens urbanas. Também a motocicleta/motoneta de duas e de três rodas, por apresentar muitas das vantagens do carro e terem custo de aquisição e operação muito menor, têm a preferência de muitas pessoas com menor

poder aquisitivo. Nas cidades de Jakarta (Indonésia), Bancoc (Tailândia), Manila (Filipinas) e Kuala Lumpur (Malásia) são responsáveis por cerca de 20% das viagens urbanas.

As viagens a pé são realizadas geralmente em distâncias curtas. No entanto, em muitas cidades grandes dos países pobres são realizadas muitas viagens longas (em alguns casos podendo chegar a duas horas de caminhada), por falta de condições econômicas dos mais pobres em utilizar o transporte público/semipúblico ou mesmo comprar uma bicicleta.

A conclusão é que nos países ricos é grande o uso do carro no transporte urbano. Nos países pobres é maior a participação dos modos públicos coletivos, dos semipúblicos tipo lotação, da bicicleta e, em alguns, da motocicleta de duas e de três rodas; nesses países também é comum as pessoas realizarem grandes percursos a pé por não terem condições de pagar pelo transporte público nem de comprar uma bicicleta. Na maioria dos países desenvolvidos da Europa e em muitos da Ásia, por questão de cultura/tradição, é grande o uso da bicicleta e do transporte público coletivo (sobretudo nas cidades maiores que possuem sistemas sobre trilhos de boa qualidade com ampla cobertura do espaço urbanizado).

A preferência das pessoas com maior renda é pelo carro; a motocicleta/motoneta aparece como a melhor solução para a população de menor renda em razão da impossibilidade econômica de ter e usar o carro. O transporte público ou semipúblico é utilizado quando ocorre uma ou mais das seguintes situações: impossibilidade econômica de ter ou de usar um carro ou motocicleta/motoneta; impossibilidade de dirigir; disponibilidade de transporte público coletivo, ou semipúblico tipo lotação, barato e de boa qualidade; transporte público coletivo diferenciado operando em vias/faixas segregadas (metrô, VLT, BRT etc.) e transitando com velocidade alta associada a trânsito congestionado; restrições diretas ou indiretas ao uso do carro com a implementação de rodízio; falta de estacionamento; custo elevado de estacionamento; existência de pedágio para o carro acessar a região central; cultura/tradição da população no uso da bicicleta (em geral associada à existência de ciclovias, ciclofaixas e estacionamento para bicicletas) e/ou do transporte público; conscientização da comunidade em relação aos problemas provocados pelo uso massivo do carro (hoje presente em quase todos os países do mundo em razão do agravamento do aquecimento global resultante do efeito estufa) etc.

## 4.5 AÇÕES EMPREGADAS PARA REDUZIR O USO DO CARRO

Em razão dos graves problemas provocados pelo uso massivo do carro, muitas cidades de maior porte têm implementado medidas para diminuir o uso de veículos particulares nas viagens urbanas, forçando uma distribuição modal mais balanceada e, assim, reduzindo o número de veículos-quilômetro percorrido (VKP).

Algumas dessas ações são:

- ◆ Melhoria do transporte público coletivo, sobretudo com a implantação de linhas de metrô, VLT, BRT, ônibus com tecnologia diferenciada etc. e implementação de integração física e tarifária entre os diversos modos.
- ◆ Subsídio à tarifa para tornar a passagem por transporte público coletivo mais barata. Essa ação tem também grande relevância social, na medida em que beneficia bastante a população de menor renda.
- ◆ Incentivo à integração entre o transporte individual (carro, motocicleta, bicicleta) e o transporte público, criando áreas de estacionamento com preço baixo ou gratuito para carros, motocicletas e bicicletas junto a estações e terminais de transporte público (metrô, VLT, BRT etc.).
- ◆ Implementação de medidas que proporcionem prioridade ao transporte público coletivo nas vias, com o objetivo de diminuir o tempo de viagem por esse modo de transporte, visando melhorar a qualidade e reduzir o custo (com maior velocidade, a frota necessária resulta menor). As principais ações nesse sentido são: faixas segregadas ou exclusivas, preferência nos semáforos, eliminação/suavização de lombadas e valetas nos trajetos dos ônibus, utilização de vias preferenciais no trajeto dos ônibus, aumento da distância entre os pontos de parada etc.
- ◆ Proibição da circulação de parte da frota de carros nas horas de pico ou durante todo o período em alguns dias da semana, com o controle realizado com base no dígito final da placa do veículo. Esse sistema é conhecido como rodízio de veículos e vem sendo utilizado em muitas cidades: São Paulo no Brasil, Bogotá na Colômbia, Santiago no Chile, Cidade do México no México etc.
- ◆ Cobrança de pedágio para os veículos que ingressam na região central. Em Londres, na Inglaterra, por exemplo, o controle é feito por câmeras de vídeo e um sistema informatizado que faz a leitura das placas dos veículos com base nos vídeos e confronta com as placas dos veículos que pagaram o pedágio (as formas de pagamento são várias: pela internet, por telefone, em agência bancária, pelo correio etc., e podem ser feitas posteriormente até um prazo limite, quando então é cobrada uma multa pesada). Outra forma de cobrança é utilizada em Singapura

na Indonésia, empregando sensores nas vias de acesso à região central e cartões inteligentes (dotados de chips) recarregáveis nos veículos. Por meio de ondas eletromagnéticas, o chip do cartão é identificado pelo sensor e o total de créditos de viagens armazenados é reduzido de uma unidade.

- ◆ Proibição do acesso de automóveis a algumas áreas com comércio forte localizadas na região central das cidades.
- ◆ Implementação de serviços de transporte público de qualidade superior por micro-ônibus ou vans, nos quais os passageiros viajam sentados e as viagens são mais rápidas, pois são expressas (diretas) ou semi expressas.
- ◆ Incentivo ao uso compartilhado do automóvel (carona programada, em inglês: *carpooling/carsharing*), com a criação de aplicativos apropriados para celular, redução do custo de estacionamentos e pedágios para os usuários etc.).
- ◆ Incentivo ao transporte fretado de trabalhadores e escolares por meio de van/perua, micro-ônibus ou ônibus.
- ◆ Incentivo ao transporte a pé e por bicicleta, por intermédio das seguintes medidas: adequação de calçadas, implantação de semáforos para pedestres, construção de passarelas para pedestres na travessia de vias muito largas com grande movimento, implantação de ciclovias (vias separadas), ciclofaixas (faixas exclusivas nas ruas) e ciclorrotas (ruas com uso compartilhado, mas com sinalização adequada e velocidade limitada para os veículos motorizados), construção de estacionamentos para bicicletas junto aos principais polos de atração de demanda e às estações de transporte público, permissão de transportar bicicletas no metrô, VLT etc.
- ◆ Criação de grandes áreas comerciais e de prestação de serviços bem atendidas por transporte público e com acesso restrito a pedestres e ciclistas.
- ◆ Proibição de estacionamento em vias com grande movimento, exigindo que os usuários utilizem estacionamentos privados pagos.
- ◆ Aumento do preço dos estacionamentos nas vias públicas.
- ◆ Conscientização da população acerca da importância para a comunidade de usar menos o carro e mais o transporte público/semipúblico e a bicicleta, sobretudo nas viagens por motivo de trabalho e estudo.

No âmbito do urbanismo, uma estratégia importante para reduzir a quantidade de viagens e a distância percorrida nas cidades, e, portanto, o número de veículos-quilômetro percorrido (VKP), é o rearranjo da ocupação e do uso do solo. Nesse sentido podem ser citadas as seguintes ações:

- ◆ Incentivo ao desenvolvimento de subcentros comerciais e de serviços nos bairros e nas vias principais, favorecendo a polinuclearização da cidade e a descentralização das atividades.
- ◆ Estímulo à implantação de indústrias e centros de distribuição de produtos próximos a núcleos habitacionais, a fim de reduzir a distância de viagem dos trabalhadores desses setores de atividades.

Essas ações urbanísticas visam substituir a mobilidade pela acessibilidade, pois, na maioria das vezes, o desejo das pessoas não é viajar, mas chegar aos locais onde desenvolvem as atividades de trabalho, estudo, compras, lazer etc.

Dois ações em nível de política/gestão urbana contribuem para melhorar o trânsito nos períodos de maior movimento:

- ◆ Reescalamento dos horários de funcionamento das empresas conforme a categoria: bancos, escolas, comércio, firmas prestadoras de serviços etc. O reescalamento visa atenuar os picos de tráfego, pela melhor distribuição das viagens no tempo, evitando a superposição das mesmas.
- ◆ Transferência do transporte de carga (lixo, entrega de produtos etc.) feito por caminhões para o período noturno.

No âmbito da tecnologia, a redução das viagens urbanas com a consequente melhoria do trânsito é concretizada com o incentivo ao uso do sistema de telecomunicação: telefone celular, internet (via computador ou celular), aplicativos para celular etc., que induzem à realização de trabalho remoto, educação a distância, comércio eletrônico, operações bancárias via internet etc.

O transporte é, em geral, uma atividade para atingir outros fins, razão pela qual o melhor é que não necessite ser realizado. Quando necessário, deve apresentar baixa impedância, ou seja, rapidez, conforto, distância de caminhada pequena, custo baixo, risco pequeno etc.

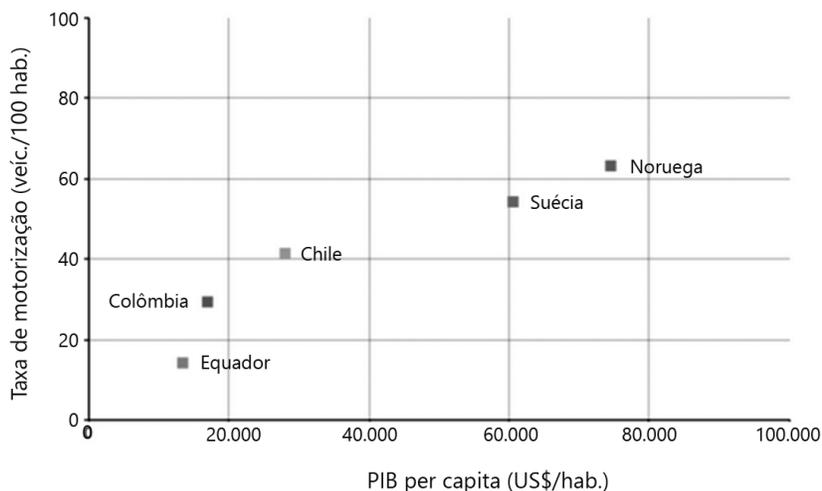
No extremo, pode-se dizer que o melhor transporte é aquele que não necessita ser realizado – o que corresponde à filosofia do “não-transporte”.

## 4.6 USO RACIONAL DO CARRO

À medida que os países experimentam maior desenvolvimento econômico, quase sempre há aumento da frota de veículos e do índice de motorização (número de veículos por habitante), pois a posse de um veículo (carro ou motocicleta) constitui um desejo de grande parte da população em razão da facilidade e da comodidade que proporciona na realização das viagens.

No Brasil, por exemplo, de 2013 a 2023 (dez anos), o PIB cresceu 91% e a frota de veículos 48%.

No gráfico da Figura 4.4 é possível observar que, para os cinco países considerados como exemplo, o valor da taxa de motorização é maior quanto maior o valor do PIB per capita.



**Figura 4.4** Taxa de motorização x PIB per capita de alguns países. *Fonte:* Internet.

O fato de as pessoas possuírem carro não significa, contudo, que devem utilizá-lo nas viagens urbanas diárias por motivo de trabalho, estudo, lazer etc. O mais indicado é que, nesses casos, as pessoas utilizem o transporte público coletivo ou semipúblico tipo lotação (comum nos países menos desenvolvidos); quando pertinente, a bicicleta, como acontece em muitos países da Europa e da Ásia. O poder público pode contribuir muito para isso, com ações de incentivo aos modos públicos e à bicicleta e desincentivo ao carro.

O racional é o carro ser utilizado em certas viagens, por motivo de saúde e compras, para o transporte em conjunto de familiares, no período noturno por questão de segurança, em viagens de recreação nos dias não úteis etc.

Em muitos países, sobretudo na Europa, essas ações têm sido muito bem-sucedidas, pois o número de viagens urbanas por transporte público coletivo e bicicleta é preponderante em relação às viagens com carro/motocicleta – nessas cidades, já se consolidou uma cultura/tradição do uso de transporte público coletivo e da bicicleta. Mesmo nos Estados Unidos, o país do automóvel, em algumas cidades é grande a porcentagem de viagens utilizando o transporte público coletivo e a bicicleta.

Uma possibilidade de viagem urbana racional e com comodidade, associando o interesse coletivo com o interesse individual, é utilizar o carro, a

motocicleta ou a bicicleta para ir da residência até uma estação/terminal de transporte público, estacionar o veículo ou desembarcar do mesmo, se for táxi ou mototáxi, e utilizar o transporte público coletivo (metrô, VLT, BRT etc.) no percurso maior da viagem. Ao chegar à estação/terminal do fim da viagem, se pertinente, voltar a utilizar táxi, mototáxi ou bicicleta (alugada ou gratuita) para chegar ao destino. Em algumas cidades, a bicicleta já pode até mesmo ser transportada nos carros do metrô.

## 4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como as cidades devem ser direcionadas para o ser humano, o sistema de transporte urbano tem de valorizar os modos que sejam ambientalmente sustentáveis e que permitam o contato com outras pessoas e com a natureza. Nesse sentido, é preciso priorizar os modos públicos coletivos e o trânsito de pedestres e bicicletas, sem impedir o uso racional do carro, pois a excessiva supressão do tráfego de automóveis prejudica a alta mobilidade pessoal oferecida por esse modo, com as suas inúmeras contribuições às atividades comerciais, sociais, culturais e recreativas. Por oferecer grande mobilidade, o carro multiplica as oportunidades de moradia, emprego, estudo etc.

Assim, o caminho para um transporte urbano adequado está em um sistema balanceado, com os diversos modos sendo utilizados de maneira racional. Nesse sentido, a integração do transporte privado com o transporte público é fundamental, pois em alguma medida concilia o desejo dos usuários de uma viagem rápida e confortável com as necessidades da comunidade de um transporte sustentável no tocante ao consumo de combustível, emissão de poluição e segurança.

Um transporte urbano balanceado confere às cidades um caráter humano, ao contrário das cidades onde ocorre o uso massivo do carro. Um transporte balanceado é conseguido com o incentivo ao uso do transporte público e semipúblico (tipo lotação, fretado, *carpooling* etc.), da bicicleta e do modo a pé, associado a restrições e/ou desincentivo ao uso do carro.

Nesse contexto, em alguma medida cabe a máxima: “País rico não é aquele em que pobre anda de carro, é aquele em que rico anda de transporte público”.

## 4.8 QUESTÕES

1. Quais as vantagens e as desvantagens do uso do carro, considerando as pessoas individualmente? E considerando a comunidade?
2. Idem em relação ao transporte público coletivo.

3. A motocicleta e a bicicleta apresentam as mesmas vantagens e desvantagens do carro? Comentar.
4. Citar valores comparando o desempenho dos principais modos de transporte urbano. Comentar os resultados.
5. Quais as principais ações de caráter geral que devem ser implementadas para reduzir o número de viagens urbanas por carro nas cidades?
6. No âmbito do urbanismo, que ações podem ser implementadas para reduzir o número de veículos-quilômetro percorrido (VKP) nas cidades?
7. Que ações em nível de gestão urbana contribuem para reduzir o fluxo de veículos nos horários de pico? Comentar.
8. Como o aumento do uso da internet e do telefone celular pode reduzir o número de viagens urbanas?
9. Comentar a afirmação: o melhor transporte é aquele que não necessita ser realizado.
10. Qual o caminho para um transporte urbano adequado?

## 5.1 VISÃO GERAL DA QUALIDADE

### Fundamentos

A qualidade no transporte público urbano deve ser contemplada com uma visão geral, de modo a considerar o nível de satisfação de todos os atores direta ou indiretamente envolvidos no sistema: usuários, comunidade, governo, trabalhadores do setor e empresários do ramo.

Para obter a qualidade global no transporte público urbano é fundamental que cada um dos atores tenha os seus objetivos bem definidos, conheça os seus direitos e obrigações e saiba realizar com eficiência e qualidade as suas tarefas ou ações. Isso corresponde à capacitação do sistema.

Também é vital que todos os atores conheçam os objetivos, os direitos e as obrigações dos demais, e que haja permanente intercâmbio de ideias entre eles, a fim de que os problemas sejam resolvidos com a participação de todos. Isso corresponde à democratização do sistema.

Outro aspecto relevante é o que se pode denominar de sustentabilidade da qualidade, que é conseguida através da satisfação racional e equilibrada dos desejos de todos os atores, pois a insatisfação de algum grupo acaba levando à quebra do equilíbrio, causando problemas no curto, médio ou longo prazo.

### Objetivos, direitos e obrigações dos atores

#### Governo municipal

O principal objetivo do governo municipal é proporcionar um transporte coletivo urbano com qualidade (segurança, comodidade e rapidez), a um custo compatível com a renda dos usuários, se necessário com o pagamento de subsídio, e que atenda aos interesses maiores da comunidade no que concerne à justiça social, preservação do meio ambiente, segurança e fluidez no trânsito, ocupação e uso racional do solo, sustentabilidade econômica do sistema etc.

O governo municipal tem o direito e o dever de planejar e fazer a gestão do sistema de transporte público urbano.

As obrigações do governo municipal no tocante ao transporte público coletivo são principalmente três: fazer o planejamento do transporte, implementar as obras e as ações que lhe dizem respeito e realizar a gestão do sistema (incluindo a questão econômico-financeira, que pode envolver subsídio ao sistema). Para isso, tem de contar com adequada estrutura administrativa, técnica e jurídica, constituída por pessoal preparado.

O planejamento do sistema de transporte público deve ser feito em conjunto com o planejamento do transporte em geral, incluindo sistema viário e trânsito. Nessa tarefa é importante ter claro que o transporte público é o modo mais indicado para as cidades, devendo, portanto, ter preferência em relação aos modos individuais e semipúblicos.

Também é importante que o planejamento do transporte urbano seja realizado em conjunto com o planejamento do crescimento e do desenvolvimento da cidade, pois transporte e ocupação/uso do solo são atividades intimamente relacionadas. A ocupação e o tipo de uso do solo influenciam a demanda por transporte; já a existência de transporte induz a um aumento da ocupação do solo e influi no tipo de uso do mesmo.

Muitas obras físicas e ações de grande importância para a qualidade e a eficiência do sistema de transporte público urbano são de responsabilidade do governo municipal: a pavimentação, a manutenção e a sinalização das vias por onde passam os ônibus, a sinalização dos pontos de parada e a colocação de abrigos e bancos nas paradas principais, a implantação de estações (terminais), a implementação de faixas exclusivas ou segregadas para os coletivos, a implantação de modos de transporte sobre trilhos etc. Muitas dessas ações podem ser negociadas pelo governo municipal para serem realizadas pelas empresas operadoras ou concretizadas mediante PPP (Parceria Público Privada).

A gestão do transporte público envolve o estabelecimento de normas e regulamentos de operação, atividades de fiscalização, definição da programação operacional, gerenciamento do banco de dados com informações sobre o sistema, administração do sistema de comunicação com o público (divulgação de informações, recebimento e análise de reclamações e sugestões etc.), organização de foro permanente para discussão entre os atores envolvidos, promoção de programas de educação e capacitação de todos os atores etc.

## Usuários

O objetivo dos usuários – aliás, um direito – é ter um transporte público adequado e de baixo custo.

O passageiro deve ser visto como cliente do sistema e das empresas operadoras, tendo, portanto, direito a um serviço que lhe proporcione satisfação

e o motive a continuar utilizando o sistema de transporte público – o modo de transporte mais indicado para as cidades. Nesse contexto, cabe a máxima: “Passageiro (cliente) não satisfeito, em curto, médio ou longo prazo, buscará outra opção de transporte”.

Os principais parâmetros que influem na qualidade do transporte público urbano, do ponto de vista dos usuários, são apresentados posteriormente neste capítulo.

As obrigações dos usuários são: respeitar e ser cortês com os operadores e os outros usuários, ceder assento aos deficientes, idosos, enfermos, crianças e senhoras, respeitar as normas e as regras de segurança e ajudar a conservar os veículos e as instalações do sistema.

Para obter um comportamento adequado dos usuários, é importante o desenvolvimento de programas de educação no transporte agregados aos programas de educação no trânsito.

## Trabalhadores

Os principais objetivos, que também são direitos, dos trabalhadores das empresas operadoras e do órgão de planejamento e gestão do governo são: salários compatíveis com a função, benefícios sociais e jornada de trabalho adequados, instalações de trabalho saudáveis, respeito dos chefes e dos colegas, possibilidade de participar das decisões para melhorar a eficiência e a qualidade do trabalho no seu setor e na empresa e reconhecimento da importância do seu trabalho pela comunidade.

Esses são os requisitos para que o funcionário trabalhe satisfeito e tenha motivação para realizar bem as suas tarefas, melhorando o desempenho pessoal e o da empresa na qual trabalha. Somente funcionários satisfeitos vão se esforçar para ajudar as empresas a prestar um serviço de qualidade e a obter um bom desempenho econômico – condição fundamental para que possam se manter e crescer profissionalmente.

As obrigações dos funcionários são: realizar suas tarefas com eficiência, qualidade e segurança; respeitar os chefes e os colegas de trabalho; acatar as determinações dos superiores; buscar sempre motivação para melhorar a qualidade e a eficiência do seu trabalho e da empresa; ter iniciativa para resolver problemas e fazer sugestões para os seus superiores etc.

Um dos pontos fundamentais do conceito de qualidade total é que todas as atividades e tarefas desenvolvidas, por mais simples que sejam, são importantes para a eficiência e a qualidade do serviço. Por essa razão, são fundamentais as atividades de capacitação dos funcionários e a conscientização da importância individual de suas tarefas para que o sistema tenha qualidade e eficiência.

O motorista capacitado e satisfeito conduz o ônibus com eficiência, precaução e paciência. Dessa forma, há redução no consumo de combustível e de pneus e aumento da vida útil dos coletivos e das peças e acessórios, com consequente diminuição dos custos de operação e manutenção. Dirigindo adequadamente, também evita quebras que poderiam provocar interrupções das viagens e deixar os veículos fora de operação, com prejuízo para a qualidade do serviço e para as finanças da empresa.

Por outro lado, o comportamento adequado dos condutores proporciona aos usuários comodidade na viagem, por meio da não variação brusca de velocidade, do estacionamento correto nos locais de parada, da espera na conclusão das operações de embarque e desembarque e do tratamento cortês. Com isso, mantêm uma boa imagem da empresa e do sistema de transporte público e evitam acidentes.

O mecânico satisfeito conserta os ônibus de maneira adequada, aumentando sua vida útil e evitando que apresentem defeitos – o que é bastante positivo do ponto de vista econômico e da imagem do serviço.

Um empregado do setor administrativo satisfeito trabalha de maneira correta e honesta, além de defender a empresa na sua comunidade, contribuindo para a boa imagem dela e do transporte público.

## **Empresários**

Os objetivos, e também direitos, dos empresários do setor são: retorno econômico justo do investimento, garantia de continuidade da prestação do serviço por um tempo compatível com o investimento realizado e reconhecimento da importância do seu trabalho por parte da comunidade e do governo.

Por outro lado, são obrigações dos empresários: pagar corretamente impostos e encargos sociais; obedecer à legislação trabalhista em todos os seus aspectos; pagar salários justos; tratar os empregados com respeito e humanidade; ter permanente disposição de melhorar a qualidade e a eficiência do sistema, fazendo os investimentos e as mudanças necessários; manter o controle de qualidade em todas as ações; e promover a permanente capacitação dos seus funcionários.

Em relação à capacitação, é importante destacar a máxima de Alfred Marshall (economista inglês): “O investimento de maior retorno de uma empresa é o realizado em recursos humanos”.

## **Comunidade**

Os objetivos, e também direitos, da comunidade em relação ao sistema de transporte público são: baixa poluição atmosférica, sonora e visual; mínimo

prejuízo para o trânsito em geral; não degradação do espaço público junto às estações, terminais e pontos de parada com maior movimento; baixo índice de acidentes; baixo preço do serviço para proporcionar mobilidade às pessoas de baixa renda; boa qualidade do serviço; veículos e instalações físicas com aparência agradável; possibilidade de o sistema ser utilizado por pessoas com deficiência; condições de salários e trabalho justos para os trabalhadores do setor; respeito às leis e regulamentos por parte das empresas operadoras; contribuição para a ocupação e uso racional do solo etc.

Por outro lado, a comunidade tem a obrigação de apoiar o sistema de transporte público, reconhecendo a sua importância econômica e social. A indústria, o comércio e o setor de serviços dependem desse modo de transporte para transportar muitos de seus trabalhadores e clientes. O apoio da comunidade ao transporte público deve manifestar-se em colaboração com os coletivos no trânsito, obediência à proibição de estacionamento nos pontos de parada, vigilância para que não haja depredação dos coletivos e instalações etc.

## **5.2 FATORES DE QUALIDADE PARA OS USUÁRIOS**

### **Considerações iniciais**

A realização de uma viagem por transporte coletivo urbano engloba, em geral, as seguintes etapas: percurso a pé da origem até o local de embarque no sistema, espera pelo coletivo, locomoção dentro do coletivo e, por último, caminhada do ponto de desembarque até o destino final. Muitas vezes, para completar a viagem, o usuário é ainda obrigado a efetuar uma ou mais transferências entre coletivos (transbordo intramodal, quando se trata de veículos da mesma modalidade, ou intermodal, no caso de modalidades distintas). Como todas essas ações consomem energia e tempo, bem como expõem os usuários ao contato com diferentes ambientes, é importante que certos requisitos quanto à comodidade e à segurança sejam atendidos durante todas as etapas da viagem.

### **Fatores caracterizadores da qualidade**

De maneira geral, são doze os principais fatores que influem na qualidade do transporte público coletivo urbano: acessibilidade, frequência de atendimento, tempo de viagem, lotação, confiabilidade, segurança, características dos veículos, características dos locais de parada, sistema de informações, conectividade, comportamento dos operadores e estado das vias.

A seguir são conceituados cada um desses fatores e também são propostas formas de avaliação da qualidade dos mesmos no caso do transporte público coletivo por ônibus.

## **Acessibilidade**

A acessibilidade está associada à facilidade de ir da origem da viagem até local de embarque e de ir do local de desembarque até o destino final da viagem.

No caso de o acesso ao sistema ser realizado a pé, importa a distância percorrida para iniciar e finalizar a viagem e a comodidade experimentada nesses percursos, refletida pelos seguintes fatores: condições das calçadas (largura, se são revestidas ou não e estado do revestimento), declividade do percurso, facilidade para cruzar as ruas existentes no trajeto, existência de iluminação pública (importante nas viagens noturnas), segurança pessoal no trajeto etc.

Um ponto importante acerca dos percursos a pé: os usuários consideram a caminhada nos bairros mais crítica do que na área central, onde a presença de lojas, vitrines e pessoas nas ruas torna o caminhar menos desagradável.

A avaliação da qualidade da acessibilidade é feita com base em dois parâmetros, um deles objetivo: a distância de caminhada do local de origem da viagem até o local de embarque e do local de desembarque até o destino final; o outro subjetivo: a caracterização da comodidade nos percursos a pé com base nos fatores mencionados.

A mensuração da distância percorrida pelos usuários demanda uma análise minuciosa do sistema viário na região atendida pela linha de transporte coletivo. Uma alternativa utilizada para avaliar a acessibilidade de forma mais simples é traçar paralelas às rotas dos coletivos em diferentes distâncias medidas na perpendicular à via por onde passa a linha e estabelecer zonas de acessibilidade em função dessas distâncias. Nesse caso, é necessário estar atento às situações especiais em que a geometria viária foge do modelo convencional (ortogonal, quadras com dimensões próximas de 100 metros e sem interrupção de vias).

## **Frequência de atendimento**

A frequência de atendimento está relacionada com o intervalo de tempo da passagem dos veículos de transporte público, o qual afeta diretamente o tempo de espera nos locais de parada para os usuários que não conhecem os horários e chegam aleatoriamente aos mesmos, bem como influi na flexibilidade de utilização do sistema para os usuários que conhecem os horários.

O tempo de espera para os usuários que não conhecem os horários varia desde zero até o valor do intervalo entre atendimentos, sendo a espera média igual à metade desse intervalo.

O usuário habitual, no caso das linhas em que o intervalo entre atendimentos é grande, conhece os horários e procura chegar ao local de embarque pouco antes da passagem do veículo, esperando pouco nesses locais. No entanto, como o usuário só pode se deslocar nos horários oferecidos, se o intervalo entre atendimentos é elevado, ele é, muitas vezes, obrigado a esperar pelo horário na sua casa, no local de trabalho etc. Também pode ocorrer, por força do grande intervalo entre viagens, de o usuário ser obrigado a chegar bem antes do desejado no local de destino e ter de esperar pelo início da atividade que vai desenvolver.

A avaliação da qualidade da frequência de atendimento é realizada com base no intervalo de tempo entre viagens consecutivas.

### **Tempo de viagem**

O tempo total de viagem corresponde à soma do tempo no interior do veículo, mais o tempo de caminhada na origem e no destino para completar a viagem, mais o tempo de espera no ponto inicial, devendo ser considerados os dois sentidos de viagem.

O tempo gasto no interior do veículo depende da velocidade média de transporte e da distância percorrida entre os locais de embarque e desembarque.

A velocidade média de transporte depende do grau de separação da via de transporte público do tráfego geral, da distância entre os locais de parada, das condições da superfície de rolamento, das condições do trânsito e do tipo de tecnologia dos veículos.

A falta de pavimentação das vias por onde passam os ônibus, assim como a existência de buracos, lombadas e valetas pronunciadas, reduz a velocidade média, aumentando o tempo de percurso. O tipo de revestimento também influi na velocidade. As velocidades nas ruas com paralelepípedo, devido às pequenas irregularidades da superfície que provocam vibrações nos coletivos, são menores do que as desenvolvidas nas vias com pavimento de asfalto ou concreto.

O movimento compartilhado com o trânsito normal em condições de tráfego intenso também reduz a velocidade média e aumenta o tempo de viagem. Velocidades médias maiores são conseguidas quando os coletivos utilizam vias preferenciais e transitam em faixas segregadas ou exclusivas.

Quanto menor for a distância média entre paradas, menor será a velocidade média de operação e maior o tempo de viagem.

Pontos de parada próximos levam a distâncias de caminhada menores, mas a tempos de viagem no interior dos veículos maiores, uma vez que os veículos param mais vezes. Sobre o impacto do aumento do espaçamento entre pontos de parada na distância máxima de caminhada, cabe observar que o percurso a pé aumenta apenas metade do valor do aumento do espaçamento entre pontos. Por exemplo, se a distância entre pontos é de 300 metros, na pior das hipóteses, o usuário caminha 150 metros na via por onde passa o ônibus. Se a distância entre pontos é de 500 metros, a caminhada é no máximo de 250 metros. Isso significa que um aumento do espaçamento entre paradas de 200 metros implica um aumento no percurso a pé de metade desse valor (100 metros).

Como referência, os seguintes valores devem ser considerados para o espaçamento entre pontos de parada de ônibus nas linhas comuns: situação boa – maior que 500 metros, situação regular – entre 300 e 500 metros, situação ruim – menor que 300 metros.

As distâncias percorridas dependem do traçado das linhas. Rotas muito abertas nas pontas, bem como sinuosas e tortuosas, aumentam o tempo de viagem, uma vez que aumentam as distâncias percorridas e exigem redução da velocidade nas conversões. Assim, um aspecto importante no tempo de viagem é a retidão das rotas, ou seja, quão reta elas são.

A capacidade de aceleração e frenagem dos veículos também influi na velocidade média de percurso.

Como referência, os seguintes valores devem ser considerados para a velocidade operacional dos ônibus nas linhas comuns: situação boa – maior que 22 km/h, situação regular – entre 18 e 22 km/h, situação ruim – abaixo de 18 km/h. Em linhas em faixas segregadas, a velocidade média dos ônibus pode chegar a 30 km/h.

A avaliação da qualidade do transporte coletivo no tocante ao tempo de viagem é usualmente realizada pela relação entre o tempo de viagem por transporte coletivo e o tempo por carro.

## **Lotação**

A lotação diz respeito à quantidade de passageiros no interior dos coletivos durante as viagens.

O ideal seria que todos os passageiros pudessem viajar sentados. Isso, contudo, aumentaria muito o custo do transporte. A presença de usuários em pé, desde que não excessiva, é perfeitamente aceitável. O problema surge

quando a quantidade de passageiros em pé é elevada, devido ao desconforto decorrente da excessiva proximidade entre as pessoas e à limitação de movimentos que dificulta as operações de embarque e desembarque.

Os usuários habituais dos períodos de pico (a maior parte constituída de adultos e jovens que se dirigem ao trabalho ou à escola) são menos sensíveis à lotação que os usuários típicos dos outros períodos (uma parte significativa constituída de crianças, idosos, deficientes etc.).

A avaliação da qualidade do parâmetro lotação é usualmente realizada com base na taxa de pessoas em pé por metro quadrado que ocupam o espaço livre no interior dos veículos.

## **Confiabilidade**

A confiabilidade está relacionada ao grau de certeza dos usuários de que o veículo de transporte público vai passar na origem e chegar ao destino no horário previsto, com, evidentemente, alguma margem de tolerância.

Definido dessa maneira, o parâmetro confiabilidade engloba a pontualidade (grau de cumprimento dos horários) e a efetividade na realização da programação operacional (porcentagem de viagens programadas realizadas).

Diversos fatores podem ocasionar o não cumprimento dos horários de partida e chegada programados para as viagens: defeitos dos veículos, acidentes de trânsito, acidentes com passageiros no interior dos veículos e nas operações de embarque e desembarque, desentendimentos graves e assaltos no interior dos veículos, congestionamentos de trânsito, falta de habilidade dos condutores etc.

Muitas vezes, o problema surgido em uma viagem pode, inclusive, impedir a realização das viagens subseqüentes que foram programadas, pois o veículo pode não estar disponível no horário previsto. A não realização de viagens programadas também pode ocorrer por falta de veículos ou operadores.

No caso do transporte eletrificado, os seguintes fatores também podem afetar a confiabilidade (pontualidade e cumprimento da programação operacional): falha do sistema de alimentação elétrica e acidente de trânsito ou incidente que bloqueie a via por onde passam os veículos.

A avaliação da confiabilidade é comumente realizada pela porcentagem de viagens programadas não realizadas por inteiro ou concluídas com atraso ou adiantamento elevados.

## **Segurança**

No seu aspecto mais geral, a segurança compreende os acidentes envolvendo os veículos de transporte público e os atos de violência (agressões,

roubos etc.) no interior dos veículos e nos locais de parada (pontos, estações e terminais).

O parâmetro segurança é normalmente avaliado pelo do índice de acidentes graves envolvendo a frota de veículos de transporte público a cada 100 mil quilômetros percorridos e pela taxa anual de incidência de atos de violência nas estações, nos terminais e nos veículos.

### **Características dos veículos**

A tecnologia e o estado de conservação dos veículos de transporte são fatores determinantes na comodidade dos usuários.

No tocante à tecnologia, os seguintes fatores são determinantes do grau de conforto dos passageiros: microambiente interno no veículo (temperatura, ventilação, nível de ruído, umidade do ar etc.), dinâmica do movimento (aceleração horizontal e vertical, variação da aceleração, nível de vibração etc.), tipo de banco (forma anatômica e existência ou não de estofamento) e arranjo físico (número e largura das portas, largura do corredor, posição da catraca, número e altura dos degraus das escadas etc.).

Também se pode dizer que a aparência do veículo (aspecto visual externo e interno) influi no grau de satisfação dos usuários, pois a estética está sempre presente na natureza humana. Assim, é importante que os coletivos tenham aspecto moderno e cores alegres.

Em relação ao transporte por ônibus, os principais fatores que intervêm na comodidade dos passageiros são: número de portas, largura do corredor, altura dos degraus das escadas e estado de conservação.

A existência de três portas e de corredor largo nos ônibus facilita bastante, principalmente nos períodos de pico, a locomoção pelo interior do veículo durante as operações de embarque e desembarque. Se a altura dos degraus é grande (principalmente do primeiro degrau em relação ao nível do solo), o esforço para subir ou descer do veículo e o risco de cair são maiores, o que causa desconforto, sobretudo para idosos, crianças, deficientes e enfermos.

No que diz respeito ao estado de conservação dos veículos, contam a idade, a limpeza, o aspecto geral e a existência ou não de ruídos decorrentes de partes soltas.

No caso dos ônibus, a qualidade do parâmetro características dos veículos é usualmente avaliada com base nos seguintes fatores: idade, estado de conservação, número de portas, largura do corredor e altura dos degraus das escadas.

## Características dos locais de parada

No que concerne às características físicas dos locais de parada, os seguintes aspectos são importantes: sinalização adequada, piso com calçamento e largura suficiente para os usuários que estão esperando e os pedestres que estão transitando e existência de cobertura e bancos para sentar (sobretudo nos locais de maior movimento).

A sinalização dos locais de parada é importante para evitar a ocorrência de paradas em distâncias curtas, fato comum nos bairros periféricos de algumas cidades. Por outro lado, a falta de sinalização dos locais de parada reflete também falta de organização do sistema.

A existência de cobertura protege as pessoas da chuva e do sol, sendo, portanto, uma facilidade que traz grande comodidade aos usuários. Os bancos para sentar também contribuem para melhorar a comodidade dos passageiros, sobretudo de idosos, crianças, deficientes, enfermos e mulheres grávidas.

Também, sob a ótica da estética, é importante que os objetos sinalizadores dos pontos de parada e os abrigos tenham aparência moderna e cores alegres.

A avaliação das características dos locais de parada é comumente feita com base nos seguintes parâmetros: sinalização adequada, piso com calçamento e largura suficiente, existência de cobertura e banco para sentar e aparência dos objetos sinalizadores e dos abrigos.

## Sistema de informações

O sistema de informações aos usuários contempla os seguintes pontos: disponibilidade dos horários e itinerários das linhas na internet (em alguns casos, também é importante a disponibilidade de folhetos impressos) com a indicação das estações (terminais) de transferência e principais locais de passagem; disponibilidade de aplicativos por celular com informações sobre horários e itinerários para usuários comuns e deficientes visuais; sinalização adequada com o número e nome das linhas nos locais de parada, bem como dos horários de passagem no caso das linhas de menor frequência; sinalização adequada com o número e nome das linhas nos veículos; mapa geral simplificado da rede de linhas no interior das estações (terminais) e no interior dos veículos que operam em linhas troncais; fornecimento de informações verbais por parte de motoristas e cobradores; fornecimento de informações e recebimento de reclamações e sugestões por telefone e pela internet etc.

Evidentemente, quanto maior o tamanho da cidade, mais importante se torna o sistema de informações para os usuários, pois o sistema de transporte coletivo é mais complexo.

A disponibilidade de tabelas de horários e itinerários das linhas é de grande importância para os usuários não habituais. Embora de menor relevância para o passageiro cativo, não deixa, no entanto, de ser útil e aumentar o seu conhecimento do sistema.

O fator sistema de informações é avaliado mediante a verificação de existência das informações relacionadas.

## **Conectividade**

O termo conectividade é utilizado para designar a facilidade de deslocamento dos usuários entre dois locais quaisquer da cidade. Essa facilidade é avaliada pela porcentagem de viagens no sistema de transporte público coletivo que não necessita de transbordo e pelas características dos transbordos realizados.

Dessa forma, a conectividade depende diretamente da configuração espacial da rede de linhas e da existência ou não de integração física e tarifária. Indiretamente, depende dos intervalos entre atendimentos nas diversas linhas, pois os tempos de espera nos transbordos dependem desses intervalos, exceto nos raros casos em que a operação é sincronizada no tempo.

O ideal seria que as viagens entre dois locais da cidade pudessem ser diretas, sem necessidade de trocar de veículo, ou seja, sem transbordo. Isso, contudo, é inviável por razões econômicas. No entanto, a necessidade de transbordos pode ser bastante reduzida com uma adequada configuração espacial da rede de linhas, sobretudo com o emprego de linhas tangenciais ligando diretamente diversos bairros em complementação às linhas radiais e diametrais que conectam os bairros à região central.

Mesmo que a rede de linhas tenha uma configuração espacial adequada, muitas viagens ainda irão necessitar de transbordo. Em razão disso, é importante proporcionar integração física e tarifária e, quando pertinente, integração sincronizada no tempo entre as linhas de transporte público urbano.

Quando o transbordo entre veículos de linhas diferentes é realizado em um local apropriado, dotado, no mínimo, de cobertura e bancos para sentar, diz-se que há integração física entre as linhas.

A integração tarifária existe quando o usuário não precisa pagar novamente ou paga um valor significativamente menor ao trocar de veículo para completar a viagem. Essa integração pode ser proporcionada por estações fechadas, nas quais o acesso é pago e os usuários entram nos coletivos pelas portas de desembarque, ou pelo emprego de bilhetagem eletrônica, com o uso de cartões que armazenam informações em chips ou bilhetes com informações em tarjas magnéticas.

A operação sincronizada no tempo entre veículos de linhas distintas permite que os usuários façam transbordo sem necessidade de esperar pelo se-

gundo veículo, caracterizando o que se denomina de integração no tempo ou integração sincronizada no tempo. Em geral, esse tipo de integração somente é viável nas cidades menores.

O fator conectividade é comumente avaliado com base nos seguintes parâmetros: porcentagem de viagens sem necessidade de realizar transbordo, existência de integração física e existência de integração tarifária e tempo de espera para continuar a viagem na troca de linhas/veículos.

### **Comportamento dos operadores**

Os seguintes aspectos são importantes em relação ao comportamento dos motoristas: conduzir o veículo com habilidade e cuidado, tratar os passageiros com respeito, esperar que os usuários completem as operações de embarque e desembarque antes de fechar as portas, responder a perguntas dos usuários com cortesia, não falar palavras inconvenientes etc.

No tocante ao comportamento dos fiscais e cobradores valem as mesmas observações, exceto as que se relacionam ao modo de dirigir.

A avaliação do fator comportamento dos operadores é normalmente feita com base nos seguintes itens: condutores dirigindo com habilidade e cuidado e condutores, cobradores e fiscais prestativos e educados.

### **Sistema viário**

No que diz respeito ao sistema viário, o atributo mais importante é a regularidade da superfície de rolamento, de modo a permitir o movimento dos coletivos com velocidade constante e evitar sacolejos (os coletivos utilizam pneus de alta pressão). Nesse sentido, a presença de buracos, lombadas e valetas atuam de maneira bastante negativa. No caso de vias não pavimentadas, seu material deve ser adequado, de modo a garantir a trafegabilidade nos dias de chuva e a ausência de poeira nos dias secos.

Outro ponto relevante relacionado às características do sistema viário diz respeito à utilização das vias preferenciais pelos ônibus, de forma a evitar as paradas nos cruzamentos, que reduzem bastante a velocidade média dos coletivos. Quando os ônibus trafegam em vias preferenciais com semáforos próximos, a coordenação semaforica é importante para aumentar a velocidade média de circulação dos mesmos.

De fundamental importância é a sinalização adequada do sistema viário, a fim de garantir segurança e conforto aos passageiros.

A adoção de faixas preferenciais ou exclusivas para os ônibus, que proporcionam aumento da velocidade operacional, também tem grande importância no tocante à qualidade do sistema viário.

A avaliação do sistema viário é usualmente feita com base nos aspectos mencionados.

### 5.3 PADRÕES DE QUALIDADE PARA OS USUÁRIOS

#### A complexidade da definição de padrões de qualidade

Diversos aspectos são considerados pelos usuários na avaliação da qualidade dos sistemas de transporte público urbano. A percepção individual e conjunta desses fatores varia bastante em função da condição social e econômica das pessoas, da idade, do sexo etc.

Outro ponto relevante é que a percepção da qualidade é influenciada pelas condições de transporte vigentes, pois cresce o grau de expectativa dos passageiros com a melhoria da oferta. Sobre isso, vale transcrever as palavras de Kawamoto (1987): *“No entanto, a satisfação de ter conseguido um nível maior de conforto e rapidez nas viagens durará pouco tempo, pois o nível de aspiração está sempre além do nível alcançado. Assim, parece bastante lógico estabelecer a hipótese de que a natureza hedonista do homem, associada à aspiração, torna ilimitado o desejo de viajar de modo mais rápido e confortável...”*.

Também influem muito na avaliação da qualidade do transporte público coletivo os costumes, a cultura e a tradição do país, da região e de cada cidade em particular.

Cabe acrescentar, ainda, o fato de um serviço de melhor qualidade levar, quase sempre, a tarifas mais elevadas. Se, em geral, o custo do transporte coletivo é praticamente insignificante para as pessoas mais ricas (para elas, a qualidade do serviço é o que mais importa), o mesmo não se pode dizer dos mais pobres (para muitos deles, uma tarifa baixa é preferível a um serviço de melhor qualidade). Portanto, na definição do nível de qualidade do sistema de transporte público coletivo de uma cidade, é vital ter em conta a capacidade de pagamento da passagem por parte dos usuários de menor poder aquisitivo, que são os usuários cativos do transporte público. Nesse sentido, o indicado é o poder público subsidiar o sistema, de forma a ter uma tarifa pública acessível para as classes de menor renda e, ao mesmo tempo, ter um transporte de qualidade para atrair usuários das classes de maior renda.

Apesar da complexidade do problema, é preciso definir padrões de qualidade para efeito de planejamento, projeto e avaliação dos sistemas de transporte público urbano. Esses padrões devem ter por base a opinião da maioria dos usuários habituais do sistema; no caso do transporte por ônibus, em geral pessoas das classes de menor renda.

## Padrões para o transporte público coletivo por ônibus

Na Tabela 5.1, encontram-se relacionados os padrões de qualidade sugeridos para o transporte público por ônibus nas cidades brasileiras, com base em inúmeros estudos sobre o assunto. Para cada um dos fatores que influem na qualidade do transporte público foram estabelecidos atributos que caracterizam, do ponto de vista dos usuários, um serviço de qualidade boa, regular e ruim. Alguns fatores são avaliados de forma objetiva (com números) e outros de forma subjetiva (com base no “sentimento”) – alguns desses poderiam ser avaliados de forma objetiva, mas não são por falta de padrões de referência.

**Tabela 5.1** Padrões de qualidade para o transporte coletivo por ônibus em situações normais (*continua*).

Fatores	Parâmetros de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Acessibilidade	Distância da origem ou destino da viagem medido perpendicular à via utilizada pelo ônibus (metros)	< 300	300-500	> 500
	Percursos a pé com declividade não exagerada, calçadas revestidas e em bom estado, segurança na travessia das ruas, iluminação noturna etc.	S	M	I
Frequência de atendimento	Intervalo entre atendimentos (minutos)	< 30	30-60	> 60
Tempo de viagem	Relação entre o tempo de viagem por ônibus e de carro	< 2	2-3	> 3
Lotação	Taxa de passageiros em pé (pass./m <sup>2</sup> )	< 2	2-4	> 4
Confiabilidade	Viagens não realizadas ou realizadas com adiantamento > 2 min. ou atraso > 4 min. (porcentagem)	< 1	1-3	> 3
Segurança	Índice de acidentes com vítimas graves (acidentes/milhão de km)	< 1	1-2	> 2
	Taxa de violência envolvendo usuários (ocorrências/ano)	S	M	I
Características dos ônibus	Idade (anos) e estado de conservação	< 5, bom estado	5-8, bom estado	Outras situações
	Número de portas e largura do corredor	3 portas nos maiores, 2 com corredor largo nos menores	2 portas com corredor largo nos maiores	2 portas com corredor estreito
	Altura dos degraus	S	M	I
	Aparência	S	M	I
Características dos locais de parada	Sinalização	S	M	I
	Cobertura	S	M	I
	Banco para sentar	S	M	I
	Aparência	S	M	I
Sistema de informações	Itinerários e horários disponíveis na internet e em aplicativos de celular	S	M	I
	Informações nos locais de parada	S	M	I
	Informações nos coletivos	S	M	I
	Sistema de atendimento aos usuários	S	M	I

S: Satisfatório, M: Meio-termo, I: Insatisfatório.

**Tabela 5.1** Padrões de qualidade para o transporte público por ônibus (*conclusão*).

Fatores	Parâmetros de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Conectividade	Transbordos (%)	< 50	50-70	> 70
	Integração física	Sim	Sim	Não
	Integração tarifária	Sim	Não	Não
	Tempo de espera nos transbordos (minutos)	< 20	20-40	> 40
Comportamento dos operadores	Motoristas dirigindo com habilidade e cuidado	S	M	I
	Motoristas e cobradores prestativos e educados	S	M	I
Sistema viário	Vias pavimentadas e sem excesso de buracos, lombadas e valetas pronunciadas	S	M	I
	Linhas em vias preferenciais	S	M	I
	Sinalização de trânsito	S	M	I
	Semáforos coordenados para os ônibus	S	M	I

S: Satisfatório, M: Meio-termo, I: Insatisfatório.

## O caso das tecnologias diferenciadas das grandes cidades

A sensibilidade dos usuários em relação à qualidade do serviço de transporte público é diferente quando se trata das tecnologias diferenciadas que são utilizadas nas grandes cidades.

Nos modos que utilizam vias especiais, sobre trilhos ou mesmo sobre pneus, os usuários aceitam caminhar distâncias maiores, pelo fato de o transporte ser mais rápido, mais confortável e mais frequente.

O conceito de confiabilidade, como foi definido para o caso do transporte convencional por ônibus, não se aplica no caso do transporte com tecnologias diferenciadas de alta capacidade e grande frequência (metrô, VLT, BRT etc.), pois não se pode falar de atraso ou adiantamento em linhas de alta frequência.

Nas grandes cidades, a retidão da rota, por si só, deixa de ser determinante no tempo de viagem, pois passa a influir de maneira decisiva na velocidade dos coletivos a existência de faixas exclusivas ou segregadas.

As operações de transbordo, que são indesejáveis nas cidades médias e pequenas, são perfeitamente aceitáveis nas grandes cidades, mesmo nas viagens bairro–centro e vice-versa, como ocorre nas integrações forçadas entre linhas-tronco (operadas com tecnologias diferenciadas) e linhas alimentadoras. Os usuários aceitam essas operações por estarem cientes da maior complexidade da rede de transporte público nas grandes cidades e também pela maior velocidade e conforto das tecnologias diferenciadas que operam nos troncos.

Nas cidades maiores, o sistema de informações aos usuários deve receber especial atenção, uma vez que a rede de linhas de transporte coletivo é complexa.

## 5.4 AVALIAÇÃO GLOBAL DA QUALIDADE

Para avaliação global da qualidade dos sistemas de transporte público urbano por ônibus, considerando o nível de satisfação de todos os atores envolvidos (usuários, empresários do ramo, trabalhadores do setor, comunidade e governo), são propostos os modelos de matrizes das Tabelas 5.2 a 5.6.

**Tabela 5.2** Modelo de matriz de avaliação para os usuários.

Fatores	Parâmetros para a avaliação	Bom	Regular	Ruim
Acessibilidade	Distância de caminhada no início e no fim da viagem e comodidade nas caminhadas			
Frequência	Intervalo entre atendimentos			
Tempo de viagem	Relação entre o tempo de viagem por ônibus e de carro			
Lotação	Taxa de passageiros em pé			
Confiabilidade	% de viagens programadas realizadas no horário com alguma tolerância			
Segurança	Índice de acidentes e taxa de violência			
Características dos veículos	Idade, estado de conservação, número de portas, largura do corredor, altura dos degraus e aparência			
Características das paradas	Sinalização adequada, existência de coberturas e bancos e aparência			
Sistema de informação	Disponibilidade de informações via internet e aplicativos para celular, telefone para obter informações e fazer reclamações etc.			
Conectividade	Porcentagem de transbordos e existência de integração física e tarifária			
Comportamento dos operadores	Habilidade e precaução dos condutores e tratamento dispensado aos usuários			
Estado das vias	Vias pavimentadas e em bom estado, presença de buracos, lombadas, valetas e qualidade da sinalização de trânsito			
Tarifa	Comparação com outras cidades			

**Tabela 5.3** Modelo de matriz de avaliação para os trabalhadores.

<b>Fatores</b>	<b>Parâmetros para a avaliação</b>	<b>Bom</b>	<b>Regular</b>	<b>Ruim</b>
Salários e outros benefícios	Comparação com outras cidades e outros setores			
Jornada de trabalho	Respeito às leis e normas do trabalho			
Instalações físicas	Protegidas e com sanitários, ventilação etc.			
Reconhecimento e respeito	Dos superiores, colegas e da comunidade			
Integração e motivação	Satisfação com o trabalho e possibilidade de fazer sugestões			
Oportunidade de desenvolvimento	Possibilidade de treinamento e progresso na empresa			

**Tabela 5.4** Modelo de matriz de avaliação para a comunidade.

<b>Fatores</b>	<b>Parâmetros para a avaliação</b>	<b>Bom</b>	<b>Regular</b>	<b>Ruim</b>
Poluição atmosférica	Presença de veículos lançando produtos tóxicos			
Poluição sonora	Presença de veículos barulhentos			
Prejuízo para o trânsito	Alta concentração de ônibus em alguns locais			
Segurança	Índice de acidentes e taxa de violência			
Degradação de espaços públicos	Forma de ocupação e aparência dos espaços públicos destinados a estações, terminais e pontos de parada			
Valor da tarifa	Comparação com outras cidades			
Estética (poluição visual)	Aparência dos ônibus, dos locais de paradas e das estações e terminais			
Situação dos trabalhadores	Condições de trabalho dos empregados do setor			
Cumprimento da lei	Grau de respeito das empresas às leis e regulamentos			
Imagem do serviço	Opinião da população e dos meios de comunicação			

**Tabela 5.5** Modelo de matriz de avaliação para os empresários.

<b>Fatores</b>	<b>Parâmetros para a avaliação</b>	<b>Bom</b>	<b>Regular</b>	<b>Ruim</b>
Rentabilidade do negócio	Taxa de rentabilidade do capital das empresas operadoras			
Prazo legal restante	Prazo restante para finalizar a concessão/permissão das empresas operadoras			
Reconhecimento pelo trabalho	Imagem das empresas e do sistema perante a comunidade e o governo			

**Tabela 5.6** Modelo de matriz de avaliação para o governo.

<b>Fatores</b>	<b>Parâmetros para a avaliação</b>	<b>Bom</b>	<b>Regular</b>	<b>Ruim</b>
Valor da tarifa	Estudos e comparação com outras cidades			
Qualidade do serviço	Estudos e comparação com outras cidades			
Eficiência do serviço	Estudos e comparação com outras cidades			
Justiça financeira entre as empresas	Existência de compensação tarifária			
Imagem do serviço	Pesquisas com usuários e notícias nos meios de comunicação			
Satisfação dos usuários	Estudos e pesquisas			
Satisfação da comunidade	Estudos e pesquisas			
Satisfação dos trabalhadores	Estudos e pesquisas			
Satisfação dos empresários	Estudos e pesquisas			

## 5.5 QUESTÕES

1. No que consiste contemplar a qualidade no transporte público urbano como uma visão geral?
2. Quais os requisitos básicos para conseguir a qualidade global no transporte público urbano?
3. Comentar sobre o conceito de sustentabilidade da qualidade.
4. Citar de forma resumida os direitos e os deveres dos cinco atores envolvidos no transporte público urbano.
5. Quais as principais etapas de uma viagem por transporte público urbano? Quais as esperas associadas?
6. Considerar uma pessoa que, para ir à zona central da cidade, utiliza o carro da sua casa até uma estação de metrô e, depois, esse modo até o centro. Quais as etapas da viagem? Quais os custos associados? Qual a espera associada?
7. Relacionar e explicar, sucintamente, cada um dos fatores que influem na qualidade do serviço de transporte público urbano por ônibus para os usuários.
8. Como as diferentes classes sociais veem a questão custo x qualidade no transporte público urbano?
9. Qual o objetivo de estabelecer padrões de qualidade para o transporte público urbano?
10. Explicar as principais diferenças, e as razões pelas quais elas existem, no julgamento dos usuários das grandes cidades, entre o transporte público com tecnologias diferenciadas nas linhas troncais e o transporte por ônibus convencional.
11. Comparar os tempos de viagem por ônibus e por carro nas seguintes condições:  
Carro: distância percorrida no veículo = 7 km, velocidade média = 40 km/h, distância de caminhada na origem = 0, distância de caminhada no destino = 100 m, velocidade de caminhada = 5 km/h.  
Ônibus: distância percorrida no veículo = 11 km, velocidade média = 15 km/h, distância de caminhada na origem = 300 m, tempo de espera no ponto = 5 min (admitindo-se que o usuário conheça os horários), distância de caminhada no destino = 200 m.
12. Refazer a Questão 11, considerando que a velocidade média do carro é de 15 km/h (trânsito congestionado) e a velocidade média do ônibus é de 25 km/h (movimento em faixas exclusivas).

13. Refazer a Questão 12, considerando que a viagem por ônibus tem um percurso de 3 km até uma estação de metrô, a partir de onde são percorridos por trem mais 7 km, com uma velocidade média de 50 km/h. Considerar o tempo perdido no transbordo igual a 3 minutos e a velocidade do carro de 15 km/h (trânsito congestionado).
14. Utilizando os modelos de matrizes apresentados nas Tabelas 5.2 a 5.6, fazer uma avaliação da qualidade global do sistema de transporte público da sua cidade. Utilizar as informações disponíveis e o seu sentimento pessoal.



## 6.1 EFICIÊNCIA ECONÔMICA

A eficiência econômica na produção de um bem ou serviço diz respeito à produtividade, expressa de maneira geral pela relação entre o produto obtido e os insumos gastos na produção.

No caso do serviço de transporte público, o produto são as viagens ofertadas e os insumos são: veículos, pessoal, combustível, pneus, peças e acessórios, lubrificantes etc.

Do ponto de vista estritamente econômico, maior eficiência no processo de produção, para um dado padrão de qualidade do produto ou serviço, significa um custo final menor.

No caso do transporte público, fixado o nível de qualidade do serviço (algo que não é simples por envolver inúmeros fatores), a eficiência econômica é avaliada pelo custo por passageiro transportado.

Uma vez definido o transporte a ser realizado – modo, local de origem e de destino e quantidade de unidades a ser transportada nos diversos intervalos de tempo –, para que a eficiência econômica seja máxima (o custo mínimo), em princípio, deve-se:

1. Reduzir ao mínimo a distância de transporte, a fim de minimizar a quilometragem percorrida e o número de veículos utilizados, minimizando, assim, o gasto com combustível, lubrificantes, pneus, peças e acessórios, salários e encargos sociais de operadores, investimentos em veículos etc.
2. Utilizar a máxima velocidade possível, a fim de reduzir ao mínimo o tempo de viagem e, assim, minimizar o número de veículos e os gastos correspondentes: salários e encargos sociais de operadores, investimentos em veículos etc.
3. Empregar veículos com o máximo de capacidade, compatível com a demanda de passageiros e a geometria da via, a fim de reduzir a quilometragem rodada e o número de veículos, diminuindo, assim, os gastos com combustível, pneus, salários e encargos sociais de operadores, investimentos em veículos etc.

## 6.2 FATORES QUE AFETAM A EFICIÊNCIA ECONÔMICA

Os principais fatores que afetam a eficiência econômica dos sistemas de transporte público urbano por ônibus são: tamanho dos veículos, tipo e estado das vias, distância entre paradas, tipo de prioridade nas vias, aproveitamento da frota, configuração da rede de linhas, traçado das linhas, programação da operação, aproveitamento da mão de obra, sistema de bilhetagem, competência administrativa, morfologia e topografia da cidade etc.

A seguir são discutidos cada um desses fatores.

### Tamanho dos veículos

Em princípio, quanto maior o tamanho dos veículos de transporte público, mais eficiente é a operação (menor o custo final por passageiro transportado), pois é menor o número de veículos e de operadores necessário, bem como a quilometragem percorrida.

Contudo, o tamanho das unidades de transporte é condicionado pelo fluxo de passageiros (volume por unidade de tempo), intervalo máximo entre atendimentos, largura das vias, raios de curva nas conversões, declividade das ruas etc. Veículos grandes operando com ociosidade, ou veículos pequenos operando em intervalos muito reduzidos, são situações em que ocorre ineficiência no transporte.

### Tipo e estado das vias

A regularidade da superfície de rolamento influi diretamente na velocidade operacional. Vias não pavimentadas, ou pavimentadas, mas com buracos, lombadas e valetas pronunciadas, exigem a utilização de velocidades baixas, requerendo uma frota maior na realização do serviço e, portanto, reduzindo a eficiência.

O tipo de revestimento também influi na velocidade. As velocidades nas ruas com paralelepípedo, devido às pequenas irregularidades da superfície que provocam vibrações nos coletivos, são menores do que as desenvolvidas nas vias com pavimento de asfalto ou concreto.

Por outro lado, as irregularidades nas vias e a existência de poeira e lama, no caso das ruas não revestidas, provocam aumento dos custos de manutenção e operação, em razão do maior consumo de combustível e do desgaste dos componentes, bem como da redução da vida útil dos veículos.

### Distância entre paradas

Outro fator que afeta significativamente a velocidade média dos coletivos é a distância entre os locais de parada. Paradas muito próximas reduzem

a velocidade operacional, exigindo uma frota maior para realizar o mesmo serviço. Pontos de parada próximos levam a distâncias de caminhada menores, mas a tempo de viagem maior pelo fato de a velocidade operacional ser menor.

Sobre o impacto do aumento do espaçamento entre pontos de parada na distância máxima de caminhada, cabe observar que o percurso a pé aumenta apenas metade do valor do aumento do espaçamento entre pontos. Por exemplo, se a distância entre pontos é de 300 metros, na pior das hipóteses o usuário caminha 150 metros na via por onde passa o ônibus. Se a distância entre pontos é de 500 metros, a caminhada é no máximo de 250 metros. Isso significa que um aumento do espaçamento entre paradas de 200 metros implica um aumento do percurso a pé de metade desse valor (100 metros).

Os valores a serem considerados no espaçamento entre pontos de parada de ônibus nas linhas comuns são os seguintes: situação boa – maior que 500 metros, situação regular – entre 300 e 500 metros e situação ruim – menor que 300 metros.

### **Prioridade no sistema viário**

As paradas nos cruzamentos e os congestionamentos de trânsito aumentam os tempos de viagem dos coletivos, reduzindo a velocidade operacional e exigindo frota maior.

Três ações importantes para obter velocidades operacionais maiores são: preferência nos cruzamentos para as vias onde circulam os veículos de transporte público, faixas exclusivas ou separadas nas vias com tráfego intenso e prioridade para os coletivos nos semáforos.

### **Aproveitamento da frota**

Baixo aproveitamento da frota pode ocorrer devido aos seguintes fatores: falta de eficiência e/ou má qualidade do serviço de manutenção, realização de manutenção concentrada nos períodos de maior movimento e programação operacional mal elaborada que deixa veículos parados por longos tempos durante a operação. Quanto menor o aproveitamento da frota, maior o número de coletivos necessários.

### **Configuração da rede de linhas**

Uma rede com superposições de linhas e número de linhas maior que o necessário leva a uma perda de eficiência operacional, exigindo quilômetros e frotas maiores.

## **Traçado das linhas**

Itinerários tortuosos e sinuosos aumentam a distância percorrida e conduzem a velocidades médias mais baixas, devido à reduzida velocidade nas conversões. Com isso, a frota necessária é maior.

## **Programação da operação**

A correta alocação do número de veículos em cada linha nos diferentes dias da semana e períodos do dia leva a uma maior eficiência operacional, evitando a sobreoferta de lugares e, com isso, reduzindo a quilometragem percorrida e o número de veículos necessários.

## **Aproveitamento dos recursos humanos**

O aproveitamento racional de pessoal é fator fundamental para a eficiência do transporte, pois tem reflexo direto nos custos.

## **Sistema de bilhetagem**

O sistema de bilhetagem influi na eficiência econômica do transporte público por duas razões. Primeiro, pela maior ou menor agilidade proporcionada às operações de embarque nos veículos – que tem impacto direto na velocidade média operacional dos veículos e, portanto, na frota necessária. Segundo, pela maior ou menor facilidade na concretização de fraudes por parte de usuários ou funcionários – que influi diretamente na perda de arrecadação.

## **Administração e tamanho das empresas operadoras**

O aproveitamento racional dos recursos humanos e materiais por parte das empresas operadoras reflete diretamente nos custos e, portanto, na eficiência do serviço de transporte público (produção de viagens). Assim, a organização, a competência e a honestidade na administração e na operação das empresas operadoras são aspectos importantes no tocante à eficiência.

Por outro lado, considerando que as empresas de transporte apresentam economia de escala nas atividades administrativas e de manutenção, bem como na aquisição de veículos e insumos, o tamanho das empresas operadoras influi na eficiência do transporte – cabe colocar, contudo, que o controle administrativo é mais difícil nas empresas exageradamente grandes.

## Morfologia da cidade

A forma e o tamanho da cidade são fatores exógenos que afetam significativamente a eficiência do sistema de transporte público urbano. O tamanho da cidade depende da população e da densidade de ocupação do solo.

Nas cidades mais compactas, as distâncias envolvidas nos deslocamentos são menores e, em consequência, é menor o custo do transporte, pois o número de veículos e a quilometragem percorrida são menores.

Também são menores as distâncias percorridas nas cidades com formato circular em relação àquelas que apresentam forma alongada, considerando a mesma população.

## Topografia da cidade

A topografia da cidade também é um fator exógeno que afeta a eficiência econômica do serviço de transporte público. Quanto mais acidentada a topografia, maior o gasto com combustível e outros insumos; também é menor a velocidade operacional e, assim, maior o número de veículos necessários.

## 6.3 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ECONÔMICA

Para avaliação da eficiência econômica da operação do transporte público por ônibus são utilizados os seguintes principais índices (indicadores).

### Índice de quilômetros por veículo (km/veíc./dia)

O índice de quilômetros por veículo corresponde à relação entre o número de quilômetros diários percorridos e a frota total de veículos.

Esse índice permite avaliar a eficiência na utilização da frota e é função, sobretudo, da porcentagem do tempo que os veículos permanecem efetivamente circulando. Depende, pois, da programação da operação e da eficiência do serviço de manutenção.

### Índice de aproveitamento da frota (%)

A frota total necessária de uma empresa, ou unidade de operação (garagem), é igual à frota máxima em operação nos períodos de pico, mais a frota de reserva da operação, mais a frota em manutenção.

A frota de reserva refere-se aos coletivos que permanecem estacionados em terminais ou outros locais estratégicos, prontos para entrar em serviço no caso de ocorrer problema com um veículo que está em operação (acidente, incidente, atraso excessivo etc.).

A frota em manutenção diz respeito aos veículos que permanecem na garagem durante o dia para fazer manutenção preventiva (revisão) ou corretiva e que, portanto, não podem ser colocados em operação.

O índice de aproveitamento da frota é dado pela relação entre a frota máxima efetivamente em operação nos períodos de pico e a frota total, sendo expresso em porcentagem.

O valor desse índice depende da idade dos veículos (quanto mais novos, menor o número de veículos em manutenção e de reserva da operação), do comportamento dos motoristas (direção cuidadosa reduz a necessidade de manutenção e de carros reserva), da eficiência e da qualidade da manutenção (melhor a manutenção, menor a quantidade de carros em manutenção e menor o tempo de manutenção) etc.

### **Índice de mão de obra (func./veíc.)**

O índice de mão de obra corresponde à relação entre a quantidade de funcionários e o número de veículos na frota.

Esse índice permite avaliar a eficiência no aproveitamento dos recursos humanos (mão de obra) e pode ser utilizado para uma avaliação global ou desagregada, considerando-se separadamente cada setor da empresa. Em geral, são considerados os seguintes grupos de trabalhadores: motoristas, cobradores, fiscais da operação e funcionários da manutenção e da administração.

### **Índice de passageiros por quilômetro (pass./km)**

O índice de passageiros por quilômetro é dado pela relação entre a quantidade de passageiros transportados e o número de quilômetros percorridos. Pode se referir ao número total de passageiros (IPKt) ou ao número de passageiros equivalentes (IPKe) – que corresponde ao número de passageiros que, se pagassem tarifa integral, proporcionariam a mesma arrecadação real (obtida com todos os benefícios concedidos aos usuários).

Esse índice reflete o grau de utilização do serviço de transporte público por ônibus na cidade, a eficiência do serviço no tocante ao planejamento físico da rede de linhas e à programação operacional e as características da ocupação e uso do solo urbano. Também influem nesse índice: o tamanho dos ônibus e a competição entre empresas nos trechos de via onde há superposição de rotas.

### **Índice de passageiros por veículo (pass./veíc./dia)**

O índice de passageiros por veículo é obtido pela relação entre a quantidade de passageiros transportados por dia e o número de veículos.

Esse índice também reflete o grau de utilização do serviço de transporte público, a eficiência do serviço com respeito ao planejamento da rede de rotas, a programação da operação e as características de ocupação e uso do

solo urbano. Depende, também, do tamanho dos ônibus e da competição entre empresas nos trechos onde há superposição de itinerários das linhas.

### Custo por quilômetro (R\$/km)

O custo por quilômetro rodado reflete a qualidade do transporte (em princípio, quanto melhor a qualidade, maior o custo), as condições de operação (estado das vias, distância média entre paradas, prioridade no trânsito, aproveitamento dos veículos etc.) e, também, a competência administrativa das empresas operadoras.

### Custo por passageiro (R\$/km)

O custo por passageiro reflete a influência de todos os fatores afetos à eficiência econômica do serviço de transporte coletivo.

### Relação entre o valor efetivamente arrecadado e o valor previsto por passageiro transportado (%)

Esta relação expressa o grau de fraudes cometidas por usuários ou funcionários e depende do tipo de bilhetagem utilizado e da cultura de honestidade existente.

## 6.4 PADRÕES DE EFICIÊNCIA ECONÔMICA

Na Tabela 6.1 são apresentados os intervalos de variação típicos para os principais índices de medida da eficiência no transporte público urbano por ônibus.

**Tabela 6.1** Intervalos de variação típicos para os principais índices de eficiência econômica.

<b>Índice (indicador)</b>	<b>Valores</b>
Aproveitamento da frota (%)	85-90
Motoristas e cobradores (func./veíc. no pico)	1,80-2,80*
Fiscais e despachantes (func./veíc. no pico)	0,10-0,40
Pessoal de manutenção (func./veíc. no pico)	0,50-0,90
Pessoal de administração (func./veíc. no pico)	0,05-0,20
Total (func./veíc. no pico) sem cobrador	2,45-4,30*
Total (func./veíc. no pico) com cobrador	4,25-7,10*
IPK total (pass./km)	1,50-3,00

\* Dependem do número de turnos de trabalho, número de coletivos extras colocados em operação nos períodos de pico, número de dias de trabalho entre os dias de descanso etc.

## 6.5 EFICIÊNCIA SOCIAL

A eficiência social é avaliada com base no custo social, que reflete não apenas os custos monetários da produção do bem ou serviço, mas também os custos dos impactos (positivos e negativos) na qualidade de vida da população e no meio ambiente natural e construído.

Como vários aspectos do custo social são difíceis de ser avaliados, a avaliação da eficiência social traz no seu bojo certa subjetividade.

No caso do transporte coletivo urbano, a avaliação da eficiência social envolve a análise da qualidade do transporte do ponto de vista dos usuários trabalhadores e empresários, do impacto na qualidade de vida da população e dos impactos no meio ambiente natural e construído.

A caracterização da qualidade do transporte do ponto de vista dos usuários, trabalhadores e empresários foi discutida no Capítulo 5.

O custo para os usuários está relacionado com a eficiência do sistema e a política de subsídios. Um parâmetro bastante utilizado para avaliar esse quesito é o valor da tarifa social (menor tarifa disponível para a população), uma vez que o valor da tarifa do transporte coletivo afeta significativamente a qualidade de vida das classes de menor renda, pois, quanto maior a tarifa, menor a disponibilidade de recursos para o gasto em itens essenciais, como alimentação, medicamento, roupa etc.

O impacto sobre a comunidade/população diz respeito à influência do transporte coletivo na segurança viária, na fluidez do trânsito, no uso do espaço público (calçadas, praças etc.), na ocupação e uso do solo urbano, na eficiência da infraestrutura pública, no gasto de recursos públicos com o transporte coletivo, na geração de empregos, nas atividades econômicas (comércio e indústria), na aparência da cidade, no meio ambiente natural e construído (poluição em todas as suas formas: atmosférica, sonora, visual, por vibrações etc., e consumo de materiais não renováveis ou não recicláveis) etc.

## 6.6 QUESTÕES

1. Conceituar eficiência econômica na produção de um bem ou serviço.
2. Definido o transporte a ser realizado (local de origem e de destino e quantidade de unidades a ser transportada nos diversos intervalos de tempo), quais os aspectos a serem considerados para maximizar a eficiência econômica (otimizar economicamente o processo de produção)?
3. Citar e comentar os principais fatores que afetam a eficiência econômica no transporte público urbano por ônibus.

4. Relacionar os principais parâmetros utilizados na avaliação da eficiência econômica do transporte urbano por ônibus. Quais os intervalos de variação considerados aceitáveis para esses parâmetros?
5. Conceituar eficiência social e custo social na produção de um bem ou serviço.
6. Quais os aspectos envolvidos na avaliação da eficiência social dos sistemas de transporte coletivo urbano? Comentar cada um deles.



## 7.1 INTEGRAÇÃO NO TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

Quando o transbordo de passageiros (transferência de um veículo para outro) é realizado em local apropriado, exigindo pequenas distâncias de caminhada por parte dos usuários, diz-se que há integração física ou simplesmente integração dos modos de transporte. A integração física pode ser intermodal, quando a transferência de passageiros ocorre entre veículos de modos diferentes, ou intramodal, quando do mesmo modo.

Alguns exemplos de integração física no transporte urbano de passageiros são:

- ◆ Integração metrô-carro: caracterizada pela existência de estacionamento para carros e assemelhados (camionetas, vans etc.) junto a uma estação de metrô; na mesma linha, pode-se utilizar a expressão integração metrô-motocicleta, metrô-bicicleta etc.
- ◆ Integração ônibus-carro: caracterizada pela existência de estacionamento para carros e assemelhados junto a um terminal de ônibus; na mesma linha, pode-se utilizar a expressão integração ônibus-motocicleta, ônibus-bicicleta etc.
- ◆ Integração metrô-ônibus: caracterizada pela existência de um terminal de ônibus junto a uma estação de metrô.
- ◆ Integração ônibus-ônibus: caracterizada pela passagem de diversas linhas de ônibus em um mesmo terminal.

A Figura 7.1 mostra duas vistas de terminal de ônibus na cidade de Jaú (população de aproximadamente 140 mil habitantes), no Brasil, que pode ser considerado um terminal multimodal de passageiros, uma vez que no local há integração física entre os seguintes modos de transporte: ônibus urbano, ônibus distrital (que atende aos distritos do município), ônibus interurbano (intermunicipal), sistema de táxi e mototáxi (existe ponto de táxis e mototáxis no local), sistema de transporte por aplicativo (existe espaço junto ao meio-fio para embarque e desembarque de passageiros) e transporte individual (existe estacionamento para carros, motocicletas e bicicletas) junto ao terminal de ônibus.



Terminal urbano e distrital à esquerda e terminal interurbano à direita

Parte da frente do terminal com espaço viário para táxis e mototáxis (comuns e por aplicativo)

**Figura 7.1** Terminal multimodal de passageiros da cidade de Jaú, Brasil. *Fonte:* Fotos feitas pelos autores.

No caso do transporte público coletivo urbano, além da integração física, também podem existir outros dois tipos de integração: integração tarifária e integração sincronizada no tempo. A seguir são explicados esses três tipos de integração.

## 7.2 INTEGRAÇÃO FÍSICA

Existe integração física entre duas ou mais linhas de transporte público coletivo urbano (do mesmo modo, como ônibus-ônibus, ou de modos diferentes, como metrô-ônibus) quando os veículos param relativamente próximos, permitindo que os usuários realizem transbordo (troca de veículos) caminhando pequenas distâncias.

Quando o local de transferência de um veículo para outro é um ponto comum de parada de ônibus ou bonde, denomina-se o local de ponto de transferência ou de transbordo; quando se trata de uma estação/terminal, a denominação empregada é estação/terminal de transferência ou de transbordo. Em geral, a palavra *estação* é utilizada no transporte sobre trilhos e a palavra *terminal*, no transporte de ônibus, mais por costume, uma vez que em essência não há diferença entre elas.

Em geral, os pontos de parada onde se realizam os transbordos têm cobertura e bancos para que os usuários fiquem protegidos do tempo e desfrutem de maior comodidade enquanto esperam pelo próximo veículo.

Nos locais onde é grande o volume de pessoas e de veículos, são utilizadas áreas maiores dotadas de cobertura, várias posições para paradas dos veículos de transporte coletivo e outras facilidades: bancos para sentar, sanitários, bebedouros de água, lanchonetes, internet gratuita etc., caracterizando uma estação/terminal de transferência. Também pode ser implantado estacionamento para carros, motocicletas e bicicletas, a fim de facilitar a integração entre o transporte coletivo e o transporte individual.

Os terminais/estações de transferência são, muitas vezes, locais utilizados para iniciar e terminar as viagens de várias linhas, onde, portanto, são controlados os horários ou intervalos entre partidas dos coletivos.

### 7.3 INTEGRAÇÃO TARIFÁRIA

A integração tarifária está associada à não necessidade de o usuário pagar novamente para fazer transbordo entre veículos de linhas distintas (do mesmo modo ou de modos diferentes), ou pagar um valor adicional significativamente menor que o preço normal que teria de pagar pelas duas passagens para completar a viagem. Esse conceito também vale para o caso de mais de duas viagens.

O principal objetivo da integração tarifária é promover justiça social no sistema de transporte público coletivo, eliminando as discriminações geográficas, uma vez que qualquer que seja o local onde o usuário mora, ele pode ir ao local de trabalho, estudo, lazer etc., pagando uma única passagem (o mais comum) ou pouco mais que isso.

A integração tarifária também atua no sentido de democratizar o espaço urbano, pois, com a possibilidade de deslocamento entre quaisquer pontos da cidade com o pagamento do valor correspondente a uma única passagem, ou pouco mais do que isso, aumentam as oportunidades de trabalho, estudo, compras, lazer etc.

A integração tarifária entre diferentes linhas de transporte público coletivo urbano, operadas ou não pelo mesmo modo, pode ser feita com o emprego de estações/terminais fechados ou com a utilização de documentos: simples comprovantes de papel (utilizados no passado e ainda em uso em algumas cidades pequenas) e, atualmente, cartões inteligentes (*smart cards*) dotados de microcircuitos eletrônicos (chips) para armazenar e trocar informações com microprocessadores localizados na entrada dos veículos ou das estações/terminais, e que são denominados de validadores.

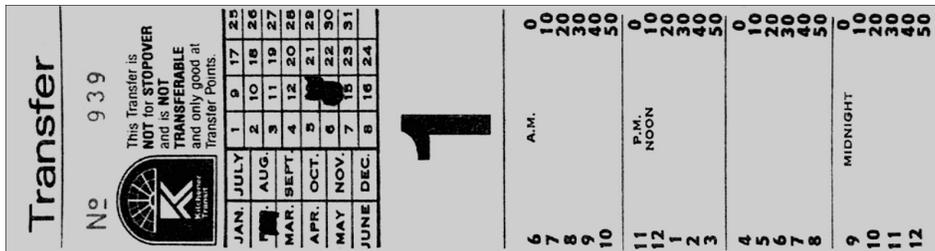
Em alguns casos especiais, a integração tarifária pode, também, ser concretizada através da realização de transporte gratuito em uma das linhas (em geral, em uma linha alimentadora integrada fisicamente a uma linha principal).

No caso de estações/terminais fechados, os usuários que se encontram no interior dos mesmos são autorizados a embarcar pelas portas de desembarque dos coletivos, portanto após a catraca, uma vez que já pagaram a passagem no primeiro veículo que utilizaram, ou ao ingressar na estação/terminal.

No caso da integração tarifária com o emprego de comprovante de papel comum, o comprovante garantindo a continuidade da viagem, fornecido

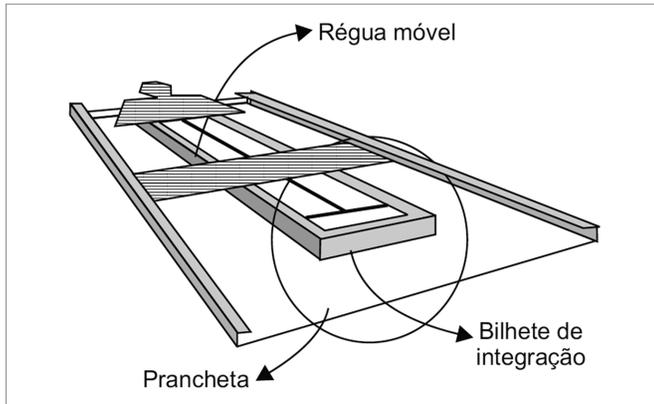
pelo motorista ou cobrador do primeiro coletivo, é entregue ao motorista ou cobrador do segundo veículo. No comprovante consta o prazo de tempo limite em que ele pode ser utilizado para a continuidade da viagem. O problema desse sistema simples é que ele dá margem ao uso indevido, uma vez que o comprovante pode ser transferido para outra pessoa ou utilizado de maneira desonesta pelos operadores.

Um exemplo de integração tarifária com comprovante de papel comum é o sistema que foi utilizado no passado em Waterloo, Canadá. O motorista (a entrada dos passageiros era feita pela porta dianteira) fornecia a quem solicitava o comprovante de que pagou a primeira viagem, o qual era cortado por equipamento simples no horário correspondente, que autorizava a continuação da viagem em outro veículo desde que respeitado o prazo limite de uma hora. A Figura 7.2 mostra o bilhete-integração que era utilizado nessa cidade.



**Figura 7.2** Bilhete-integração utilizado em Waterloo, Canadá. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

Um sistema parecido com o de Waterloo foi utilizado durante certo tempo em Rio Claro, Brasil. Nesse sistema, o cobrador é quem fornecia o comprovante ao usuário, por preço ligeiramente superior ao da passagem comum, para evitar o uso indevido. Esse comprovante era destacado de uma pequena prancheta onde se deslocava manualmente uma pequena régua de ferro até a posição de corte do bilhete. A posição da régua era determinada pelo horário em que o bilhete estava sendo pago, conforme ilustrado na Figura 7.3. Após o cobrador cortar o bilhete no horário do pagamento, o passageiro tinha o prazo de uma hora para tomar outro ônibus, entrando pela porta de embarque (localizada na frente dos ônibus) e entregando o comprovante ao motorista (que o depositava em uma urna lacrada para posterior conferência). A operação somente podia ser realizada no terminal de integração aberto situado na região central da cidade.



**Figura 7.3** Sistema de emissão do bilhete-integração utilizado no passado em Rio Claro, Brasil.

Os sistemas mais modernos de integração tarifária utilizam bilhetagem eletrônica: pequeno computador (denominado validador) dentro dos coletivos ou na entrada das estações/terminais acionado por cartões com microcircuitos (chips) no seu interior. Quando o cartão é introduzido ou, mais modernamente, exibido a distância (*contact less*) no validador, este debita do cartão/bilhete o valor da viagem, libera a catraca, permitindo a passagem do usuário (se houver catraca acoplada ao validador), e grava informações sobre o horário, linha etc. no cartão. Assim, se a segunda viagem for realizada dentro do intervalo prefixado para a validade da integração (normalmente entre 1 e 2 horas), o validador do segundo coletivo não debita do cartão o valor da segunda viagem (o mais comum) ou debita um valor menor, de acordo com a estratégia de integração utilizada.

Dois pontos importantes no tocante à integração com bilhetagem eletrônica: o benefício do não pagamento na viagem seguinte pode ser estendido para mais de duas viagens (três ou mais) e pode haver restrições na realização da segunda viagem para evitar o uso indevido (usuário sair e voltar para o mesmo local pagando uma única vez).

Atualmente, a bilhetagem eletrônica tem evoluído, permitindo inclusive a integração tarifária com outros modais, como táxis, bicicletas etc., além de aceitar múltiplos métodos de pagamento, como QR Code etc.

A escolha de um ou outro sistema (terminal fechado ou bilhetagem eletrônica) para promover integração tarifária depende de cada situação. Em alguns casos, pode ser indicado utilizar os dois sistemas de integração tarifária, pois eles não são excludentes.

A utilização de integração tarifária com o emprego de cartões inteligentes apresenta a vantagem de permitir o transbordo em qualquer lugar, reduzindo

o tempo de viagem para muitos usuários. Esse benefício, contudo, às vezes é irrelevante, pois as linhas se cruzam apenas em um ponto da área central, onde normalmente existe um terminal – caso comum nas cidades pequenas e médias.

Muitas cidades que implantaram terminal fechado quando ainda não existia bilhetagem eletrônica, mesmo com a implementação desta, mantém o terminal fechado pela rapidez nas operações de embarque e maior facilidade para os usuários.

A implantação de estação (terminal) fechada para integração física e tarifária pode apresentar um custo elevado, sobretudo quando é necessário fazer desapropriações. Uma vez em funcionamento, as estações/terminais apresentam custos de administração, operação e manutenção.

Outro aspecto a ser considerado na implantação de estações/terminais é o impacto no meio ambiente natural e construído.

Mesmo com o emprego de bilhete ou cartão para a integração tarifária, muitas vezes é indicado ter estações/terminais abertos na área central das cidades e em outros locais para proporcionar a integração física entre as linhas, de forma a proporcionar maior comodidade aos passageiros.

## 7.4 INTEGRAÇÃO SINCRONIZADA

No transporte público urbano também é empregada, em algumas situações, a integração sincronizada no tempo: os veículos de linhas diferentes cumprem uma programação operacional (plano de horários) planejada para estarem juntos no local de integração física, permitindo aos usuários fazer a transferência entre veículos sem praticamente nenhuma espera.

Duas situações típicas em que é utilizada a integração sincronizada são: conexão de uma ou mais linhas alimentadoras com uma linha principal, estratégia empregada em algumas situações nas cidades maiores, e conexão de diversas linhas na área central das cidades menores, onde existe uma estação (terminal) de integração física das linhas.

Na cidade de Matão, Brasil, o sistema de transporte público coletivo urbano opera com os três tipos de integração. Na Figura 7.4 são mostradas fotos do terminal de integração física localizado na área central da cidade, no momento em que ônibus de todas as linhas estão estacionados no local (o que ocorre a cada 30 minutos), proporcionando o transbordo dos usuários sem espera (integração no tempo). Nessa cidade, também existe integração tarifária através do emprego de bilhetagem inteligente com o uso de cartões sem contato.



**Figura 7.4** Ônibus de linhas distintas estacionados simultaneamente no terminal de integração de Matão, Brasil. *Fonte:* Fotos feitas pelos autores.

## 7.5 QUESTÕES

1. Citar alguns exemplos de integração intermodal e intramodal no transporte urbano.
2. Conceituar integração física no transporte público urbano.
3. Quais os benefícios da integração física no transporte público urbano?
4. Conceituar integração tarifária no transporte público urbano.
5. Quais os benefícios da integração tarifária no transporte público urbano?
6. Quais as formas de promover integração tarifária?
7. Quais as vantagens e as desvantagens dos dois sistemas de integração tarifária (com terminal fechado ou com bilhetagem eletrônica)? Esses dois sistemas são excludentes?
8. Conceituar integração sincronizada no tempo no transporte público urbano.
9. Quais as vantagens da integração sincronizada no tempo?
10. Em que situações tem sido utilizada a integração sincronizada no tempo?



## 8.1 LINHAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

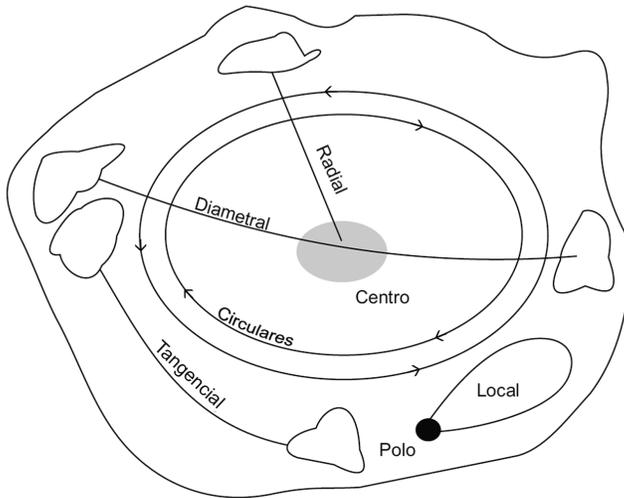
### Tipos de linhas

#### Segundo o traçado

No tocante ao traçado/percurso, as linhas de transporte público urbano podem ser classificadas nos seguintes principais tipos:

- ◆ Radial: linha que liga a zona central (onde, em geral, há grande concentração de atividades comerciais e de prestação de serviços) a outra região da cidade onde se localizam um ou mais bairros.
- ◆ Diametral: linha que conecta duas regiões opostas, passando pela zona central. De certa forma, corresponde à junção de duas linhas radiais.
- ◆ Circular: linha que liga regiões da cidade, formando um circuito fechado, como se fosse um círculo, e, no caso mais comum, com a zona central localizada mais ou menos no centro do círculo. Algumas vezes se utilizam linhas circulares passando pela área central. Em geral, são utilizados pares de linhas circulares girando em sentidos opostos, para reduzir a distância e o tempo das viagens.
- ◆ Tangencial: linha que liga regiões da cidade sem passar pela zona central, com o objetivo de atender com viagens diretas a um ou mais polos de atração de viagens importantes.
- ◆ Local: linha cujo percurso se encontra totalmente dentro de uma região restrita, também com o objetivo de atender com viagens diretas a um ou mais polos de atração importantes.

A Figura 8.1 mostra os diversos tipos de linhas segundo o traçado.



**Figura 8.1** Os diversos tipos de linha de acordo com o traçado.

## Segundo a função

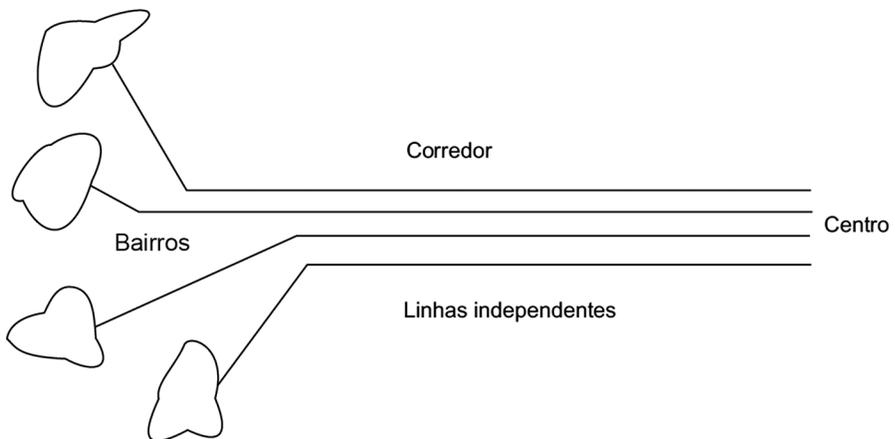
No que diz respeito à função, as linhas de transporte público urbano podem ser classificadas em:

- ◆ Convencional: linha que executa, simultaneamente, as funções de captação dos usuários na região de origem, transporte da origem até o destino e distribuição na região de destino.
- ◆ Troncal: linha que opera em um corredor onde há grande concentração de demanda, com a função principal de realizar o transporte de uma região a outra da cidade.
- ◆ Alimentadora: linha que opera recolhendo usuários em determinada região da cidade, deixando-os em uma estação (terminal) de uma linha troncal, e, também, pegando usuários na estação (terminal) da linha troncal e distribuindo-os pela região que atende. Tem, portanto, a função principal de captação e distribuição da demanda.
- ◆ Expressa: linha que opera sem nenhuma parada intermediária para aumentar a velocidade operacional, reduzindo, assim, o tempo de viagem. Também é comum o emprego do termo semiexpressa para designar as linhas com poucas paradas intermediárias.
- ◆ Especial: linha que funciona apenas em determinados horários (normalmente nos horários de pico) ou quando ocorrem eventos especiais.
- ◆ Seletiva: linha que realiza um serviço complementar ao transporte coletivo convencional, com preço maior e melhor qualidade, para atrair usuários do automóvel. É o caso, por exemplo, dos ônibus ou micro-ô-

nibus denominados executivos, que só transportam pessoas sentadas, ligando uma região da cidade à zona central, estação de trem, aeroporto etc.

### Corredor de transporte público e linha troncal

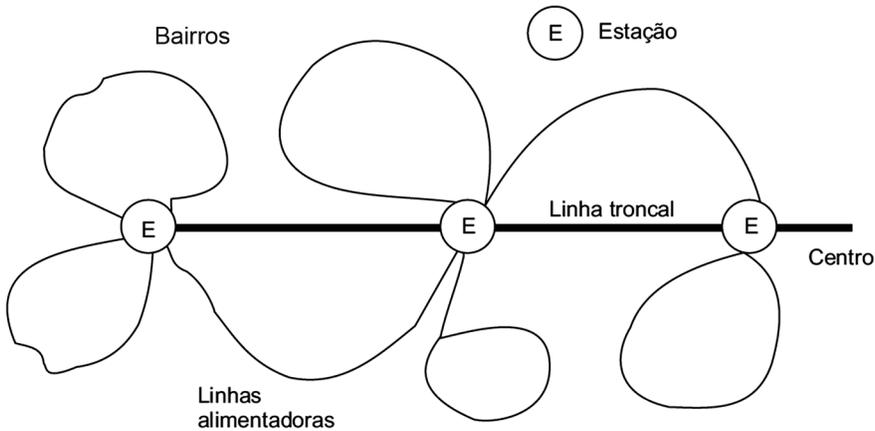
Nas cidades maiores, a geometria e a hierarquia do sistema viário e a forma de ocupação e uso do solo podem levar à superposição de linhas convencionais independentes de ônibus em trechos das vias mais importantes de maior capacidade. Esses trechos são denominados de “corredores de transporte público” ou, no caso do transporte por ônibus, de “corredores de ônibus”. A Figura 8.2 ilustra esse conceito.



**Figura 8.2** Sistema com linhas independentes operando em corredores.

Em muitas cidades grandes, ao longo dos corredores são implantadas linhas de transporte público com modos de maior capacidade e velocidade (metrô, VLT, BRT, ônibus articulado ou biarticulado em faixas segregadas ou exclusivas etc.), denominadas de linhas troncais e que são conectadas em diversas estações (terminais) a linhas chamadas de alimentadoras, operadas com ônibus comum ou micro-ônibus que fazem a coleta e a distribuição dos passageiros nas regiões próximas à linha troncal, conforme ilustrado na Figura 8.3.

No sistema tronco-alimentado, mesmo as viagens com origem ou destino na região central necessitam, em grande parte, de transbordo, o que não ocorre no sistema de linhas independentes operando em corredores. Contudo, a concentração da demanda na linha troncal viabiliza a utilização de sistemas com maior capacidade, velocidade e comodidade, compensando com vantagem o inconveniente dos transbordos.



**Figura 8.3** Sistema com linha troncal e linhas alimentadoras.

## 8.2 REDES DE TRANSPORTE PÚBLICO

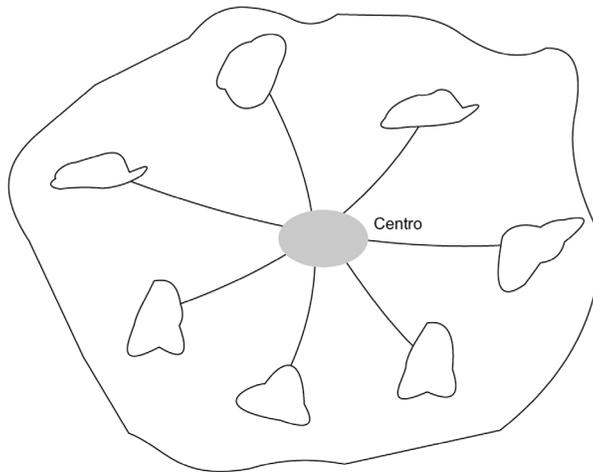
Três são as configurações básicas das redes de transporte público urbano: radial, em grelha (malha ou grade) e radial com linhas tronco alimentadas.

### Rede radial

Na rede radial, cada uma das regiões não centrais é interligada à zona central através de uma ou mais linhas (normalmente uma), como ilustrado na Figura 8.4. A rede radial pura é, portanto, constituída de linhas radiais e diametrais (junção de duas radiais).

Dessa forma, todas as viagens com origem ou destino na zona central são realizadas sem necessidade de transbordo. As viagens entre quaisquer outras zonas requerem transbordo, exceto nos casos em que a mesma linha passa pelas zonas de origem e destino.

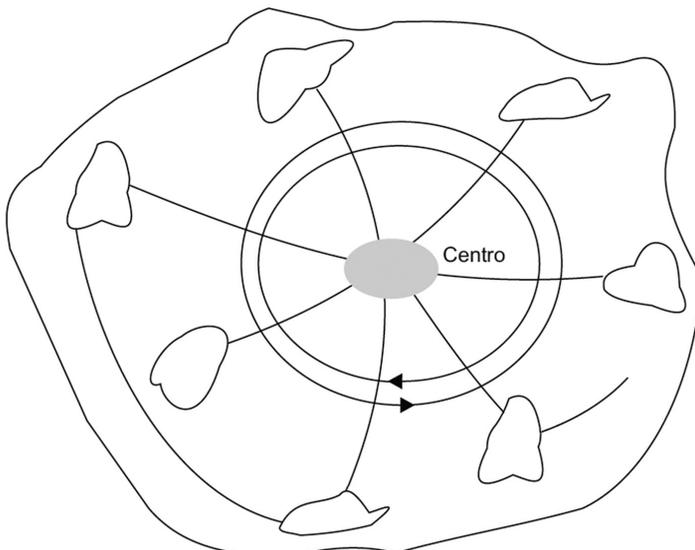
Como na maioria das cidades o principal polo de atração de viagens ainda é a zona central (no passado isso era mais forte, mas foi perdendo força em razão do processo de descentralização das atividades comerciais e de prestação de serviços que ocorreu na maioria das cidades do país), é indicado o emprego da rede com configuração radial, pois a maioria das viagens é direta sem necessidade de transbordo. Também induz à rede radial o fato de que o sistema viário principal da maioria das cidades tem uma configuração radial (pois as cidades cresceram a partir do centro histórico) e ao longo das vias radiais principais se concentram muitas atividades comerciais e de prestação de serviços.



**Figura 8.4** Rede do tipo radial.

Uma estratégia que também contribui bastante para reduzir a necessidade de transbordo na rede do tipo radial é o emprego de linhas diametrais, em princípio obtidas com a junção de duas linhas radiais.

Nas cidades maiores, onde já existe maior descentralização de atividades, para diminuir a necessidade de transbordos nas viagens entre bairros, além das linhas radiais e diametrais são incluídas linhas circulares em torno da região central e linhas tangenciais e locais ligando regiões sem passar pelo centro, como ilustrado na Figura 8.5.

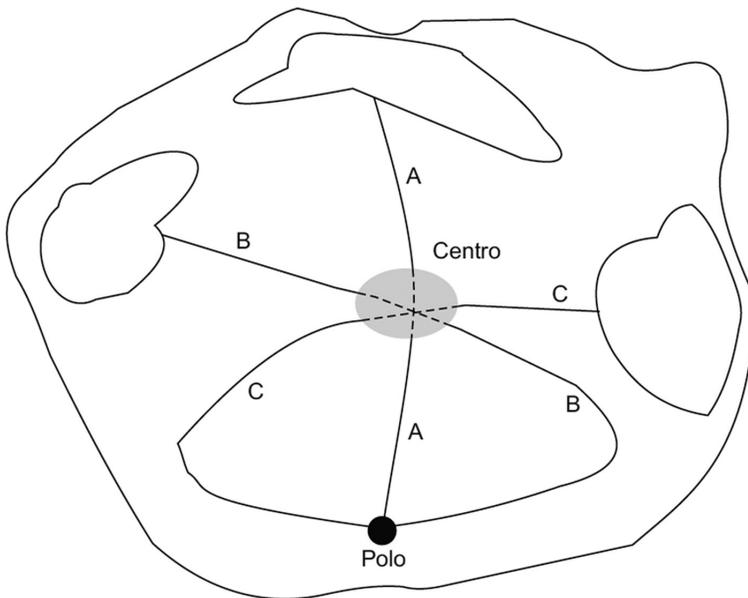


**Figura 8.5** Rede radial com a inclusão de linhas circulares, tangenciais e locais.

As linhas circulares são, em geral, do tipo binário: duas linhas girando em sentidos opostos, para reduzir a distância e o tempo das viagens. Se a cidade é muito grande, podem ser implantados pares de linhas circulares a diferentes distâncias da área central.

Além do benefício de aumentar o número de viagens diretas (sem transferência), as linhas circulares, tangenciais e locais permitem reduzir a concentração de ônibus e passageiros na região central congestionada. Contribui também para diminuir o fluxo de passageiros e ônibus nessa região a possibilidade de realização de transbordos fora dela, entre os veículos das linhas radiais e diametrais com os veículos das linhas circulares, tangenciais e locais.

Uma concepção de rede radial com viagens diretas para o atendimento de um polo de atração de viagens importante (shopping center, campus universitário etc.) localizado fora da zona central, é mostrada na Figura 8.6.



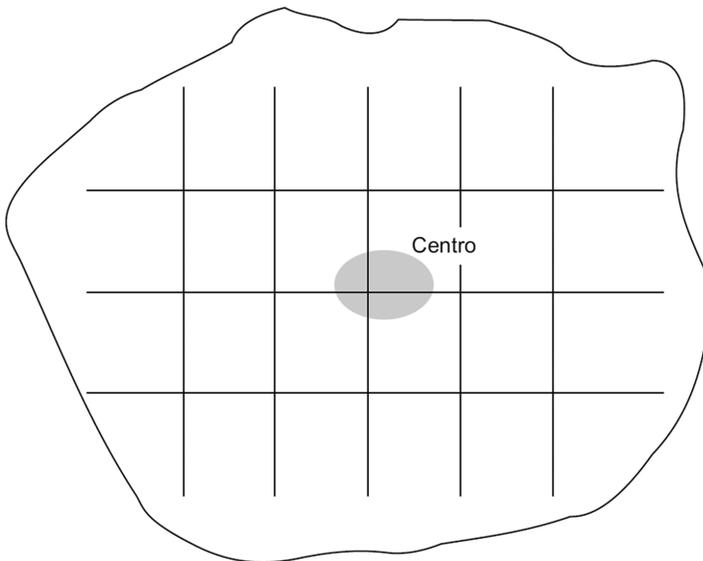
**Figura 8.6** Configuração de rede radial para atender com viagens diretas a um polo de atração importante localizado fora da zona central.

### Rede em grelha, grade ou malha

A rede em grelha consiste em dois conjuntos de rotas paralelas, aproximadamente perpendiculares entre si, conforme ilustrado na Figura 8.7.

Esse tipo de rede é indicado para as cidades onde não é tão forte a concentração de negócios na zona central, estando as atividades comerciais e de prestação de serviços dispersas no meio urbano, pois nesse tipo de rede é

possível ir de um local a qualquer outro realizando um único transbordo sem necessidade de passar pela área central.

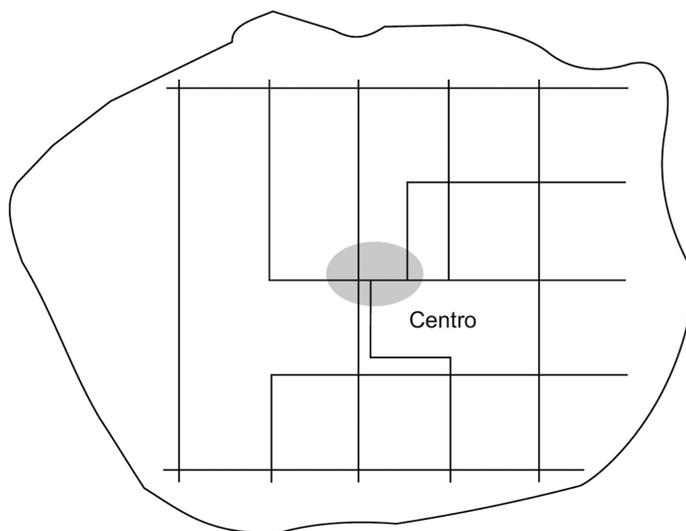


**Figura 8.7** Rede em grelha, grade ou malha.

Na rede em malha, muitas viagens são realizadas através de duas linhas, com transbordo intermediário na interseção das mesmas. Como é impossível uma operação sincronizada no tempo, quase sempre ocorrem esperas nas operações de transferência.

A rede do tipo grelha somente é viável em cidades bastante densas, com alta dispersão de atividades comerciais e de prestação de serviços e com altos índices de utilização do transporte público, para que todas as linhas possam ter frequências aceitáveis. Na maioria das cidades, somente as rotas que passam pela área central justificam intervalos pequenos entre atendimentos, com as outras rotas, nesse caso, funcionando mais como linhas alimentadoras.

Na prática, por força de descontinuidades da malha viária e necessidade de atendimento das maiores demandas com viagens diretas, a estrutura teórica da rede em grelha é significativamente modificada, conforme ilustrado na Figura 8.8, com a inclusão de linhas ligando algumas regiões diretamente com a área central.



**Figura 8.8** Rede em grade com forma mais próxima da real.

Algumas cidades que utilizam redes grosso modo do tipo grade são: Toronto, no Canadá, e Chicago e Milwaukee, nos Estados Unidos.

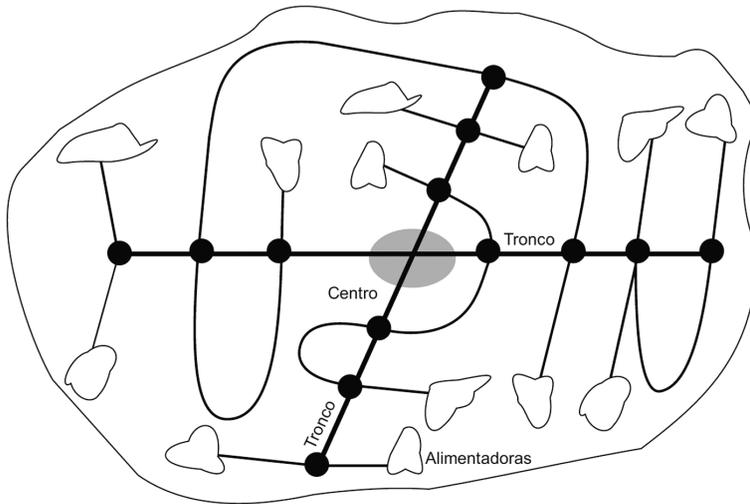
### Rede radial com linhas tronco e alimentadoras

São redes constituídas de linhas tronco ao longo dos corredores de maior demanda, operadas com modos de transporte de maior capacidade e velocidade (metrô, VLT, BRT, ônibus articulado ou biarticulado em canaletas etc.), e que são conectadas em várias estações (terminais) localizadas ao longo do percurso com linhas alimentadoras operadas por ônibus comum ou micro-ônibus.

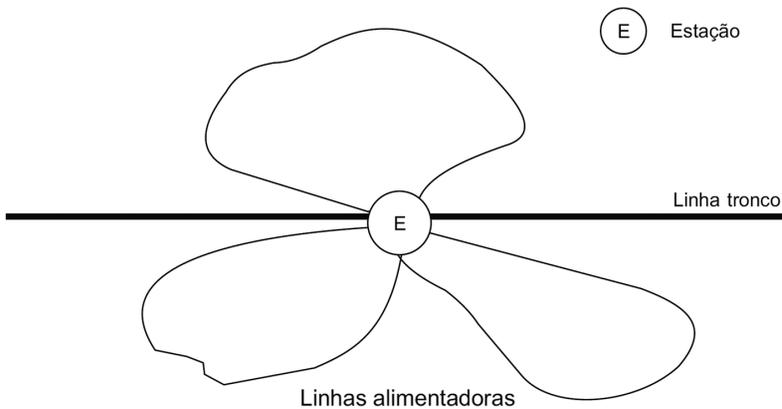
Nesse tipo de rede, conforme ilustrado na Figura 8.9, mesmo as viagens com origem ou destino na área central são em grande parte realizadas com a necessidade de transbordo (transferência forçada).

Exemplos de cidades que utilizam sistemas tronco-alimentados: Bogotá, na Colômbia, Quito, no Equador, León, no México, Atlanta, nos Estados Unidos, e São Paulo, Curitiba e Goiânia, no Brasil.

Uma estratégia recomendada no caso das redes tronco-alimentadas é fazer a conexão de diversas linhas alimentadoras com a linha tronco na mesma estação (terminal), para também propiciar a integração física e tarifária entre elas – e, com isso, facilitar a mobilidade na região de abrangência dessas linhas. A Figura 8.10 ilustra a situação.



**Figura 8.9** Rede com linhas tronco-alimentadas.



**Figura 8.10** Integração tronco-alimentadoras e alimentadoras-alimentadoras.

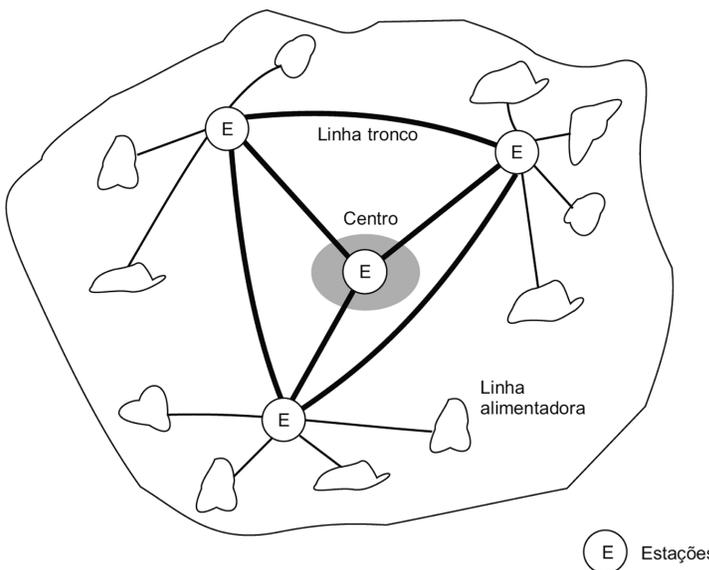
A operação das redes tronco-alimentadas pode ser aperfeiçoada com o emprego das estratégias comentadas a seguir.

A operação das linhas alimentadoras em uma mesma estação (terminal) pode ser realizada com integração sincronizada no tempo. Normalmente, são fixados os horários de partida dos coletivos nas linhas com os mesmos programados para chegar entre 5 e 10 minutos antes de modo a permitir a troca “imediate” de veículos/linhas por parte dos usuários que vão fazer a integração. Os tempos entre integrações sincronizadas típicos são de 15 minutos nos picos, 30 minutos nos períodos normais e 60 minutos nos períodos de pouco movimento.

Embora o planejamento físico e operacional de redes com integrações sincronizadas no tempo seja relativamente complexo e o sistema exija investimentos na construção das estações (terminais) de transbordo, muitas cidades da América do Norte, onde é grande a descentralização de atividades, passaram a utilizar esse tipo de rede pela grande facilidade de movimentação entre duas zonas quaisquer da cidade. Exemplos de cidades que utilizam rede com integrações sincronizadas no tempo: Edmonton, no Canadá, e Portland, Denver e Sacramento, nos Estados Unidos.

Também viável, em alguns casos, é a operação com linhas troncais expressas ou semiexpressas para reduzir os tempos de viagem dos usuários que se deslocam por distâncias maiores, bem como para diminuir a frota necessária. Essa estratégia somente é viável se houver possibilidade de ultrapassar os coletivos que estão parados nas estações. Para reduzir a frota necessária, também se pode operar com retorno vazio dos veículos no sentido de menor movimento.

Muitas cidades grandes são polinucleadas, ou seja, apresentam subcentros de comércio e serviços fortes fora da região central. Nesse caso, pode ser viável a utilização de linhas troncais ligando diretamente as estações/terminais principais desses subcentros, conforme ilustrado na Figura 8.11. Essa solução atua no sentido de reduzir o número de transbordos dos usuários e o tempo de viagem.



**Figura 8.11** Operação com linhas troncais ligando o centro aos subcentros e os subcentros entre si.

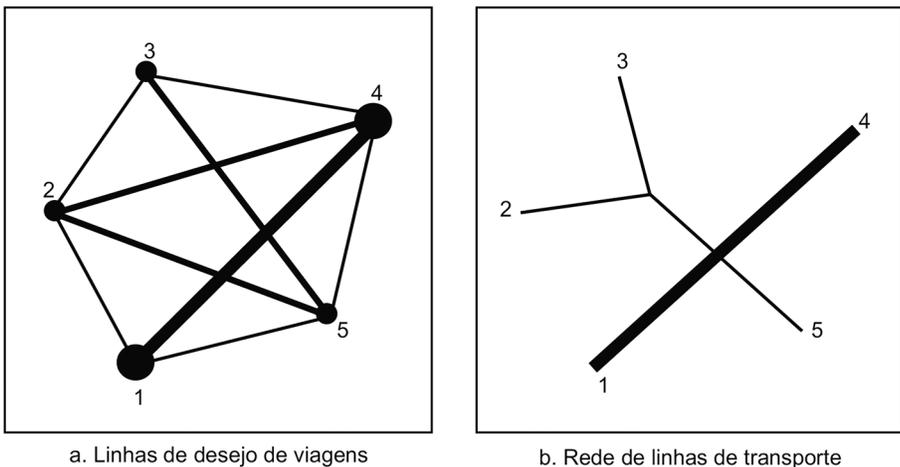
## Redes de transporte público nas grandes cidades

Nas cidades de grande porte, a rede de transporte coletivo é complexa, sendo constituída de linhas troncais, alimentadoras, radiais, diametraais, circulares, tangenciais, locais, expressas, semiexpressas, seletivas etc., operadas por diferentes modos de transporte: metrô, trem urbano, VLT, BRT, ônibus grandes em corredores, ônibus comuns, micro-ônibus etc.

### 8.3 PROJETO DAS REDES

O projeto das redes de transporte público coletivo urbano (distribuição espacial das linhas) é feito, em grande parte, com base na matriz Origem-Destino (O-D) dos desejos de viagem; mais especificamente utilizando a representação gráfica dos resultados da matriz O-D, em que os centroides (centros de gravidade) das diversas zonas da cidade são ligados por linhas, com a largura das linhas sendo proporcional à demanda, como ilustrado na Figura 8.12a.

Esse tipo de diagrama é extremamente útil, uma vez que facilita a visualização dos dois mais importantes objetivos no planejamento da rede: a minimização das distâncias das viagens e a minimização no número de transbordos. Na Figura 8.12b é apresentada uma possível rede de linhas de transporte coletivo definida com base no diagrama de desejos de viagens mostrado na Figura 8.12a.



**Figura 8.12** Exemplo ilustrativo de diagrama de desejos de viagem e possível rede de linhas para o atendimento.

## 8.4 PROJETO DAS LINHAS

### Definição do traçado

Uma linha de transporte público urbano tem de passar pelos principais polos de atração de viagens da região a que deve atender, bem como proporcionar uma cobertura satisfatória das áreas habitadas, garantindo, assim, boa acessibilidade ao sistema de transporte público. Shopping centers, estações rodoviárias, estações ferroviárias, distritos industriais, universidades, centros esportivos etc., localizados na região de atendimento da linha, são pontos de passagem quase sempre obrigatórios. O traçado da linha deve, também, permitir que todos os habitantes da região consigam usar o sistema com percursos a pé dentro de limites aceitáveis.

Por outro lado, as rotas de transporte público devem ser, tanto quanto possível, diretas e claras. Itinerários sinuosos e tortuosos devem ser evitados, pois aumentam as distâncias percorridas e exigem a redução da velocidade nas conversões, aumentando os tempos de viagem. Os traçados diretos conduzem, quase sempre, a uma operação global mais eficiente e de melhor qualidade, bem como são mais fáceis de serem compreendidos e utilizados pelos usuários.

Desvios no itinerário de uma linha aumentam a distância da viagem, levando ao que se denomina de percurso negativo, prejudicando a eficiência do sistema. Com o aumento da distância percorrida, também aumenta o tempo de viagem com comprometimento da qualidade do serviço.

Os pontos de parada onde são controlados os horários e onde ocorre um pequeno descanso dos operadores são denominados de “pontos terminais de linha” e se localizam quase sempre nos extremos da linha. Devem ser escolhidos de modo a não incomodar os moradores próximos, pois muitas vezes os motores dos coletivos permanecem funcionando, e ter disponíveis sanitários e água potável para uso dos operadores (bares e armazéns são os locais indicados). Algumas cidades implantam pequenas estações terminais nesses locais, com cobertura, banheiros, bancos para sentar etc. Muitas cidades utilizam como ponto terminal de todas as linhas a Estação/Terminal Central.

Na tentativa de reduzir as distâncias de caminhada dos usuários, muitas vezes se utilizam trajetos em forma de circuito fechado (anel) nas regiões de atendimento localizadas nos extremos da linha. Isso prejudica bastante a mobilidade interna por transporte público nessas regiões, pois não é proporcionada a possibilidade de deslocamento nos dois sentidos (ida e volta). Sob esse aspecto, ainda que haja alguma perda de eficiência, é mais indicado

utilizar trajetos em forma de circuito aberto, nos quais os itinerários de ida e volta são próximos ou coincidentes.

Outro problema dos trajetos em circuito fechado é que as paradas, tanto no ponto terminal quanto no bairro, para acerto de horários e pequeno descanso dos operadores, são feitas com passageiros dentro dos coletivos, o que aumenta o tempo de viagem deles e causa irritação em alguns usuários.

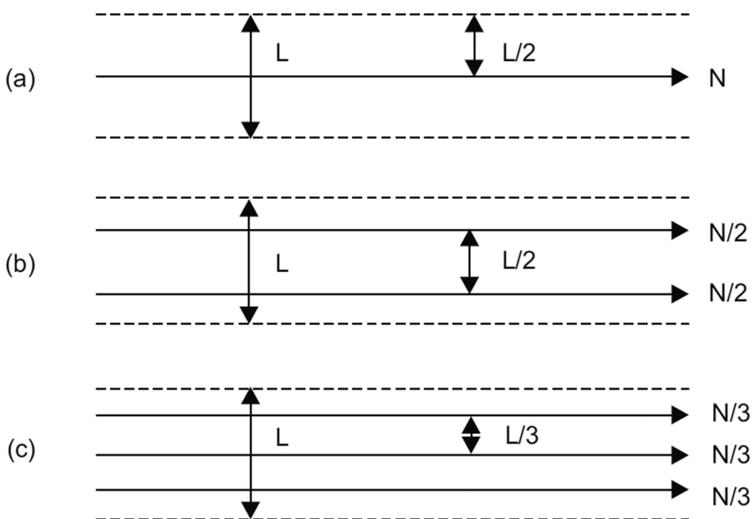
Um fato extremamente negativo na definição do traçado das linhas é a superposição das áreas de influência. A existência de superposição das áreas de influência de duas ou mais linhas pode, eventualmente, beneficiar alguns usuários, mas, no geral, prejudica a eficiência e a qualidade global do serviço.

A seguir são discutidos alguns aspectos específicos relevantes na definição do traçado das linhas de transporte público urbano.

### Espaçamento das linhas

O espaçamento entre rotas paralelas de transporte público está ligado a três fatores: a demanda, a frequência e a distância de caminhada. Essa relação pode ser estabelecida, teoricamente, imaginando o atendimento de uma área com largura  $L$  e com uma demanda de  $N$  veículos por hora na seção crítica, conforme mostrado na Figura 8.13.

A Tabela 8.1 mostra os valores da distância entre linhas, da frequência e da distância de caminhada (máxima e média), para cada um dos três tipos de atendimento mostrados na Figura 8.13.



**Figura 8.13** Relação entre espaçamento, frequência e distância de caminhada.

**Tabela 8.1** Relação entre espaçamento, frequência e distância de caminhada.

Parâmetro	Configuração		
	a	b	c
Número de linhas	1	2	3
Distância entre linhas	L	L/2	L/3
Frequência de atendimento	N	N/2	N/3
Valor máximo da distância de caminhada	L/2	L/4	L/6
Valor médio da distância de caminhada	L/4	L/8	L/12

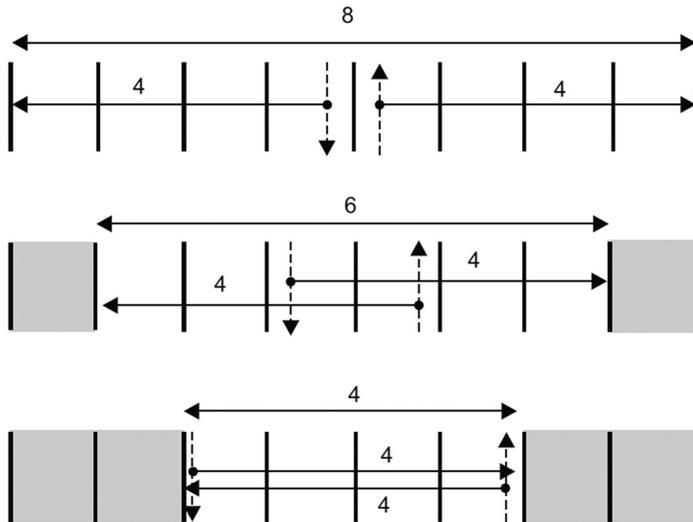
Em geral, é preferível ter menor número de linhas com maior frequência do que um grande número de linhas com baixa frequência, desde que respeitado o limite máximo de caminhada dos usuários. Uma rede compacta é mais simples de compreender e usar, bem como mais econômica de operar, fiscalizar e implantar abrigos e outros equipamentos, pois o número de pontos de parada é menor.

### Distância entre os itinerários de ida e de volta

A distância entre os itinerários de ida e de volta das linhas no acesso à região de atendimento influi no tamanho da área de atendimento no trecho de acesso. Esse aspecto pode ser visualizado na Figura 8.14, na qual estão representadas três configurações: (a) os itinerários de ida e de volta na mesma via, (b) os itinerários separados de duas quadras e (c) os itinerários separados de quatro quadras.

Admitindo que a distância máxima de caminhada seja de quatro quadras, as larguras das áreas atendidas em cada uma das três situações mencionadas são: (a) oito quadras, (b) seis quadras e (c) quatro quadras.

Como é preferível ter o menor número possível de linhas, os itinerários de ida e de volta no trecho de acesso devem estar o mais próximo possível um do outro (o ideal é na mesma via). Esse procedimento, aliás, também beneficia a compreensão da rede e a operação do sistema.



**Figura 8.14** Relação entre o espaçamento de ida e de volta e a área coberta pela linha no trecho de acesso ao bairro.

### Retidão dos itinerários

No que concerne à eficiência e à qualidade, as rotas de transporte público devem ser, tanto quanto possível, sem sinuosidades e tortuosidades. Desvios de rotas são, contudo, muitas vezes necessários, em razão da existência de barreiras naturais ou artificiais, da geometria da malha viária, da passagem obrigatória pelos principais polos de atração de demanda e da restrição de um limite máximo para a distância de caminhada dos usuários.

Os desvios de rota devem estar restritos a alguns casos especiais, uma vez que comprometem a eficiência e a qualidade do serviço, aumentando em demasia o percurso e o tempo de viagem.

Quando a densidade de ocupação do solo e o fator de geração de viagens por transporte coletivo são grandes, é possível ter diversas rotas diretas com frequências satisfatórias, pois fica viável atender com linhas independentes a um maior número de zonas. Se, ao contrário, o modo transporte coletivo tem menor utilização, é necessário reduzir a quantidade de zonas individuais de atendimento para que, com o aumento do tamanho de cada uma delas, se possa operar com frequências satisfatórias. Para o número de linhas resultar menor é indicado utilizar traçados em forma de alça (aberta ou fechada) na extremidade a fim de aumentar a área de cobertura. Como visto, ainda que com alguma perda de eficiência, do ponto de vista da qualidade e acessibilidade na região é mais indicado utilizar traçados em forma de circuito aberto, em que os itinerários de ida e volta são próximos ou coincidentes.

Derivações no meio do trajeto que levam a percursos negativos não são, em geral, aceitáveis, pois prejudicam a eficiência e a qualidade do serviço. Outras formas de atendimento devem ser empregadas nesses casos: criação de uma nova linha ligando a zona intermediária à área central ou uma linha alimentadora ligando a zona intermediária à linha principal.

A Figura 8.15 ilustra todos os casos aqui comentados.

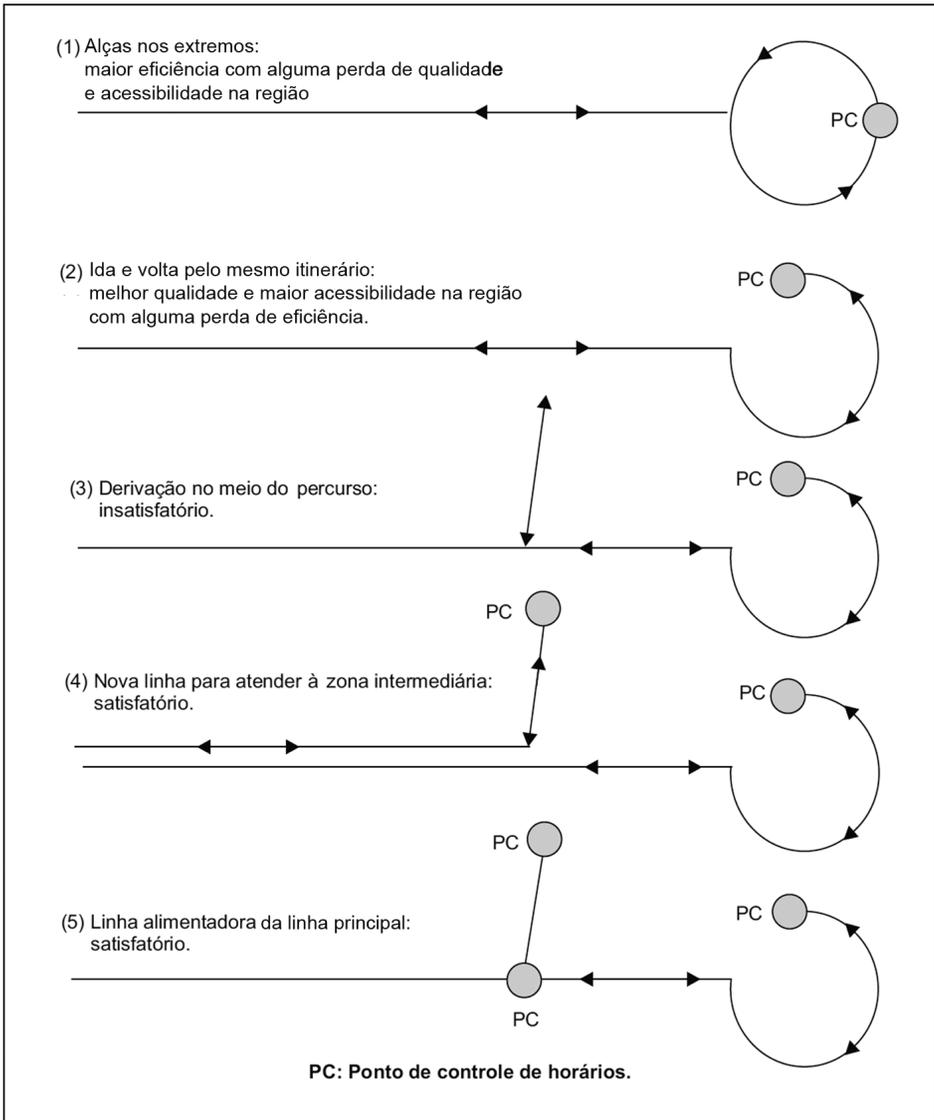
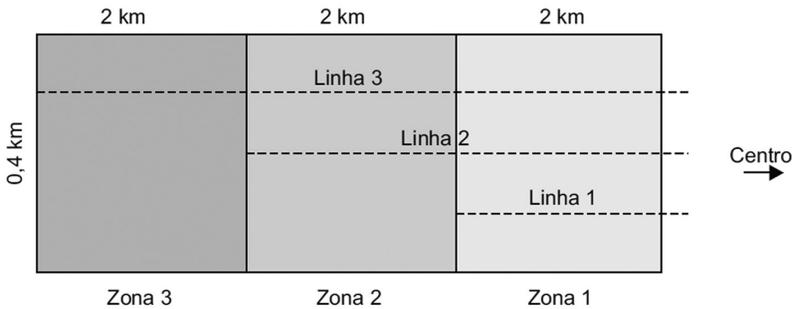


Figura 8.15 Comparação de trajetos.

## Extensão das linhas

Do ponto de vista da eficiência operacional, as linhas de transporte público urbano devem ter as suas extensões definidas em função das características do atendimento, conforme ilustrado na Figura 8.16.



**Figura 8.16** Traçados satisfatórios e insatisfatórios.

Admita que a operação seja feita com veículos com capacidade para 80 passageiros e frequência mínima aceitável de 2 viagens por hora (30 minutos entre atendimentos). Supondo que a região a ser atendida gere 200 passageiros por hora por  $\text{km}^2$ , cada linha deve cobrir zonas com área mínima igual a  $(80 \times 2)/200 = 0,8 \text{ km}^2$ . Admitindo-se que as zonas tenham largura de 0,4 km, o comprimento mínimo a ser coberto por cada linha é, portanto, de 2 km.

Considere que a região a ser atendida tem largura de 0,4 km e comprimento de 6 km, conforme mostrado na Figura 8.16. O atendimento pode, a princípio, ser feito com uma única linha com frequência de 6 viagens por hora (10 minutos entre veículos). Nesse caso, o percurso horário total (ida e volta) dos veículos na região é de 72 km.

Em outro extremo, como mostrado na Figura 8.16, o atendimento pode ser feito com 3 linhas independentes, cada uma delas atendendo a zonas individuais com comprimento de 2 km e uma frequência de 2 viagens por hora (30 minutos entre veículos). Nessa outra situação, o percurso horário total (ida e volta) é igual a 48 km. Conclui-se, portanto, que o atendimento com uma única linha leva a um acréscimo de 50% no percurso total em relação à solução de 3 linhas (72 km no primeiro caso contra 48 km no segundo).

Em vista disso, é possível inferir que, do ponto de vista da eficiência operacional, é indicado que as extensões das linhas sejam determinadas de modo que as áreas das zonas individuais de atendimento gerem demandas suficientes apenas para operação com a frequência mínima estabelecida. Mais: a linha deve ter forma retilínea e a largura máxima da zona de atendimento deve ser igual ao dobro da distância máxima de caminhada dos usuários.

Nessas condições obtém-se a eficiência operacional máxima para um nível de qualidade prefixado (intervalo entre atendimentos e distância máxima de caminhada nos limites dos seus valores).

Cabe salientar, contudo, que atendimentos desagregados de regiões próximas (como no caso das 3 linhas independentes mostradas na Figura 8.16) podem trazer alguns problemas operacionais, na medida em que os usuários que têm como destino as zonas mais próximas do centro da cidade podem utilizar os coletivos que as cruzam para atender às áreas mais distantes. Esse problema, que é mais crítico no pico da tarde, quando o fluxo maior é no sentido centro-bairro, pode ser contornado com uma programação operacional adequada: os veículos que atendem às regiões mais distantes devem passar pela área central logo após aqueles que atendem às regiões mais próximas.

Outros fatores que também influem na definição da extensão de uma linha de transporte público urbano são: necessidade de operação sincronizada, que pode justificar pequenos acréscimos ou encurtamentos de itinerários, e a localização do ponto terminal onde os coletivos param para controlar horários e propiciar descanso aos operadores.

## **Outros aspectos relevantes no projeto das linhas**

Como a velocidade dos coletivos é comumente baixa na área central das cidades, é sempre desejável reduzir o trajeto dos veículos de transporte público nas vias e interseções congestionadas. Sob esse aspecto, as linhas diametrais, nas quais uma única passagem pela área central permite realizar simultaneamente as operações de embarque e desembarque, são mais indicadas que as linhas radiais. Também importante é ter em conta que as linhas diametrais permitem que um maior número de usuários realize as suas viagens sem necessidade de transbordo.

Dessa forma, a diametralização das linhas é sempre desejável, mas para isso é necessário que se tenham demandas próximas nos ramos opostos. Operar linhas diametrais com volumes de passageiros diferentes nos ramos opostos implica, para maior eficiência, o emprego de uma linha artificial radial no ramo mais carregado tornando a operação mais complicada.

No caso das linhas radiais, normalmente o mais indicado é fazê-las atravessar a região central, utilizando como ponto terminal para controle dos horários e descanso dos operadores um local afastado da área congestionada. Quando existe Estação/Terminal Central, o controle dos horários é feito aí.

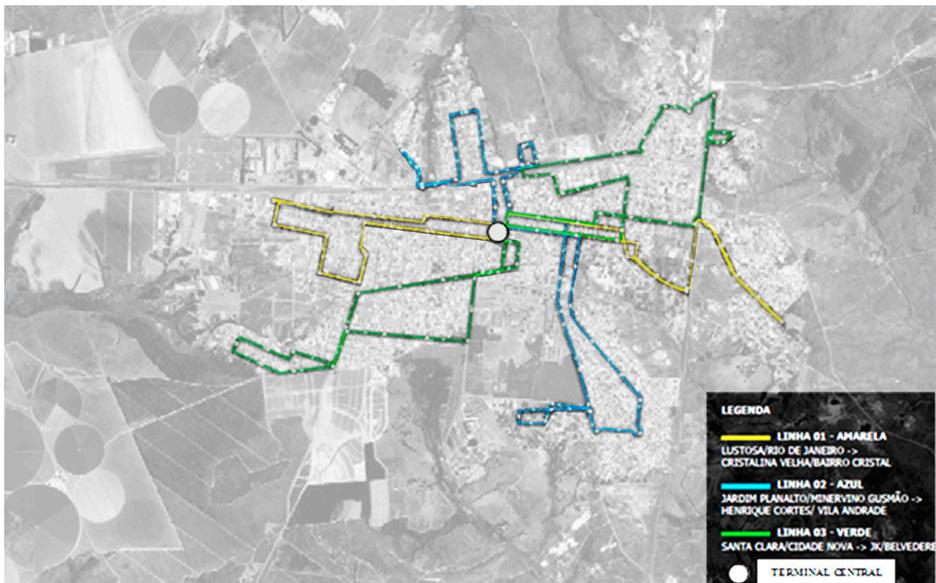
Nas cidades maiores, onde a região central é muito extensa, pode ser indicada a utilização de linhas circulares percorrendo a mesma para melhorar a acessibilidade, reduzindo as distâncias de caminhada dos usuários.

## 8.5 REDES DE TRANSPORTE COLETIVO EM ALGUMAS CIDADES

O tipo de rede e o traçado das linhas de transporte público coletivo urbano dependem de um conjunto de fatores: tamanho da cidade, grau de utilização do transporte coletivo, forma de ocupação e uso do solo (localização das regiões habitadas e dos principais polos de atração de viagens), configuração da rede viária etc.

A seguir são colocadas as principais características do sistema de transporte coletivo e da rede de linhas para algumas cidades do Brasil com diferentes tamanhos.

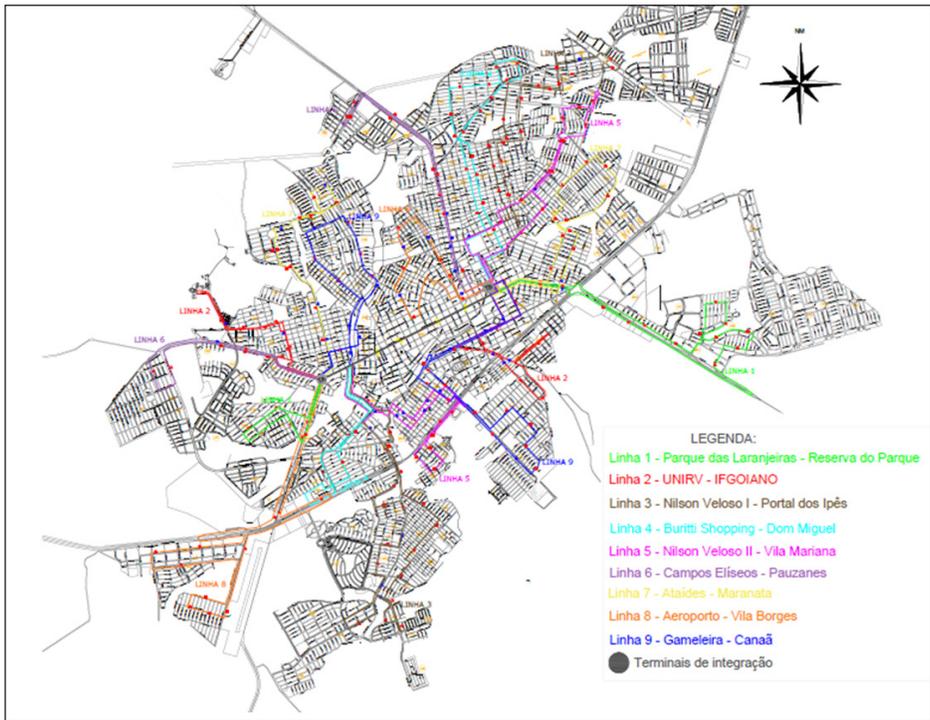
- ♦ Cristalina, GO (62 mil habitantes) – Rede constituída de linhas diametra-  
is; região central atraindo cerca de 80% das viagens; concentração  
de comércio e serviços na área central e nas vias principais (corredores  
de tráfego); bilhetagem: sistema simples com a deposição do bilhete  
ou dinheiro em cofre colocado junto à entrada, situada na parte da  
frente, e fiscalizado pelo motorista; terminal central aberto para integra-  
ção física e tarifária (esta ocorre apenas no terminal central mediante a  
deposição do bilhete integração fornecido pelo motorista do primeiro  
ônibus utilizado); controle dos horários no terminal central com grupos  
de três ligações realizando integração sincronizada no tempo; frota em  
bom estado; tarifa com subsídio público. Na Figura 8.17 são mostradas  
a rede de linhas e a localização do terminal central.



**Figura 8.17** Rede de linhas e localização do terminal central em Cristalina. *Fonte:* FIPAI (2022).

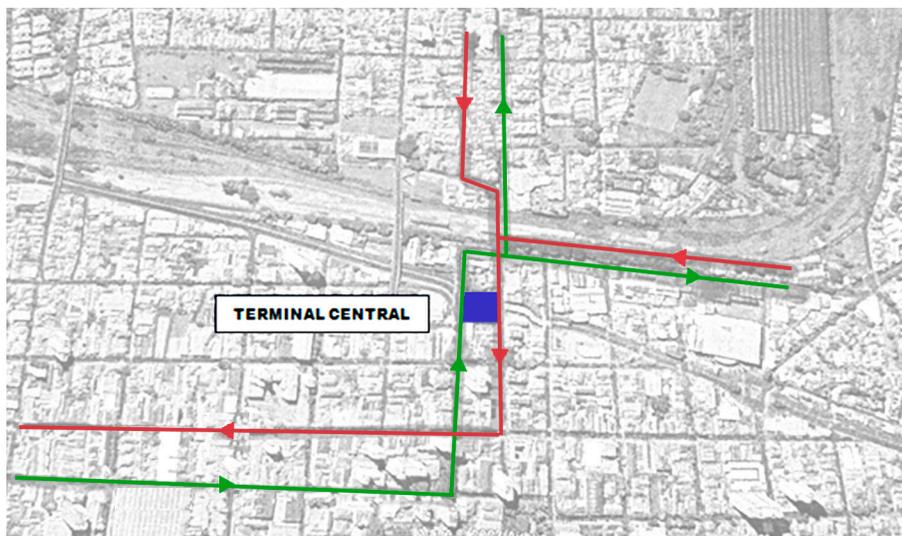


calização dos dois terminais situados em pontos extremos do corredor de ônibus que fica na região central.



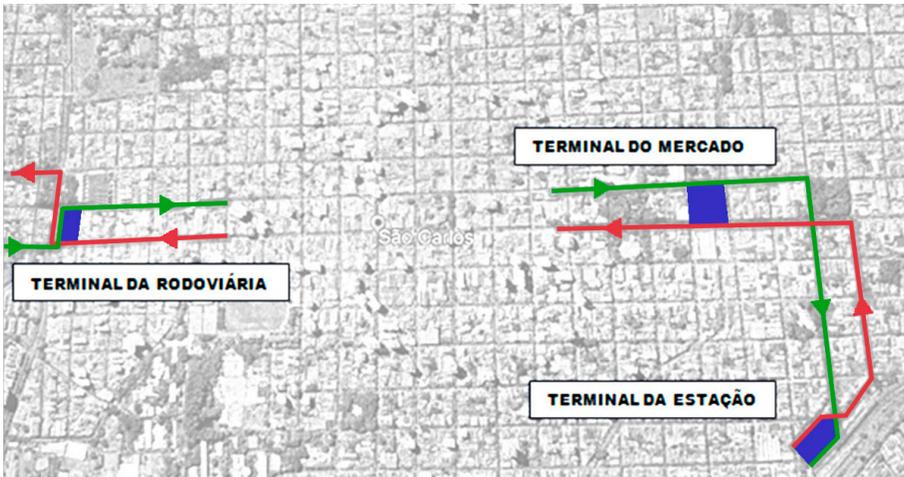
**Figura 8.19** Rede de linhas e localização dos dois terminais em Rio Verde. *Fonte:* FIPAI (2021).

- ♦ Araraquara, SP (242 mil habitantes) – Rede constituída, na maioria, de linhas diamétrais e algumas poucas radiais; região central atraindo cerca de 40% das viagens (há 30 anos atraía próximo de 70%); concentração de comércio e serviços na área central, nos dois shopping centers (um situado na área central) e nas vias principais (corredores de tráfego); bilhetagem automática com integração tarifária em qualquer local; terminal central fechado para integração física e tarifária com transbordo livre; a maior parte dos transbordos ocorre no terminal central; controle dos horários em pontos de parada situados nos bairros; disponibilização de aplicativo para celular informando os horários em todos os pontos de parada; frota em bom estado; tarifa sem subsídio público. Na Figura 8.20 são mostrados a localização do terminal central e o percurso das linhas nas proximidades do mesmo.



**Figura 8.20** Localização e percurso das linhas nas proximidades do terminal central em Araraquara. *Fonte:* Autores.

- ♦ São Carlos, SP (255 mil habitantes) – Rede constituída de linhas diametrais e radiais; região central atraindo cerca de 40% das viagens (há 30 anos atraía próximo de 70%); concentração de comércio e serviços na área central, no shopping center e nas vias principais (corredores de tráfego); bilhetagem automática com integração tarifária em qualquer local; três terminais de integração física (na região central, ao lado do mercado; em um extremo da região central junto à estação ferroviária; e no outro extremo junto à estação rodoviária); faixa exclusiva à direita em corredor de ônibus na principal via da região central em um dos sentidos das linhas; controle dos horários em pontos situados nos bairros; disponibilização de aplicativo para celular informando os horários em todos os pontos de parada; frota em bom estado; tarifa com subsídio público. Na Figura 8.21 são mostrados as localizações dos três terminais e o percurso das linhas nas proximidades dos mesmos.



**Figura 8.21** Localização e percurso das linhas nas proximidades dos três terminais de São Carlos. *Fonte:* Autores.

- ◆ São José do Rio Preto, SP (480 mil habitantes) – Rede constituída de linhas radiais e uma linha tangencial que opera nos horários de pico; região central atraindo cerca de 20% das viagens (há 30 anos atráia próximo de 65%); concentração de comércio e serviços na área central, nos três shopping centers e nas vias principais (corredores de tráfego); bilhetagem automática com integração tarifária em qualquer local; terminal central fechado com transbordo livre e outros cinco terminais abertos em bairros; 56% das viagens com transbordo (98% realizado no terminal central e apenas 2% em outros locais); faixa exclusiva para os ônibus à direita nos corredores da região central e em outros corredores importantes; controle dos horários no terminal central; disponibilização de aplicativo para celular informando os horários em todos os pontos de parada; frota em bom estado de conservação; tarifa com subsídio público; resultados de pesquisa recente de opinião dos usuários: ótimo e bom = 62%, regular = 34%, e ruim e péssimo = 4% (resultados excelentes, de maneira geral bem superiores aos verificados em outras grandes cidades do país). Observação: o cumprimento rigoroso dos horários, o reduzido intervalo entre atendimentos nos períodos de pico, a lotação limitada/controlada dos coletivos e a tradição/cultura existente na cidade da necessidade de realização de transbordo fazem essa operação ser bem aceita pelos usuários. Na Figura 8.22 são mostradas a rede de linhas representada de forma estilizada e a localização do terminal central.

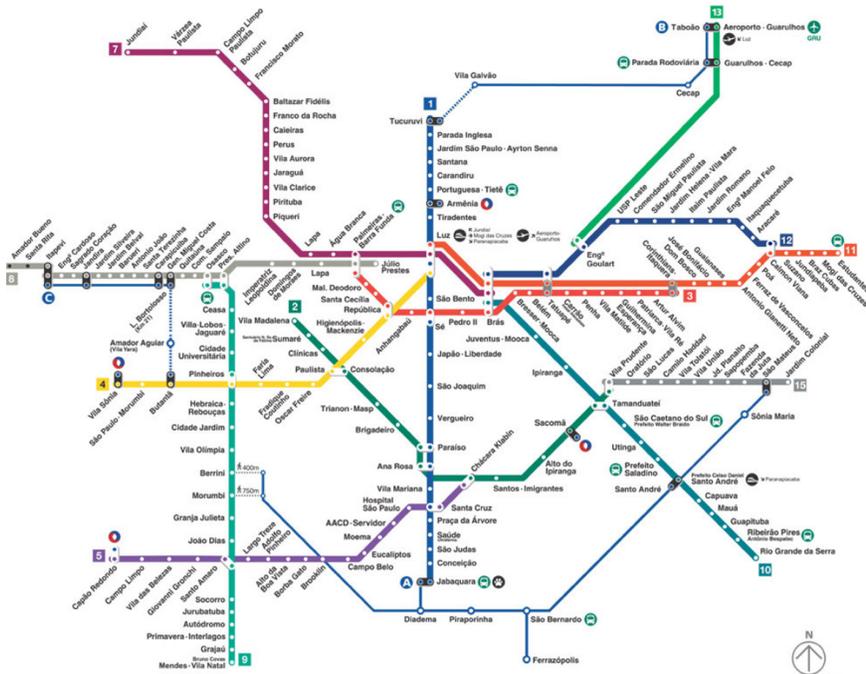


**Figura 8.22** Rede de linhas representada de forma estilizada e posição do terminal central em São José do Rio Preto. *Fonte:* FIPAI (2021).

- ◆ Ribeirão Preto, SP (698 mil habitantes) – Rede constituída na maioria de linhas radiais, algumas poucas diametraís e circulares; região central atraindo cerca de 30% das viagens (há 30 anos atraía próximo de 60%); concentração de comércio e serviços na área central, nos shopping centers e nas vias principais (corredores de tráfego); bilhetagem automática com integração tarifária em qualquer local; sem terminal central; faixa exclusiva para os ônibus à direita nos principais corredores de ônibus; controle dos horários em pontos situados nos bairros; disponibilização de aplicativo para celular informando os horários em todos os pontos de parada; frota em bom estado; tarifa com subsídio público. Na Figura 8.23 são mostrados os corredores de ônibus.



gregadas) à esquerda em muitos corredores de ônibus; faixas exclusivas à direita em inúmeros corredores; controle dos horários em terminais; disponibilização de aplicativo para celular informando os horários em todos os pontos de parada; frota em bom estado de conservação; tarifa com subsídio público. Na Figura 8.24 é mostrada, de forma estilizada, a rede de linhas do sistema metroferroviário.



**Figura 8.24** Representação estilizada da rede de linhas do sistema metroferroviário em São Paulo. *Fonte:* Internet.

## 8.6 QUESTÕES

1. Quais os tipos de linha de transporte público urbano segundo o traçado?
2. E segundo a função?
3. O que é um corredor de transporte público? Quais as principais diferenças entre o sistema de linhas independentes em um corredor e o sistema tronco-alimentado?
4. Quais os principais tipos de rede de transporte público urbano? Explicar sucintamente cada um deles.
5. Quais estratégias podem ser utilizadas para conseguir maior qualidade e eficiência na operação das redes tronco-alimentadas.

6. Quais são as orientações para se definir o traçado de uma linha de transporte público em uma região da cidade?
7. Discutir a questão do espaçamento entre linhas de ônibus.
8. Idem para a questão da distância entre os trajetos de ida e volta no trecho de acesso aos bairros.
9. Idem para a extensão das linhas de ônibus.
10. Comentar sobre o formato das linhas de ônibus nas regiões de atendimento localizadas nos extremos.
11. Discutir a forma de atendimento de uma zona intermediária afastada do itinerário natural da linha principal que atende a uma região mais distante.
12. Comentar sobre o controle dos horários na operação das linhas de ônibus.
13. Quais os principais fatores que influem na definição do tipo de rede e do traçado das linhas de transporte público coletivo urbano? Comentar.



## 9.1 DEMANDA DE PASSAGEIROS

### Generalidades

A demanda de passageiros no transporte público urbano varia ao longo do tempo. O conhecimento dessa variação é necessário para o planejamento adequado da oferta de transporte, de modo a proporcionar um atendimento eficiente (economia de recursos) e de qualidade (satisfação dos usuários). A variação da demanda pode ser computada, conforme o objetivo, em diferentes períodos de tempo: ano, mês, semana, dia, hora, intervalos de 15 minutos etc.

O conhecimento da variação anual da demanda é importante, por exemplo, para prever a demanda futura, visando definir a quantidade necessária de veículos e infraestrutura. As informações a respeito da variação mensal da demanda são necessárias para a fixação de tarifas, a distribuição da receita no caso da existência de câmara de compensação tarifária e o planejamento econômico-financeiro das empresas. O conhecimento da variação semanal e diária da demanda permite determinar a frota total necessária em cada dia da semana e do mês, bem como programar as manutenções nas vias e nos veículos.

Para o planejamento da operação (definição das estratégias operacionais, da frota de veículos e dos horários em cada linha), é necessário conhecer a variação horária da demanda ao longo do dia, em princípio em todos os trechos, para poder identificar em cada período o segmento de maior carregamento: a seção crítica. Para o completo conhecimento da demanda no tempo, também é necessário saber a sua variação dentro das horas de pico em períodos menores (15 minutos é o intervalo comumente utilizado).

O conhecimento detalhado da variação da demanda no espaço e no tempo é fundamental para a definição adequada da oferta, pois, se a oferta é menor do que a demanda, fica comprometida a qualidade do transporte devido ao excesso de lotação dos coletivos; se é maior, fica prejudicada a eficiência em razão da ociosidade na ocupação dos mesmos. Assim, é importante dis-

por de estatísticas frequentes e atualizadas a fim de efetuar uma programação operacional adequada.

As seções críticas (trechos de maior carregamento) das linhas de transporte público se localizam, em geral, nas proximidades dos grandes polos de atração da demanda: região central, shopping centers, centros de educação, centros de lazer etc. Isso ocorre porque a lotação aumenta à medida que os veículos se aproximam desses locais, pois o número de embarques no trajeto é, em geral, maior que o de desembarques, admitindo-se que a maioria das pessoas se dirige ao polo. Conclusão: a lotação máxima ocorre em uma seção próxima da chegada ao polo gerador. No sentido inverso, ocorre o contrário: os veículos partem cheios do polo gerador e a lotação vai diminuindo à medida que se afastam, pois o número de desembarques ao longo do trajeto é, geralmente, maior do que o de embarques. Conclusão: a lotação máxima ocorre próximo à saída do polo.

No caso de um único polo gerador importante ao longo da linha, é pequeno o número de trechos a ser pesquisado para identificar as seções críticas. No entanto, quando a linha passa por dois ou mais polos importantes, é mais difícil identificar as seções críticas, uma vez que suas posições podem, inclusive, variar ao longo do dia.

## Distribuição da demanda ao longo de uma linha

Para definição de alguns conceitos relativos à distribuição da demanda no espaço, considere o caso simples de uma linha linear (trajeto de ida próximo ao de volta) ligando duas regiões da cidade e passando pela região central, onde se encontra a estação 3, conforme mostrado na Figura 9.1. Essa figura também traz a variação da demanda ao longo da linha nas viagens realizadas nos períodos de pico dos dias úteis: início da manhã e final da tarde.

Observe que as seções críticas estão localizadas na entrada ou na saída da zona central (estação 3); no caso, o grande polo gerador/atuador de demanda.

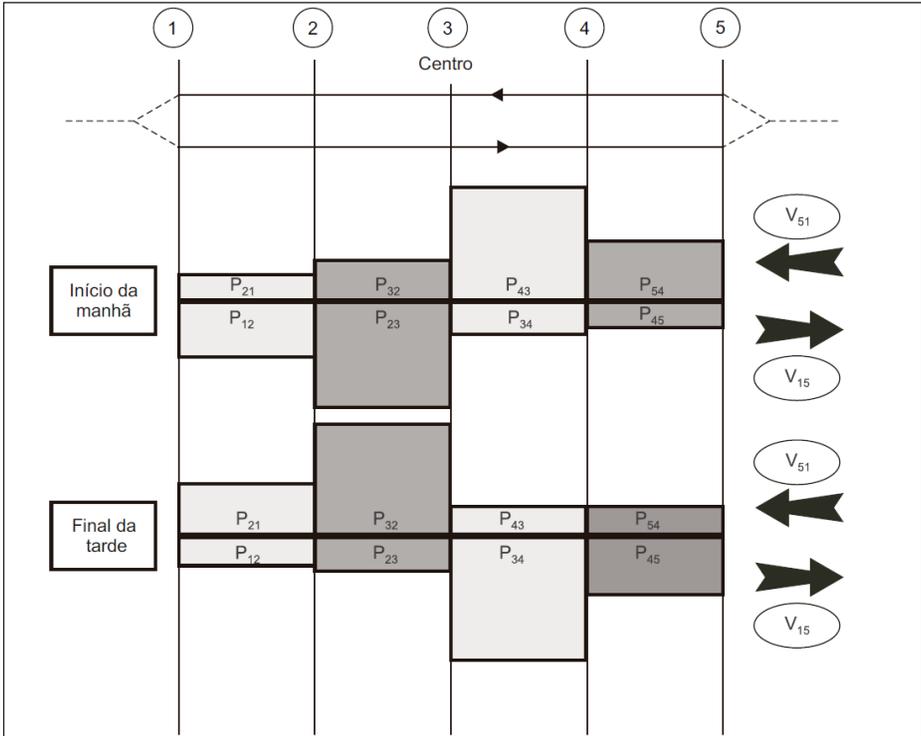
Os parâmetros mais importantes que caracterizam a demanda ao longo da linha são os seguintes:

V = volume total de passageiros transportados na viagem (pass.);

P = volume de passageiros na seção crítica da viagem (pass.); e

R = índice ou fator de renovação, calculado pela relação entre o volume total transportado e o volume na seção crítica (número puro).

$$R = \frac{V}{P}$$



**Figura 9.1** Variação espacial do carregamento da linha em períodos de pico dos dias úteis.

Os valores de  $V$ ,  $P$  e  $R$  podem ser referidos a cada sentido da viagem ou a viagem completa (ida e volta). Assim, no caso da Figura 9.1, os valores de  $R$  são os seguintes:

$$\text{Manhã: } R_{15} = \frac{V_{15}}{P_{23}}, \quad R_{51} = \frac{V_{51}}{P_{43}}, \quad R = \frac{V_{15} + V_{51}}{P_{32}} \text{ (para } P_{32} > P_{34} \text{)}$$

$$\text{Tarde: } R_{15} = \frac{V_{15}}{P_{34}}, \quad R_{51} = \frac{V_{51}}{P_{32}}, \quad R = \frac{V_{15} + V_{51}}{P_{32}} \text{ (para } P_{32} > P_{34} \text{)}$$

Como o volume na seção crítica nunca pode ser maior que o volume total transportado na viagem, o fator de renovação é sempre maior ou igual à unidade ( $R \geq 1$ ). Quanto mais próximo da unidade for o valor de  $R$ , menor será a renovação (rotatividade) de passageiros na linha, ou seja, as viagens têm praticamente o mesmo destino ou a mesma origem. Isso sugere a existência de apenas um polo significativo de atração da demanda na faixa de influência na linha. Ao contrário, valores superiores de  $R$  indicam maior renovação de passageiros durante as viagens, o que sinaliza a existência de mais de um polo de atração importante na faixa de influência da linha.

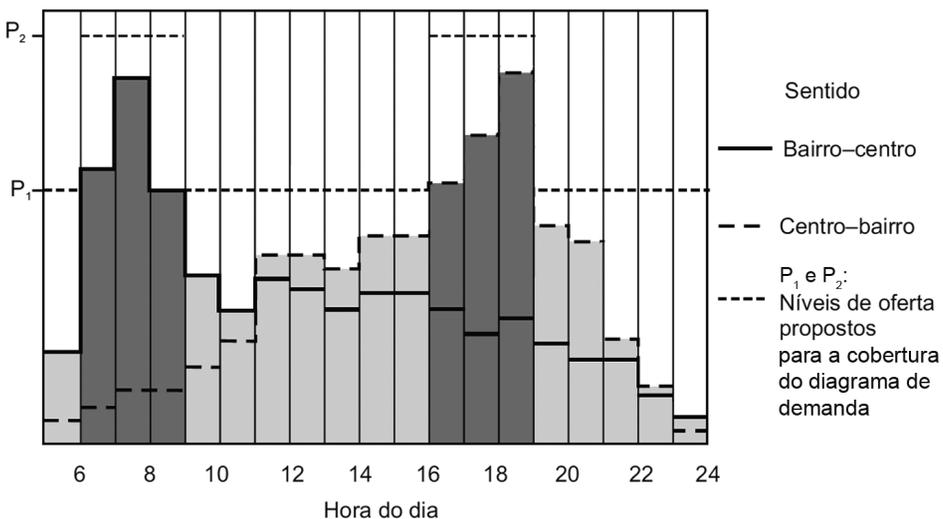
Os valores de  $P$ ,  $V$  e  $R$  geralmente se referem à média de várias viagens em períodos típicos, com os valores de  $P$  e  $V$  relativos a fluxos horários (pass./h) em vez de volumes em uma viagem.

### Variação horária da demanda

A Figura 9.2 mostra a variação horária típica da demanda ao longo de um dia útil no trecho de maior carregamento de uma linha de transporte público coletivo urbano, considerando em separado os dois sentidos de movimento: bairro–centro e centro–bairro.

Nos dias úteis, os períodos de maior movimento (picos) ocorrem no início da manhã e no final da tarde. De manhã, o pico se dá no sentido bairro–centro, quando a maioria das pessoas se dirige para os seus locais de trabalho, estudo etc. No final da tarde, no sentido centro–bairro, quando os usuários estão retornando a suas casas após o final da jornada diária de trabalho, estudo etc.

Também é comum um aumento no movimento por volta do meio do dia, quando muitas pessoas estão indo ou voltando do almoço, retornando para casa após concluir atividade matinal ou se deslocando para iniciar atividade no período da tarde.



**Figura 9.2** Variação horária da demanda nos trechos críticos em dias úteis.

Os períodos de menor movimento são denominados de períodos de vale ou de entrepicos.

As demandas nos períodos de pico são mais pronunciadas nas cidades onde há maior coincidência no início e no término das jornadas de trabalho e estudo.

Nos sábados, a demanda por transporte público geralmente é menor em relação aos dias úteis, pois muitas atividades não se realizam. Nesses dias, geralmente, os picos são menos pronunciados, e o pico da tarde passa a ocorrer no meio do dia, quando, usualmente, parte do comércio encerra as atividades. Nos domingos e nos feriados, a demanda é muito menor do que nos dias úteis e não há, comumente, picos acentuados.

### **Variação da demanda nas horas de pico**

Como a demanda também varia dentro das horas de pico dos diversos períodos típicos, é usual quantificar esse fato utilizando o conceito de fator de hora pico.

O fator de hora pico é calculado pela relação:

$$FHP = \frac{VHP}{VPP}$$

em que: FHP = fator de hora pico; VHP = fluxo da hora de pico; e VPP = fluxo horário correspondente aos 15 minutos de maior movimento na hora de pico (volume dos 15 minutos de maior movimento multiplicado por quatro para obter o fluxo horário).

Esse fator pode resultar diferente conforme o período do dia a que se refere.

Em princípio, o dimensionamento da oferta de transporte deve considerar o fluxo de passageiros no período de pico e não o da hora pico, pois é necessário atender adequadamente à demanda no intervalo de 15 minutos mais crítico.

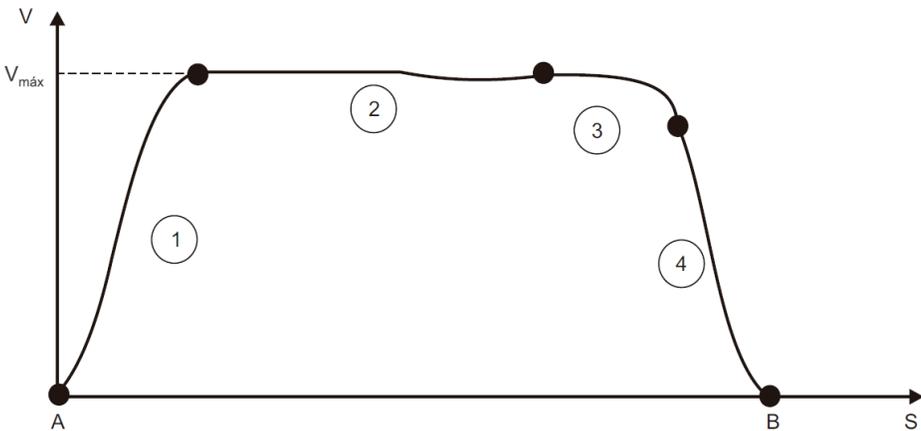
## **9.2 DESEMPENHO OPERACIONAL DOS VEÍCULOS**

### **Movimento entre duas paradas**

O movimento entre duas paradas (pontos ou estações) de veículos de transporte público urbano em vias isoladas é constituído de quatro etapas distintas, como mostrado no diagrama velocidade x espaço (V x S) da Figura 9.3.

A etapa 1 corresponde à fase de aceleração. O veículo (que pode ser uma única unidade ou um conjunto de unidades engatadas em comboio) parte com velocidade zero e é acelerado até atingir a velocidade máxima programada, normalmente fixada por razões de segurança. A aceleração é limitada

tendo em conta os seguintes fatores: falta de aderência (atrito) das rodas motoras com a superfície de rolamento, restrição de potência dos motores e conforto dos passageiros. A aceleração imposta aos veículos não é, em geral, constante, embora a variação não seja grande. Nessa fase, o esforço de tração é maior que a resistência ao movimento para que o veículo possa ser acelerado.



**Figura 9.3** Movimento de veículos entre duas paradas consecutivas.

A etapa 2 é denominada de fase de regime ou cruzeiro. Nessa fase, o veículo deve permanecer, tanto quanto possível, com a velocidade máxima programada constante, com o esforço de tração igual à resistência ao movimento. Contudo, a existência de um aclive acentuado pode levar a uma redução da velocidade de cruzeiro, assim como em um declive acentuado pode ser necessário aplicar os freios para a velocidade não superar o valor-limite. Se, eventualmente, a distância entre os locais de parada é muito pequena, o veículo pode não ter espaço suficiente para atingir a velocidade máxima, deixando de existir, nesse caso, a fase de cruzeiro.

A etapa 3 é denominada de fase de *coasting* (movimento por inércia), na qual o veículo é mantido sem tração e sem esforço frenante. Somente atua a resistência ao movimento e, em consequência, normalmente ocorre pequena desaceleração. Se, por acaso, a resistência for negativa, devido à existência de rampa em declive acentuado, o sistema de freios é acionado para evitar que a velocidade máxima seja superada. Em geral, essa fase tem pequena duração e muitas vezes não ocorre, com a força de frenagem sendo aplicada imediatamente após a supressão do esforço de tração.

A etapa 4 é denominada de fase de frenagem, na qual o veículo é mantido sem tração e com o sistema de freios acionado até a parada no local deseجا-

do. A desaceleração imposta aos veículos é limitada, tendo em vista o coeficiente de atrito roda-superfície de rolamento e o conforto dos passageiros.

Quando o veículo de transporte público se movimenta junto com o trânsito nas ruas, ocorrem muitas paradas e variações na velocidade e na aceleração, devido à existência de semáforos, sinais de parada obrigatória, congestionamentos etc.

O estudo em nível microscópico do movimento dos veículos é importante nas pesquisas teóricas de avaliação e análise do desempenho técnico e econômico dos diversos modos de transporte público. Com o desenvolvimento dos computadores e das técnicas de simulação, é possível modelar com precisão o movimento dos coletivos entre dois locais de parada, considerando-se, inclusive, as interferências do trânsito.

No caso do movimento em vias separadas, modelos analíticos simples, que consideram constantes as acelerações na partida e na frenagem e a velocidade máxima programada, fornecem resultados satisfatórios no estudo do movimento. Nos modelos analíticos simples são utilizadas as equações dos movimentos uniforme e uniformemente variados, as quais são transcritas a seguir.

### **Movimento uniforme (velocidade constante)**

$$d = v \cdot t$$

em que:  $d$  = distância percorrida;  $v$  = velocidade; e  $t$  = tempo de percurso.

### **Movimento uniformemente variado (aceleração constante)**

$$v = v_0 + a \cdot t \quad d = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot d$$

em que:  $v$  = velocidade final;  $v_0$  = velocidade inicial;  $a$  = aceleração;  $t$  = tempo de percurso; e  $d$  = distância percorrida.

### **Tempo de permanência nas paradas**

O tempo de permanência dos coletivos nos locais de parada é dado pela soma de três parcelas: o tempo consumido nas operações de embarque e desembarque dos passageiros, o tempo para abertura e fechamento das portas e o tempo para o coletivo partir.

O tempo de embarque e desembarque dos passageiros depende de três fatores: quantidade de embarques e desembarques, velocidade dessas operações e sistemática operacional.

A quantidade de embarques e desembarques varia em cada parada e em cada viagem.

A sistemática operacional diz respeito ao fato de as operações de embarque e desembarque serem realizadas simultaneamente através de portas distintas (bilhetagem realizada no interior do veículo) ou uma de cada vez pelas mesmas portas (bilhetagem realizada fora do veículo).

A velocidade das operações de embarque e desembarque depende fundamentalmente do número e da largura das portas, da existência ou não de degraus a serem vencidos entre o piso da plataforma do local de parada e o piso do veículo e, no caso do embarque, do tipo de bilhetagem (se fora ou no interior do veículo e, neste último caso, de que tipo: catraca automática, com troco ou sem troco, motorista ou cobrador recebendo, existência ou não de reserva de espaço antes da catraca para pagar com o veículo em movimento etc.). Catraca muito próxima da porta de acesso pode provocar filas para ingressar no veículo e, conseqüentemente, atrasar a partida. Bilhetagem com sistemas automáticos agiliza as operações de embarque em comparação com o sistema tradicional de pagamento no veículo utilizando cobradores, ou mesmo o próprio motorista, pois não há tempo perdido na preparação de troco.

O tempo consumido na abertura e no fechamento das portas depende basicamente do tipo de mecanismo que as aciona, estando em geral na faixa de 2 a 5 segundos (mais ou menos metade para a abertura e a outra metade para o fechamento).

O tempo para partir é função do tipo de parada, pois depende do coletivo ter ou não de reentrar no tráfego geral de veículos. Se não tiver, esse tempo será pequeno (na faixa de 2 a 5 segundos), pois depende apenas de o condutor desativar o freio e acelerar o veículo. Se tiver de reentrar no tráfego geral, esse tempo vai depender do fluxo de veículos na faixa em que o ônibus vai entrar, podendo variar desde um mínimo de 2 a 5 segundos, quando o fluxo é menor que 100 veíc./h, até mais de 20 segundos, quando o fluxo é maior que 1.000 veíc./h.

No caso de as operações de embarque e desembarque serem realizadas por portas distintas, o tempo que o veículo gasta nas paradas é determinado pela seguinte expressão:

$$t = t_0 + \text{maior entre } [(t_d \cdot n_d) ; (t_e \cdot n_e)]$$

em que:  $t$  = tempo total parado (s);  $t_0$  = tempo de abertura e fechamento das portas mais o tempo de partida (s);  $t_d$  = tempo médio de desembarque (s/pass.);  $t_e$  = tempo médio de embarque (s/pass.);  $n_d$  = número de passageiros que desembarcam; e  $n_e$  = número de passageiros que embarcam.

No caso de as operações de embarque e desembarque serem realizadas através das mesmas portas, a expressão para cálculo do tempo em que o veículo permanece parado é a seguinte:

$$t = t_0 + t_d \cdot n_d + t_e \cdot n_e$$

A faixa de variação típica de  $t_e$  e  $t_d$  é de 0,5 a 5 s/pass.

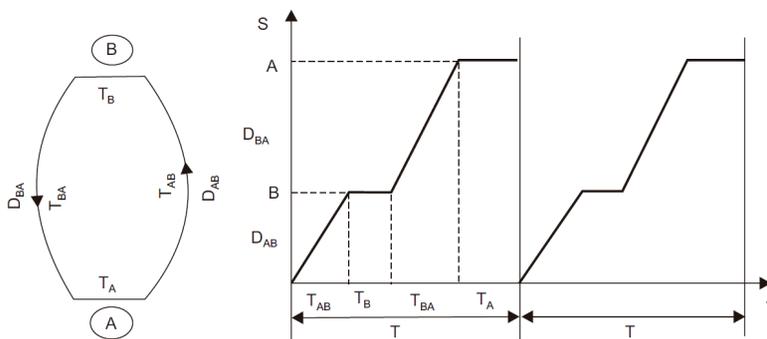
O valor de  $t_0$  varia, em geral, de 5 a 15 s.

O valor total do tempo parado, no caso de ônibus e bondes, situa-se em torno de 15 segundos nos pontos com pequeno movimento, 30 segundos nos pontos com movimento médio e 60 segundos nos pontos com grande movimento. Nos modos metrô, VLT, BRT, ônibus articulados ou biarticulados operando em linhas com estações fechadas, como a bilhetagem é realizada fora do veículo, é usual operar com um valor fixo para o tempo total parado que vai de 20 a 40 segundos, após o qual as portas são fechadas automaticamente (se os dispositivos de segurança detectarem alguma pessoa ou objeto obstruindo o fechamento das portas, elas são mantidas abertas até que ocorra a desobstrução). No caso dos trens urbanos, o tempo de permanência nas estações é geralmente maior que 1 minuto.

### Movimento entre dois terminais

O estudo do movimento de veículos de transporte público em nível microscópico é importante nos estudos teóricos. No entanto, para a elaboração da programação operacional é suficiente o modelo macroscópico do movimento entre os pontos terminais das viagens (onde elas têm início e fim).

O movimento dos veículos de transporte público urbano entre dois terminais pode ser representado pelo diagrama espaço x tempo (S x T), como mostrado na Figura 9.4.



**Figura 9.4** Diagrama S x T do movimento de veículos entre terminais extremos.

O significado dos símbolos utilizados na Figura 9.4 e nas equações subsequentes é apresentado a seguir:

- ◆  $D_{AB}$  = distância percorrida do terminal A até o terminal B;
- ◆  $D_{BA}$  = distância percorrida do terminal B até o terminal A;
- ◆  $D$  = distância total percorrida em uma viagem redonda (ida e volta);
- ◆  $T_{AB}$  = tempo de percurso do terminal A até o terminal B;
- ◆  $T_{BA}$  = tempo de percurso do terminal B até o terminal A;
- ◆  $T_A$  = tempo parado no terminal A;
- ◆  $T_B$  = tempo parado no terminal B;
- ◆  $T_V$  = tempo total em viagem;
- ◆  $T_T$  = tempo total parado nos terminais; e
- ◆  $T$  = tempo de ciclo (tempo total gasto para realizar uma viagem redonda, incluindo o tempo parado nos terminais).

São válidas as seguintes relações entre essas variáveis:

$$D = D_{AB} + D_{BA} \quad T_T = T_A + T_B \quad T_V = T_{AB} + T_{BA}$$

$$T = T_V + T_T = T_{AB} + T_{BA} + T_A + T_B$$

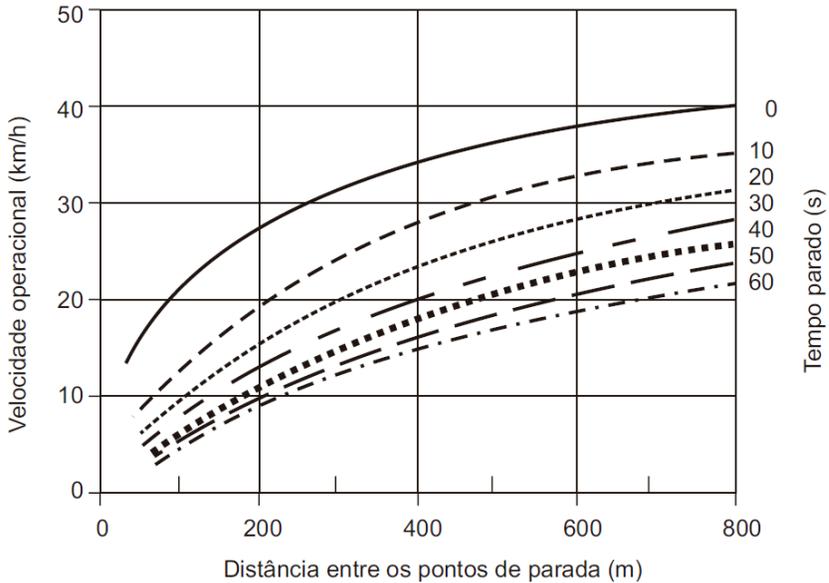
Os tempos de parada nos terminais incluem os tempos para as operações de embarque e desembarque e os tempos consumidos em manobras. Dependendo do tipo de operação, também se deve incluir certa folga para que eventual atraso em uma viagem possa ser absorvido sem prejuízo para as viagens seguintes, bem como para que os operadores possam satisfazer as suas necessidades fisiológicas e ter um rápido descanso.

Denomina-se velocidade operacional a velocidade média em viagem obtida pela relação entre a distância percorrida e o tempo de percurso. Essa velocidade pode se referir a cada sentido de movimento ou à viagem redonda, como indicado nas expressões a seguir:

$$V_0 = \frac{D}{T_V} \quad V_{0AB} = \frac{D_{AB}}{T_{AB}} \quad V_{0BA} = \frac{D_{BA}}{T_{BA}}$$

A velocidade operacional depende da magnitude das acelerações nas partidas e nas frenagens, da velocidade máxima programada, do tempo médio gasto nas paradas, da distância média entre paradas e, quando for o caso, das interferências do trânsito. A Figura 9.5 mostra a influência na velocidade operacional do tempo gasto nas paradas e da distância entre elas, no caso do movimento de um ônibus em uma via separada do tráfego geral, consi-

derando-se uma velocidade máxima de 50 km/h, aceleração de 0,9 m/s<sup>2</sup> e desaceleração de 1,3 m/s<sup>2</sup>.



**Figura 9.5** Velocidade operacional em função da distância entre paradas e do tempo parado para o movimento de um coletivo. Fonte: MBB (1987).

A velocidade média considerando as paradas nos terminais é denominada de velocidade comercial. Essa velocidade sempre se refere à viagem redonda e é determinada pela relação entre a distância total percorrida e o tempo de ciclo:

$$V_c = \frac{D}{T}$$

Um parâmetro muito útil para avaliar a eficiência operacional de uma linha de transporte público é o grau de efetividade, obtido pela relação entre o tempo gasto na viagem redonda e o tempo de ciclo:

$$G_E = \frac{T_V}{T}$$

Outra grandeza também utilizada com o mesmo objetivo é o índice de ineficiência, dado pela relação entre o tempo parado nos terminais e o tempo de ciclo:

$$I_I = \frac{T_T}{T}$$

Quanto mais próximo de zero estiver o valor de  $I_I$ , menor o tempo parado nos terminais e, portanto, maior a eficiência na utilização dos veículos da frota. Para  $G_E$ , vale o seguinte raciocínio: quanto mais próximo da unidade, mais o tempo de viagem se aproxima do tempo de ciclo e, assim, menor o tempo perdido nos terminais; em consequência, maior a eficiência na utilização dos veículos da frota.

Na Tabela 9.1 estão relacionados os valores ideal e máximo recomendados para o índice de ineficiência, em função do tempo de ciclo de uma linha com operação normal.

**Tabela 9.1** Valores recomendados para o índice de ineficiência.

Tempo de ciclo (minutos)	Tempo de terminal (min)		Índice de ineficiência (%)	
	Ideal	Máximo	Ideal	Máximo
30	6	10	20	33
40	6	10	15	25
50	7	10	14	20
60	7	12	12	20
75	8	12	11	16
90	10	15	11	16
120	15	20	12	16

Fonte: EBTU (1978).

### 9.3 DIMENSIONAMENTO DA OFERTA HORÁRIA

#### Determinação da frequência e da frota necessária

Para dimensionar a oferta horária de uma linha de transporte é necessário conhecer os seguintes valores:

- ◆ P = demanda ou fluxo de passageiros na seção crítica (pass./h).
- ◆ C = capacidade do veículo de transporte (pass./veíc.).
- ◆ T = tempo de ciclo da linha (min.).

Os parâmetros a ser determinados são os seguintes:

- ◆ Q = fluxo de viagens na linha (frequência de atendimento) para atender à demanda (viag./h):

$$Q = \frac{P}{C}$$

- ◆ H = intervalo entre viagens (atendimentos) ou, também, *headway* entre os veículos (min./veíc.):

$$H = \frac{60}{Q}$$

- ◆ F = número de veículos necessários na frota (veíc.):

$$F = \frac{T}{H}$$

Quando se trata de um comboio de transporte constituído de várias unidades agrupadas, como é o caso do metrô, trem urbano, comboio de ônibus etc., também devem ser conhecidos os seguintes valores:

- ◆ c = capacidade de cada carro (pass./carro).
- ◆ N = número de carros no comboio (carros).

Conhecidos esses valores, é possível determinar os seguintes parâmetros:

- ◆ C = capacidade do comboio (pass./comboio):

$$C = n \times c$$

- ◆ N = número total de carros necessários (carros):

$$N = n \times F$$

O número de carros em comboio pode ser limitado pelo comprimento das plataformas de embarque e desembarque e, eventualmente, pela capacidade de tração da unidade motora.

Na escolha do melhor plano operacional (aquele que apresenta o menor custo), deve-se em primeiro lugar reduzir ao mínimo o número de comboios, utilizando o maior número possível de carros por comboio, limitado pelo comprimento das plataformas das estações (ou pelos pontos de parada, no caso de comboios de ônibus), pela capacidade de tração ou, mesmo, pela exigência de um intervalo máximo entre os atendimentos. Em seguida, deve-

-se reduzir ao mínimo o número de carros por comboio, colocando apenas o suficiente para atender adequadamente à demanda.

## **Intervalo entre veículos sucessivos**

### **Intervalo máximo**

O intervalo entre atendimentos é limitado, na prática, a um valor máximo, tendo em vista a qualidade do transporte.

Intervalos entre atendimentos muito elevados conduzem a grandes esperas nos pontos de parada ou estações, para aqueles que não conhecem previamente os horários, e à perda de flexibilidade na utilização, para aqueles que conhecem os horários, uma vez que acabam tendo de esperar na origem ou destino reais da viagem.

Essa restrição pode ser considerada uma limitação imposta pela política de transporte público da cidade.

### **Intervalo mínimo**

O intervalo mínimo entre atendimentos também é limitado, nesse caso, por razões técnicas. No caso dos trens, devido à segurança: evitar a colisão entre duas unidades sucessivas, pois é grande a distância de frenagem dos trens em razão do reduzido atrito entre o aço da roda e o do trilho. No caso de ônibus e bondes, pela dificuldade de manter uma operação com intervalos regulares quando esses intervalos são pequenos, podendo levar à formação de filas de coletivos nos locais de parada.

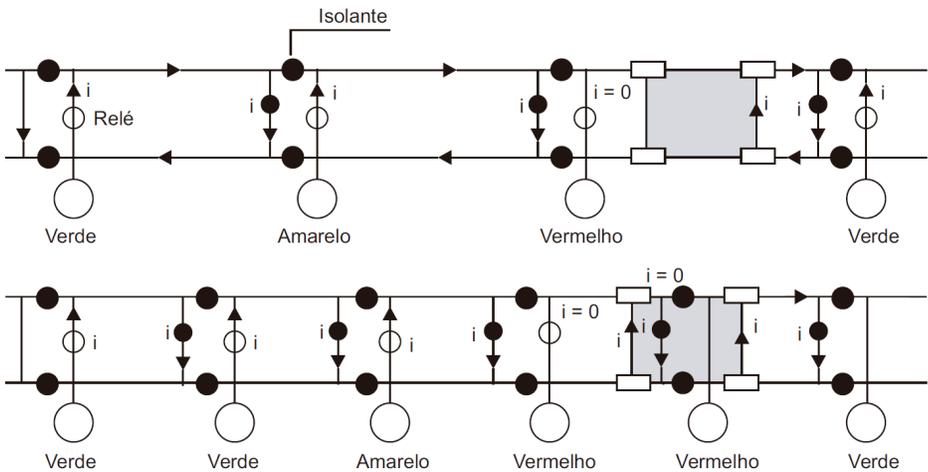
A distância mínima entre veículos sucessivos (medida do para-choque traseiro do que está à frente até o para-choque dianteiro do que está atrás) deve ser igual à distância de frenagem, que é a distância percorrida pelo veículo desde o instante em que recebeu a informação de que o veículo à sua frente está parado até que efetivamente pare, mais uma distância de segurança.

O tempo mínimo entre para-choques, no caso de ônibus e bondes, é igual ao tempo de posicionamento do coletivo que está atrás nos locais de parada após a partida do que está à frente.

A seguir, é discutido o sistema de controle do intervalo mínimo entre trens sucessivos, crítico na definição da capacidade e da programação de operação no caso dos modos metrô, VLT e trem urbano.

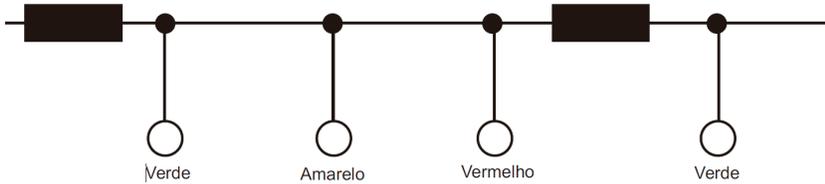
Nos sistemas ferroviários de longa distância, como é o caso dos trens urbanos, o tráfego é controlado por um sistema de sinais luminosos na entrada de trechos de vias de grande extensão (sempre maior que a distância necessária para parar os trens) denominado de blocos.

A via é dividida em blocos com circuitos elétricos independentes (circuito de via), utilizando os trilhos para conduzir correntes de baixa voltagem (1 a 2 volts) e empregando juntas isolantes entre os blocos. Quando a corrente elétrica gerada na saída do bloco percorre o mesmo, ela aciona um relé situado na entrada, acendendo uma luz verde. Quando um trem entra no bloco, a corrente passa por suas rodas e eixos, não chegando ao relé colocado na entrada do circuito, sendo, nesse caso, automaticamente acesa a luz vermelha. Enquanto uma parte do trem estiver no bloco anterior, também na entrada deste a luz estará vermelha, pois a corrente não chega ao relé. Estando vermelha a luz localizada na entrada de um bloco, o esquema elétrico faz com que a luz do bloco anterior fique amarela. A Figura 9.6 ilustra os fatos mencionados.



**Figura 9.6** Esquema de acendimento das luzes no controle do tráfego por blocos.

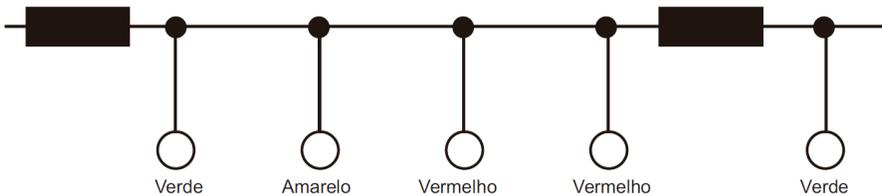
Dessa forma, como mostrado na Figura 9.7, quando um trem encontra luz verde na entrada de um bloco, ele deve prosseguir com a velocidade normal, pois não há nenhum outro trem nos dois blocos situados à frente. Se, no entanto, a luz está amarela, ele pode prosseguir com velocidade reduzida, pois não há trem no bloco da frente, mas há um trem no segundo bloco e, portanto, ele pode ter de parar a fim de evitar uma colisão. Com a luz vermelha, ele deve parar sem entrar no bloco seguinte, que está sendo ocupado por outro trem. Como esse sistema apresenta três fases diferentes (vermelho, amarelo e verde) e dois blocos entre um bloco ocupado e o sinal para prosseguir com velocidade normal, ele é denominado de sistema de dois blocos com três fases.



**Figura 9.7** Sistema de dois blocos e três fases.

O esquema descrito é o usado no sistema de controle do tráfego denominado CTC (*centralized train control*, ou controle de trens centralizado), que é empregado na maioria das linhas ferroviárias tradicionais. No sistema CTC, o maquinista conduz o trem de acordo com as indicações luminosas dos sinais.

Nos modernos sistemas de metrô e pré-metrô (VLT), é utilizado um sistema de controle por blocos mais sofisticado, denominado ATO (*automatic train operation*, ou operação automática de trens). Nesse sistema, o trem é freado automaticamente caso não respeite um sinal vermelho, sendo necessários, no entanto, dois blocos bloqueados com sinal vermelho, razão pela qual o sistema é denominado de sistema de três blocos com três fases. A Figura 9.8 ilustra o funcionamento desse sistema.



**Figura 9.8** Sistema de três blocos e três fases.

O sistema de bloqueio automático utilizando blocos e circuito de via oferece grande segurança, pois o trecho também fica automaticamente bloqueado no caso de um carro se soltar do trem ou de um trilho se romper, pois, como visto, se a corrente elétrica não passar e não atingir o relé colocado na entrada do bloco, as luzes de sinalização tornam-se vermelhas ou amarelas, dependendo da posição.

## 9.4 PROGRAMAÇÃO DA OPERAÇÃO AO LONGO DO DIA

### Definição dos níveis de oferta

Como a demanda horária de passageiros varia ao longo do dia, em princípio a oferta também deveria variar em cada hora ou mesmo dentro da hora, de acordo com a demanda, a fim de obter o máximo de eficiência na operação. Contudo, em geral, não compensa introduzir muitas modificações na oferta ao longo do dia. Complica-se demasiadamente a operação para obter um ganho

de eficiência insignificante. É mais indicado proceder à “cobertura” do diagrama da demanda, adotando dois, três ou no máximo quatro níveis de oferta ao longo do dia. A própria necessidade de manter a frequência acima de um patamar mínimo estabelecido, para preservar a qualidade do serviço nos períodos de menor movimento, limita a quantidade de mudanças na oferta.

Um ponto importante a ser observado no processo de “cobertura” do diagrama horário da demanda é a adoção de uma folga, que funciona como uma espécie de coeficiente de segurança. Esse procedimento é recomendado por dois motivos. Primeiro, para que as variações, para mais, em relação aos valores utilizados como referência (obtidos em pesquisas de campo ou automaticamente pelos dispositivos de controle) para o dimensionamento possam ser absorvidas, tanto quanto possível, dentro do limite máximo de lotação estabelecido para os coletivos. Segundo, porque, mesmo dentro das horas de pico correspondentes aos diversos períodos considerados, ocorrem flutuações da demanda, conforme colocado ao se introduzir o conceito de fator de hora pico. Considerando que pequenos excessos momentâneos e não frequentes da lotação máxima planejada não constituem fato de grande gravidade, uma folga entre 5% e 15% é, em geral, satisfatória.

Nas linhas de baixa frequência, nas quais os intervalos entre atendimentos são grandes, é mais indicado identificar o período de concentração da demanda dentro das horas de pico e promover o atendimento com maior concentração da oferta de coletivos nesse período.

Um exemplo típico do processo de “cobertura” do diagrama de demanda é mostrado na Figura 9.2. Nesse caso, na definição da estratégia operacional foram adotados dois níveis distintos de oferta. O nível 1, a ser utilizado nos períodos de menor movimento (fora dos picos): entre 5-6 h, 9-16 h e 19-24 h. O nível 2, nos períodos de maior movimento (picos): entre 6-9 h e 16-19 h. Assim, a programação operacional deve ser feita com base em uma demanda horária igual a  $P_1$  pass./h nos períodos de menor movimento e igual a  $P_2$  pass./h nos períodos de maior movimento.

## Dimensionamento da frota

A expressão para o dimensionamento da frota apresentada anteriormente é válida para atender a demandas estáveis durante longos períodos de tempo. Quando a duração do período de pico não é grande, a frota necessária para atender à demanda nesse período pode ser menor do que a calculada pela expressão citada. Embora isso seja detectável na elaboração das tabelas de horários para programação da operação, é possível determinar previamente a frota necessária utilizando as seguintes expressões:

$$\text{Se } T_c \leq T_p, \text{ então: } F_p = \frac{T_c}{H_p}$$

$$\text{Se } T_c > T_p, \text{ então: } F_p = \frac{T_p}{H_p} + \frac{(T_c - T_p)}{H_n}$$

em que:  $T_c$  = tempo de ciclo;  $T_p$  = duração do período de pico;  $H_p$  = intervalo entre atendimentos no período de pico;  $H_n$  = intervalo entre atendimentos nos períodos anterior e posterior ao pico; e  $F_p$  = frota necessária no período de pico.

## Programação dos horários

Uma vez determinados os intervalos entre atendimentos nos diversos períodos do dia e a frota necessária, é preciso definir os horários de partida dos veículos dos terminais localizados nos extremos de cada linha. Assim, devem ser elaboradas tabelas individuais dos horários de partida dos pontos terminais para cada coletivo, as quais serão utilizadas pelos condutores durante a operação e, também, pela fiscalização. Nas linhas muito longas, é recomendável colocar nas tabelas os horários de passagem em pelo menos um ponto intermediário, a fim de evitar que os motoristas adiantem ou atrasem o veículo durante as viagens, provocando alterações significativas nos valores dos intervalos entre unidades consecutivas ao longo do percurso.

Quando um coletivo circula adiantado em relação ao horário programado, ocorre um fenômeno conhecido como *bunching* (agrupamento). Esse fenômeno consiste no agrupamento de dois veículos de uma mesma linha em decorrência do fato relatado a seguir.

Estando adiantado, o coletivo 1 deixa de levar alguns dos seus passageiros, reduzindo o seu tempo total parado nos pontos e, em consequência, adiantando-se ainda mais. O veículo 2, que está atrás, tendo de levar uma parte dos passageiros que seria do coletivo 1, experimenta um aumento no seu tempo total de parada nos pontos, o que provoca atraso. Com isso, acaba levando passageiros que seriam do veículo 3, que o segue, o que contribui para aumentar ainda mais o seu atraso. Por sua vez, o coletivo 3 para em um menor número de pontos e por menos tempo e, por isso, adianta, chegando muitas vezes até mesmo a encostar no veículo 2. Observe que o fenômeno tem a tendência de se propagar, provocando o agrupamento de diversos pares de coletivos: par 2-3, par 4-5 e assim por diante.

Para evitar a formação de *bunching*, que provoca grandes variações nos intervalos entre coletivos e nas lotações dos mesmos, prejudicando, assim, os usuários, é importante orientar os condutores para controlar a marcha,

rodando mais devagar ou mais depressa conforme as circunstâncias, visando manter o intervalo programado entre veículos consecutivos ao longo de toda a linha. Quando existe sistema automático de controle da posição dos coletivos com GPS e comunicação entre a central de operação e os condutores, o *bunching* é facilmente evitado.

Na elaboração das tabelas de horários, é preciso conhecer todas as características da linha: distâncias percorridas, tempos de percurso, velocidades desenvolvidas, tempos de parada nos terminais etc.

A Tabela 9.2 mostra um exemplo de tabela de horários de uma linha de ônibus hipotética denominada Xiraná–Vatergo. Nessa tabela estão assinalados os horários de partida dos pontos terminais localizados nos extremos da linha, o horário de saída da garagem de manhã, o ponto terminal onde se inicia a operação, o ponto terminal onde se encerra a operação, o horário de chegada à garagem à noite e o tempo de parada previsto nos pontos terminais. Essa tabela refere-se ao 5º carro que opera na linha.

**Tabela 9.2** Tabela de horários de partida dos pontos terminais de uma linha de ônibus fictícia.

<b>Linha 2: Xiraná-Vatergo</b>	
<b>Tabela de horários do 5º carro</b>	
<b>Saída da garagem: 5:05</b>	
<b>Chegada na garagem: 23:45</b>	
<b>Parada prevista nos terminais = 4 min</b>	
<b>Vatergo</b>	<b>Xiraná</b>
5:30 (Início)	6:00
6:40	7:10
7:50	8:20
9:00	9:30
10:10	10:40
11:20	11:50
12:30	13:00
13:40	14:10
14:50	15:20
16:00	16:30
17:10	17:40
18:20	18:50
19:30	20:00
20:40	21:10
21:50	22:20
23:00	23:30 (Fim)

Nas linhas circulares, é comum controlar os horários de partida dos coletivos em apenas um ponto terminal. O controle em apenas um ponto terminal é também empregado, algumas vezes, nas linhas diametrais, radiais e tangenciais.

Considerando que o fluxo de passageiros e o volume do tráfego de veículos influem significativamente no tempo de viagem dos coletivos que se movimentam junto com o trânsito normal, é comum considerar, na montagem das tabelas de horários, tempos de viagem e de ciclo diferentes conforme o período do dia, de acordo com a variação do fluxo de passageiros e do volume do tráfego.

Nas grandes cidades, os tempos de parada previstos nos pontos terminais devem ser maiores, a fim de absorver as maiores variações que ocorrem nos tempos de viagem em decorrência do trânsito intenso.

## 9.5 ESTRATÉGIAS OPERACIONAIS ALTERNATIVAS

### Controle dos horários de partida em terminais ou bases de operação

Nas cidades maiores, é comum controlar os horários de partida dos coletivos em estações terminais de várias linhas ou bases de operação (local próximo de pontos terminais de várias linhas, onde os ônibus ficam estacionados desde que completam uma viagem até iniciar a próxima). Nesse caso, os horários de partida designados para cada veículo dos pontos terminais são estabelecidos pelo despachante que controla o tráfego de ônibus, à medida que os coletivos vão chegando ao terminal ou à base de operação.

Nesse tipo de operação, é possível variar as linhas operadas pelos veículos e pelos operadores ao longo do dia.

### Operação com aproveitamento máximo da frota

Nas operações com designação das viagens quando os veículos chegam a um terminal ou a uma base de operação, é possível operar com o aproveitamento máximo da frota, mantendo em revezamento uma equipe de operadores, de forma que os coletivos não param, havendo apenas a troca de operadores. Ao chegar ao terminal ou à base de operação, o condutor e o cobrador são substituídos por outros, e o coletivo pode partir imediatamente; os condutores e os cobradores têm uma pequena folga e, em seguida, passam a operar outro veículo, seguindo orientação do pessoal responsável pela operação.

Esse tipo de operação, com desvinculação do trinômio condutor-veículo-linha, permite minimizar a frota necessária. Exige, no entanto, uma frota

padronizada, pois todos os condutores devem estar aptos a conduzir todos os veículos da frota, e o conhecimento, por parte de todos os condutores, dos itinerários de todas as linhas controladas na estação terminal ou na base de operação.

Algumas empresas têm restrições a essa estratégia operacional, argumentando que os condutores cuidam melhor dos veículos na operação vinculada condutor–veículo e, com isso, há menor número de defeitos durante a operação, diminuição no custo de manutenção e aumento da vida útil dos veículos. Há, também, resistência das operadoras ao fato de os condutores trocarem de linha, sob a alegação de que é difícil todos conhecerem os itinerários de todas as linhas e de os motoristas poderem conduzir os veículos com maior eficiência e segurança quando estão mais acostumados com o trajeto.

Uma operação desvinculada é, também, muitas vezes interessante para ser empregada nas cidades médias e pequenas, que têm estação (terminal) localizada na área central, onde as viagens se iniciam e terminam.

## Otimização da operação nas linhas

Em condições normais de operação, os coletivos param para embarque e desembarque em todos os pontos de parada ou terminais/estações, nos dois sentidos do movimento. Em certas situações, no entanto, sobretudo nos horários de pico, é conveniente utilizar outras estratégias de operação para reduzir o tempo de viagem dos usuários (melhorando a qualidade do transporte) e/ou o tempo de ciclo (melhorando a eficiência do transporte, pois a frota necessária resulta menor).

As principais estratégias alternativas de operação que podem ser empregadas são as seguintes:

- ◆ Retorno vazio, sem paradas, de alguns veículos da linha no sentido de menor movimento quando a demanda é muito maior no sentido oposto (por exemplo, no sentido centro–bairro no pico da manhã, quando a demanda é muito maior no sentido bairro–centro; e no sentido bairro–centro, no pico da tarde, quando a demanda está concentrada no percurso centro–bairro). Os retornos vazios podem, inclusive, ser feitos por itinerários diferentes para reduzir ainda mais o tempo de ciclo, utilizando rotas mais curtas e/ou através de vias onde a velocidade é maior. É preciso, no entanto, não operar com intervalo entre atendimentos muito grande no sentido de menor movimento para não penalizar o grupo de usuários que viajam nesse sentido.
- ◆ Pares de veículos operando juntos, com paradas em pontos alternados na região de captação da demanda, de modo a conseguir maiores velo-

idades, reduzindo, assim, o tempo de viagem dos usuários e o tempo de ciclo. É necessário, contudo, que os usuários estejam bem informados sobre o plano de operação.

- ◆ Utilização de linhas expressas ou semiexpressas de apoio a uma linha regular, nas quais os veículos realizam viagens sem paradas, ou com poucas paradas intermediárias, entre os principais polos de geração e atração de viagens; no caso de corredores troncais, com paradas apenas nas estações principais e naquelas onde existe conexão com as linhas alimentadoras. Nesse caso, cabe destacar três coisas: as linhas expressas/semiexpressas não precisam, necessariamente, seguir o mesmo itinerário da linha regular (embora, em geral, os itinerários coincidam, às vezes pode ser vantajoso utilizar outro percurso); os usuários devem ser muito bem informados sobre esses tipos de operação para que possam utilizar de forma adequada o sistema; e o intervalo entre atendimentos na linha regular não pode ser muito grande para não prejudicar determinados grupos de usuários.
- ◆ Veículos operando apenas nos trechos mais carregados das linhas, evitando que tenham de percorrer todo o itinerário sem necessidade, gerando ineficiência. Com isso, o tempo de ciclo desses veículos é muito menor, exigindo menos unidades para a operação da linha. Nesse caso, duas coisas são importantes: não operar com intervalo muito grande nos trechos da linha com menor movimento, para não prejudicar alguns grupos de usuários, e informar os passageiros sobre a forma de operação empregada para que possam utilizar adequadamente o sistema.

Também é possível o emprego simultâneo de algumas dessas estratégias, visando aumentar ainda mais a eficiência operacional e melhorar a qualidade do serviço.

No caso das linhas troncais operadas por ônibus em canaletas, o emprego de linhas expressas/semiexpressas é relevante para reduzir o tempo de viagem dos usuários, em particular daqueles que utilizam duas linhas alimentadoras, além da linha tronco, fazendo dois transbordos. Para esses, é especialmente importante que a viagem na linha troncal entre as estações de transferência seja realizada com o máximo de rapidez.

Na Figura 9.9 é mostrada cópia do folheto distribuído aos usuários do sistema Transmilenio de Bogotá, Colômbia, contendo as características de todas as linhas que operam nos corredores troncais: regulares e expressas/semiexpressas.



Figura 9.9 Folheto com informações sobre as linhas do sistema Transmilenio de Bogotá, Colômbia. Fonte: Foto feita pelos autores.

## 9.6 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA OPERAÇÃO

O planejamento operacional consiste na definição das estratégias operacionais a serem utilizadas em cada linha e no conjunto globalmente, visando otimizar a eficiência do transporte. Somente após isso é que se deve proceder à elaboração da programação operacional de cada linha com a montagem das tabelas de horários e o dimensionamento da frota.

No planejamento da operação são avaliadas as possibilidades do emprego de uma ou mais estratégias operacionais alternativas (não convencionais), visando melhorar a eficiência e a qualidade do transporte. Também é avaliada a otimização na utilização da frota adicional nos horários de pico, com o possível emprego de um mesmo veículo em duas ou mais linhas.

Uma ferramenta que pode ser útil na concepção da melhor estratégia operacional e no controle da operação é a elaboração de fichas de movimentação dos carros ao longo do dia, nas quais constam as seguintes informações: horários previstos de partida e chegada aos terminais extremos, horários de passagem em pontos intermediários, horários de saída e chegada à garagem, períodos de interrupção da operação para repouso ou alimentação dos operadores, viagens vazias, viagens expressas ou semiexpressas etc.

## 9.7 PARÂMETROS QUANTIFICADORES DA OPERAÇÃO

Alguns parâmetros fundamentais para o planejamento e também para o controle da operação são os seguintes:

- ◆  $Q_e$  (km): quilometragem efetiva, corresponde à quilometragem percorrida durante operação de transporte na linha.
- ◆  $Q_o$  (km): quilometragem ociosa, corresponde à quilometragem percorrida não transportando passageiros, nos trajetos garagem-terminal, entre terminais etc.
- ◆  $Q_t$  (km): quilometragem total, igual à soma das quilometragens efetiva e ociosa.
- ◆  $PQ$  (pass.km): quantidade de passageiros-quilômetro transportada, calculada pela relação:

$$PQ = \sum P_i \times Q_i$$

em que:  $P_i$  = volume (lotação ou carregamento) no trecho da linha (pass.) e  $Q_i$  = extensão do segmento  $i$  (km).

- ◆  $LQ$  (lug.km): quantidade de lugares-quilômetro ofertada, dada pela relação:

$$LQ = \sum L_i \times Q_i$$

em que:  $L_i$  = capacidade do veículo ou do comboio de transporte (lug.) e  $Q_i$  = extensão do segmento  $i$  (km).

- ◆  $IPK$  (pass./km): índice de passageiros-quilômetro, calculado pela relação:

$$IPK = \frac{V}{Q}$$

em que:  $V$  = número de passageiros transportados (pass.) e  $Q$  = quilometragem percorrida (km).

O  $IPK$  mede a produtividade (eficiência) do transporte. Quanto maior, maior o número de passageiros que estão sendo transportados por quilômetro rodado e, portanto, menor o custo unitário por passageiro. Pode ser referido a diferentes períodos de tempo (dia, mês, ano etc.), bem como a uma linha, um conjunto de linhas, uma empresa ou um sistema.

- ◆  $FC$  (pass.km/lug.km ou pass./lug.): fator de carga, dado pela relação:

$$FC = \frac{PQ}{LQ}$$

em que: PQ = quantidade de passageiro-quilômetro transportada e LQ = quantidade de lugares-quilômetro ofertada.

O FC também é um índice que mede a produtividade do transporte, pois, quanto maior, maior o aproveitamento da quantidade ofertada. Como em transporte não se pode estocar o produto ofertado (lugar), isso significa que produto não utilizado é produto perdido. Também pode ser referido a diferentes períodos de tempo (dia, mês, ano etc.), bem como a uma linha, um conjunto de linhas, uma empresa ou um sistema.

## 9.8 CAPACIDADE DE TRANSPORTE EM UM CORREDOR

### Parada de um comboio por vez em todas as paradas

De acordo com o HCM (2000), a capacidade (número máximo de comboios que podem passar) em uma faixa de tráfego é dada pela relação:

$$C = \frac{3.600 \cdot (g/c)}{d + (g/c) \cdot t + z \cdot v \cdot t}$$

em que: C = capacidade em comb./h/sentido; (g/c) = relação entre o tempo de verde para a via onde circulam os coletivos e o ciclo do semáforo crítico (em que a relação é menor); d = intervalo mínimo entre veículos sucessivos medido de para-choque traseiro a para-choque dianteiro, expresso em segundos; t = tempo médio de permanência no local de parada crítico (onde ocorre o maior valor de t), expresso em segundos; z = valor estatístico associado à probabilidade de formação de fila no local de parada crítico; e v = coeficiente de variação dos tempos de permanência no local de parada crítico, expresso em segundos.

A relação (g/c) é igual à unidade (g/c = 1), no caso de vias especiais segregadas sem cruzamento com ruas e, também, no caso de total prioridade para os coletivos nos cruzamentos com semáforos, os quais, nesse caso, são acionados a distância de modo a estarem verdes no momento da aproximação dos coletivos.

O valor da distância mínima entre o para-choque traseiro do coletivo da frente e o para-choque dianteiro do coletivo atrás (d) é limitado por razões técnicas. No caso dos trens, devido, sobretudo, à segurança: evitar a colisão entre duas unidades sucessivas quando o trem que está na frente para nas estações ou em situações de emergência, pois é grande a distância de frenagem necessária em razão da grande velocidade e do reduzido atrito entre o aço da roda e o do trilho. No caso de ônibus e bondes, o valor de d é igual ao tempo que o coletivo demora para se posicionar no ponto de parada após a partida do que está à frente.

Valores típicos de  $d$ : acima de 15 s, no caso dos ônibus e bondes, e acima de 60 s, no caso dos trens.

O tempo total médio de permanência nos locais de parada ( $t$ ) varia entre 15 e 90 s.

O valor de  $z$  está associado à probabilidade de formação de fila na parada crítica:  $z = 1,960$  para 2,5% de probabilidade de formação de fila;  $z = 1,440$  para 7,5%; e  $z = 1,040$  para 15%. Se a formação eventual de fila não acarretar grande problema, pode-se utilizar  $z = 1,040$ . Caso contrário, é recomendável utilizar  $z = 1,440$  ou, mesmo,  $z = 1,960$ , se o transtorno for grave: bloqueio de cruzamentos, bloqueio de faixa de pedestres etc.

O coeficiente de variação dos tempos gastos na parada crítica é calculado pela expressão:

$$v = \frac{s}{t}, \text{ sendo: } t = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad \text{e} \quad s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - t)^2}{n - 1}$$

em que:  $v$  = coeficiente de variação;  $t$  = tempo médio de permanência na parada crítica;  $s$  = desvio-padrão dos tempos de permanência;  $s^2$  = variância dos tempos de permanência;  $n$  = número de observações efetuadas; e  $t_i$  = valor do tempo de permanência medido na observação  $i$ .

O valor de  $v$  varia, normalmente, entre 0,40 e 0,80. Na ausência de dados de campo, pode-se adotar  $v = 0,60$ . No caso dos modos sobre trilhos, em que se fixa um valor constante para  $t$ , pode-se considerar  $v = 0$ .

O *headway* médio entre veículos sucessivos (para-choque dianteiro a para-choque dianteiro) vale:

$$H = \frac{3.600}{C}$$

em que:  $H$  = *headway* médio em segundos e  $C$  = capacidade em comboios/hora/sentido.

Conhecida a capacidade em termos de comboios, a capacidade de transporte expressa em passageiros é dada pela relação:

$$C_p = C \times n \times c \times \text{FHP} \times R$$

em que:  $C_p$  = capacidade em passageiros/hora/sentido;  $C$  = capacidade em comboios/hora/sentido;  $n$  = número de carros no comboio em carros/comboio;  $c$  = capacidade de cada carro em passageiros/carro; FHP = fator de hora pico; e  $R$  = fator de renovação.

## Parada de mais de um comboio por vez em todas as paradas

Muitas vezes, é possível a parada de mais de um comboio nos locais de embarque e desembarque ao longo do corredor. Nesse caso, duas situações podem ocorrer: baias dispostas de forma a permitir entradas e saídas independentes e baias próximas dispostas de forma linear, caso em que os veículos estacionam na baia vazia situada mais à frente possível e saem somente após a desocupação de todas as baias localizadas à frente.

No caso das baias com entradas e saídas independentes, a capacidade total é a soma das capacidades individuais. Assim, se houver homogeneidade das baias, a capacidade total é igual à capacidade de uma baia multiplicada pelo número de baias, ou seja:

$$C_t = b \cdot C_b$$

em que:  $C_t$  = capacidade total,  $b$  = número de baias e  $C_b$  = capacidade de uma baia.

No caso de baias próximas dispostas de forma linear, a capacidade total é igual à capacidade de uma baia multiplicada pelo número de baias e por um fator de redução para considerar a ineficiência no aproveitamento das baias livres situadas à frente de um ou mais comboios parados em operação de embarque e desembarque. A expressão a ser utilizada, portanto, é a seguinte:

$$C_t = b \cdot C_b \cdot r$$

em que:  $C_t$  = capacidade total;  $b$  = número de baias;  $C_b$  = capacidade de uma baia; e  $r$  = fator de redução.

Para o fator de redução, devem ser utilizados os seguintes valores:  $r = 0,92$  para 2 baias;  $r = 0,82$  para 3 baias;  $r = 0,66$  para 4 baias; e  $r = 0,54$  para 5 baias.

## Parada de um comboio por vez em paradas alternadas

A parada em pontos alternados pode ser empregada desde que exista a possibilidade de ultrapassagem. O objetivo é aumentar a capacidade de transporte no corredor.

Nesse caso, os veículos de um conjunto de linhas param em determinado ponto, os de outro conjunto em outro, e assim por diante. O mais comum é operar com dois conjuntos de linhas, com os coletivos parando, portanto, em pontos alternados.

Nesse caso, a capacidade deve ser calculada em separado para cada conjunto de linhas, sendo a capacidade total igual à soma das capacidades individuais. Assim, se a divisão das linhas por conjunto for balanceada, pode-se considerar que a capacidade do corredor fica multiplicada pelo número de conjuntos de linhas.

## Considerações adicionais

As expressões da capacidade apresentadas para as diferentes situações referem-se a corredores com faixas segregadas (canaletas) que são totalmente separadas do tráfego dos outros veículos. Na operação em faixas exclusivas, em que é permitida a presença de veículos que fazem conversões, comum no caso de ônibus e bondes, a capacidade é afetada pelo número de veículos que utilizam a faixa de conversão. No caso da operação junto com o tráfego geral, a capacidade é influenciada por inúmeros fatores: volume de veículos, número de faixas etc.

### 9.9 QUESTÕES

1. Por que a demanda de passageiros no transporte público urbano varia ao longo do tempo?
2. Qual o objetivo de conhecer a variação da demanda ao longo dos anos? E dos meses? E dos dias? E das horas?
3. Considerar uma linha de transporte coletivo que liga duas regiões da cidade passando pela área central (linha diametral). Fazer um esboço do carregamento ao longo da linha no início da manhã e no final da tarde, considerando cinco pontos de parada: dois em cada região não central e um na área central. Conceituar seção crítica e índice de renovação de uma linha de transporte coletivo.
4. Esboçar um gráfico mostrando a variação da demanda ao longo das horas do dia nos dois sentidos de movimento (bairro–centro e centro–bairro) de uma linha de transporte coletivo urbano. Conceituar fator de hora pico.
5. Esboçar o gráfico do movimento de um coletivo que se move em uma via totalmente segregada entre duas paradas. Comentar sobre as diversas fases do movimento.
6. Discorrer sobre o tempo de permanência dos coletivos nas paradas.
7. Esboçar o gráfico do movimento dos coletivos entre dois terminais. Definir as seguintes grandezas: tempo de ciclo, velocidade operacional, velocidade comercial, grau de efetividade e índice de ineficiência.
8. Discorrer sucintamente sobre intervalo mínimo e máximo entre veículos de transporte coletivo.
9. Comentar sobre a cobertura do diagrama de demanda para efeito de dimensionamento da oferta nos diversos períodos do dia.
10. Conceituar o fenômeno conhecido como *bunching*.

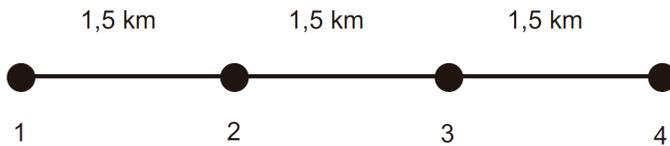
11. Onde são realizados os controles dos horários nos diversos tipos de linhas de transporte coletivo urbano?
12. É possível utilizar tempos de parada e tempos de ciclo distintos ao longo do dia em uma linha de transporte coletivo?
13. Que estratégias operacionais alternativas podem ser empregadas no transporte coletivo urbano? Quais as utilizadas para aumentar a eficiência e melhorar a qualidade do serviço?
14. No que consistem o planejamento e o controle da operação do transporte coletivo urbano?
15. Quais os principais parâmetros quantificadores da operação do transporte coletivo urbano?
16. Discorrer resumidamente sobre a capacidade do transporte coletivo em um corredor.
17. Uma linha de ônibus apresenta as seguintes características: extensão = 30 km (ida e volta); velocidade comercial = 15 km/h; volume total de passageiros (sentido crítico): pico = 960 pass./h e normal = 240 pass./h; fator de renovação no sentido crítico = 2; capacidade dos ônibus: pico = 80 pass., normal = 60 pass.; *headway* máximo = 20 min.; e *headway* mínimo = 2 min. Estabelecer a programação operacional nos períodos de pico e normal.
18. Se o período de pico tivesse duração de 1 h, qual seria a frota necessária nos períodos de pico e normal? Para comprovar o resultado fornecido pela expressão analítica, elaborar tabela de horários de partida dos ônibus do terminal Aracy entre 5 h da manhã (início da operação) e 10 h, sabendo-se que o período de pico da manhã vai das 7 às 8 h.
19. Em uma linha tronco onde são utilizados 80 ônibus nos horários de maior movimento, a distância média entre pontos é de 200 m e o tempo médio parado, 40 s. Se a distância média entre pontos fosse aumentada para 300 m, o tempo médio parado subiria para 45 s, devido à maior concentração de passageiros. Com base no gráfico da Figura 9.5, estimar a velocidade operacional nos dois casos e determinar a porcentagem de aumento. Admitindo-se a velocidade comercial 10% menor que a velocidade operacional, qual o número de ônibus necessário no caso de o espaçamento entre pontos passar para 300 m? Qual a redução em valores percentuais? A mudança traria prejuízo para a qualidade do serviço?
20. Se, no caso da Questão 19, em vez de aumentar a distância entre os pontos, se adotasse a estratégia de parada dos ônibus em pontos alternados, qual seria a redução percentual da frota necessária nos períodos de maior

movimento? Notar que o tempo de parada continuaria sendo de 40 s, pois não haveria alteração no número de pontos. Nesse caso haveria prejuízo para a qualidade do serviço?

21. Considere os horários da linha Xiraná–Vatergo apresentados na Tabela 9.2. As distâncias entre os pontos terminais são de 14,0 km no sentido Xiraná–Vatergo e de 10,5 km no sentido Vatergo–Xiraná. Pede-se determinar: a) os tempos gastos nas viagens, os tempos parados nos terminais e o tempo de ciclo; b) as velocidades operacionais (em cada um dos sentidos e a global) e a velocidade comercial; c) o grau de efetividade e o índice de ineficiência da linha; d) as quilometragens efetiva, ociosa e total no dia, conhecidas as distâncias percorridas nos seguintes percursos: Garagem–Vatergo = 5,0 km e Xiraná–Garagem = 3,0 km.
22. Admitindo-se os seguintes valores: velocidade máxima dos ônibus = 50 km/h, aceleração =  $0,9 \text{ m/s}^2$ , desaceleração na frenagem =  $1,3 \text{ m/s}^2$ , embarque como operação crítica com  $t_e = 3 \text{ s/pass.}$  e  $N_e = 5 \text{ pass./ponto}$ ,  $T_0 = 10 \text{ s}$ , pontos espaçados de 300 m, extensão total da linha = 15 km, determinar: a) o tempo parado nos pontos; b) o tempo de viagem entre os pontos e o esboço do diagrama de  $V \times S$ ; c) o tempo de percurso em uma viagem redonda, supondo via exclusiva; d) a velocidade operacional; e) o tempo de ciclo, sabendo ser de 5 min. os tempos parados nos pontos extremos; f) a velocidade comercial; g) o grau de efetividade e o índice de ineficiência; e h) refazer os valores de “c” a “g” supondo um acréscimo de 20% no tempo de percurso devido às interferências do trânsito.
23. As demandas previstas em uma linha de metrô são: 30.000 pass./h/sent. nos períodos de pico e 12.000 pass./h/sent. nos períodos normais. O fator de renovação nas viagens é suposto ser igual a 3. O comprimento dos carros é de 20 m e a capacidade é de 100 pass. O comprimento das plataformas nas estações é de 120 m. A extensão total da linha (ida e volta) é de 20 km e a velocidade comercial é igual a 40 km/h. O intervalo mínimo entre composições é de 3 min. e o máximo é de 6 min. Elaborar a programação operacional da linha e determinar os seguintes parâmetros nos períodos de pico e nos períodos normais: trem.km/h, lugar.km/h, IPK e capacidade de transporte em uma seção e em uma viagem redonda na linha.
24. A composição-tipo de um sistema metroviário será constituída de 4 carros com lotação de 200 pass. cada. Pede-se: a) a frequência necessária nos períodos de pico (12.000 pass./h/sent. na seção crítica) e normal (8.000 pass./h/sent. na seção crítica); b) a *headway* em cada caso; c) admitindo-se que o intervalo entre trens sucessivos (para-choque traseiro a para-choque dianteiro) seja de 90 s e que o tempo parado nas estações seja

de 30 s, determinar a capacidade de transporte do sistema adotando-se um fator de hora pico igual a 0,90; d) se a taxa de crescimento da demanda é de 10% aa, qual o horizonte de saturação do sistema nos períodos de pico (em meses) ?

25. A Figura 9.10 mostra as características de um hipotético corredor de transporte público por ônibus. Os ônibus que deverão operar no mesmo têm capacidade para 100 pass. e a velocidade comercial a ser adotada pode ser igual a 18 km/h. Na Tabela 9.3 é fornecida a matriz origem–destino da hora pico da manhã. Pede-se: a) o gráfico de carregamento entre os pontos para a hora pico da manhã; b) a seção crítica; c) admitindo-se que todas as viagens devem partir do terminal central, atingir o ponto 4 e retornar (operação normal), determinar a frequência, o intervalo entre atendimentos e a frota necessária; d) montar uma tabela dos horários de partida dos ônibus do terminal; e) calcular a quilometragem horária percorrida, o índice de passageiros/quilômetro e o fator de carga; f) se os ônibus pudessem retornar dos pontos 2 e 3, seria possível melhorar a eficiência operacional por intermédio da redução da quilometragem e da frota; g) encontrar a solução que maximiza a eficiência operacional no caso e determinar o intervalo entre atendimentos em cada ponto; h) calcular a nova quilometragem horária e os novos valores do IPK e do FC e comparar com os anteriores; i) determinar o valor do aumento da eficiência operacional em termos de frota e quilometragem; e j) comentar sobre o prejuízo dessa solução para a qualidade do serviço.



**Figura 9.10** Características do corredor de ônibus hipotético.

**Tabela 9.3** Matriz O–D no pico da manhã (valores em pass./h).

O/D	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	200	0	0	0
3	200	0	0	0
4	200	0	0	0

26. Uma linha de ônibus tem extensão de 18 km e a velocidade comercial em operação regular (parando em todos os pontos) é de 18 km/h. O intervalo entre atendimentos nas duas horas de pico da manhã e nas duas horas de pico da tarde é de 5 min. Para melhorar a eficiência e a qualidade do atendimento, está sendo analisada a estratégia de operar a linha regular com um intervalo entre coletivos de 10 min. e operar no mesmo itinerário uma linha expressa com paradas apenas na região mais afastada e na área central e volta vazia no sentido de menor movimento. O custo operacional dos ônibus é de aproximadamente R\$ 3,00/km, sendo 30% devido ao custo variável e 70% ao custo fixo. Pede-se analisar quantitativa e qualitativamente a questão.
27. Considere uma linha urbana de ônibus com uma demanda estável na seção crítica de 500 pass./h. A extensão total da linha é de 12 km e a velocidade comercial é de 15 km/h. Três tipos diferentes de ônibus estão sendo cogitados para uso nessa linha: de 10 m com capacidade para 80 pass. e custo operacional de R\$ 2,60/km; de 12 m para 105 pass. e custo de R\$ 3,00/km; e articulado de 18 m para 180 pass. e custo de R\$ 4,00/km. Determinar para esses três tipos de ônibus: a) frequência, *headway* e frota necessária; b) quilometragem diária percorrida supondo-se 19 h de operação; c) custo mensal de operação; d) tecnologia recomendada do ponto de vista econômico. *Observação:* Admitir, na solução, o emprego das frequências mínimas, mesmo que isso implique redução da velocidade comercial mediante paradas mais prolongadas dos veículos nos terminais de controle dos horários, localizados nos extremos da linha.
28. Considere a operação de um metrô com no máximo 10 carros, cada carro com lotação de 150 pass. O intervalo mínimo entre trens sucessivos (medido de para-choque traseiro a para-choque dianteiro) é de 60 s. O tempo de permanência nas estações é fixo e igual a 30 s. Admitir um fator de hora pico igual a 0,85. Pede-se determinar: a) a capacidade em trens/h; b) a capacidade em pass./h; c) o *headway* médio entre trens em segundos.
29. Refazer a Questão 28 supondo o seguinte: transporte por um sistema de pré-metrô com no máximo 5 carros com capacidade para 100 pass. e relação g/c igual a 0,6 no cruzamento semaforizado crítico.
30. Qual seria o aumento da capacidade de transporte de passageiros do sistema de pré-metrô da Questão 28 se a operação fosse em uma faixa especial sem cruzamentos?
31. Considere a operação com 3 ônibus em comboio em faixa segregada próxima ao canteiro central de uma via. Dados: capacidade dos ônibus = 100 pass.; fração do tempo verde do ciclo dos semáforos para os ônibus nos

cruzamentos com outras vias = 0,40; intervalo mínimo entre comboios (tempo de posicionamento dos comboios nos pontos após a partida do que está à frente):  $d = 20$  s; tempo médio de permanência nos pontos de embarque e desembarque:  $t = 40$  s; coeficiente de variação dos tempos de permanência nos pontos de parada:  $v = 0,30$ ; e fator de hora pico:  $FHP = 0,90$ . Considere que eventual formação de fila nas paradas não acarreta problemas graves. Pede-se determinar: a) a capacidade em comb./h/sent.; b) a capacidade em pass./h/sent.; c) o *headway* médio entre comboios em segundos.

32. Repetir a Questão 31 considerando os comboios divididos em dois grupos, parando em pontos alternados.
33. Repetir a Questão 31 no caso de os ônibus não estarem em comboio, mas os pontos de parada apresentarem três baias com entradas e saídas independentes.
34. Repetir a Questão 31 no caso de as três baias serem próximas e estarem dispostas de forma linear.



# PAGAMENTO DA PASSAGEM E CONTROLE DO ACESSO

## CAPÍTULO 10

Muitas cidades nos países em desenvolvimento ainda utilizam sistemas simples de pagamento e controle de acesso ao transporte público coletivo urbano; nos países desenvolvidos são utilizados sistemas modernos com tecnologia avançada. Aqui são discutidos os sistemas mais utilizados, desde os mais simples até os mais complexos.

### 10.1 PAGAMENTO DA PASSAGEM

O pagamento da passagem nos sistemas de transporte público pode ser feito no momento da viagem ou antecipadamente.

No pagamento realizado no momento da viagem, o dinheiro é dado a um funcionário que se encontra dentro do veículo (o próprio condutor ou o cobrador) ou posicionado na entrada de uma estação/terminal (bilheteiro), que faz o troco, quando necessário. Uma alternativa é a utilização de equipamentos eletrônicos que identificam moedas, sendo, nesse caso, o pagamento feito mediante a introdução de moedas numa ranhura do dispositivo; alguns equipamentos fazem inclusive troco, devolvendo moedas de menor valor. Uma opção pouco utilizada é a colocação de dinheiro através de uma ranhura num cofre situado ao lado do motorista – que realiza verificação grosseira –, mas, nesse caso, o valor pago tem de ser exato uma vez que não é feito troco.

O pagamento antecipado consiste na aquisição prévia de viagens mediante o fornecimento de comprovante: objeto físico, objeto físico com informações magnéticas gravadas ou informações gravadas em um cartão inteligente (com chip) de propriedade do usuário, que são utilizados no momento de acesso ao veículo ou à estação/terminal.

Em geral, os usuários que têm direito a desconto na tarifa devem comprar as viagens em locais específicos mediante a apresentação dos documentos comprobatórios pertinentes, para que as empresas e o poder público possam controlar a utilização dos benefícios, reduzindo a possibilidade do uso indevido.

Os comprovantes podem ser adquiridos mediante pagamento em dinheiro, Pix, cheque ou cartão de crédito, podendo estar à venda em diferentes

lugares: guichês em estações (terminais), estabelecimentos comerciais, nos próprios coletivos etc. Podem ser vendidos por funcionários ou adquiridos em máquinas automáticas mediante a introdução de dinheiro ou cartão de crédito.

Os principais tipos de comprovantes utilizados são os seguintes:

- ◆ Pedaco de papel comum ou de papel cartão, conhecido como bilhete, passe ou passagem.
- ◆ Ficha de plástico ou metálica, contendo uma porcentagem fixa de material magnético.
- ◆ Bilhete de papel cartão com informações gravadas numa tarja magnética.
- ◆ Cartão de plástico com chip (microcircuito integrado) no qual as informações são gravadas.
- ◆ Carteira de papel cartão plastificada com a foto do usuário.

O bilhete comum, também conhecido como passe ou passagem, deve ser entregue ao funcionário responsável pelo controle de acesso (cobrador, condutor ou bilheteiro da estação) ou, mais raramente, simplesmente depositado num cofre no momento em que o usuário ingressa no veículo ou na estação (terminal).

O bilhete magnético contém informações gravadas na tarja magnética, que são lidas por equipamento de leitura-escritura que também tem a capacidade de modificar ou gravar novas informações no mesmo. Dessa forma, é possível utilizar bilhetes com múltiplas viagens, bilhetes com validade no tempo, integração tarifária (tarifas reduzidas nos transbordos realizados dentro de um intervalo preestabelecido de tempo), tarifas diferenciadas nos diversos períodos do dia ou dias da semana, cobrança por distância percorrida, desde que o bilhete seja colocado na entrada e na saída de estações fechadas etc.

Em geral, o equipamento de leitura-escritura atua conectado a uma catraca, a qual é desbloqueada para permitir a passagem dos usuários após a introdução do bilhete magnético no dispositivo através de uma ranhura.

Há dois formatos básicos de bilhetes magnéticos: ISO (Internacional Standard Official) e Edmondson (em homenagem ao criador desse formato). O padrão Edmondson, por ter um custo menor, é o que tem sido mais utilizado.

A ficha plástica ou metálica contendo material magnético também deve ser introduzida em um equipamento que atua desbloqueando a catraca a ele conectada. O equipamento é projetado para reconhecer o formato da ficha e a porcentagem de material magnético. Evidentemente, o formato da ficha e o teor de material magnético variam de cidade para cidade, a fim de aumentar a segurança e, assim, evitar o uso fraudulento.

A ficha também pode ser utilizada como passe ou bilhete comum, ou seja, entregue ao responsável no momento da entrada no veículo ou na estação/terminal. Mesmo nesse caso, além do formato, é importante o emprego de material magnético para evitar fraudes – eventuais réplicas podem ser detectadas no processo de contagem das fichas em equipamento apropriado.

Uma das vantagens da ficha é que ela pode ser reutilizada. As desvantagens: não permite as operações oferecidas pelos cartões magnéticos e é mais fácil de ser reproduzida ilegalmente.

O cartão com chip (microcircuito integrado) no qual são gravadas as informações, também denominado de cartão inteligente, deve ser introduzido numa ranhura do validador para que a catraca seja liberada. Atualmente, a maioria dos cartões inteligentes sensibiliza o validador ao ser exibida a uma pequena distância do visor de leitura, razão pela qual esse cartão é denominado de cartão sem contato ou *contactless*. O cartão inteligente é projetado para ser recarregado.

O cartão inteligente apresenta um conjunto amplo de possibilidades de utilização, como segue:

- ◆ Identificação do usuário/proprietário.
- ◆ Permissão de uso do cartão de usuários com benefícios em horários ou quantidades predefinidos no tempo.
- ◆ Bloqueio automático de cartões perdidos ou roubados.
- ◆ Carregamento automático dos créditos de viagem nos cartões que são adquiridos pelas empresas para os seus funcionários (vale-transporte).
- ◆ Integração tarifária que permite continuar a viagem utilizando outros veículos sem novo pagamento.
- ◆ Impossibilidade de integração tarifária em alguns tipos de deslocamento para evitar o uso indevido desse benefício, como volta para a origem na mesma linha.
- ◆ Possibilidade de utilizar valores diferenciados de tarifas em distintos períodos do dia ou dias da semana, induzindo a um menor uso nos períodos de pico, em que a demanda é alta e faltam lugares, e a um maior uso nos dias e períodos em que a demanda é baixa e sobram lugares.
- ◆ Possibilidade de intercâmbio de informações entre os validadores e o computador central de controle em “tempo real”.
- ◆ Detecção automática das coordenadas geográficas onde o cartão foi utilizado, fornecendo informações valiosas para a caracterização da demanda.
- ◆ Controle automático da demanda por viagem, por veículo, por hora, por dia, por tipo de usuário etc.
- ◆ Permissão de utilização de biometria digital ou facial para maior controle etc.

Atualmente, a bilhetagem eletrônica tem evoluído para aceitar múltiplas formas de pagamento, como QRCode e cartões EMV e NFC, bem como permitir a integração com outros modais, como táxis, bicicletas alugadas etc.

A carteira de papel cartão plastificada com a foto do usuário é, em algumas cidades, fornecida às pessoas que podem utilizar gratuitamente o sistema ou que têm algum tipo de desconto na passagem, devendo ser apresentada quando o beneficiário ingressa no coletivo ou na estação/terminal.

Os passageiros que têm direito a desconto devem adquirir previamente a viagem/passagem, tendo de apresentar o documento identificador ao utilizar o sistema ou quando solicitado.

A Figura 10.1 mostra bilhete comum utilizado no transporte público; a Figura 10.2, bilhete magnético; a Figura 10.3, um tipo de ficha; e a Figura 10.4, cartão inteligente.



**Figura 10.1** Passe/bilhete utilizado no transporte coletivo por ônibus na cidade de São Carlos, Brasil. *Fonte:* Foto de Gerson Edson Toledo Piza (Juquita).



**Figura 10.2** Bilhete magnético utilizado no passado no metrô da Cidade do México, México. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 10.3** Ficha plástica utilizada no passado no metrô de Atlanta, Estados Unidos.  
*Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 10.4** Cartão inteligente utilizado no transporte coletivo da cidade de Matão, Brasil.  
*Fonte:* Foto feita pelos autores.

## 10.2 CONTROLE DE ACESSO

O controle de acesso ao sistema de transporte público é, em geral, realizado através de um dos seguintes modos:

- ◆ Simples atuação de funcionário.
- ◆ Atuação de funcionário com entrega ao usuário de comprovante do pagamento da passagem expedido por dispositivo apropriado.
- ◆ Atuação de funcionário e registro automático em equipamento (na maior parte dos sistemas, em catraca; em alguns poucos, com equipamento eletrônico colocado nas portas do coletivo).
- ◆ Desbloqueio automático de catraca mediante a introdução de bilhete magnético, ficha ou cartão inteligente na ranhura de equipamento eletrônico acoplado à roleta, ou simples exibição de cartão inteligente próximo ao visor do validador (tecnologia sem contato). Em sistemas mais modernos, também com cartão bancário ou smartphone com QR Code.

Em alguns países desenvolvidos, o controle de acesso ao sistema de transporte público (veículos e estações) não é realizado, havendo, no entanto, fiscalização aleatória com a aplicação de pesadas multas àqueles que não pagaram corretamente.

No caso da simples atuação de funcionário (motorista, cobrador ou bilheteiro), o mesmo permite o acesso ao coletivo ou à estação após o pagamento em dinheiro ou a entrega de comprovante de pagamento prévio.

Para eliminar/reduzir as fraudes que podem ocorrer no sistema com a simples atuação de funcionário, em algumas cidades é obrigatória a entrega aos usuários de comprovantes do pagamento com dinheiro ou bilhete comprado antecipadamente no momento da viagem. Os comprovantes são expedidos por equipamento apropriado, sendo o comprovante distinto conforme a categoria do usuário (normal, com benefício x, com benefício y etc.).

O mais usual, contudo, é controlar o número de pagantes através da detecção e registro dos passageiros em equipamentos mecânicos (catracas). Em algumas poucas cidades, o controle é realizado mediante registradores eletrônicos que utilizam sensores óticos colocados nas portas do coletivo.

O desbloqueio de catraca com o emprego de bilhete magnético, ficha ou cartão é denominado de bilhetagem automática, pois não necessita da atuação e da fiscalização de funcionários.

Há alguns validadores híbridos no mercado que permitem a utilização de dois ou mais tipos de comprovante, como também o pagamento com moedas (alguns devolvem inclusive troco).

Nas linhas de ônibus ou bonde com pequeno movimento, o controle de acesso, ou mesmo o recebimento do dinheiro, pode ser feito diretamente pelo condutor, com ou sem registro em catraca. Evidentemente, a não existência de catraca dá margem à fraude por parte dos condutores.

O sistema de pagamento aos motoristas, com ou sem catraca para controle, também é utilizado em alguns países, mesmo quando o movimento de passageiros é grande. Essa prática, no entanto, prejudica a segurança, pois sobrecarrega o condutor e reduz a velocidade operacional devido ao maior tempo de permanência dos coletivos nos pontos de parada.

Nas linhas de maior movimento são utilizados catracas e cobradores ou catracas acionadas automaticamente por validadores (bilhetagem automática).

No caso dos ônibus e bondes, mesmo com cobradores, é comum que as pessoas que têm documentos comprovando a isenção de pagamento (idosos, deficientes, funcionários da empresa operadora etc.) utilizem a porta da frente, exibindo o documento ao condutor sem passar pela catraca.

Quando a bilhetagem é feita fora dos veículos nas estações (terminais), também se pode controlar o acesso com a entrega do bilhete ao funcionário, passando ou não por catraca. O mais usual nesses casos, no entanto, é o emprego de catracas automáticas.

A bilhetagem automática nos coletivos apresenta menor custo e maior agilidade nas operações de embarque e desembarque.

O emprego de bilhetagem inteligente vem sendo cada vez maior no transporte coletivo urbano, sobretudo pelo melhor controle da arrecadação.

Ainda que algumas das características dos diversos equipamentos utilizados na cobrança e controle de acesso ao transporte público coletivo tenham sido mencionadas, a seguir são apresentados mais detalhes sobre cada um desses equipamentos.

### **10.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA COBRANÇA E CONTROLE DE ACESSO**

#### **Registrador mecânico de passageiros**

O registrador mecânico de passageiros é conhecido como catraca, roleta, borboleta ou torniquete. Trata-se de um dispositivo dotado de braços que giram quando os usuários passam por ele. O giro dos braços aciona um mecanismo que registra, em um mostrador, o total de passageiros que passaram. As catracas são utilizadas nos coletivos e nas estações (terminais).

Dois tipos básicos de catraca são utilizados. O primeiro é a catraca de três braços, que proporciona maior conforto aos passageiros por oferecer maior espaço de passagem. Por outro lado, possibilita o uso indevido, uma vez que passageiros muito magros podem passar pela mesma sem girar os braços do dispositivo. O segundo tipo é a catraca de quatro braços, que é menos confortável para as pessoas mais gordas, mas praticamente impede o uso indevido.

O registrador mecânico de passageiros fornece o total de passageiros por período, bastando calcular a diferença entre os valores indicados no mostrador. Essa informação é útil para o planejamento da operação e para o controle da arrecadação – que não é perfeito, por não diferenciar os distintos tipos de usuários: os que pagam tarifa integral e aqueles que têm algum tipo de benefício (desconto ou mesmo gratuidade).

Assim, se a cobrança é realizada pelos operadores (cobradores ou motoristas), não se eliminam as possibilidades de fraudes por parte dos funcionários, que podem retirar dinheiro ou bilhetes com tarifa integral e colocar bilhetes com benefícios em substituição; nem por parte dos usuários, que

podem utilizar bilhetes com benefícios mesmo que não seja seu direito (a obrigação de exibir documentos dificulta, mas não evita fraudes).

A catraca também não detecta fraudes no caso em que o usuário sobe e desce pela mesma porta, sem passar, portanto, pela mesma.

A catraca pode ser acoplada a um dispositivo eletrônico a bordo, para que este registre o horário da passagem dos usuários. Com isso se obtém automaticamente a variação da demanda ao longo do dia – informação bastante útil para a programação da operação. Nesse caso, os dados coletados podem ser transmitidos a um computador central no final da jornada de trabalho, por dispositivo eletrônico através de conexão física, ou durante o período de operação, através de ondas eletromagnéticas quando da passagem dos coletivos por locais onde existem receptores com antenas.

A Figura 10.5 mostra uma catraca de três braços em estação (terminal) de ônibus da cidade de León, México.



**Figura 10.5** Catraca com três braços num terminal de ônibus da cidade de León, México, acoplada a validador para cartão inteligente. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

## Registrador eletrônico de embarques e desembarques

Este equipamento consiste em sensores colocados nas portas dos coletivos para detectar a passagem dos usuários que estão acoplados a um dispositivo eletrônico a bordo para registrar o horário dos embarques e dos desembarques.

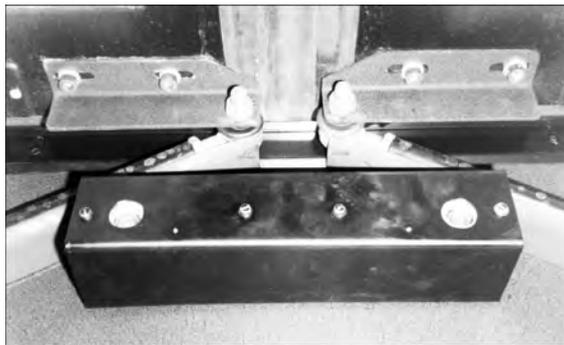
Assim, o dispositivo fornece o total de passageiros que passaram pelas portas nos diversos períodos do dia, como também a quantidade de passageiros que subiram ou desceram em cada parada e, portanto, a ocupação do veículo entre as paradas (por consequência, a ocupação máxima por viagem).

Esses dados são úteis no planejamento do serviço e no controle da arrecadação.

Em comparação com a catraca, apresenta a vantagem de não ocupar espaço no veículo, fato importante nos micro-ônibus, e de detectar os casos de embarque e desembarque pela mesma porta, informação útil no controle da arrecadação. Contudo, se a cobrança é realizada por operadores não se eliminam as possibilidades de fraudes por parte dos funcionários, que podem substituir dinheiro ou bilhetes normais por bilhetes com benefícios; nem por parte dos usuários, que podem utilizar bilhetes com benefícios mesmo que não seja seu direito (a obrigação de exibir documentos dificulta, mas não evita fraudes).

Os dados coletados podem ser transmitidos a um computador central no final da jornada de trabalho, por dispositivo eletrônico através de conexão física, ou durante o período de operação, através de ondas eletromagnéticas quando da passagem dos coletivos por locais onde existem receptores com antenas.

A Figura 10.6 mostra dispositivo sensor para detectar a entrada e saída de passageiros instalado na parte superior das portas de um ônibus na cidade de Malmo, Suécia.



**Figura 10.6** Dispositivo sensor instalado na parte superior das portas num ônibus em Malmo, Suécia. *Fonte:* Foto feita pelo prof. Sverker Almquist.

### **Emissor de comprovante de pagamento**

Consiste em um dispositivo que faz a emissão de comprovantes de pagamento aos usuários, registrando a operação. O comprovante é distinto conforme a categoria do usuário (normal, com benefício x, com benefício y etc.).

Atua no sentido de diminuir fraudes por parte do operador, quando não se utiliza catraca ou registrador eletrônico de passageiros na porta de embarque, pois a fiscalização passa a ser feita de forma automática – só existe fraude se o usuário pactuar com a ação, não exigindo o comprovante.

Fornece o horário de pagamento de cada passageiro e, assim, a demanda total por período do dia – informação útil para o controle da arrecadação e planejamento do serviço.

### **Cobrador automático com bilhete magnético**

Trata-se de um equipamento de leitura-escritura magnética, denominado de validador, que faz a leitura de informações magnéticas gravadas usualmente num bilhete de papel cartão e tem a capacidade de modificar ou gravar novas informações no bilhete, oferecendo diversas possibilidades de utilização.

O pagamento/cobrança da passagem ocorre mediante a introdução do bilhete numa ranhura do validador. Em geral, o validador é acoplado a uma catraca, que é desbloqueada após a introdução do bilhete. Também pode atuar sem catraca, conectado a um alarme que emite som e acende luzes.

Como armazena informações sobre o horário de passagem dos usuários, disponibiliza dados sobre a distribuição da demanda no tempo, que são úteis no planejamento do serviço e no controle da arrecadação.

As principais vantagens em comparação com o pagamento feito a operadores são: impossibilidade de fraudes (os operadores não têm acesso ao dinheiro), maior agilidade nas operações de embarque, possibilidade de utilização do mesmo bilhete em múltiplas viagens e possibilidade de integração tarifária.

Existem dispositivos híbridos, que, além do bilhete com tarja magnética, aceitam moedas no pagamento da passagem de uma viagem simples (alguns tipos fazem inclusive troco).

### **Cobrador automático com cartão inteligente**

Este sistema emprega validadores (microprocessadores) e cartões inteligentes que possuem microcircuitos (chips) no seu interior, com grande capacidade de armazenar informações, e, por isso, oferece diversas possibilidades de utilização.

O acionamento do validador pode ser com contato (com a introdução do cartão em uma ranhura) ou sem contato (com a simples exibição do cartão a uma distância pequena da leitora ótica do validador). Neste último caso, a operação de pagamento/cobrança é mais rápida.

A Figura 10.7 mostra o conjunto catraca/validador para uso de cartões inteligentes, no interior de um ônibus na cidade de Matão, Brasil.



**Figura 10.7** Conjunto validador/catraca para cartão inteligente em ônibus na cidade de Matão, Brasil. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

O emprego da bilhetagem inteligente é hoje massivo no transporte público coletivo urbano, em razão dos grandes benefícios que proporciona, em particular o melhor controle da arrecadação. Algumas cidades brasileiras conseguiram aumento significativo da arrecadação com a utilização de bilhetagem inteligente e um controle mais rigoroso da venda de passagens com benefícios – em algumas cidades, o aumento chegou a ser superior a 10%.

#### 10.4 QUESTÕES

1. Como pode ser feito o pagamento da passagem no momento da viagem?
2. Quais os tipos mais comuns de comprovantes do pagamento antecipado da passagem?
3. Citar e comentar as formas usuais de controle do uso do serviço de transporte coletivo urbano.
4. Quais as vantagens da bilhetagem automática?
5. Quais os principais equipamentos utilizados na cobrança e/ou controle de acesso ao serviço de transporte coletivo urbano? Discorrer sucintamente sobre cada um deles.



## 11.1 INTRODUÇÃO

A operação do transporte público coletivo urbano envolve, basicamente, a condução dos veículos pelos itinerários das linhas nos horários programados, com paradas para embarque e desembarque de passageiros nos pontos ou estações/terminais, a cobrança pelo serviço, que pode ser realizada no interior dos coletivos ou na entrada das estações, e a venda de passagens/viagens.

Os objetivos do controle da operação são os seguintes: fazer com que as viagens sejam realizadas nos horários programados; fazer com que não haja fraudes no recebimento/pagamento da passagem (por parte dos operadores e dos usuários); fazer com que os operadores tenham comportamento adequado no que refere à segurança e comodidade do transporte, tratamento dos usuários e honestidade na cobrança pelo serviço; coletar dados e informações sobre a operação (demanda, oferta etc.) para checar o cumprimento da programação operacional e fazer o planejamento do serviço, de modo a não ter excesso de lotação dos coletivos que comprometa a qualidade nem baixa ocupação que comprometa a eficiência; e, em alguns casos, regular a oferta com uma programação em tempo real (*on-line*).

Para a realização desse elenco de atividades que compõem o controle da operação, é necessário utilizar funcionários, genericamente denominados de fiscais, e contar com o apoio de tecnologias adequadas.

## 11.2 TRABALHO DOS FISCAIS

Uma das atribuições dos fiscais é a verificação do comportamento dos motoristas e cobradores.

No caso dos motoristas, o fiscal deve checar os seguintes principais pontos:

- ◆ Condução dos veículos: dirigir com cuidado, praticar as regras de direção defensiva e respeitar os limites de velocidade, aceleração e desaceleração.

- ◆ Fechamento das portas: fechar todas as portas antes de partir de cada parada e verificar se todos os usuários já embarcaram e desembarcaram antes de fechá-las, evitando que fiquem presos nas mesmas.
- ◆ Tratamento aos usuários: tratar os usuários com atenção e respeito, fornecendo informações quando solicitadas.
- ◆ Postura pessoal: trajar roupa limpa e adequada ao trabalho (uniforme, se for o caso), manter boa higiene pessoal, não utilizar linguagem inadequada etc.
- ◆ Honestidade: proceder de maneira honesta na cobrança da passagem, não permitir o uso indevido do transporte público etc.

No caso dos cobradores, a fiscalização deve verificar os mesmos aspectos relativos aos condutores, exceto no que diz respeito à maneira de dirigir.

Também é de responsabilidade dos fiscais tomar as providências necessárias no caso de acidentes ou incidentes com os veículos durante a operação, providenciando a substituição de operadores (motoristas ou cobradores) que estão com problemas, substituindo carros avariados, acompanhando a polícia na elaboração de boletins de ocorrência no caso de incidentes/acidentes graves, elaborando relatórios sobre as anormalidades ocorridas na operação etc.

Muitas vezes, faz parte do trabalho dos fiscais realizar o controle da programação operacional. Para isso, eles se posicionam em locais onde passam várias linhas e, no caso de atraso significativo de algum coletivo, podem determinar ao condutor que não recolha passageiros durante certo tempo para recuperar o atraso, ou mesmo passar os passageiros para o veículo que vem atrás e suprimir parte do itinerário do coletivo que está atrasado para que ele possa voltar a circular dentro do horário programado.

Quando a operação da linha está baseada na liberação dos coletivos de um terminal ou base de operação (local para onde os veículos se dirigem após completarem as viagens), alguns funcionários ficam nesse local liberando os veículos de acordo com a programação operacional preestabelecida. Esses funcionários são conhecidos como despachantes.

No caso de defeito dos veículos durante a operação, os condutores devem, por rádio ou telefone celular, avisar a central de operações ou a garagem da empresa do ocorrido, para que sejam tomadas as providências pertinentes: consertar o veículo num dos pontos terminais onde é realizado o controle dos horários, se o defeito for leve e o coletivo puder continuar em operação; consertar o veículo no próprio local onde apresentou o defeito, se este for grave, colocando outro coletivo para substituí-lo; ou, ainda, substituir o coletivo com problemas e rebocá-lo para a garagem, se o defeito for muito grave. Todas essas operações são geridas pelos fiscais.

Apesar de rudimentar, o controle da operação do transporte coletivo por ônibus baseado apenas em fiscais é utilizado em muitas cidades dos países com menor nível de desenvolvimento.

### 11.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Muitas tecnologias simples são utilizados no controle da operação do transporte público coletivo urbano. Tecnologias mais complexas são empregadas nas cidades maiores dos países desenvolvidos. As tecnologias mais sofisticadas são mais frequentes nos modos metrô, VLT, trem urbano, BRT etc.

Os principais tipos de tecnologia empregados no controle da operação do transporte público coletivo urbano são descritos a seguir. Os equipamentos utilizados no sistema de cobrança/pagamento da passagem já foram abordados no Capítulo 10.

#### Radiocomunicador

Os rádios são instalados nos coletivos para permitir a comunicação imediata entre os condutores e a central de controle operacional (CCO); também entre a CCO e as garagens das empresas operadoras.

Dessa forma, o condutor do coletivo pode avisar rapidamente a central de controle acerca de qualquer incidente que impeça a realização da viagem no horário programado, para que esta tome as providências pertinentes: colocação de outro veículo em operação para substituir o coletivo que está atrasado ou parado devido a defeito, envio de uma unidade de manutenção até o lugar onde se encontra o coletivo, aviso à polícia para comparecer ao local etc.

Por outro lado, a central pode comunicar os operadores sobre eventuais problemas no sistema viário ou de outra natureza que exigem modificações da operação ou outras ações.

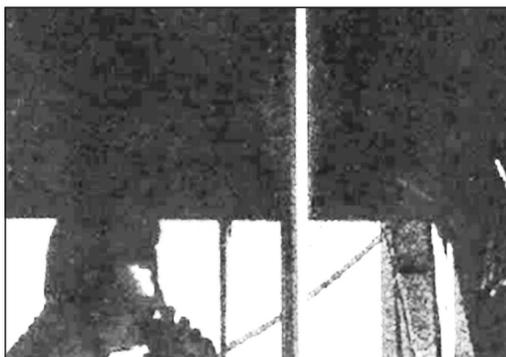
É comum o sistema possuir um alarme automático que pode ser acionado de forma camuflada pelos condutores dos coletivos no caso de assalto ou outro ato de violência. Em algumas cidades, além de estar conectado com a central de operação, o sistema de alarme conecta-se diretamente com a polícia.

Com sistema de comunicação por rádio, o controle dos horários é, em princípio, realizado automaticamente, pois os condutores devem avisar imediatamente a central de operações no caso de atrasos, defeitos ou outros incidentes que obrigam a interrupção da viagem.

Quando existe sistema de comunicação por rádio nos coletivos, os fiscais trabalham com rádios móveis para agilizar suas ações no caso da ocorrência de incidentes ou acidentes.

O controle da operação com o emprego de comunicação por rádio ou telefone nos coletivos aumenta bastante a confiabilidade e a pontualidade do sistema de transporte público urbano.

A Figura 11.1 mostra aparelho de rádio instalado em um coletivo e a Figura 11.2 uma visão geral da central de controle operacional localizada na estação central de integração física e tarifária de uma cidade.



**Figura 11.1** Aparelho de radiocomunicação no interior de um ônibus. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 11.2** Vista da central de controle operacional de uma cidade. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

### Identificador de coletivos

Trata-se de um equipamento constituído de dispositivo emissor de onda eletromagnética colocado no interior dos veículos de transporte público e de dispositivos receptores móveis que são colocados ao lado das vias.

O sinal eletromagnético emitido pelos dispositivos emissores é diferente para cada veículo, permitindo, dessa forma, identificar as unidades de trans-

porte público irregulares (clandestinas, com algum tipo de débito com o órgão público gestor etc.).

## Registrador de passagem de coletivos

O equipamento consiste em sensores para detectar a passagem dos coletivos que são acoplados a dispositivos eletrônicos que armazenam os horários de passagem. O equipamento é instalado em locais estratégicos localizados ao longo do percurso (estações, terminais e outros pontos).

As informações armazenadas podem ser transmitidas para um computador central depois da operação ou imediatamente. Essas informações permitem fazer o controle da operação dos coletivos, pois possibilitam comparar a programação prevista com a realizada.

Se a informação da passagem do coletivo é transmitida imediatamente para um computador na central de controle operacional (CCO), é possível fazer o monitoramento da operação em tempo real, inclusive visualizar a posição real e prevista dos coletivos de cada linha em um monitor ou tela.

Se houver comunicação por rádio entre os coletivos e a central de operação, esta pode orientar os condutores sobre atrasos ou adiantamentos exagerados e dar instruções de como proceder para corrigir o problema.

Sistemas de rastreamento dos coletivos com indicação da posição em painel ou tela de computador são comuns no caso do transporte sobre trilhos (metrô, VLT e trem urbano) e BRT.

## Rastreador de coletivos por satélite

O sistema GPS (*Global Positioning System*) permite o rastreamento dos coletivos por satélite. O equipamento colocado a bordo do coletivo é constituído, basicamente, de três componentes: uma antena receptora de ondas eletromagnéticas emitidas por satélites especiais que orbitam em torno da Terra, um dispositivo que processa as informações recebidas, determinando a posição do veículo (latitude e longitude), e outro dispositivo que armazena os dados do par posição x horário.

Se os dados são transmitidos em tempo real (*on-line*) para o computador central de controle, é possível monitorar a operação em tempo real visualizando a posição real e prevista dos coletivos de cada linha em um monitor ou tela.

Se existir comunicação por rádio ou celular entre os coletivos e a central de operação, esta pode orientar os condutores sobre atrasos ou adiantamentos exagerados e dar instruções de como proceder para corrigir o problema.

Em comparação com o sistema de identificação da passagem dos coletivos por locais predeterminados, a vantagem é que o acompanhamento da movimentação é contínuo.

A utilização dessa tecnologia associada com a tecnologia de registro automático de embarque e desembarque permite obter o número de embarques e desembarques em cada ponto e, em consequência, a lotação dos coletivos entre os pontos de parada em todas as viagens. Essa informação, conforme visto, é de grande utilidade na elaboração da programação operacional das linhas.

## **Registrador do comportamento do condutor e do veículo**

O equipamento consiste em um pequeno computador colocado a bordo do coletivo e que é acoplado por cabos a sensores já existentes no veículo, ou a outros sensores específicos, que armazenam ao longo do tempo informações sobre o comportamento de parâmetros importantes, tais como: velocidade, temperatura do motor, consumo de combustível, aceleração, quilometragem percorrida, pressão do óleo, abertura das portas etc.

Os dados compilados são transmitidos para um computador central e analisados para saber do ocorrido durante toda a operação, propiciando, dessa maneira, o controle do comportamento dos condutores e do veículo e, com base nas conclusões da análise, capacitar melhor os condutores, corrigir problemas na manutenção dos veículos etc.

Em geral, o computador de bordo também atua em tempo real, disparando um alarme de advertência com sinal sonoro e luminoso quando ocorrem problemas, tais como: velocidade acima do limite permitido, temperatura inadequada do motor, existência de portas abertas com o veículo em movimento etc. Alguns dispositivos podem, inclusive, bloquear a partida com portas abertas, a saída com marcha inadequada etc.

O exemplo mais simples desse dispositivo é o tacógrafo, que registra automaticamente a velocidade dos coletivos e é empregado com o propósito de obrigar os motoristas a manter a velocidade dos coletivos dentro dos limites estabelecidos, aumentando, assim, a segurança.

## **Registrador de viagens**

Trata-se de um pequeno dispositivo colocado no painel do veículo para ser acionado pelos condutores sempre que vão iniciar as viagens, de maneira a registrar os horários de início e término das viagens. As informações são transmitidas a um computador central após a operação ou durante a mesma (em geral, quando os veículos passam por locais onde há dispositivos receptores com antenas).

Os dados servem para comparar a programação de viagens prevista com a programação efetivamente realizada.

## **Comunicador com os usuários**

O sistema consiste em computadores programados para divulgar mensagens de voz anteriormente gravadas utilizando alto-falantes e/ou mensagens escritas anteriormente gravadas utilizando telas ou monitores. A divulgação pode ser programada para ser feita em determinados horários ou no momento em que recebe um sinal externo.

Os computadores, os monitores (telas) e/ou alto-falantes podem ser instalados em estações (terminais), pontos de parada e no interior dos coletivos.

A divulgação das mensagens em horários predefinidos constitui um sistema estático, que transmite informações incorretas quando há problemas de atraso dos coletivos.

Em um sistema dinâmico, a divulgação das mensagens é realizada somente depois que o computador recebe um sinal externo enviado pelo computador central que monitora a posição dos coletivos via GPS ou dispositivos detectores da passagem dos coletivos em determinados locais.

No interior dos coletivos, a informação comumente divulgada é o nome da próxima parada; já nas estações e pontos de parada, divulga-se o tempo que o coletivo de determinada linha vai demorar para chegar ou se já está chegando.

O uso dessa tecnologia é relativamente comum nos modos metrô, VLT, trem urbano e BRT. O emprego em linhas de ônibus comuns ainda é restrito a algumas cidades dos países desenvolvidos.

O objetivo da comunicação em tempo real com os usuários é fornecer informações que lhes tragam segurança e comodidade na utilização do transporte público.

## **Acionador de semáforo**

O sistema consiste na detecção do coletivo a uma certa distância do semáforo e na transmissão da informação para o controlador semaforico, que atua no sentido de manter a luz verde ou alterar a luz para verde na via por onde estiver vindo o coletivo.

A preferência ao transporte coletivo nos semáforos é fundamental no caso dos sistemas BRT e VLT.

## Vigiador de locais, vias e interior de coletivos

O sistema consiste em câmeras de vídeo para monitorar estações, terminais, vias separadas de transporte público e interiores de coletivos, com as imagens sendo gravadas e enviadas para uma sala de segurança central na qual operadores capacitados fazem a vigilância e tomam as providências necessárias no caso de problemas.

As imagens gravadas podem ser utilizadas para muitos propósitos: multar os veículos que invadem as faixas exclusivas dos coletivos, identificar os autores de delitos etc.

A simples presença de câmeras de vídeo atua como um inibidor dos delitos.

## Tecnologias integradas

Diversos tipos de tecnologia podem ser integrados num único sistema, utilizando um computador de bordo com múltiplas funções. Assim, por exemplo, é possível integrar as seguintes tecnologias: cobrador automático com cartão inteligente, rastreador de coletivos por satélite, registrador eletrônico de embarque e desembarque, registrador de viagens, registrador do comportamento dos condutores e dos coletivos etc.

A Figura 11.3 mostra um computador de bordo com múltiplas funções utilizado num ônibus na cidade de Malmo, Suécia.



**Figura 11.3** Computador de bordo com múltiplas funções num ônibus em Malmo, Suécia.  
*Fonte:* Foto feita pelo prof. Sverker Almqvist.

## 11.4 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Muitas das tecnologias utilizadas no controle da operação do transporte coletivo urbano fazem parte do universo de tecnologias denominado Sistemas Inteligentes de Transporte (*Intelligent Transportation System – ITS*).

A denominação genérica Sistemas Inteligentes de Transporte é empregada para designar o conjunto de tecnologias oriundas das aplicações da telemática nos veículos e nos sistemas de transportes. A palavra *telemática* deriva da junção das palavras *telecomunicação* e *informática*, e é utilizada de forma abrangente, isto é, contemplando os equipamentos e os programas de compilação, processamento, transmissão de informações e lógica de decisão.

O objetivo dos sistemas ITS utilizados nos sistemas de transporte é atuar de forma direta e efetiva no aumento da segurança, melhoria do controle da operação, redução de atrasos, aumento da produtividade etc.

Na operação dos sistemas inteligentes de transporte são realizadas as seguintes principais atividades: coleta, compilação, processamento e transmissão das informações.

A coleta das informações é realizada através de sensores que detectam veículos, pessoas etc. utilizando princípios da Física, em particular da Eletricidade, Ótica e Eletromagnetismo. Os tipos mais comuns de detecção são os seguintes: laços eletromagnéticos, ondas eletromagnéticas (ondas de rádio, ondas infravermelhas etc.) e câmeras de vídeo.

No caso do laço indutivo, um circuito elétrico formado por cabos colocados em uma pequena ranhura da via é percorrido por uma corrente elétrica de baixíssima intensidade (gerada por uma fonte de energia retirada da rede elétrica normal ou de baterias) e, assim, cria um campo magnético no seu entorno. A passagem da massa metálica do veículo modifica o campo magnético e provoca uma alteração no valor da corrente elétrica que percorre o circuito, a qual é detectada e registrada em um dispositivo eletrônico. Conforme as características do veículo, a alteração do valor da corrente elétrica é diferente, o que permite programar o dispositivo para detectar apenas os tipos de veículos que interessam.

No caso das ondas eletromagnéticas, é colocada no interior dos veículos uma fonte de energia elétrica que aciona um dispositivo eletrônico emissor de ondas eletromagnéticas com determinadas características (as ondas são geradas por pulsos elétricos em microcircuitos e suas características podem variar de maneira infinita), que é detectada e registrada por um dispositivo eletrônico receptor, colocado ao lado da via, quando o veículo está bastante próximo. Também é possível ter o emissor fora e o receptor dentro do veículo, o que permite ao dispositivo que está no interior do veículo detectar e

registrar a passagem por determinado local. Ainda podem ser utilizados os seguintes outros sistemas: um dispositivo eletrônico detecta e registra alterações nas ondas eletromagnéticas devido à modificação no campo magnético próximo provocado pela simples presença do veículo ou pessoa; e um dispositivo eletrônico receptor detecta e registra a interrupção de ondas eletromagnéticas pela interposição do veículo ou passageiro entre ele e o dispositivo emissor.

No caso das câmeras de vídeo, as imagens são processadas e interpretadas em tempo real por computadores que detectam a passagem de veículos/pessoas.

A compilação consiste na armazenagem adequada das informações num dispositivo eletrônico acoplado aos sensores para que elas possam ser utilizadas.

O processamento consiste na organização das informações e na realização das operações de lógica visando à escolha da ação a ser tomada – atividades realizadas por computadores.

A transmissão de informações de um dispositivo eletrônico para outro pode ser realizada basicamente de três maneiras:

- ◆ Por intermédio de ondas eletromagnéticas que se deslocam através de cabos elétricos, usualmente de fibra ótica.
- ◆ Através de ondas eletromagnéticas que se deslocam pelo ar (transmissão sem contato físico).
- ◆ Mediante a gravação das informações do dispositivo de origem para um dispositivo auxiliar que depois é deslocado para passar essas informações ao dispositivo de destino. O dispositivo auxiliar pode ser um disquete, disco compacto ou microcoletor com microcircuitos integrados (chips).

Exemplos de sistemas inteligentes de transporte utilizados no transporte coletivo urbano: armazenamento de créditos e pagamento de viagens com a utilização de cartões inteligentes (com chip) e validadores (microprocessadores) acoplados às catracas (o que permite inclusive a integração tarifária), rastreamento da posição dos veículos por satélite utilizando GPS (*Global Positioning System*), comunicação em tempo real com os usuários informando horários, rotas etc. mediante aplicativo para celular, acionamento de semáforos à distância para abrir o verde para o coletivo que se aproxima, compra de créditos de viagens para os cartões inteligentes utilizando aplicativo de celular etc.

## 11.5 QUESTÕES

1. Quais as atividades básicas realizadas na operação do transporte público coletivo urbano?
2. Quais os objetivos do controle da operação no transporte público urbano?
3. Quais os recursos utilizados no controle da operação?
4. No que consiste o trabalho dos fiscais?
5. Citar os principais tipos de tecnologia utilizados no controle da operação dos coletivos.
6. Descrever sucintamente cada um dos tipos de tecnologia citados na questão anterior.
7. Qual o significado de tecnologias integradas no controle da operação do transporte coletivo urbano?
8. Em que modos de transporte coletivo urbano são utilizadas as tecnologias mais complexas?
9. Como é realizado o controle da operação do transporte público por ônibus na maior parte das cidades dos países não desenvolvidos?
10. Discorrer sobre Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)?
11. Quais as principais atividades realizadas na operação dos ITS? Comentar cada uma dessas atividades.



## 12.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para completa caracterização do sistema de transporte público coletivo urbano de uma cidade são necessários diversos levantamentos e pesquisas. O vocábulo *levantamento* é empregado neste texto como sinônimo do trabalho para obter informações mediante consulta ao acervo de órgãos e empresas e a profissionais que trabalham na área, bem como a utilização de técnicas de engenharia apropriadas. O termo *pesquisa* é utilizado para designar o trabalho de coleta de informações ou dados por meio de procedimentos sistematizados empregando pessoas treinadas (pesquisadores).

Os principais levantamentos para caracterizar o sistema de transporte coletivo de uma cidade envolvem inventariar características gerais da cidade e do sistema de transporte público coletivo urbano.

Quanto às características gerais da cidade, devem ser obtidas as seguintes principais informações: dados e indicadores econômicos; população atual e taxa de crescimento; frota de veículos por tipo atual e taxa de crescimento; modos de transporte utilizados na cidade; órgãos responsáveis pelo planejamento e pela gestão do sistema de transporte; cadastro do sistema viário principal; mapa da ocupação e uso do solo etc.

No tocante ao transporte público coletivo urbano são relevantes as seguintes informações: legislação municipal relativa ao transporte público; política tarifária; empresas operadoras; situação legal das empresas operadoras (prazo de concessão ou permissão etc.); localização das garagens; tipo, quantidade e estado dos coletivos; mapa com as linhas, estações e pontos terminais onde são controlados os horários; programação operacional das linhas; avaliação da acessibilidade à rede de transporte público; localização e características dos pontos de parada e estações/terminais; segurança no transporte coletivo; desempenho do pessoal de operação; nível de produtividade e qualidade do serviço de manutenção da frota etc.

As principais pesquisas a ser realizadas são: obtenção da matriz origem-destino das viagens por transporte coletivo; lotação dos coletivos ao longo das linhas; variação da demanda ao longo do dia; confiabilidade e pontualidade no cumprimento dos horários; demanda e quilometragem nos dias típicos; opinião dos usuários sobre o transporte coletivo etc.

A caracterização do transporte público urbano de uma cidade e do contexto em que se insere é necessária para analisar a eficiência e a qualidade do sistema, visando à elaboração de planos de ação de curto, médio e longo prazos com o objetivo de melhorar o transporte. Os planos de longo prazo envolvem obras de grande porte, como, por exemplo, a implantação de um novo modo de transporte sobre trilhos, o qual exige a construção de vias e estações. Os planos de médio prazo contemplam obras menores, como a construção de estações (terminais), a implantação de faixas segregadas ou exclusivas, a renovação da frota etc. Os planos de curto prazo tratam de ações que não envolvem obras, como modificações nos itinerários e horários das linhas, melhoria na sinalização dos pontos de parada, implantação de abrigos nos pontos etc.

## **12.2 PRINCIPAIS LEVANTAMENTOS**

### **Levantamento geral da cidade e do sistema de transporte**

O objetivo deste levantamento é reunir informações visando à caracterização geral da cidade e do seu sistema de transporte. A obtenção dessas informações é feita mediante consulta a órgãos públicos, órgãos de gerência do transporte urbano, empresas operadoras, profissionais que trabalham na área e levantamentos de campo.

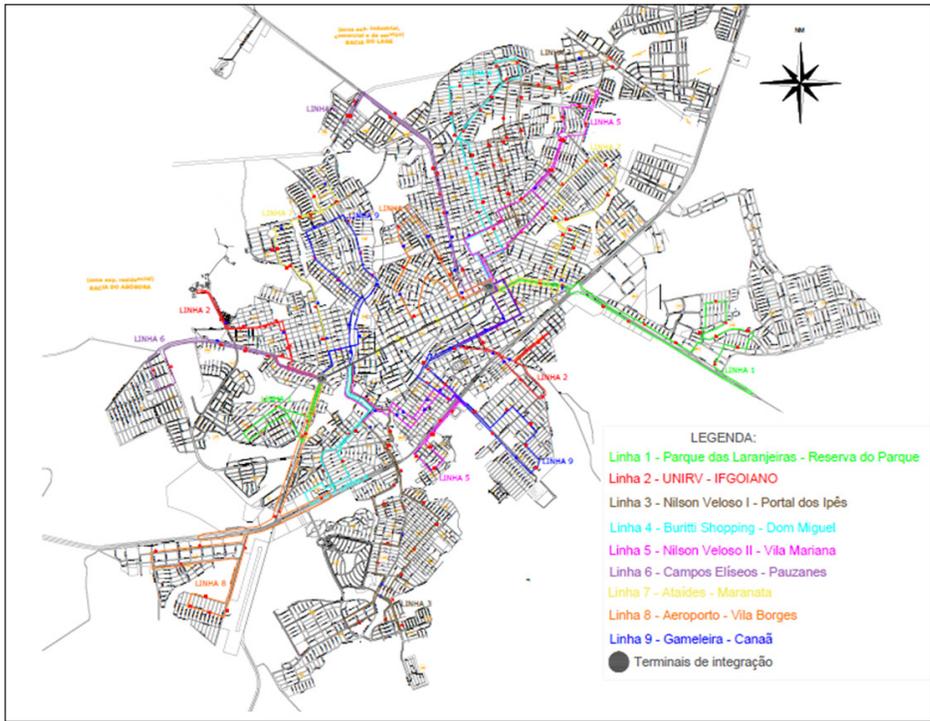
As principais informações a ser obtidas já foram relacionadas no item anterior e devem ser reunidas em mapas e relatórios técnicos. A seguir é detalhada a forma de obtenção de algumas delas.

### **Levantamento da rede de linhas e estações/terminais**

Este levantamento consiste na identificação dos itinerários de todas as linhas de transporte coletivo e na localização das estações/terminais de embarque, desembarque e transbordo e dos pontos terminais das linhas onde são realizados os controles dos horários.

Essas informações devem ser colocadas em mapas para permitir uma visão espacial clara de cada linha, do conjunto de linhas e da localização dos pontos terminais e das estações/terminais.

A Figura 12.1 mostra o mapa com as linhas de transporte coletivo por ônibus e a localização dos terminais de integração física (onde são controlados os horários das linhas) na cidade de Rio Verde, Brasil.



**Figura 12.1** Mapa com a rede de linhas e os terminais de integração da cidade de Rio Verde, Brasil. *Fonte:* FIPAI (2022).

## Levantamento da programação operacional das linhas

O levantamento da programação operacional de cada linha visa obter as seguintes características principais: extensão dos percursos em cada sentido e total; tempo gasto nas viagens e nos pontos terminais; número de veículos (frota) em operação nos diversos dias típicos (útil, sábado, domingo e feriado) e períodos (pico, normal, durante o dia, à noite etc.); horários de partida ou intervalos entre partidas nos pontos terminais; horários de saída e retorno da garagem; percursos entre a garagem e os locais de início e fim da jornada de trabalho; frequências de atendimento; quilometragens total, efetiva e ociosa; velocidades operacional e comercial etc.

Essas informações devem ser sistematizadas e reunidas em tabelas e gráficos, de maneira a fornecer uma visão clara e concisa dos diversos aspectos operacionais do sistema de transporte coletivo urbano da cidade.

Na Tabela 12.1 estão reunidos os principais parâmetros da programação operacional das linhas de transporte coletivo por ônibus da cidade de Rio Verde, Brasil.

**Tabela 12.1** Programa sintético de operação do transporte coletivo de Rio Verde, Brasil.

	Número e nome da linha	Extensão (km)	Velocidade (km/h)	Tempo ciclo (min)	Todos os períodos	
					Número de ônibus	Intervalo (min.)
1	Laranjeiras – Reserva do Parque	27,4	15,22	108	2	54
2	UNIRV – IF Goiano	22,0	14,67	90	2	45
3	Nilson Veloso I – Portal dos Ipês	39,1	16,29	144	3	48
4	Buriti Shopping – Dom Miguel	27,1	15,34	106	2	53
5	Nilson Veloso II – Vila Mariana	29,3	15,42	114	2	57
6	Campos Elíseos – Pauzanes	25,9	15,24	102	2	51
7	Ataídes – Maranata	26,8	15,17	106	2	53
8	Aeroporto – Vila Borges	35,5	16,14	132	3	44
9	Gameleira – Canaã	23,3	14,87	94	2	47
–	Total/Média	256,40/ 28,49	15,37	110,67	20	51,93

Fonte: FIPAI (2022).

## Levantamento da acessibilidade à rede de transporte coletivo

O objetivo deste levantamento é caracterizar a acessibilidade das áreas habitadas e dos polos de atração de demanda à rede de transporte público.

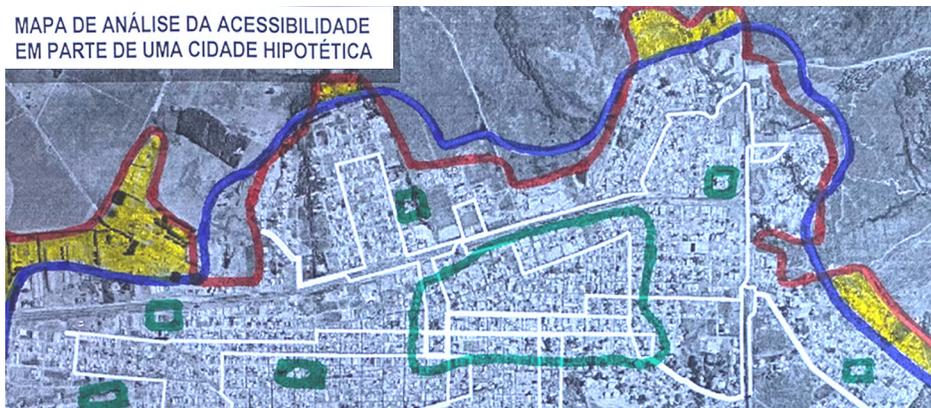
Inicialmente, é necessário fazer o mapeamento atualizado das características de ocupação e uso do solo na cidade. A escala ideal para esse mapa é de 1:10.000, embora seja possível trabalhar com escalas de até 1:20.000. As informações necessárias para o mapeamento podem ser obtidas em fotos feitas por satélites disponíveis no Google (Google Earth e Google Maps), complementadas com verificações de campo e/ou fotos/vídeos feitos com drones. Assim é possível mapear a ocupação e o uso do solo na cidade, com a localização das áreas habitadas e dos principais polos de atração de viagens, bem como identificar as áreas não ocupáveis (córregos e suas margens, reservas florestais, represas, faixas de proteção de torres de transmissão de energia elétrica, terrenos com elevada declividade etc.).

Em um estudo detalhado da ocupação do solo, as áreas loteadas podem ser classificadas, por exemplo, em quatro níveis: bem adensadas (taxa de ocupação

dos lotes entre 70% e 100%), medianamente adensadas (entre 40% e 70%), pouco adensadas (entre 10% e 40%) e muito pouco adensadas (entre 0% e 10%).

Sobre o mapa de ocupação e uso do solo devem ser lançadas as linhas de transporte coletivo. Admitindo-se como aceitável a acessibilidade até uma distância preestabelecida medida perpendicularmente às linhas, é possível identificar as áreas habitadas e os polos de atração com acessibilidade insatisfatória à rede de transporte pública (vazios de transporte), bem como as regiões não loteadas, ou pouco ocupadas, localizadas no interior das regiões onde o atendimento é satisfatório.

Na Figura 12.2 é mostrado o resultado de análise sintética da acessibilidade à rede de transporte coletivo de parte de uma cidade hipotética.



*Notas:* A linha vermelha indica o limite de ocupação do solo na cidade; a linha verde delimita os principais polos de atração de viagens (o maior corresponde à região comercial central); a linha branca corresponde à rede de linhas de ônibus; a linha azul foi traçada a 400 metros da linha de ônibus mais próxima na perpendicular e indica o limite até onde a acessibilidade é considerada satisfatória; a cor amarela sinaliza as áreas onde a acessibilidade é, em princípio, insatisfatória (se situam a mais de 400 metros da rede de linhas).

**Figura 12.2** Análise da acessibilidade à rede de transporte coletivo de parte de uma cidade hipotética. *Fonte:* FIPAI (2022).

É possível fazer um estudo ainda mais detalhado da acessibilidade à rede de transporte público urbano, com a desagregação das regiões segundo o critério de acessibilidade boa, regular e ruim, seguindo, por exemplo, os padrões de qualidade propostos no Capítulo 5.

O mapeamento da acessibilidade e os dados obtidos são fundamentais para a elaboração de um plano de racionalização da rede de transporte público: alterações em itinerários de linhas existentes ou criação de novas linhas, visando melhorar a acessibilidade e evitar a superposição desnecessária de itinerários – o que prejudica a eficiência.

Essas informações também são úteis na definição das diretrizes da ocupação e do uso do solo na cidade.

Em um estudo detalhado, com base no padrão de adensamento (densidade) das diversas zonas da cidade, é possível avaliar o número e o percentual de moradores com acessibilidade insatisfatória, bem como a quantidade de habitantes que poderia ser colocada em áreas não totalmente adensadas e que apresentam acessibilidade satisfatória por transporte público.

Na Tabela 12.2 são mostrados os valores obtidos em estudo de acessibilidade ao transporte coletivo na cidade de São Carlos.

**Tabela 12.2** Dados sobre a acessibilidade à rede de transporte coletivo na cidade de São Carlos.

<b>Características das áreas</b>	<b>Área (hectare)</b>	<b>População (habitantes)</b>
Bem adensadas	1.225,28/3,20	112.728/295
Medianamente adensadas	360,40/9,80	21.624/588
Pouco adensadas	321,00/29,62	8.667/800
Muito pouco adensadas	863,76/576,20	5.183/3.458
Não habitáveis	575,40	–
Total	3.345,84/618,82	148.200/5.141
Não loteadas com acessibilidade satisfatória	375,16	–

*Fonte:* IBAM (1991). Nota: Os números antes das barras divisórias referem-se ao total da cidade, e os números após as barras, ao total das áreas com acessibilidade insatisfatória.

## Levantamento dos locais de parada e dos pontos terminais

Este levantamento consiste, inicialmente, na localização em mapa da rede de linhas de transporte coletivo de todos os locais de parada (pontos ou estações/terminais) e dos pontos terminais de controle dos horários.

Em seguida, devem ser caracterizadas as instalações físicas desses locais: existência ou não de sinalização e abrigo, tipo e condições dos abrigos, existência ou não de bancos para sentar etc. Também o estado geral de conservação e os tipos de equipamentos existentes devem ser colocados.

O objetivo deste levantamento é fornecer elementos para a avaliação da qualidade do serviço durante as esperas dos usuários nos pontos e nas estações, bem como das condições das instalações sanitárias nos pontos terminais de controle de horários, onde os operadores realizam suas necessidades fisiológicas.

## Levantamento da situação da frota

Este levantamento consiste na quantificação e na qualificação da frota de veículos das empresas operadoras. As principais informações a serem obtidas são: quantidade total de veículos por tipo; estado geral dos veículos; características dos veículos: capacidade, comprimento, número de portas, número de assentos, largura do corredor, altura dos degraus etc.; e número de coletivos em operação nos diversos períodos em dias típicos (útil, sábado, domingo e feriado). Essas informações são relevantes na análise da qualidade do serviço prestado aos usuários durante as viagens, bem como na avaliação dos custos do transporte.

## Levantamento do sistema viário

O objetivo deste levantamento é reunir informações sobre o sistema viário utilizado pelos veículos de transporte público urbano, bem como sobre o sistema viário principal da cidade.

Inicialmente, é feita a identificação em mapa das vias utilizadas pelos veículos de transporte coletivo e a caracterização completa das mesmas no que diz respeito ao estado da superfície de rolamento (pavimentada ou não, defeitos no pavimento, presença de valetas e lombadas pronunciadas), ao fluxo de trânsito etc.

Outro mapa contendo as vias principais do sistema viário também deve ser elaborado, inclusive com descrição do estado das vias e das condições do trânsito, uma vez que elas poderão ser utilizadas no processo de racionalização do traçado das linhas.

Essas informações são importantes para poder avaliar a qualidade e a eficiência do serviço, bem como para a elaboração de planos de melhoria do sistema de transporte público urbano, envolvendo sugestões sobre pavimentação de vias, recuperação de pavimentos existentes, eliminação de valetas e lombadas pronunciadas, alteração no percurso de linhas etc.

## Levantamentos diversos

Outros aspectos relativos ao sistema de transporte público urbano também são relevantes na avaliação da qualidade e da eficiência do transporte e na elaboração de planos de melhoria do sistema.

Alguns desses aspectos são: segurança no uso do transporte coletivo; desempenho do pessoal de operação; e qualidade e produtividade do serviço de manutenção da frota.

No tocante à segurança no uso do transporte coletivo, é importante proceder ao levantamento de dados sobre a frequência e a gravidade dos acidentes envolvendo coletivos e/ou passageiros e, também, sobre os atos de violência cometidos no interior dos veículos, nos pontos de parada e nas estações (terminais).

Quanto ao desempenho do pessoal de operação, devem ser levantadas informações sobre a forma de condução dos veículos, o preparo no fornecimento de informações verbais, a educação no trato com os usuários, a aparência e a higiene pessoal, a honestidade etc.

No que diz respeito à manutenção, dois parâmetros são importantes para caracterizar a qualidade e a eficiência do serviço: a frequência de interrupção de viagens em razão de defeitos graves nos coletivos e nas instalações complementares (rede elétrica, trilhos etc.) e o índice de aproveitamento da frota, calculado pela relação entre a quantidade de veículos em manutenção e a frota total.

A frequência de ocorrência de defeitos nos coletivos normalmente é avaliada pela quilometragem média entre falhas (*medium kilometer between fails – MKBF*). Esse índice geralmente se refere a falhas graves que implicam a retirada de operação do veículo.

## 12.3 PRINCIPAIS PESQUISAS

### Pesquisa de origem-destino das viagens por transporte coletivo

O objetivo desta pesquisa é proceder à caracterização espacial das viagens por transporte público, por meio da matriz Origem–Destino (O-D) das viagens e do mapa com a representação gráfica das ligações entre as várias zonas.

O primeiro passo na realização desta pesquisa é o trabalho de divisão da cidade em zonas. É recomendável adotar a mesma divisão zonal empregada pelo poder público no planejamento urbano, pois, além de muitos dados úteis para o planejamento do transporte já serem conhecidos, esse procedimento facilita o planejamento integrado das diversas áreas de responsabilidade do município. Em algumas situações, no entanto, pode ser interessante modificar a divisão zonal utilizada na cidade.

Este estudo é realizado utilizando pesquisadores que se postam junto às portas dos coletivos. Os que estão nas portas de embarque entregam aos passageiros que entram uma ficha com um número correspondente à zona de origem da viagem. Ao saírem, os passageiros devem devolver a ficha aos pesquisadores que estão nas portas de desembarque, os quais colocam as fichas no envelope com o número correspondente à zona de destino da viagem.

Tanto os pesquisadores que entregam as fichas quanto os que as recebem têm, diante de si, um mapa estilizado da cidade para que possam saber o número da zona onde se localiza cada ponto/estação de embarque ou desembarque e uma caixa contendo os envelopes numerados, inicialmente vazios nas posições de desembarque e fichas numeradas nos envelopes correspondentes nas posições de embarque.

A Figura 12.3 mostra um exemplo típico de ficha utilizada na realização desta pesquisa.

PESQUISA ORIGEM–DESTINO
ZONA/PONTO DE ORIGEM: _____
ZONA/PONTO DE DESTINO: _____
Senhor passageiro: favor devolver esta ficha ao desembarcar

**Figura 12.3** Modelo de ficha utilizado em pesquisa Origem–Destino. *Fonte:* MBB (1987).

A pesquisa é feita por amostragem e deve referir-se a um número inteiro de viagens redondas na linha.

O processamento da pesquisa por linha é relativamente simples, permitindo a elaboração direta da matriz O–D da amostra coletada. Os números dessa matriz podem ser transformados em valores percentuais, que são utilizados para obter matrizes com números absolutos correspondentes a uma demanda total maior (matriz expandida), referentes à hora de pico, ao dia todo etc. Outro modo de se proceder à expansão da matriz amostral é multiplicar as suas células pelo “fator de expansão”: relação entre o número total de viagens no período e o número de viagens da amostra.

A Tabela 12.3 mostra os valores de uma pesquisa O–D realizada em uma linha de ônibus na cidade de Araraquara, Brasil.

Uma vez obtidas as matrizes origem–destino para cada linha, pode-se determinar a matriz O–D considerando-se todas as linhas simultaneamente, ou seja, a matriz O–D do movimento de passageiros no sistema de transporte coletivo. Para isso, basta somar os valores das matrizes referentes a cada linha, após cada uma delas ter sido adequadamente expandida para refletir a demanda total da linha no período considerado.

A Tabela 12.4 mostra uma matriz O–D fictícia da demanda no sistema de transporte coletivo por ônibus de uma cidade hipotética, relativa ao período de pico da manhã de um dia útil, sendo os valores expressos em porcentagem.

**Tabela 12.3** Matriz O–D de um dia útil obtida em pesquisa realizada em linha de ônibus na cidade de Araraquara, Brasil.

O/D	1	2	3	4	5	6	7	Total
1	142	981	40	152	496	182	–	1.993
2	981	212	121	364	1.770	961	20	4.429
3	40	121	–	20	91	30	–	302
4	152	364	20	131	131	172	–	849
5	496	1.770	91	61	61	101	–	2.650
6	182	961	30	101	101	10	–	1.456
7	–	20	–	–	–	–	–	20
Total	1.993	4.429	302	849	2.650	1.456	20	11.699

Fonte: FIPAI (1996). Nota: A zona 2 corresponde à região central da cidade.

**Tabela 12.4** Matriz O–D fictícia da demanda por transporte público no período de pico da manhã de um dia útil em uma cidade hipotética.

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
1	2	1	1	1	0	1	0	0	6
2	6	0	2	0	1	0	2	0	10
3	5	1	0	1	1	0	0	0	8
4	7	0	1	0	1	1	1	1	12
5	4	2	0	0	1	0	0	0	7
6	8	0	3	0	2	2	1	1	17
7	12	0	3	1	3	1	0	0	20
8	11	1	3	1	3	1	0	0	20
Total	55	5	13	4	12	6	3	2	100

Fonte: FIPAI (1996). Nota: A zona 1 corresponde à região central da cidade.

O método de pesquisa O–D descrito é aplicável quando a bilhetagem é feita no interior dos coletivos. Quando a bilhetagem é realizada fora dos veículos, em terminais/estações, caso em que os passageiros entram e saem dos coletivos pelas mesmas portas, o mesmo procedimento pode ser adotado, bastando entregar as fichas de pesquisa também nas portas de desembarque, pois nos terminais fechados os usuários embarcam por essas portas.

Nos modos de transporte em que a bilhetagem é feita na estrada de estações fechadas (onde ocorrem transbordo entre linhas), as fichas da pesquisa O–D são entregues na entrada das estações e recebidas nas saídas das mesmas. Com esse procedimento, os resultados da pesquisa se referem às viagens completas e não às diversas etapas das viagens, pois, se o passageiro fizer a transferência de um veículo para outro em estações, ele somente devolverá a ficha de pesquisa quando desembarcar no seu destino final.

Na pesquisa O–D realizada no interior dos veículos, as viagens com transbordo são computadas como se fossem várias viagens distintas, em número igual à quantidade de transferências realizadas. Assim, esse tipo de pesquisa não retrata a origem–destino dos verdadeiros desejos de viagem, mas a origem–destino das viagens efetivamente realizadas. Nesse caso, para obter os verdadeiros desejos de viagens é necessária a complementação da pesquisa O–D das viagens realizadas no interior dos coletivos mediante entrevistas nos locais onde ocorrem os transbordos. A Figura 12.4 mostra um modelo típico de questionário utilizado em entrevistas nos locais de transferência entre linhas – esse tipo de pesquisa necessita de um dimensionamento estatístico adequado para fornecer resultados confiáveis.

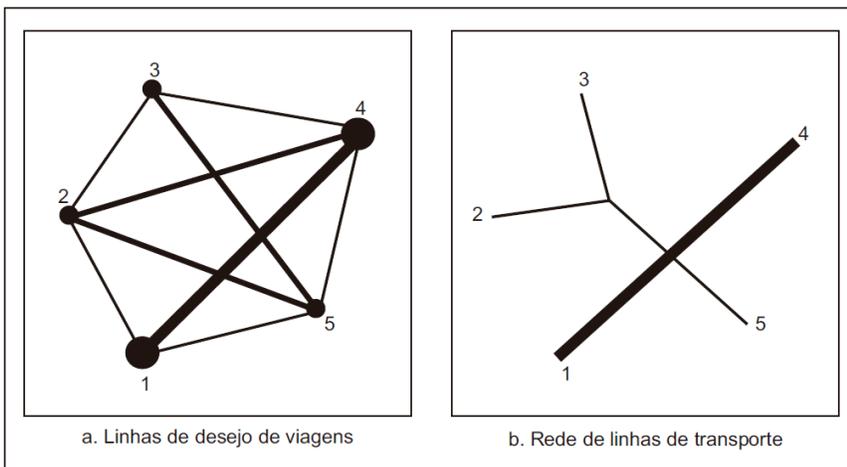
Pesquisa origem–destino em pontos de parada	Codificação
Local: _____ Data: _____ Horário: _____ Identificação do pesquisador: _____	1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Motivo da viagem 1. Trabalho <input type="checkbox"/> 4. Lazer <input type="checkbox"/> 2. Estudo <input type="checkbox"/> 5. Compras <input type="checkbox"/> 3. Saúde <input type="checkbox"/> 6. Outros <input type="checkbox"/> _____	2 <input type="checkbox"/>
Ponto de origem Rua: _____ Bairro: _____ ou Referência: _____	3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Meio de acesso até este ponto 1. A pé <input type="checkbox"/> 4. Trem <input type="checkbox"/> 7. Outros <input type="checkbox"/> 2. Automóvel <input type="checkbox"/> 5. Metrô <input type="checkbox"/> 3. Ônibus <input type="checkbox"/> 6. Táxi <input type="checkbox"/> _____	4 <input type="checkbox"/>
Ponto de destino Rua: _____ Bairro: _____ ou Referência: _____	5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Linha que utilizará a partir deste ponto _____	6 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Meio que utilizará ao desembarcar 1. A pé <input type="checkbox"/> 4. Trem <input type="checkbox"/> 7. Outros <input type="checkbox"/> 2. Automóvel <input type="checkbox"/> 5. Metrô <input type="checkbox"/> 3. Ônibus <input type="checkbox"/> 6. Táxi <input type="checkbox"/> _____	7 <input type="checkbox"/>

**Figura 12.4** Modelo de questionário de pesquisa nos locais de transbordo para complementar as pesquisas O–D realizadas no interior dos ônibus. *Fonte:* MBB (1987).

Outras maneiras de obter os verdadeiros desejos de viagem no transporte coletivo são: a realização de pesquisa domiciliar por meio de entrevistas, respostas a questionários enviados pelos Correios, entrevistas diretas com usuários selecionados aleatoriamente ou, ainda, utilização de informações do sistema de bilhetagem eletrônica quando este fornece a posição (coordenadas geográficas) e os horários de uso do cartão inteligente (no item 12.4 é mostrado exemplo disso). Essas pesquisas são feitas por amostragem, considerando apenas parte do universo de domicílios/usuários, com as características e tamanho da amostra definidos com técnicas estatísticas apropriadas.

Uma vez obtida a matriz O-D dos verdadeiros desejos de viagem por transporte público no espaço urbano, é interessante representar graficamente esses resultados por meio de linhas ligando os centroides (centros de gravidade) das diversas zonas da cidade, com a largura das linhas sendo proporcional à demanda, como ilustrado na Figura 12.5.

Esse tipo de diagrama é extremamente útil na definição da rede de linhas, uma vez que facilita a visualização de dois objetivos importantes no planejamento da rede: a minimização das distâncias das viagens e a minimização do número de transbordos dos usuários. Na Figura 12.5 é apresentada uma possível rede de transporte público definida com base no desenho do diagrama dos desejos de viagens mostrado na mesma figura.



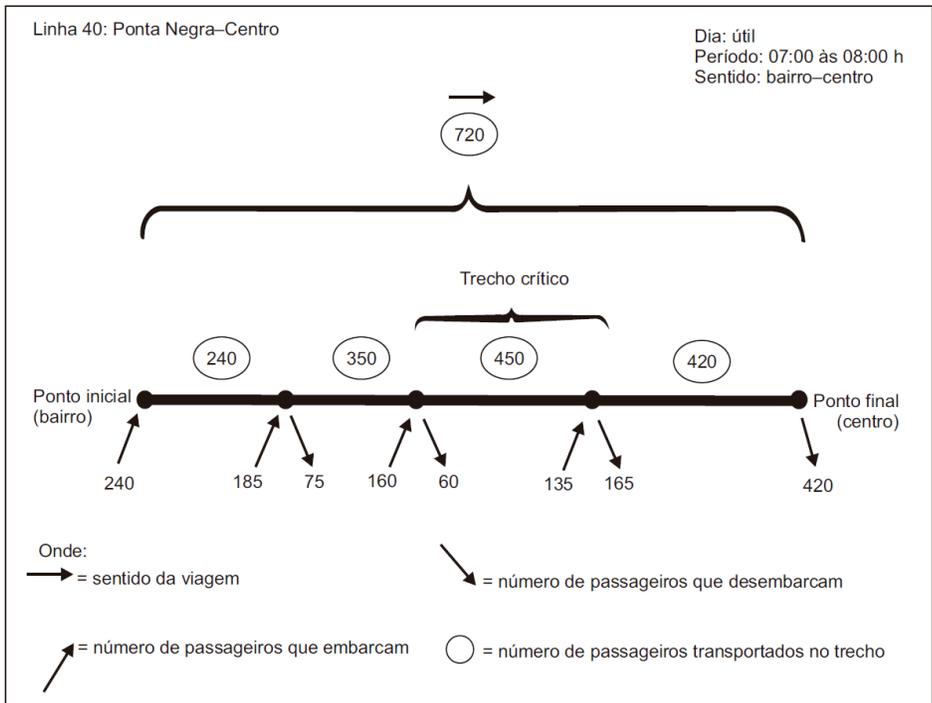
**Figura 12.5** Representação gráfica da matriz O-D dos desejos de viagens e possível rede de linhas correspondente.

## Pesquisa da lotação ao longo da linha e movimento nas paradas

O objetivo desta pesquisa, também conhecida como pesquisa “sobe-desce”, é determinar a quantidade de embarques e desembarques em cada local de parada e a lotação dos coletivos entre os pontos. As informações obtidas são importantes para a definição dos pontos onde colocar abrigo, a identificação do trecho de maior carregamento (seção crítica) e o volume de passageiros correspondente etc.

Para a realização desta pesquisa, são colocados pesquisadores próximos às portas dos veículos que contam a quantidade de pessoas que entram e saem em cada parada. Com isso, é possível obter diretamente o número de embarques e desembarques em cada ponto/estação e, indiretamente, por meio de aritmética simples, a lotação do coletivo em cada trecho da linha entre as diversas paradas.

A Figura 12.6 mostra exemplo de resultados de uma pesquisa “sobe-desce”.



**Figura 12.6** Exemplo de resultados de uma pesquisa “sobe-desce”. Fonte: MBB (1987).

A pesquisa “sobe-desce” pode ser realizada automaticamente com a utilização de um sistema de registro automático de embarque e desembarque constituído de sensores colocados nas portas de entrada e saída para detec-

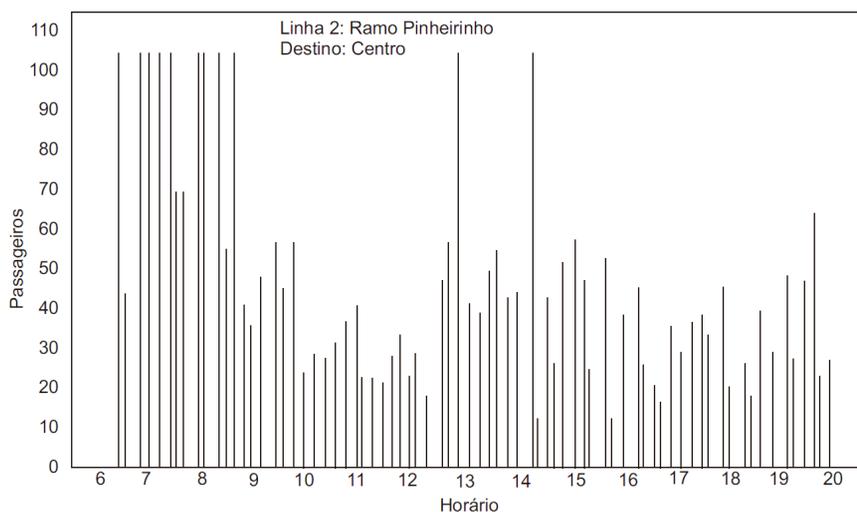
ção dos passageiros e acoplados a dispositivos marcadores de tempo (relógios) e/ou indicadores de posição (GPS). Com o registro dessas informações, é possível determinar o movimento em cada local de parada e a lotação dos coletivos entre elas.

## Pesquisa da variação da demanda ao longo do dia

Esta pesquisa visa determinar a variação da demanda na seção crítica da linha ao longo do dia. Para isso, é colocado um grupo de pesquisadores na parada que antecede a seção crítica, os quais, em revezamento, entram em todos os veículos que passam pelo local e contam o número de passageiros. Quando os coletivos estão lotados, os pesquisadores devem permanecer nos mesmos até a próxima parada, a fim de obter boa precisão no processo de contagem, retornando em seguida ao ponto-base.

Além do número de passageiros, os pesquisadores anotam o horário de passagem, o número e o destino dos coletivos.

O processamento da pesquisa é simples e permite a construção do gráfico de lotação dos veículos na seção crítica da linha em todos os horários de passagem, conforme exemplo mostrado na Figura 12.7.

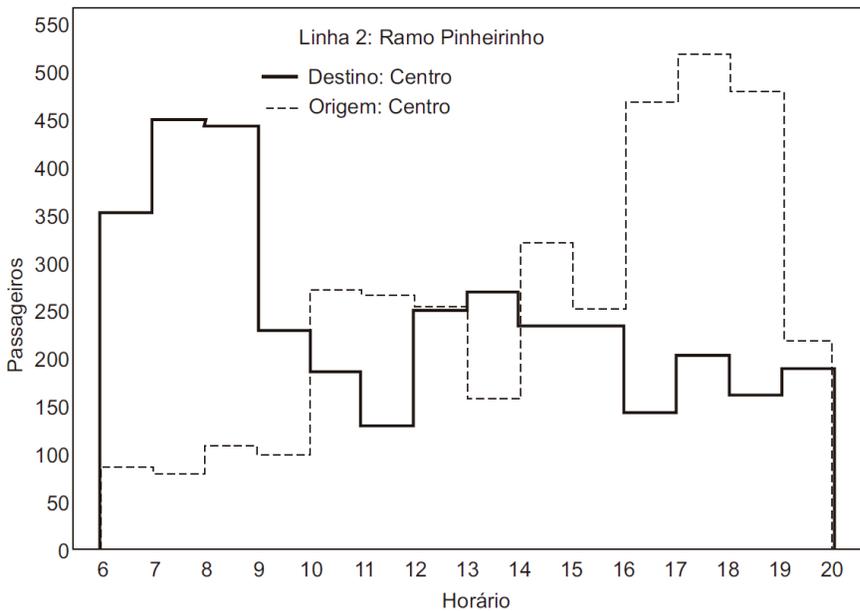


**Figura 12.7** Lotação dos veículos na seção crítica. *Fonte:* FIPAI (1996).

Esta pesquisa (variação da demanda ao longo do dia) também pode ser realizada automaticamente com a utilização de um sistema de registro automático de embarque e desembarque constituído de sensores colocados nas portas de entrada e saída para detecção dos passageiros e acoplados a dispositivos marcadores de tempo (relógios) ou indicadores de posição (GPS).

Com o registro dessas informações, é possível determinar o movimento em cada local de parada e a lotação dos coletivos entre elas – o que permite identificar o trecho crítico e a demanda no mesmo.

Somando-se as lotações correspondentes às diversas horas, obtém-se a variação horária da demanda na seção crítica, que pode ser representada graficamente conforme exemplo mostrado na Figura 12.8.



**Figura 12.8** Gráfico da variação horária da demanda. Fonte: FIPAI (1996).

## Pesquisa da confiabilidade e da pontualidade

Esta pesquisa consiste na colocação de pesquisadores em locais estratégicos, principalmente nos pontos terminais e nas estações, os quais identificam os veículos (número e destino) e os respectivos horários de saída ou passagem.

O confronto entre os horários reais e os horários programados permite verificar a confiabilidade e a pontualidade de cada linha individualmente e do sistema como um todo.

Como nas pesquisas da variação da demanda ao longo do dia são registrados os horários de passagem, o número e o nome da linha dos coletivos também são realizadas indiretamente pesquisas da confiabilidade e da pontualidade.

Essas informações são automaticamente obtidas quando os coletivos utilizam GPS com registrador de tempo.

## **Pesquisa da demanda e da quilometragem de um dia de operação**

O objetivo desta pesquisa é determinar a quilometragem e a demanda em um dia de operação em cada linha, em cada empresa e no sistema globalmente. Esses dados são necessários para a caracterização da operação e para o cálculo da tarifa.

O método utilizado é o de manter uma equipe de pesquisadores nos portões de entrada e saída das garagens das empresas anotando os valores registrados na catraca e no odômetro de cada veículo.

A comparação entre os valores lidos na saída das garagens para início da jornada e no retorno após o final da operação permite determinar a quilometragem e o volume de passageiros transportados em cada veículo da frota.

Para obter os valores desagregados por linha, é necessário saber a alocação dos carros para as mesmas, o que é fornecido pelas empresas operadoras ou obtido por verificação direta no campo. A soma dos valores individuais relativos aos veículos ou às linhas fornece o valor total da quilometragem e da demanda no dia da pesquisa.

Conhecidas as demandas e as quilometragens, é possível obter o IPK de cada linha, de cada empresa e do sistema como um todo.

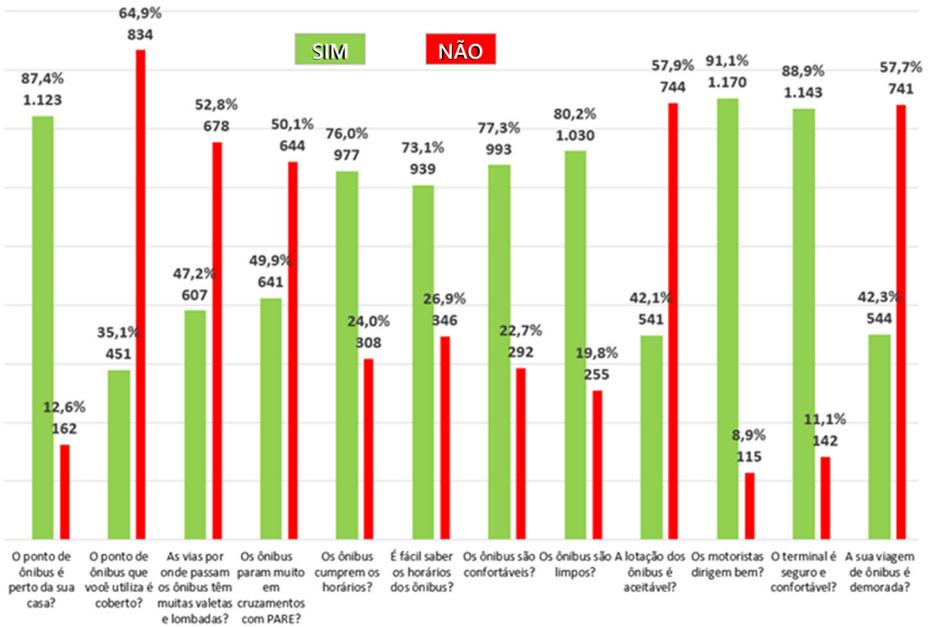
As informações desse tipo de pesquisa são obtidas automaticamente através dos equipamentos que atualmente equipam os ônibus modernos (GPS, registro automático de passageiros etc.).

## **Pesquisa de opinião dos usuários**

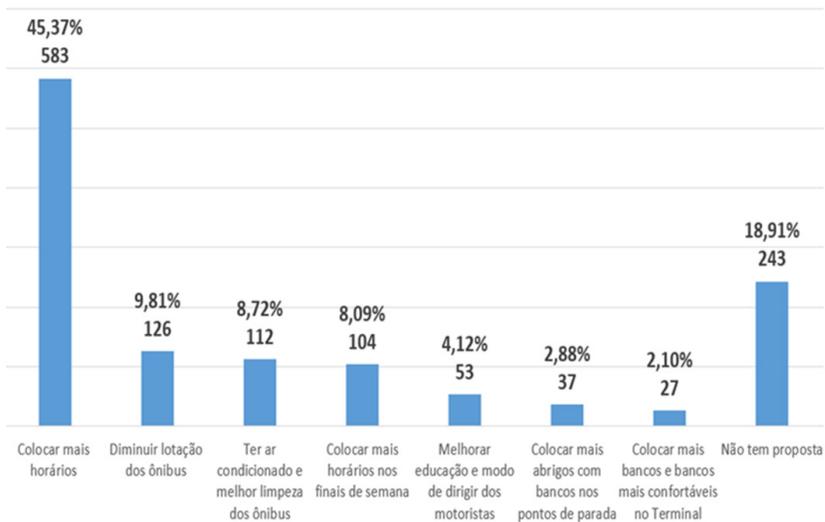
Diversas pesquisas de opinião dos usuários podem ser realizadas. Em geral, essas pesquisas visam saber a opinião dos usuários sobre a qualidade global do sistema de transporte e/ou de cada um dos fatores individuais associados à qualidade do transporte. Também são utilizadas para obter sugestões para a melhoria geral da qualidade ou de aspecto específico. Essas pesquisas podem ser realizadas nos pontos de parada, no interior dos coletivos, nas estações (terminais), nas ruas etc.

Para que essas pesquisas sejam efetivamente representativas do universo de usuários, elas devem seguir os preceitos da Estatística quanto ao tamanho e estratificação da amostra.

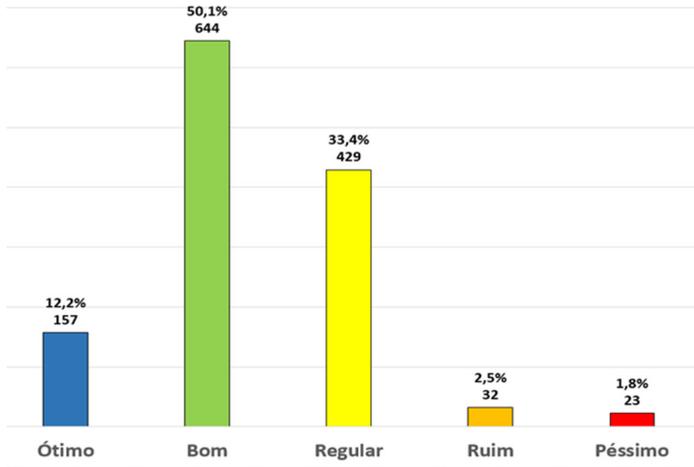
As Figuras 12.9 a 12.11 mostram os resultados em forma de gráfico de pesquisas realizadas na cidade de São José do Rio Preto.



**Figura 12.9** Resultados obtidos em pesquisa realizada em Rio Preto sobre aspectos relacionados à qualidade do serviço. *Fonte:* FIPAI (2021).



**Figura 12.10** Resultados obtidos em pesquisa realizada em Rio Preto sobre ações para melhorar a qualidade dos serviços. *Fonte:* FIPAI (2021).



**Figura 12.11** Resultados obtidos em pesquisa realizada em Rio Preto sobre a qualidade global do transporte coletivo. *Fonte:* FIPAI (2021).

## 12.4 PESQUISA O–D COM DADOS DA BILHETAGEM ELETRÔNICA

Quando o sistema de bilhetagem eletrônica é dotado de GPS que fornece as coordenadas geográficas (latitude e longitude) e o horário em que o cartão inteligente (*smart card*) é utilizado no validador situado junto à entrada do coletivo ou estação/terminal, é possível obter a matriz O–D com base no relatório de uso dos cartões.

Para ilustrar isso segue o exemplo da aplicação desse procedimento na cidade de São José do Rio Preto, Brasil.

Na Figura 12.12 é mostrada a forma como são fornecidos os dados do sistema de bilhetagem eletrônica da cidade. No relatório emitido diariamente pelo sistema aparecem, na ordem, as seguintes principais informações: data, horário, número do cartão, latitude, longitude, tipo de cartão, número da linha e nome da linha.

Na estratégia utilizada para a obtenção da matriz O–D, inicialmente, foram relacionadas todas as viagens realizadas com o mesmo cartão na sequência horária. O primeiro uso do cartão indica o horário e o local de origem da viagem; o último (ou penúltimo) uso, o local do destino da viagem, quando o usuário volta para a origem saindo do local onde foi trabalhar, estudar, comprar etc.

Quando o usuário faz transbordo no terminal central (a grande maioria), o fato não é registrado pelo sistema de bilhetagem, pois o usuário, nesse local, sobe pelas portas de desembarque, não passando pela catraca do coletivo. Se houve transbordo fora do terminal central, o fato é registrado pelo sistema de bilhetagem, uma vez que o usuário passa pela catraca e usufrui da gratuidade na complementação da viagem, desde que feita num intervalo menor

que duas horas. Por isso, nos casos em que o usuário troca de ônibus fora do terminal central, o local de origem da volta (destino da primeira viagem) corresponde ao penúltimo uso do cartão, pois o último é quando ele troca de ônibus na volta.

E	F	G	H	I	J	K	L	M
CU_DATETIME	CU_CRDINTSNR	CUVP_LATITUDE	CUVP_LONGITUDE	DECODE(CUV APP_DESCSH	LD_DESCSHORT	LD_DESC		
22/09/2021 17:10:22	40999734	-20.822410	-49.400110	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 17:25:02	53166918	-20.805500	-49.379480	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 06:32:42	53570838	-20.826900	-49.403730	Uso	COMUM	310	SHOPPING IGUATEMI	
22/09/2021 17:51:32	54992822	-20.838390	-49.421710	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 17:07:57	379519568	-20.826770	-49.403740	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 16:12:41	379587472	-20.809310	-49.383120	Integração	COMUM	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 17:03:10	379748256	-20.847350	-49.411940	Uso	COMUM	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 17:07:51	379809568	-20.826880	-49.403740	Uso	COMUM	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 07:01:01	380646960	-20.813070	-49.389560	Integração	COMUM	310	SHOPPING IGUATEMI	
22/09/2021 12:23:19	381812688	-20.787730	-49.381730	Uso	COMUM	61	EXTRA SESI	
22/09/2021 12:23:19	381812688	-20.787730	-49.381730	Uso	COMUM	61	EXTRA SESI	
22/09/2021 18:10:40	382089024	-20.829510	-49.404330	Uso	COMUM	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 16:02:15	382325728	-20.829500	-49.404370	Uso	COMUM	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 18:11:45	382532160	-20.826920	-49.403720	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 07:18:46	382893488	-20.854450	-49.420860	Uso	COMUM	310	SHOPPING IGUATEMI	
22/09/2021 07:45:50	383131264	-20.817050	-49.393970	Uso	IDOSO	310	SHOPPING IGUATEMI	
22/09/2021 16:01:14	383144800	-20.833630	-49.405710	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 06:42:10	383152432	-20.809320	-49.383190	Uso	COMUM	310	SHOPPING IGUATEMI	
22/09/2021 17:00:52	383630368	-20.854270	-49.413210	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 07:00:49	383648800	-20.812990	-49.389440	Integração	V.T.	310	SHOPPING IGUATEMI	
22/09/2021 18:03:58	384040624	-20.854110	-49.413150	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 16:51:30	542223862	-20.853680	-49.416090	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 16:54:25	542256566	-20.854730	-49.424930	Uso	COMUM	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 16:56:01	542571766	-20.854310	-49.427400	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 18:08:57	542670966	-20.832070	-49.405030	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 18:14:23	542965686	-20.822640	-49.400360	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 17:24:56	548811222	-20.805790	-49.379450	Uso	COMUM	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 18:19:03	548907862	-20.817030	-49.394070	Uso	V.T.	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	
22/09/2021 12:36:03	549032566	-20.800430	-49.378020	Uso	V.T.	61	EXTRA SESI	
22/09/2021 17:35:31	551879238	-20.811530	-49.386820	Integração	COMUM	307	JD TARRAF - ECOVILLAGE	

**Figura 12.12** Relatório diário fornecido pelo sistema de bilhetagem eletrônica. *Fonte:* FIPAI (2022).

Com essa sistemática, o uso do cartão no acesso ao terminal central é tratado da seguinte forma: se foi o primeiro uso do cartão, a região central (onde se localiza o terminal) é a origem da viagem; se foi o último uso, a região central é o destino da viagem.

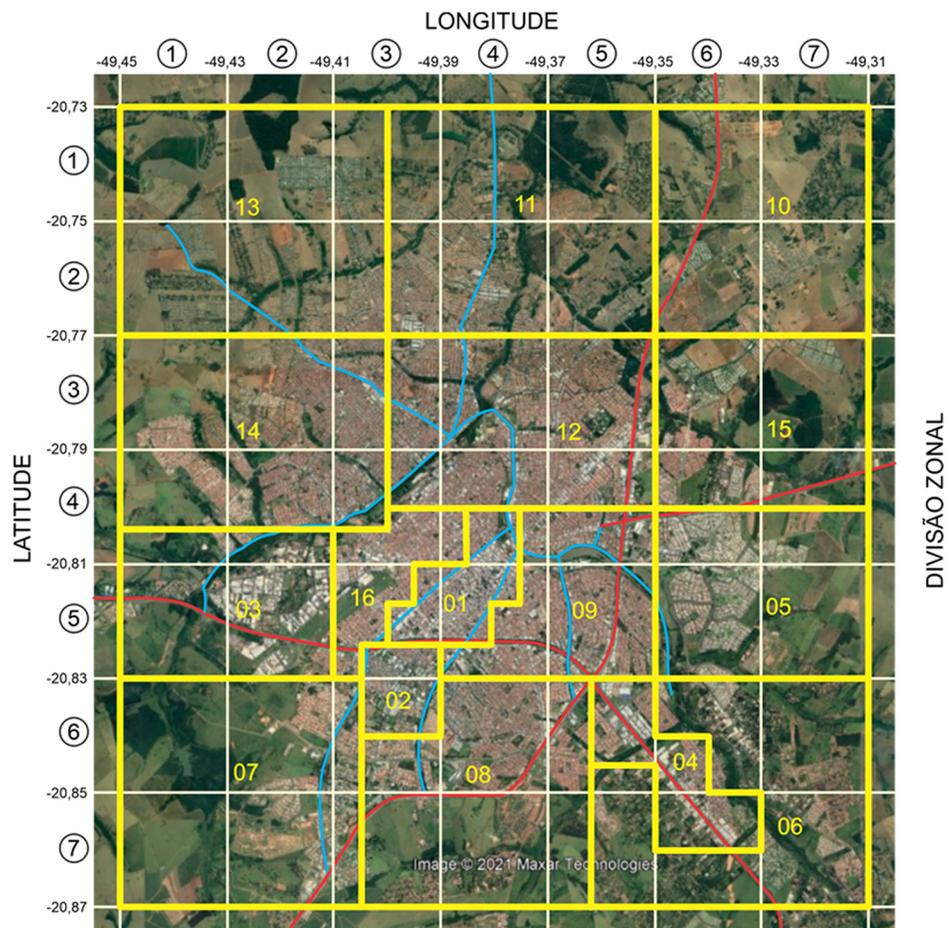
No caso de o usuário realizar mais de uma viagem completa (de ida e de volta) com o seu cartão, considera-se uma viagem por vez.

Para a utilização dessa sistemática de pesquisa foram desenvolvidos algoritmos computacionais apropriados.

Na Figura 12.13 é mostrada a divisão zonal utilizada na determinação da matriz Origem–Destino das viagens, com a cidade dividida em 16 zonas de tráfego. A divisão zonal foi definida com base no conhecimento prévio das principais zonas de geração e atração de viagens.

Na Tabela 12.5 é mostrada a matriz O–D das viagens, seguindo a metodologia anteriormente descrita. Na Tabela 12.6 são mostrados os valores percentuais totais das viagens com origem e destino em cada zona.

Na Figura 12.14 estão indicados os percentuais totais de viagens geradas em cada zona e, na Figura 12.15, as atraídas por cada zona.



*Notas:* As linhas vermelhas correspondem às rodovias; as linhas azuis, às vias urbanas principais; as linhas amarelas, às divisões entre zonas de tráfego; e os números em amarelo, à numeração das zonas de tráfego.

**Figura 12.13** Divisão zonal da cidade. *Fonte:* FIPAI (2021).

**Tabela 12.5** Matriz O-D das viagens.

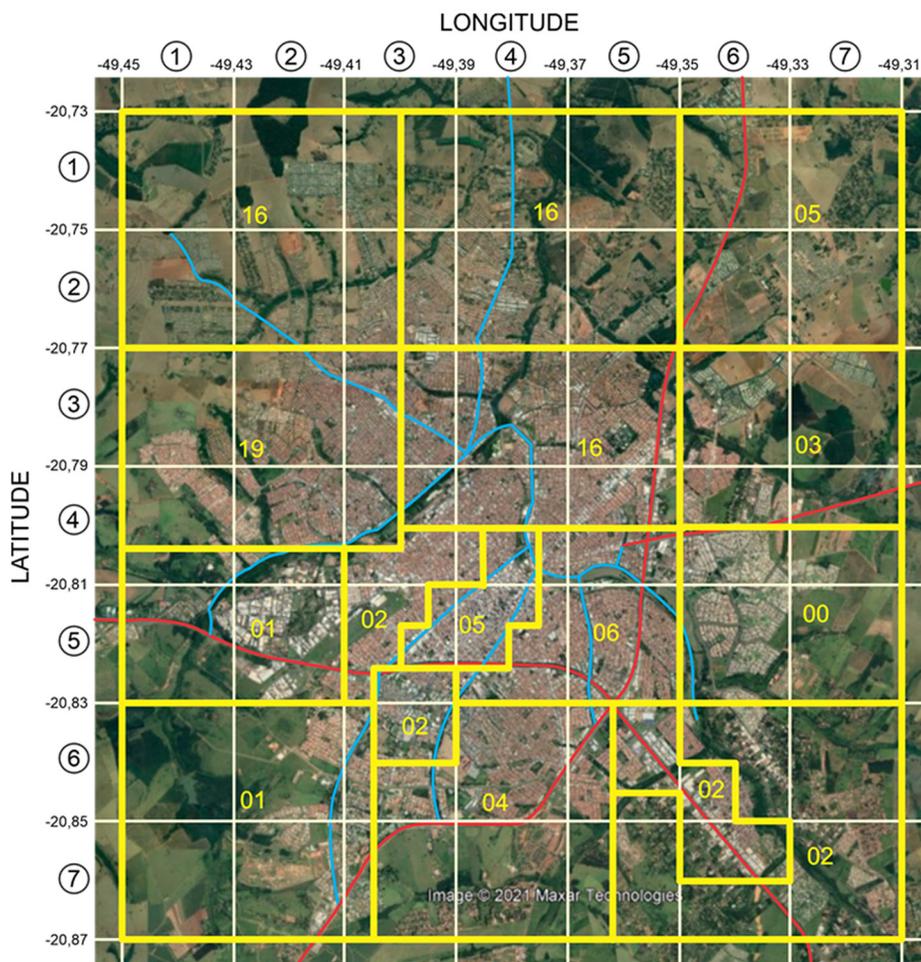
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	150	60	5	25	13	6	43	37	70	6	19	51	9	27	10	13	544	5
2	54	36	3	1	1	0	13	10	19	1	9	13	2	19	5	7	193	2
3	18	7	15	6	0	1	1	5	17	1	6	16	2	6	1	23	125	1
4	63	24	4	27	0	4	9	9	53	2	8	21	1	9	9	17	260	2
5	10	3	0	0	19	2	0	1	5	0	3	7	0	0	1	2	53	0
6	69	18	9	5	8	15	7	8	61	4	3	26	1	3	4	7	248	2
7	18	3	0	0	1	0	20	2	7	0	3	8	2	2	0	1	67	1
8	135	25	21	9	18	10	23	53	88	3	10	43	3	14	4	25	484	4
9	120	54	20	37	27	12	45	40	152	5	26	63	5	22	21	38	687	6
10	74	60	11	23	17	5	22	16	72	30	9	118	4	12	30	25	528	5
11	<b>331</b>	154	64	53	66	16	75	100	<b>215</b>	12	170	<b>295</b>	21	48	30	114	1764	16
12	<b>326</b>	<b>205</b>	56	63	44	21	103	105	<b>248</b>	25	61	<b>268</b>	20	61	31	121	1758	16
13	<b>285</b>	140	65	59	62	13	75	89	<b>192</b>	6	87	<b>193</b>	177	<b>283</b>	35	98	1859	16
14	<b>515</b>	<b>182</b>	57	60	79	25	97	123	<b>220</b>	11	25	<b>185</b>	16	<b>294</b>	39	<b>186</b>	2114	19
15	69	39	12	9	4	1	20	14	64	7	8	38	3	9	60	25	382	3
16	39	26	15	5	8	4	10	16	30	2	11	18	4	14	4	34	240	2
	2276	1036	357	382	367	135	563	628	1513	115	458	1363	270	823	284	736	11306	
	20	9	3	3	3	1	5	6	13	1	4	12	2	7	3	7		%

Notas: São 16 zonas de tráfego, conforme relacionado na primeira linha e na primeira coluna da tabela; na penúltima linha estão os totais de viagens com origem em cada zona, considerando o universo de 11.306 viagens, e na última linha, os valores percentuais correspondentes; na penúltima coluna estão os totais de viagens com destino a cada zona, considerando o universo de 11.306 viagens, e na última coluna, os valores percentuais correspondentes; as ligações de maior demanda (acima de 180) estão assinalados em negrito. Fonte: FIPAI (2021)

**Tabela 12.6** Total em porcentagem das viagens com origem e destino em cada zona.

Zona	Origem (%)	Destino (%)
1	5	<b>20</b>
2	2	<b>9</b>
3	1	3
4	2	3
5	0	3
6	2	1
7	1	5
8	4	6
9	6	<b>13</b>
10	5	1
11	<b>16</b>	4
12	<b>16</b>	<b>12</b>
13	<b>16</b>	2
14	<b>19</b>	7
15	3	3
16	2	7

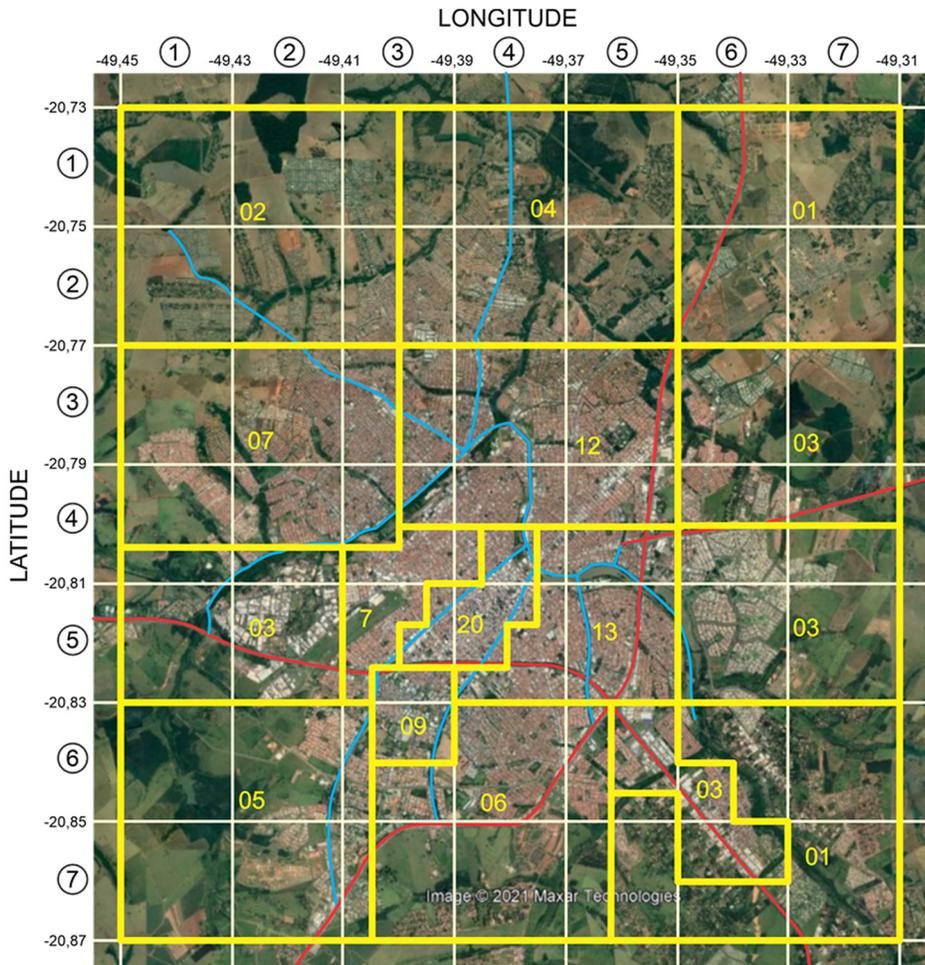
Nota: Os maiores valores (acima de 9%) estão assinalados em negrito. Fonte: FIPAI (2021).



**Figura 12.14** Porcentagem de viagens com origem em cada zona. *Fonte:* FIPAI (2021).

Com base nos valores obtidos conclui-se que:

- ◆ 20% das viagens têm por destino a região central da cidade (região 1).
- ◆ 9% (praticamente metade das viagens com destino à região 1) das viagens têm por destino a região onde se localizam o Hospital de Base e o Shopping Rio Preto (região 2).
- ◆ 13% das viagens têm por destino a região 9 e 12%, a região 12; números elevados em razão da grande extensão dessas regiões na divisão zonal e pela grande concentração de atividades de comércio, serviços e pequenas indústrias. Em um segundo plano, com próximo da metade do percentual de atração de viagens, aparecem as zonas 14 (7%), 16 (7%), 8 (6%) e 7 (5%), sendo esta última o distrito industrial principal da cidade.



**Figura 12.15** Porcentagem de viagens com destino em cada zona. *Fonte:* FIPAI (2021).

- ◆ 67% das viagens são geradas nas regiões de moradia das classes de menor renda com alta densidade populacional: zona 14 (19%), zona 11 (16%), zona 12 (16%) e zona 13 (16%). Num segundo plano, com cerca de três vezes menos, aparecem as zonas 9 (6%), 1 (5%), 10 (5%) e 8 (4%).
- ◆ A região central gera poucas viagens por transporte coletivo (5%), como também a região onde se localizam o Hospital de Base e o Shopping Rio Preto (2%). São trabalhadores noturnos que regressam para as suas casas de manhã, pessoas que moram em prédios populares e que trabalham fora da região central etc.

Um dado interessante é que, em pesquisa realizada há cerca de 40 anos, 65% das viagens tinham por destino a região central. O motivo da redução

de 65% para 20% foi expressivo processo de descentralização pelo qual passou a cidade, fato que também ocorreu em outros núcleos urbanos de maior porte do país. Isso é consequência do crescimento do setor de comércio e serviços fora da região central, principalmente em shopping centers e nos corredores viários, da mudança da maior parte das indústrias para os distritos industriais, da implantação de unidades de saúde e educação nos bairros etc. – tudo isso favorecido pela massificação do uso do carro e da motocicleta.

## 12.5 QUESTÕES

1. Quais os principais levantamentos realizados em uma cidade para caracterizar o transporte público? Comentar sucintamente cada um deles.
2. Quais as principais pesquisas? Comentar resumidamente cada uma.
3. A Tabela 12.7 mostra a matriz O–D no pico da manhã de um dia útil de uma linha de ônibus. Admitindo-se que o passageiro que vai também volta, pede-se determinar a matriz O–D diária provável, sabendo que a demanda total nessa linha é de 6.300 passageiros. Com base na matriz diária, determinar: a) a quantidade e as respectivas porcentagens, em relação ao total, das viagens, entre o ramo A (zonas 1 e 2) e a área central, entre o ramo B (zonas 3 e 4) e a área central, e entre os ramos A e B; b) a demanda total nas seções críticas. Há equilíbrio nas ligações radiais que constituem a linha diametral?

**Tabela 12.7** Matriz O–D do pico da manhã.

O/D	1	2	3	4	5
1	2	9	27	4	4
2	3	8	30	8	2
3	2	11	4	5	5
4	0	14	50	3	10
5	3	12	40	2	2

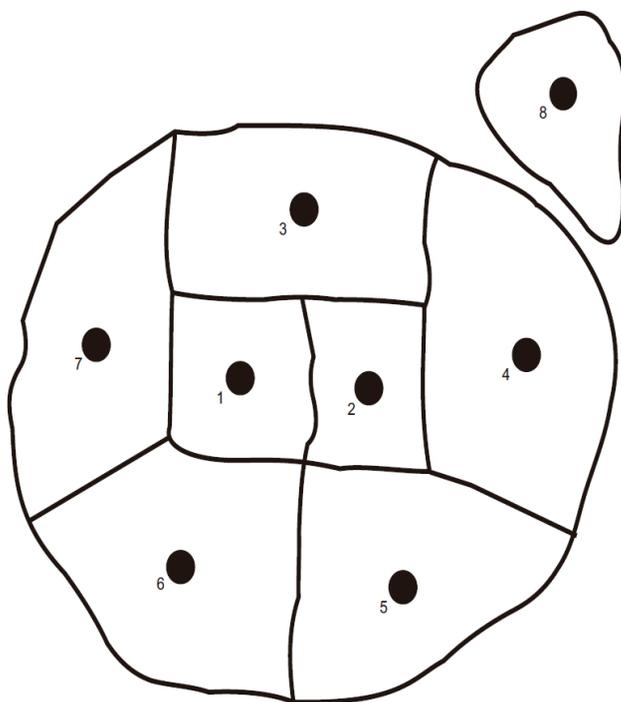
4. Na Tabela 12.8 é fornecida a planilha de pesquisa de horários e lotação dos ônibus na seção crítica de uma linha entre 6 e 14 horas. Pede-se determinar: a) o gráfico de lotação na seção crítica x horário das viagens; b) o gráfico da variação horária da demanda na seção crítica; c) o índice de pontualidade, expresso em porcentagem, considerando-se uma tolerância máxima de três minutos e sabendo-se que os horários programados no local são hora inteira, hora e 20 e hora e 40; d) o novo valor do índice de pontualidade se a tolerância fosse de cinco minutos; e) os horários em

que visivelmente ocorreu o fenômeno denominado de *bunching* (agrupamento de veículos devido ao atraso do que está na frente e que provoca o adiantamento do que está atrás); f) se esta seção se localiza no entorno da área central, a que sentido de movimento se referem os dados coletados: bairro–centro ou centro–bairro. Também, analisar criticamente a eficiência e a eficácia operacional da linha sob os aspectos lotação e frequência, sabendo-se que a capacidade dos ônibus é de 80 passageiros.

**Tabela 12.8** Planilha de horários e lotação na seção crítica.

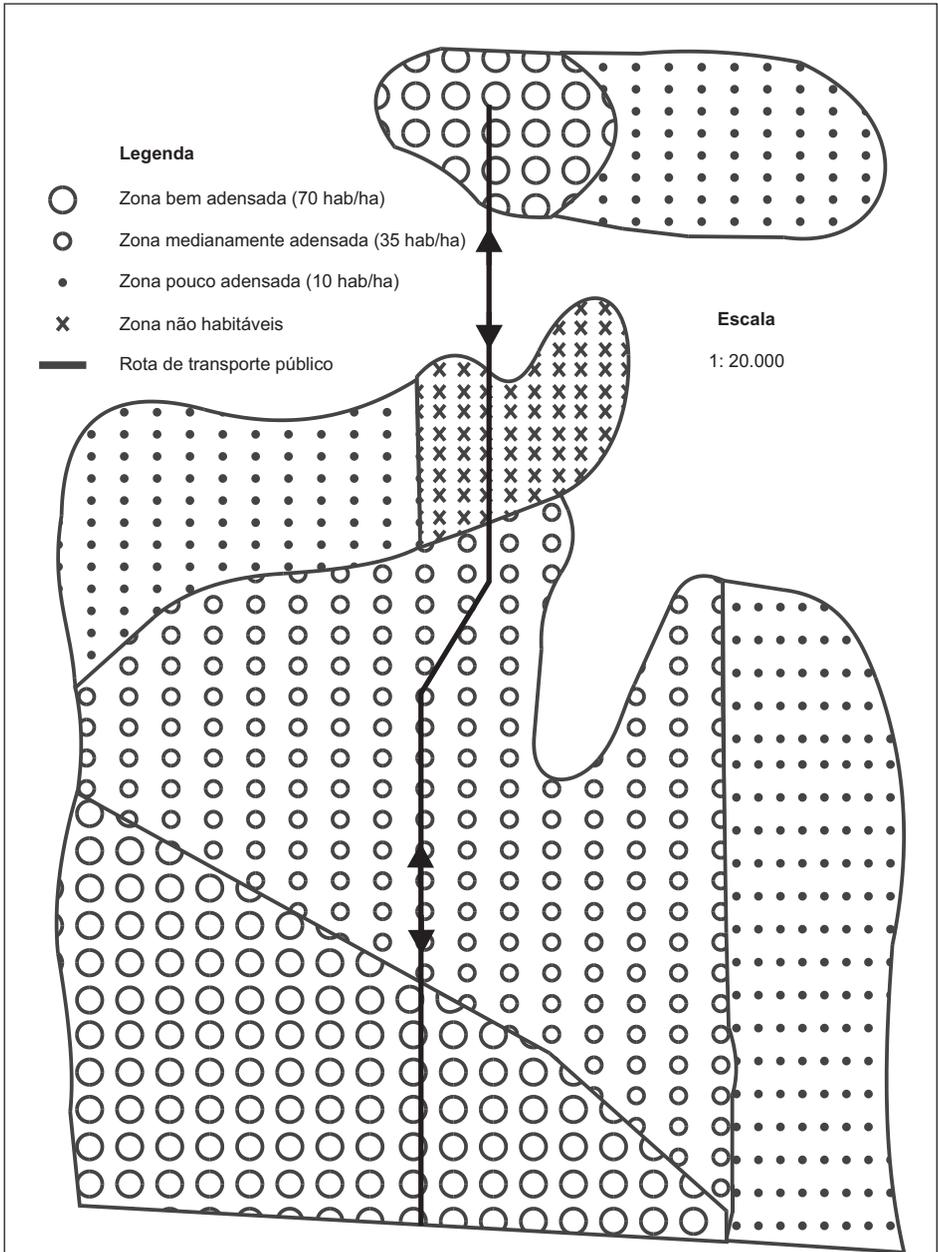
Hor.	Lot.	Hor.	Lot.	Hor.	Lot.	Hor.	Lot.	Hor.	Lot.
6:03	35	7:46	100	9:20	20	11:02	40	12:40	60
6:20	50	8:02	90	9:44	25	11:20	30	13:02	30
6:44	75	8:18	75	9:57	20	11:40	15	13:20	15
6:58	60	8:40	20	10:18	15	12:04	30	13:43	30
7:21	95	9:03	30	10:42	30	12:18	25	13:59	20

5. Com base na Tabela 12.4, que corresponde à matriz O–D (origem–destino) das viagens por ônibus em uma cidade, responder às seguintes questões: a) quais as três zonas com maior poder de atração de viagens (zonas em que há maior concentração de atividades comerciais, de prestação de serviços, industriais etc.); b) quais as zonas com maior poder de geração de viagens (zonas populosas constituídas de moradores de baixa renda); c) qual a zona central, admitindo-se que a mesma seja o principal polo de atração de viagens da cidade; d) qual a zona que gera mais passageiros com destino ao centro; e) qual o total de passageiros que se dirigem ao centro; f) considere o centro expandido como a agregação das zonas 1 e 2, qual o total de passageiros com destino a essa região; g) qual o maior movimento de passageiros entre duas zonas não centrais e qual o percentual correspondente em relação ao total.
6. Desenhar as linhas de desejos de viagem para o caso da matriz O–D da Tabela 12.4, considerando a hipótese de que os valores da mesma correspondem aos desejos de viagem. A geografia urbana e a divisão zonal da cidade são mostradas na Figura 12.16.



**Figura 12.16** Geografia e divisão zonal da cidade.

7. Esboçar uma possível rede de linhas de transporte público a partir do desenho do diagrama de desejos de viagem apresentado na Questão 6.
8. Na Figura 12.17 é mostrado o mapa de uma região urbana na escala 1:20.000, no qual estão indicadas as densidades de ocupação do solo e a rede de transporte coletivo por ônibus. Pede-se: a) indicar no mapa as áreas habitadas consideradas com acessibilidade insatisfatória por transporte público (situadas a mais de 400 metros da rede e que são denominadas vazios de transporte); b) assinalar, também, as áreas não loteadas que se encontram dentro da região de acessibilidade por transporte coletivo; c) estimar o percentual de habitantes da região atendidos de forma satisfatória e, também, o percentual daqueles cujo atendimento por transporte coletivo é insatisfatório; d) avaliar o número adicional de habitantes que poderiam ser colocados na região de acessibilidade satisfatória.



**Figura 12.17** Mapa da região urbana considerada.



## 13.1 CONCEITUAÇÃO

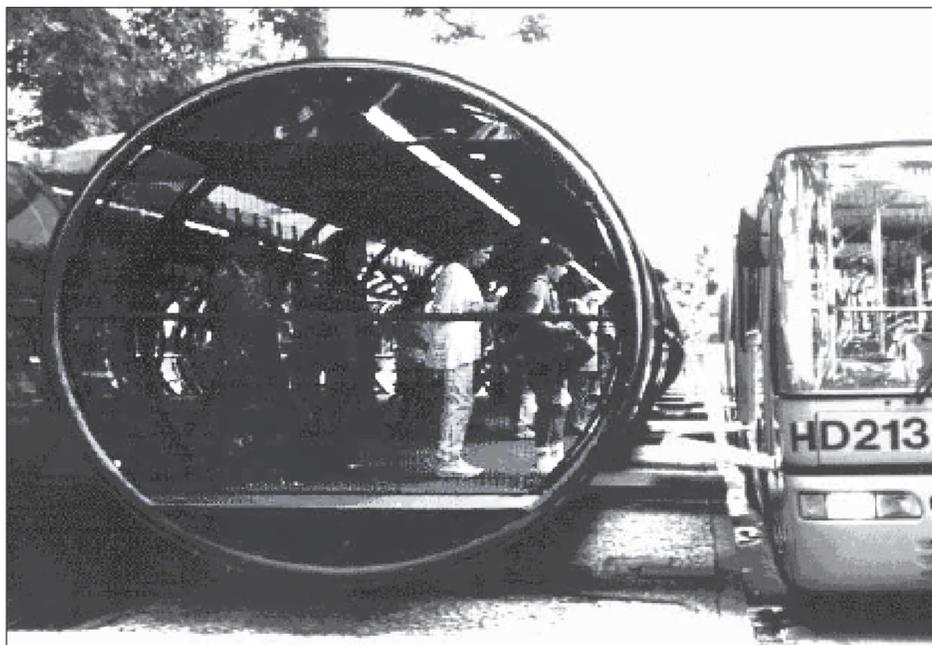
Os locais de embarque e desembarque de passageiros dos ônibus, bondes e, eventualmente, VLT, localizados nos passeios públicos, são denominados genericamente de pontos de parada. Nesse caso, o controle de acesso ao sistema (bilhetagem) é feito no interior dos veículos.

No caso dos modos metrô, VLT e trem urbano, bem como de ônibus operando em linhas troncais em canaletas (BRT ou similares), as operações de embarque e desembarque são realizadas em instalações apropriadas denominadas de estações, com o controle do acesso sendo realizado fora dos veículos, na entrada das estações.

Na Figura 13.1 pode ser vista uma estação de ônibus em um corredor de linhas troncais do sistema Transmilenio de Bogotá, Colômbia. Um projeto inovador de estação de ônibus é a instalação tipo tubo empregada em Curitiba, Brasil, com a bilhetagem realizada na entrada do tubo, conforme mostra a Figura 13.2.



**Figura 13.1** Estação de ônibus do BRT do sistema Transmilenio de Bogotá, Colômbia.  
*Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 13.2** Estação tipo tubo em Curitiba, Brasil. *Fonte:* Foto feita pelos autores..

Nos locais onde ocorre a integração física de várias linhas de ônibus ou bonde e/ou o movimento de passageiros é muito grande, é comum dotar o lugar de cobertura, bancos para sentar, sanitários, controle de acesso na entrada etc., caracterizando um terminal/estação de ônibus ou bonde.

Se o terminal/estação estiver localizado em um extremo de uma linha tronco, onde é realizado o controle dos horários de partida dos coletivos (ponto terminal), ele é muitas vezes denominado de estação terminal.

## 13.2 PONTOS DE PARADA

### Instalações e equipamentos

A identificação dos pontos de parada pode ser feita com uma simples marca em postes de energia ou telefone, com a colocação de marco específico (normalmente um pequeno poste com ou sem placa contendo dizeres) e/ou com a instalação de abrigos. A Figura 13.3 mostra a sinalização dos pontos de ônibus em Cristalina, Brasil; a Figura 13.4, em Budapeste, Hungria; e a Figura 13.5, em Malmö, Suécia.



**Figura 13.3** Sinalização de ponto de ônibus em Cristalina, Brasil. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 13.4** Sinalização de ponto de ônibus em Budapeste, Hungria. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



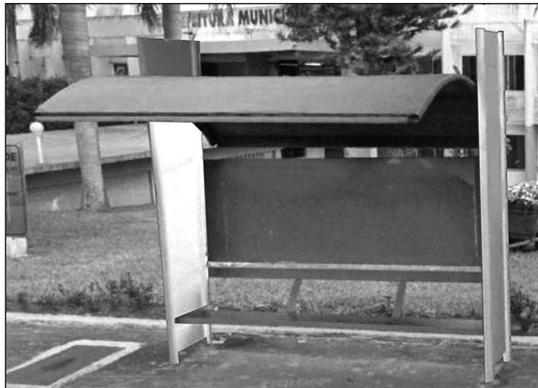
**Figura 13.5** Sinalização de ponto de ônibus em Malmö, Suécia. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

A existência de abrigos nos pontos de parada de ônibus ou bonde é importante para proteger as pessoas da chuva, do sol e do vento (quando fechadas na lateral e na parte de trás), proporcionando maior conforto aos usuários durante a espera. Se o local for dotado de banco para sentar, a comodidade é ainda maior.

Uma ampla variedade de tipos de abrigo tem sido empregada no transporte coletivo. Para exemplificar, a Figura 13.6 mostra abrigo de concreto pré-fabricado com banco para sentar; a Figura 13.7, abrigo com cobertura e estrutura metálica; a Figura 13.8, abrigo com estrutura e cobertura metálicas e paredes de vidro (muito utilizada nos países frios); e a Figura 13.9, abrigo moderno totalmente metálico em São José do Rio Preto, Brasil.



**Figura 13.6** Abrigo de concreto pré-fabricado com banco, em Ubatuba, Brasil. *Fonte:* Foto feita pelo eng. Pedro Baptistini.



**Figura 13.7** Abrigo com estrutura e cobertura metálica. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 13.8** Abrigo com estrutura e cobertura metálicas e fechamento com vidro, em Bruxelas, Bélgica. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 13.9** Abrigo totalmente metálico em São José do Rio Preto, Brasil. *Fonte:* Foto feita pelo eng. Nicanor Baptista Júnior.

## Distância entre paradas

A distância entre paradas tem grande influência na velocidade operacional dos veículos de transporte público.

Na definição da distância entre paradas, devem ser contemplados os aspectos acessibilidade (distância de caminhada), concentração de usuários nas plataformas e tempo de parada para as operações de embarque e desembarque.

Os valores usuais das distâncias entre paradas dos diversos modos de transporte público urbano são mostrados na Tabela 13.1.

**Tabela 13.1** Faixas usuais de distâncias entre paradas nos diversos modos.

	Ônibus e Bonde	BRT	VLT	Metrô	Trem urbano
<b>Distância entre paradas (m)</b>	300-600	500-800	500-800	700-2.000	1.500-3.000

A influência da distância entre paradas e do tempo parado na velocidade operacional dos ônibus transitando em faixas segregadas (canaletas) pode ser verificada na Figura 9.5 do Capítulo 9.

## Formas de operação nos pontos de parada

A forma normal de operação nos pontos é a parada dos veículos de todas as linhas que passam pelo local, com estacionamento individual. Assim, se um coletivo chega e outro está parado embarcando e desembarcando passageiros, o condutor deve aguardar para estacionar, permanecendo com as portas fechadas.

Quando o fluxo de coletivos em uma via é elevado, esse tipo de operação provoca congestionamento nos pontos de parada, pois a capacidade de atendimento é limitada. Nesse caso, é indicado utilizar outras formas de operação.

Uma delas é a parada seletiva, em que os veículos são divididos em grupos, e cada grupo somente para em pontos previamente selecionados.

Outra alternativa é permitir a parada de dois ou mais coletivos simultaneamente, ampliando o comprimento das plataformas nos pontos de parada (nesse caso, os usuários necessitam se movimentar na plataforma para chegar até o coletivo no qual vão embarcar).

Também é possível o emprego concomitante das duas estratégias.

No caso de o fluxo de coletivos ser muito alto, a solução é utilizar comboios de veículos ordenados conforme o destino, a fim de evitar tumultos e atrasos nos pontos, pois, nesse caso, os passageiros não necessitam se movimentar ao longo da plataforma. Outra alternativa é a operação com uma única linha troncal no corredor e estações/terminais para transbordo nos extremos.

## Localização dos pontos

Por razões de segurança e racionalidade, não se deve colocar pontos de parada dos coletivos em curvas, rampas acentuadas, defronte de garagens, muito próximos a cruzamentos etc.

No que tange à localização, os pontos de parada podem estar situados antes do cruzamento, depois do cruzamento ou no meio da quadra. Como os cruzamentos já são locais naturais de conflitos de veículos e pedestres, o ideal é que os pontos de parada estejam no meio das quadras. A principal vantagem dos pontos de parada próximos a cruzamentos é a redução no número de vagas de estacionamento perdidas, em razão do menor espaço necessário para os ônibus estacionarem. A principal desvantagem é a influência negativa na operação da interseção.

Por razões geométricas, pontos de parada localizados em locais de mudança de direção das linhas de transporte coletivo atuam no sentido de reduzir as distâncias de caminhada dos usuários.

## Tipos de pontos de parada em relação à posição da guia

Em relação à posição da guia, três tipos básicos de pontos podem ser identificados: guia em posição normal (caso mais comum), guia recuada tipo baia e guia avançada. Essas situações podem ser observadas na Tabela 13.2 e nas Figuras 13.10 a 13.12.

Como exemplo, considere o caso comum de uma via com sentido único de tráfego, duas faixas de rolamento e uma faixa de estacionamento (largura típica entre 8 e 10 metros), com o estacionamento podendo estar do lado direito ou esquerdo. Na Tabela 13.2 é apresentado um resumo das vantagens e das desvantagens relativas a várias soluções possíveis, as quais são comentadas na sequência.

A solução normalmente adotada é a de guia em posição normal. Nesse caso, pode-se permitir estacionamento do lado direito ou esquerdo da via. Se houver estacionamento do lado direito, é necessário sinalizar adequadamente o local para que os ônibus tenham espaço suficiente para estacionar.

A solução com baia recuada beneficia o tráfego normal de veículos, mas dificulta a volta dos coletivos ao fluxo de tráfego quando o trânsito é intenso, provocando atrasos. Outro aspecto a ser verificado, nesse caso, é a largura restante do passeio (calçada) após a implantação da baia recuada – o mínimo recomendável é de 2,5 m. Obviamente, esse tipo de solução pressupõe a proibição de estacionamento do lado direito da via.

Um esquema com guias recuadas que pode ser indicado em algumas situações é o arranjo físico denominado de “dente de serra”, conforme mostrado na Figura 13.19.

Em calçadas estreitas, onde o acúmulo de usuários esperando nos pontos de parada prejudica o trânsito de pedestres e dificulta o acesso a estabelecimentos comerciais, pode ser indicado o emprego de guias avançadas. Outra característica positiva dessa solução é permitir a colocação de abrigo nos pontos. Impacto negativo: impedir o fluxo de veículos na faixa da direita quando coletivos estão parados nos pontos. A solução com guia avançada é empregada com estacionamento de veículos do lado direito da via e consome menos vagas em relação à alternativa de guia em posição normal e estacionamento do lado direito, a qual exige maior espaço para manobras dos ônibus ao estacionar e partir.

Os principais aspectos a serem analisados na adoção de uma ou outra solução são os seguintes: fluidez do trânsito, quantidade de vagas de estacionamento, comodidade de pedestres e usuários esperando no ponto de parada e facilidade de retorno do ônibus à corrente de tráfego.

**Tabela 13.2** Comparação de diversas soluções de pontos de parada para o caso de uma via com duas faixas de rolamento e uma de estacionamento.

Situação	Croqui	Comparação
<p>Guia em posição normal</p> <p>Estacionamento do lado direito</p>	<p>Faixa sempre livre</p> <p>Faixa impedida nas manobras dos carros</p> <p>Passageiros Pedestres</p>	<p>Fluidez do trânsito: A</p> <p>Estacionamento de veículos: C</p> <p>Conforto dos pedestres e usuários: B</p> <p>Retorno dos ônibus ao fluxo de tráfego: B</p>
<p>Guia em posição normal</p> <p>Estacionamento do lado esquerdo</p>	<p>Faixa impedida nas manobras dos carros</p> <p>Faixa impedida na parada dos ônibus</p> <p>Passageiros Pedestres</p>	<p>Fluidez do trânsito: C</p> <p>Estacionamento de veículos: A</p> <p>Conforto dos pedestres e usuários: B</p> <p>Retorno dos ônibus ao fluxo de tráfego: A</p>
<p>Guia recuada</p> <p>Estacionamento do lado esquerdo</p>	<p>Faixa impedida nas manobras dos carros</p> <p>Faixa sempre livre</p> <p>Passageiros Pedestres</p>	<p>Fluidez do trânsito: A</p> <p>Estacionamento de veículos: A</p> <p>Conforto dos pedestres e usuários: C</p> <p>Retorno dos ônibus ao fluxo de tráfego: C</p>
<p>Guia avançada</p> <p>Estacionamento do lado direito</p>	<p>Faixa sempre livre</p> <p>Faixa impedidas nas manobras dos carros e parada dos ônibus</p> <p>Passageiros Pedestres</p>	<p>Fluidez do trânsito: B</p> <p>Estacionamento de veículos: B</p> <p>Conforto dos pedestres e usuários: A</p> <p>Retorno dos ônibus ao fluxo de tráfego: A</p>

Nota: Classificação relativa – A: melhor situação, B: situação intermediária e C: pior situação.

No caso da alternativa com guia na posição normal e estacionamento do lado direito, perde-se um número significativo de vagas próximas ao ponto de ônibus, para permitir que o mesmo estacione adequadamente. Em contrapartida, o ônibus estacionado não prejudica o fluxo nas duas faixas de rola-

mento. A manobra de um veículo para estacionar bloqueia a faixa da direita, podendo, eventualmente, prejudicar o fluxo de ônibus, mas mantém desobstruída a faixa da esquerda. Em caso de fluxo intenso, pode haver dificuldade para o ônibus voltar ao tráfego normal.

Com a guia em posição normal e estacionamento do lado esquerdo, consegue-se um maior número de vagas e não há problema para o ônibus voltar ao fluxo normal de trânsito, entretanto, a faixa da direita fica obstruída quando o ônibus se encontra parado no ponto, e as duas faixas podem ficar bloqueadas se um carro realizar manobra para estacionar em frente ao ponto onde o ônibus está parado.

No caso do estacionamento com guia recuada (baia), o estacionamento de carros deve necessariamente estar do lado esquerdo. Nessa situação, ocorrem os seguintes fatos relevantes: o número de vagas de estacionamento para carros é máximo e não há obstrução da faixa da direita quando o ônibus está estacionado, mas há dificuldade para o ônibus voltar ao fluxo normal de trânsito. Além disso, mesmo quando um carro realiza manobra para estacionar, impedindo, assim, o fluxo na faixa da esquerda, a faixa da direita permanece livre, ainda que haja um ônibus parado no ponto em frente. Os pedestres e os usuários dos ônibus são prejudicados, pois há redução da largura da calçada e, portanto, menor espaço para a circulação de pedestres e usuários esperando os ônibus. Essa é uma das razões pelas quais essa solução, em geral, somente é utilizada em praças, onde é possível ter calçada com largura suficiente, mesmo com o recuo da guia para a implantação da baia.

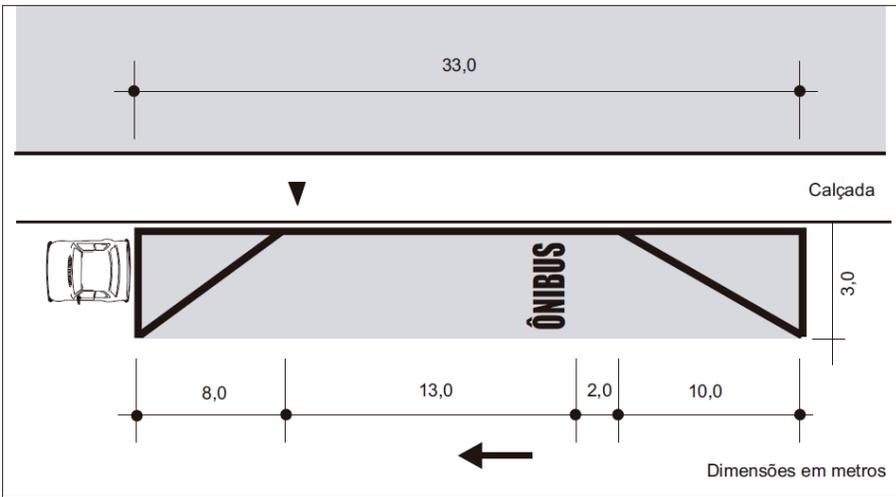
O emprego de guia avançada pressupõe a existência de estacionamento do lado direito. Os principais pontos relevantes dessa alternativa são: o ônibus parado no ponto bloqueia a faixa da direita, não há dificuldade para o coletivo voltar ao fluxo normal de tráfego, a quantidade de vagas de estacionamento perdida não é tão grande como no caso das guias em posição normal, os veículos que fazem manobra para estacionar em frente ao ponto onde o ônibus está parado não interrompem a faixa da esquerda, o espaço disponível para a espera dos usuários nos pontos e a passagem de pedestres é maior (o que significa maior comodidade) e a colocação de abrigo nos pontos de parada passa a ser mais fácil.

## **Dimensões e características geométricas dos pontos**

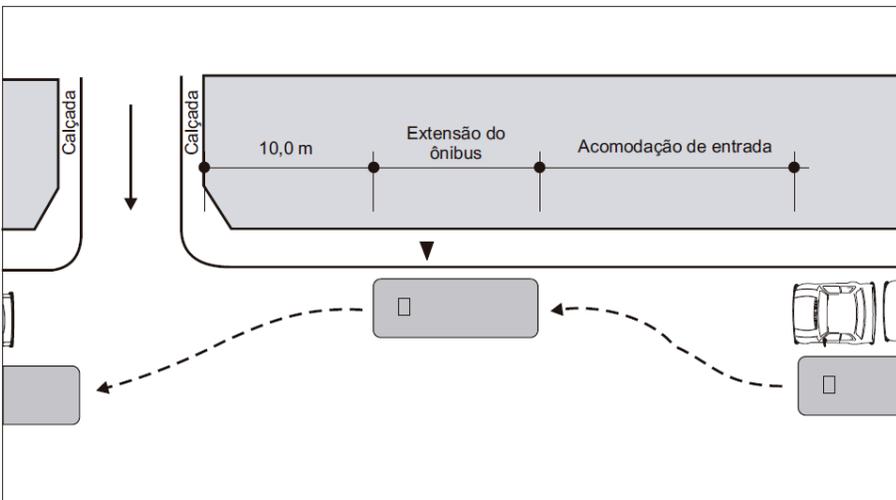
As dimensões ideais de um ponto de parada comum para ônibus com 12 metros de comprimento, localizado no meio da quadra, são mostradas na Figura 13.10. As dimensões mínimas são: 8 metros na acomodação de entrada, 6 metros na saída e 12 metros no centro, totalizando, portanto, 26 metros.

Por razões de segurança, nos pontos localizados próximos a interseções, deve ser mantida uma distância livre de no mínimo 10 metros do alinhamento predial, conforme mostrado nas Figuras 13.11 e 13.12.

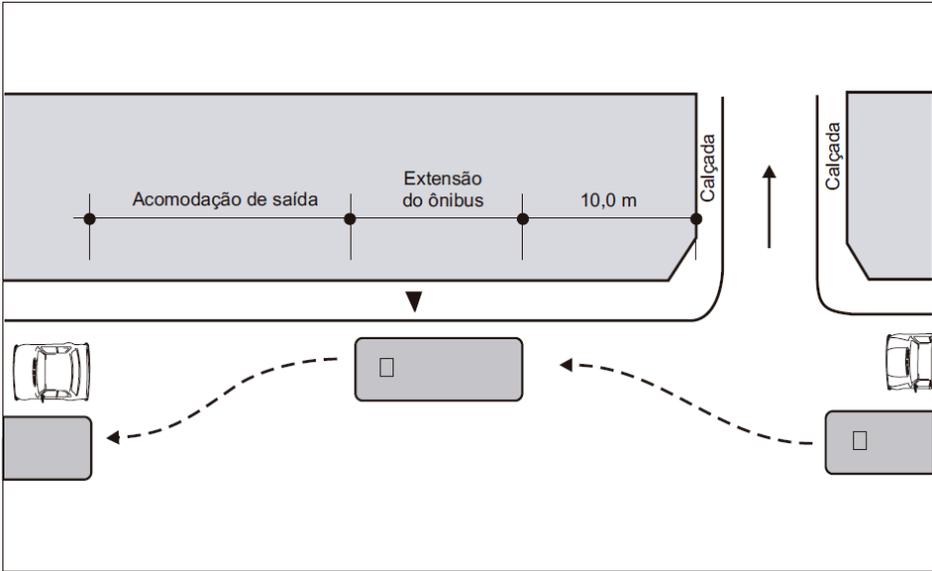
No caso de vias estreitas com duas faixas de tráfego, uma em cada sentido, entre pontos de parada de lados opostos deve haver uma distância livre de no mínimo 40 metros, para evitar que a parada simultânea de dois coletivos transitando em sentidos opostos interrompa o trânsito. A Figura 13.13 ilustra esse fato.



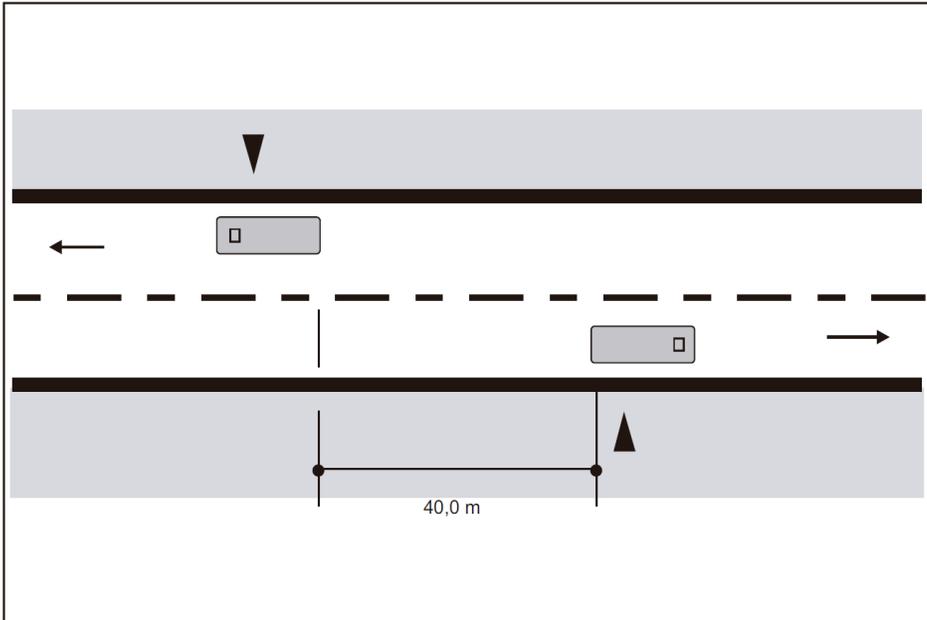
**Figura 13.10** Dimensões ideais dos pontos de parada para ônibus com 12 metros de comprimento. Fonte: MBB (1987).



**Figura 13.11** Ponto posicionado antes do cruzamento. Fonte: MBB (1987).

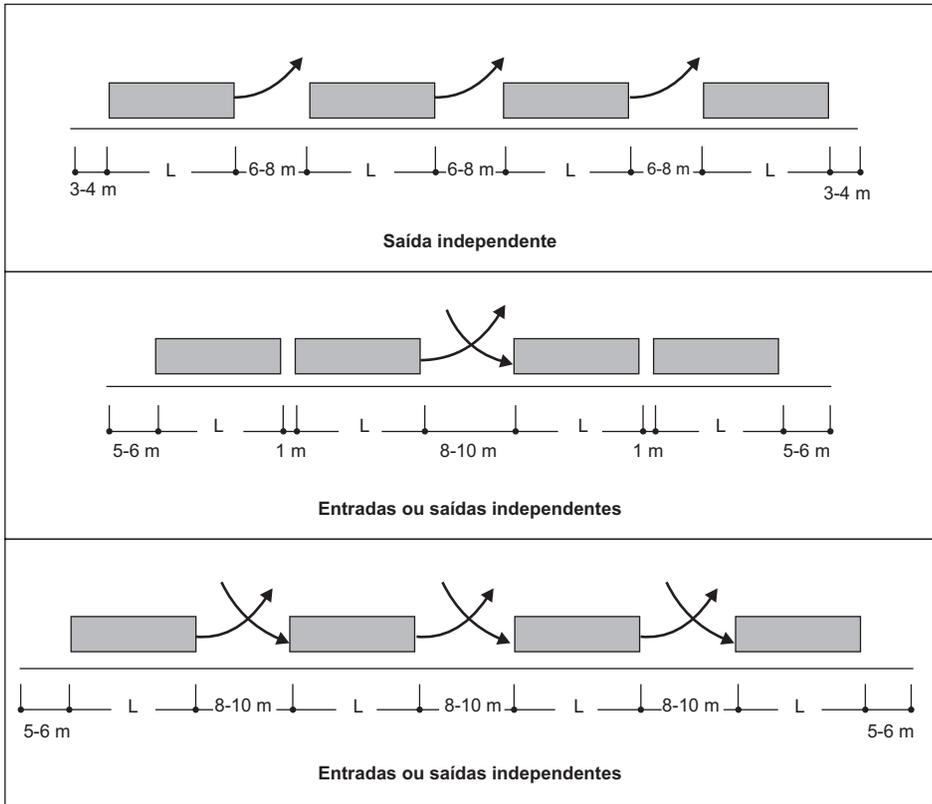


**Figura 13.12** Ponto posicionado após os cruzamentos. *Fonte:* MBB (1987).



**Figura 13.13** Posição de pontos em lados opostos em vias estreitas. *Fonte:* MBB (1987).

A Figura 13.14 mostra as dimensões necessárias (mínimas e ideais) para as diferentes configurações de pontos de parada de ônibus.



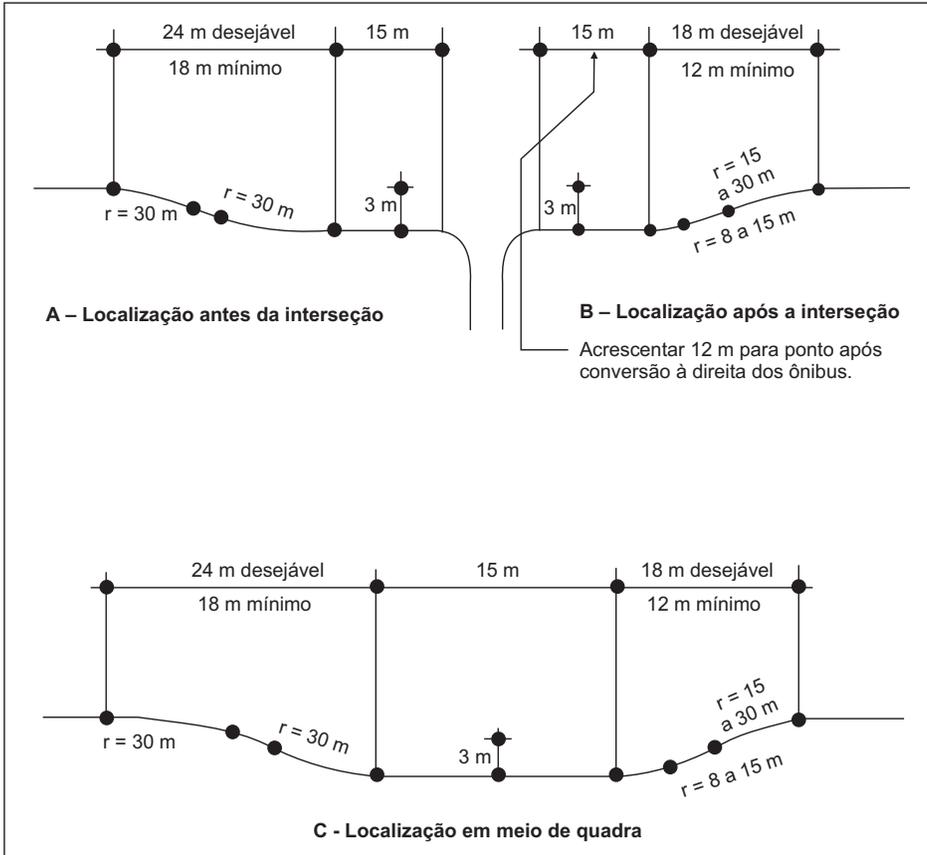
**Figura 13.14** Dimensões necessárias para as manobras de estacionamento. *Fonte:* MBB (1987).

A Figura 13.15 mostra as características geométricas das baias para parada de ônibus recuada do fluxo de trânsito.

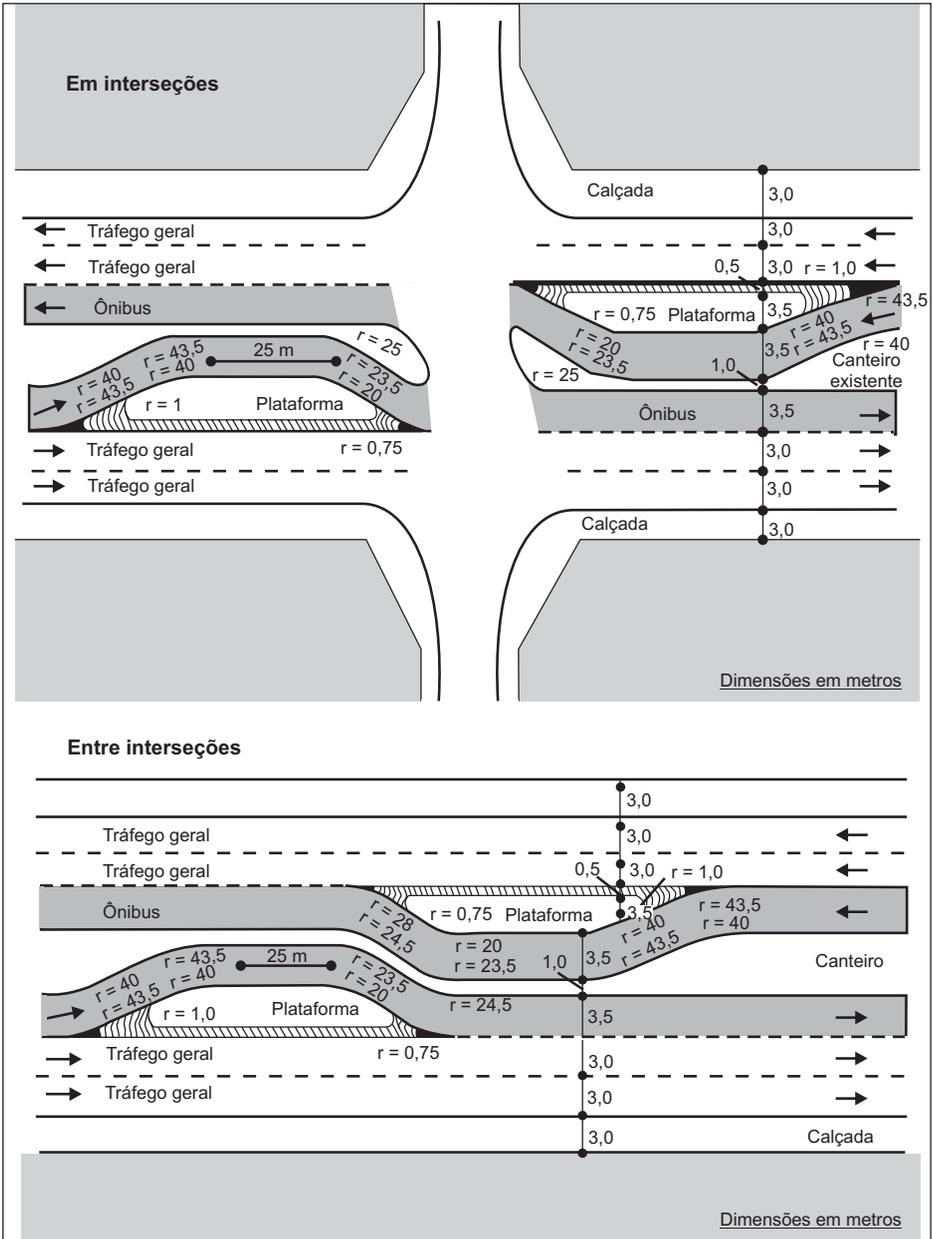
Na Figura 13.16 são mostradas as características geométricas dos locais de parada de ônibus quando o transporte é realizado em canaletas localizadas próximas ao canteiro central e em faixas opostas com separação física.

As características geométricas dos locais de parada de ônibus para o caso de canaletas no centro das vias e faixas opostas sem separação física são mostradas na Figura 13.17.

Já na Figura 13.18 apresentam-se as dimensões típicas empregadas nos pontos de ônibus com guia avançada, sendo a largura de 2 metros utilizada apenas nos estacionamentos para carros.

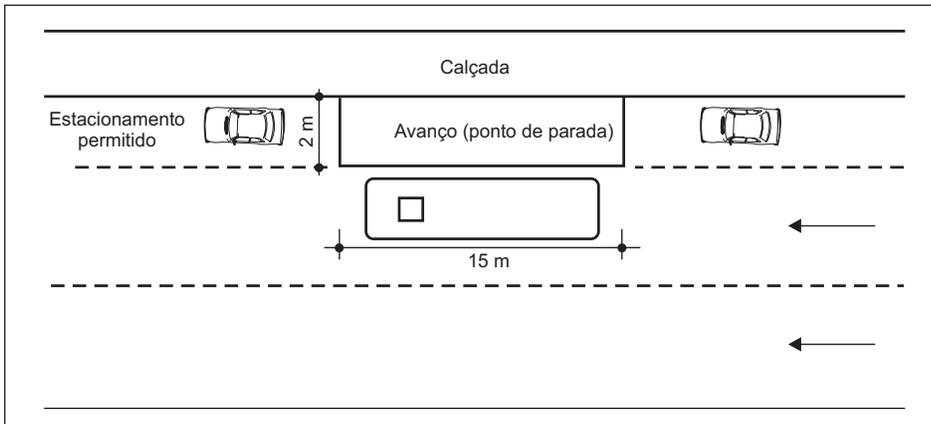


**Figura 13.15** Características geométricas das baias recuadas para estacionamento fora do fluxo. *Fonte:* MBB (1987).



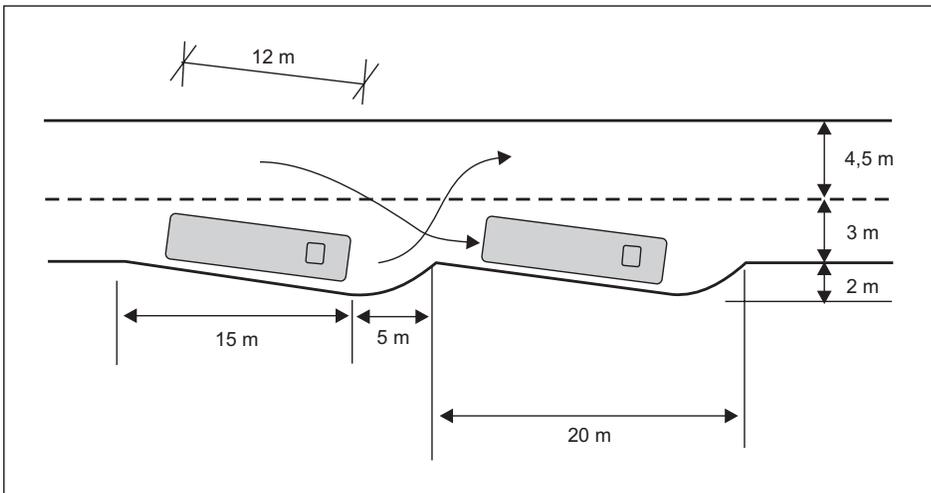
**Figura 13.16** Pontos em canaletas localizadas próximo ao canteiro central e em faixas opostas com separação física. Fonte: MBB (1987).





**Figura 13.18** Pontos em baias avançadas. *Fonte:* MBB (1987).

Também indicadas, em certas situações, são as baias recuadas tipo “dente de serra”, conforme mostrado na Figura 13.19. Nessa solução, as entradas e saídas dos ônibus são independentes e é consumido menor comprimento de passeio em relação ao estacionamento paralelo à guia.



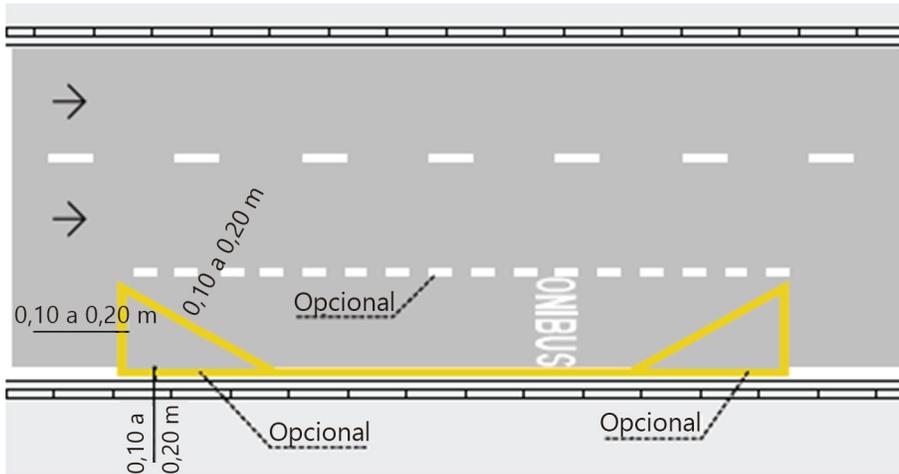
**Figura 13.19** Pontos de ônibus tipo “dente de serra”. *Fonte:* MBB (1987).

### Sinalização dos pontos de ônibus

Para evitar que outros tipos de veículos estacionem nos pontos de parada, prejudicando a operação dos coletivos, é essencial que esses locais sejam sinalizados com placas verticais e marcas no pavimento.

Na Figura 13.20 é mostrada a sinalização horizontal preconizada no Código de Trânsito Brasileiro, com as faixas pintadas em amarelo e a palavra *ôni-*

bus, em branco. Essa sinalização é indicada para as vias com estacionamento à direita. Quando não houver estacionamento à direita, basta colocar a linha amarela junto à guia acompanhada da sinalização vertical indicativa do ponto de ônibus.



**Figura 13.20** Sinalização padrão de parada de ônibus. *Fonte:* Manual de Sinalização Horizontal do Contran (2007).

### 13.3 ESTAÇÕES/TERMINAIS DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO

#### Introdução

Estações/terminais são componentes importantes dos sistemas de transporte coletivo urbano, uma vez que representam os locais de contato com as áreas vizinhas e com outros modos de transporte, sejam privados (a pé, bicicleta, motocicleta, carro etc.), públicos (ônibus, metrô etc.) ou semipúblicos (táxi, mototáxi, transporte por aplicativo etc.).

O projeto adequado de uma estação/terminal é fundamental para proporcionar aos usuários segurança, conforto e comodidade na utilização da mesma, além de facilitar a operação dos coletivos, de modo a garantir segurança, confiabilidade, pontualidade e comodidade nas manobras executadas no interior e nas entradas e saídas desses locais.

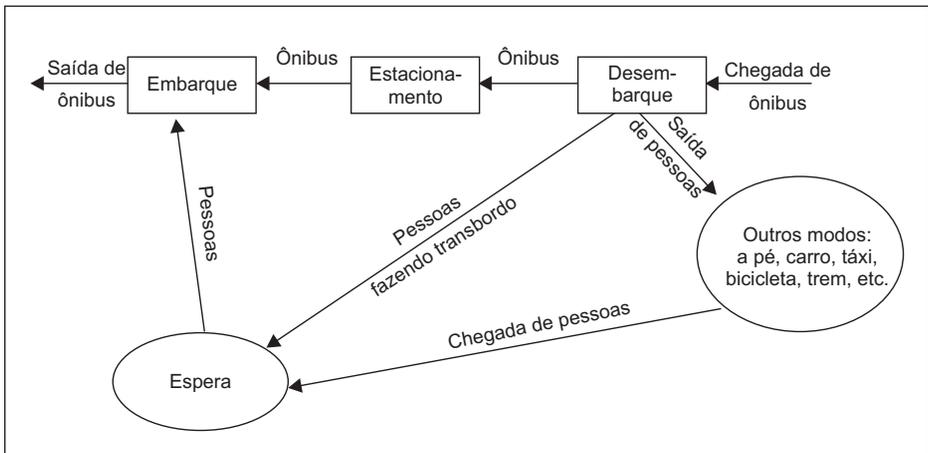
As estações/terminais têm grande impacto na ocupação e no uso do solo vizinho e no meio ambiente, havendo, por isso, necessidade de um planejamento cuidadoso na escolha dos locais de implantação dessas instalações.

Nas cidades pequenas e médias, é comum a existência de estação/terminal de ônibus urbano na região central, por onde passam todas as linhas, a fim de proporcionar a integração física do sistema. Se a estação/terminal for fechada, também será oferecida a integração tarifária.

Em cidades maiores, é comum haver mais de uma estação/terminal na região central. Além disso, nas grandes cidades são implementadas estações/terminais fora da região central, seja para integração física entre linhas comuns, quando se pode utilizar miniestações/miniterminais, seja para integração física de linhas troncais com linhas alimentadoras.

Também é comum a existência de áreas para estacionamento de ônibus nas estações/terminais, tendo em vista a necessidade de contar com uma frota reserva para substituir os ônibus que apresentam problemas durante a operação (defeitos, acidentes, atrasos excessivos etc.). Muitas vezes, os ônibus extras colocados em operação nos períodos de pico também são mantidos estacionados nas estações/terminais.

A Figura 13.21 mostra o fluxograma dos movimentos e atividades que normalmente ocorrem em uma estação (terminal) de ônibus urbanos. Muitas vezes, as operações de embarque e desembarque ocorrem na mesma baía, não havendo, nesse caso, a etapa intermediária de estacionamento.



**Figura 13.21** Fluxograma de movimentos e atividades em uma estação de ônibus urbanos.

## Instalações

Alguns equipamentos comuns nas estações/terminais de transporte coletivo urbano são: cobertura, banheiros, bebedouros de água, lixeiras, bancos para sentar, iluminação, relógio de grande tamanho, telefone público, balcão com pessoas para prestar informações verbais e distribuir folhetos informativos, postos de venda (carregamento) de viagens etc. Como se trata de um local onde ocorre grande aglomeração de pessoas, também é importante o policiamento do local.

## Estações/terminais abertos e fechados

As estações/terminais de transporte coletivo urbano podem ser abertas, caso em que proporcionam apenas a integração física entre as linhas, ou fechadas, quando também propiciam a integração tarifária.

No caso das estações (terminais) fechadas, a integração tarifária é viabilizada por meio da entrada nos coletivos pelas portas de desembarque, portanto, com os usuários ingressando no veículo após a catraca. Dessa forma, o passageiro não necessita pagar novamente, considerando-se que já pagou pela viagem no primeiro veículo que utilizou ou ao entrar na estação (terminal).

A integração tarifária em estação (terminal) aberta também pode existir, com a utilização de validadores (microprocessadores) nos coletivos e cartões de viagem inteligentes.

Outra possibilidade é utilizar a estação (terminal) somente para transbordo (caso pouco comum): os passageiros só podem entrar na mesma quando estão dentro dos ônibus. Nesse caso, a área necessária diminui e os custos de implantação e operação também.

As estações podem ser apenas locais de passagem, onde não há controle dos horários de partida dos coletivos, ou locais de início e fim de viagens, onde há controle dos horários de partida (estações terminais ou terminais de viagens).

As estações onde ocorrem o início e o fim das viagens são efetivamente pontos terminais de viagem. As estações de passagem funcionam como pontos de parada normais, com os veículos permanecendo nas mesmas apenas o tempo necessário para a conclusão das operações de embarque e desembarque. Nas estações de início e fim de viagens, o tempo de permanência dos coletivos nas mesmas é maior, pois são controlados os horários ou intervalos entre atendimentos. Esse tipo de estação exige, portanto, maior número de baias de estacionamento e, conseqüentemente, área maior do que as estações de passagem.

Estações fechadas de passagem podem ser implantadas no próprio passeio público, como, por exemplo, as estações tipo tubo utilizadas em Curitiba, Brasil, mostradas na Figura 13.2.

A Figura 13.22 apresenta a vista geral de uma estação de passagem aberta em Lund, Suécia; a Figura 13.23, a fachada do terminal central de Waterloo, Canadá; e a Figura 13.24, uma vista interna do mesmo.

A Figura 13.25 mostra a vista externa da estação central fechada para integração física e tarifária na cidade de Araraquara, Brasil; a Figura 13.26, uma das plataformas dessa estação; e a Figura 13.27, a vista interna da mesma. Essa estação tem quatro baias de estacionamento dispostas linearmente nas duas vias laterais e é um exemplo típico de estação de passagem. Tem no seu interior um conjunto de lojas comerciais, o que caracteriza um terminal-shopping.



**Figura 13.22** Estação de passagem em Lund, Suécia. Fonte: Foto feita pelos autores.



**Figura 13.23** Fachada do terminal central aberto de Waterloo, Canadá. Fonte: Foto feita pelos autores.



**Figura 13.24** Vista interna do terminal central aberto de Waterloo, Canadá. Fonte: Foto feita pelos autores.



**Figura 13.25** Vista externa da estação central fechada de passagem em Araraquara, Brasil. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

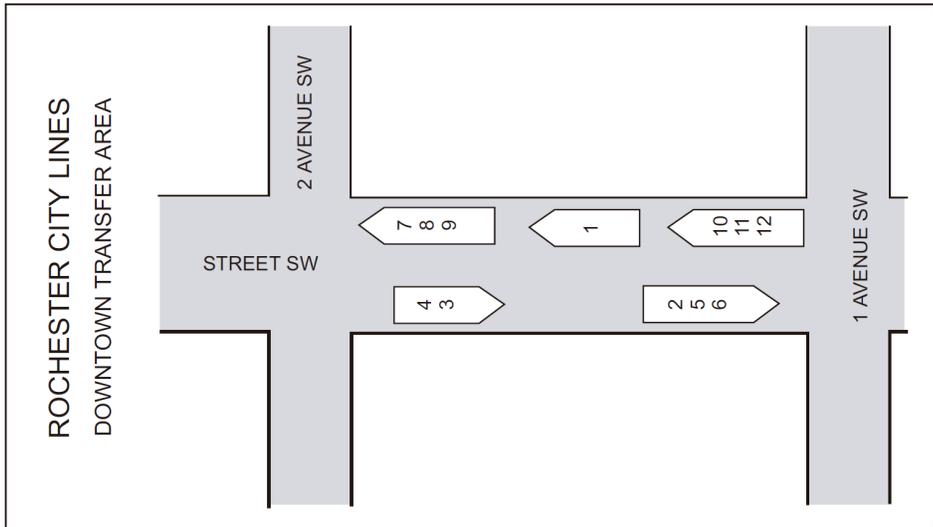


**Figura 13.26** Plataforma de embarque e desembarque da estação central de Araraquara. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 13.27** Vista interna da estação central de Araraquara. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

A Figura 13.28 mostra o croqui da posição das baias de estacionamento de diversas linhas de ônibus no terminal central aberto de início e fim de viagens em Rochester, Estados Unidos, localizado no próprio passeio público.



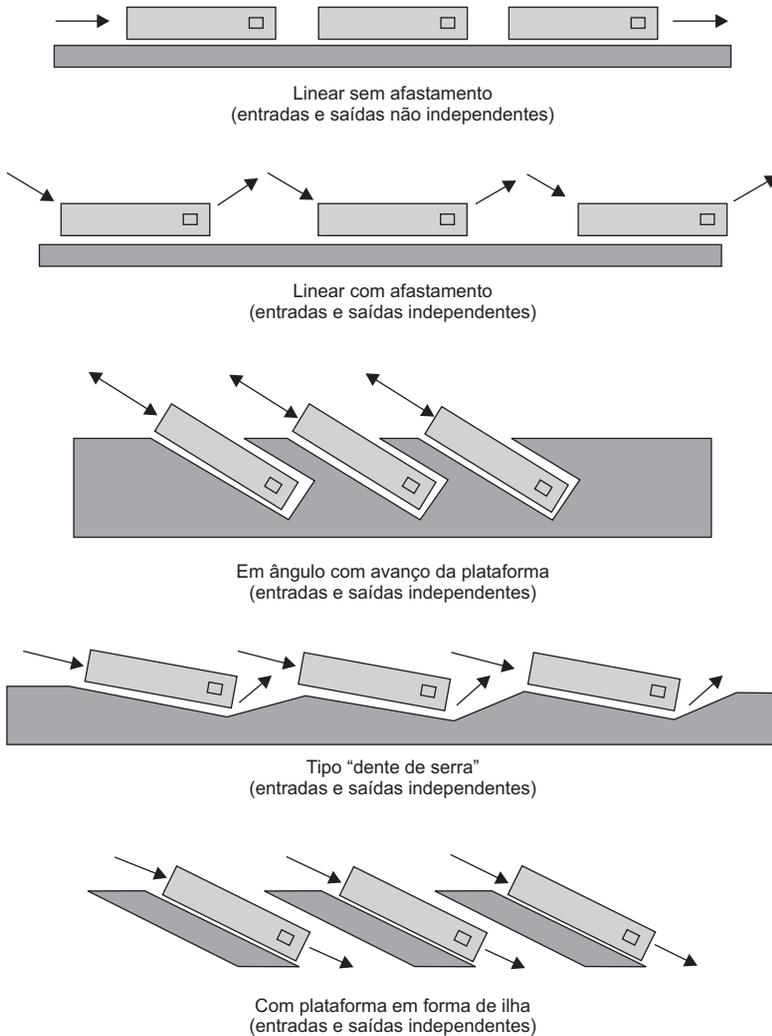
**Figura 13.28** Croqui com a localização das baias de parada dos ônibus no terminal central aberto de Rochester, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

### Tipos de baias nas estações (terminais)

Os tipos de baias mais comuns empregados nas estações (terminais) de ônibus urbanos são mostrados na Figura 13.29.

O tipo de baia a ser utilizado depende da forma de operação na estação (terminal), do formato e do tamanho da área disponível e da localização dos portões de entrada e saída.

As baias do tipo linear e “dente de serra” oferecem, em princípio, maior segurança na operação em relação às baias com avanço da plataforma ou plataformas em formato de ilha. Nesses dois tipos de baia pode ocorrer, sobretudo nos períodos de grande movimento, de um usuário invadir a baia que está a suas costas sem perceber a presença de um ônibus chegando ou saindo. No caso das plataformas em formato de ilha, há, ainda, o problema de os usuários terem de cruzar o fluxo de ônibus.



**Figura 13.29** Diferentes tipos de baias empregados nas estações (terminais) de ônibus urbanos. *Fonte:* MBB (1987).

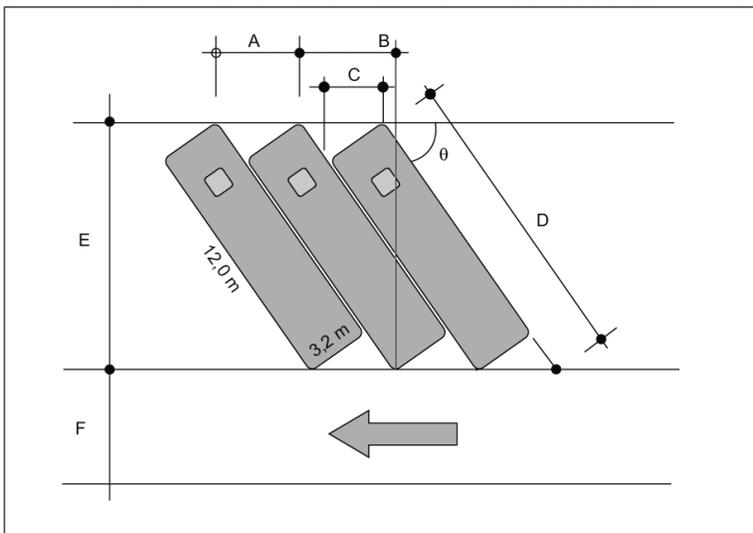
## Projeto geométrico

O arranjo físico (layout) de uma estação (terminal) depende da forma de operação (estação aberta ou fechada; de início e fim de viagem ou de passagem), do formato e do tamanho da área disponível, da localização dos portões de entrada e saída, da quantidade de usuários, do tamanho dos ônibus etc.

A largura mínima recomendada para as plataformas é de 3 metros. Somente em casos excepcionais são aceitáveis plataformas com largura mínima de 2 metros.

A seguir são fornecidos alguns dados geométricos para o projeto das baias de estacionamento dos ônibus-reserva, das plataformas de embarque-desembarque e do sistema de circulação interna de estações (terminais) de ônibus urbanos.

A Figura 13.30 mostra as principais dimensões das baias de estacionamento de ônibus, e a Tabela 13.3, os valores mínimos dessas dimensões para o caso de ônibus com 12 metros de comprimento e cerca de 2,5 metros de largura.



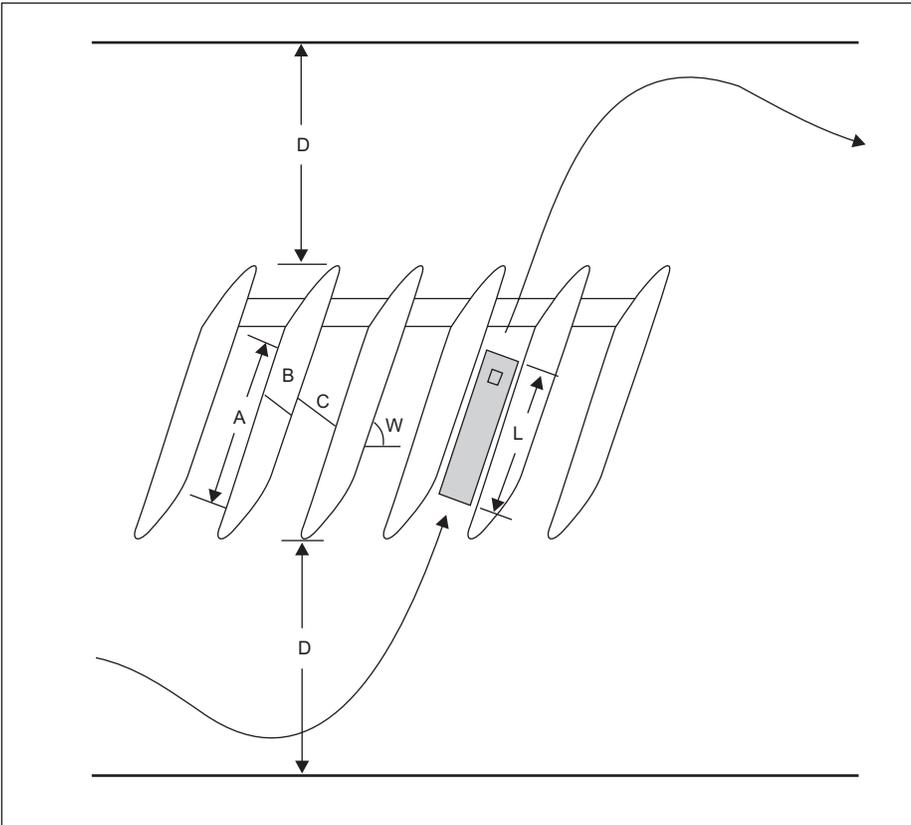
**Figura 13.30** Principais dimensões para o projeto de estacionamento de ônibus com comprimento de 12 metros. *Fonte:* MBB (1987).

**Tabela 13.3** Dimensões necessárias em metros para estacionamento de ônibus de 12 metros. *Fonte:* MBB (1987).

$\theta$ (°)	A	B	C	D	E	F
0	–	–	–	13,00 <sup>a</sup>	3,20	5,40
30	6,40	15,19	1,60	17,54	8,77	4,70
45	4,53	10,08	2,26	14,23	10,08	8,20
60	3,70	6,93	2,77	13,85	11,99	10,85
90	3,20	3,20	3,20	12,00	12,00	14,50

<sup>a</sup> Entradas não independentes.

Na Tabela 13.4 são assinaladas as dimensões mínimas recomendáveis para o caso de entrada e saída por lados opostos da plataforma, seguindo o esquema mostrado na Figura 13.31.



**Figura 13.31** Esquema de funcionamento e dimensões das baias e das plataformas para entrada e saída por lados opostos. *Fonte:* Vuchic (1981).

**Tabela 13.4** Dimensões mínimas recomendáveis, em metros, para as baias e plataformas para entrada e saída por lados opostos.

<b>W</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
45°	L ou 2L + 1,00	1,50-3,00	3,25	8,00-10,00
60°	L ou 2L + 1,00	1,50-3,00	3,50	10,00-12,00
90°	L ou 2L + 1,00	1,50-3,00	3,75	12,00-14,00

<sup>a</sup> No caso de escadas ou elevadores chegando à plataforma, devem ser adicionados mais 1,50-2,50 m à largura da mesma. *Fonte:* Vuchic (1981).

## Dimensionamento do número de baias

Para o dimensionamento do número de baias necessário nas estações (terminais), devem ser utilizadas as expressões de capacidade de transporte apresentadas no Capítulo 9 . Nesse processo, é importante levar em conta o crescimento do fluxo de coletivos, para que a quantidade de baias seja suficiente tanto no presente como no futuro. Assim, deve ser aplicado um modelo adequado de previsão da demanda para estimar o volume futuro de coletivos.

A Tabela 13.5 fornece estimativa do total de baias necessárias no caso de entradas e saídas independentes e chegada aleatória dos coletivos à estação (terminal). No caso de baias lineares sem afastamento, em que as entradas e saídas não são independentes, é necessário aplicar os fatores de redução da capacidade apresentados no Capítulo 9 .

No caso de projeto de grandes e complexos terminais, é indicado fazer simulações da operação em computador por intermédio de softwares apropriados, a fim de dimensionar a quantidade de baias, o tamanho das plataformas e o arranjo físico.

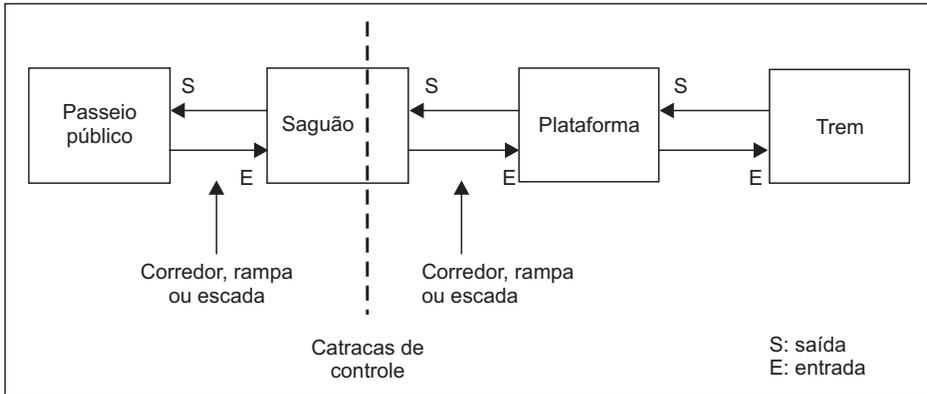
**Tabela 13.5** Número de baias em função do fluxo de coletivos e do tempo parado, para entradas e saídas independentes. *Fonte:* MBB (1987).

Número de coletivos na hora de pico (col/h)	Tempo médio de permanência (min.)				
	10	20	30	40	60
15	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
45	1	1	1	2	2
60	1	1	2	2	2
75	1	1	2	2	2
90	1	2	3	3	4
105	1	2	3	3	4
120	1	2	3	3	5
150	2	3	3	4	5
180	2	3	4	5	6

## 13.4 ESTAÇÕES DE TRENS URBANOS

### Elementos das estações de trens

Os principais elementos que compõem uma estação de trem urbano (metrô, trem urbano e VLT) são: saguão, plataforma e elementos de ligação (corredores, rampas ou escadas). A Figura 13.32 mostra o esquema típico de uma estação de trem urbano/metrô.



**Figura 13.32** Representação esquemática do arranjo físico de uma estação de trem urbano/metrô.

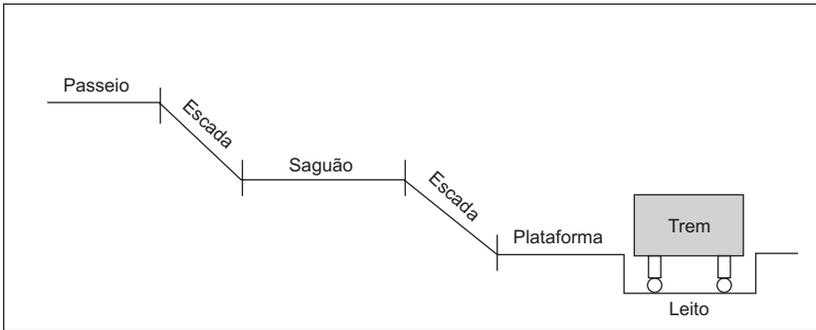
No saguão encontram-se os seguintes elementos: bilheterias, linha de validadores/catracas para controle de entrada e saída dos passageiros, informações úteis aos usuários sobre o sistema de transporte público e a região vizinha à estação (mapas, horários, locais importantes etc.), banheiros, bebedouros de água, telefone público, lojas etc.

Nas plataformas devem estar visíveis o nome da estação e o destino dos trens que por ali passam, bem como outras informações consideradas relevantes para a segurança e a facilidade de utilização.

Corredores, rampas e escadas têm a função de estabelecer a ligação entre o passeio da rua e o saguão e entre o saguão e a plataforma. Muitas vezes, também há elevadores ligando os diferentes níveis das estações, para uso das pessoas que têm limitações de locomoção.

Para incentivar o uso do transporte público, é comum haver estacionamentos para carros, motocicletas e bicicletas ao lado de estações de metrô, trem urbano ou VLT, a fim de facilitar a integração transporte coletivo–transporte individual.

As estações dos trens urbanos podem ser em nível, subterrâneas ou aéreas. A título de exemplo, na Figura 13.33 é mostrado o croqui do corte de uma estação subterrânea com três níveis.



**Figura 13.33** Representação esquemática de uma estação subterrânea.

## Dispositivos especiais nas mudanças e cruzamentos de linhas

Nas estações e nos pátios ferroviários, ocorrem mudanças e cruzamentos de linhas, sendo necessária a utilização de elementos especiais nas conexões dos trilhos.

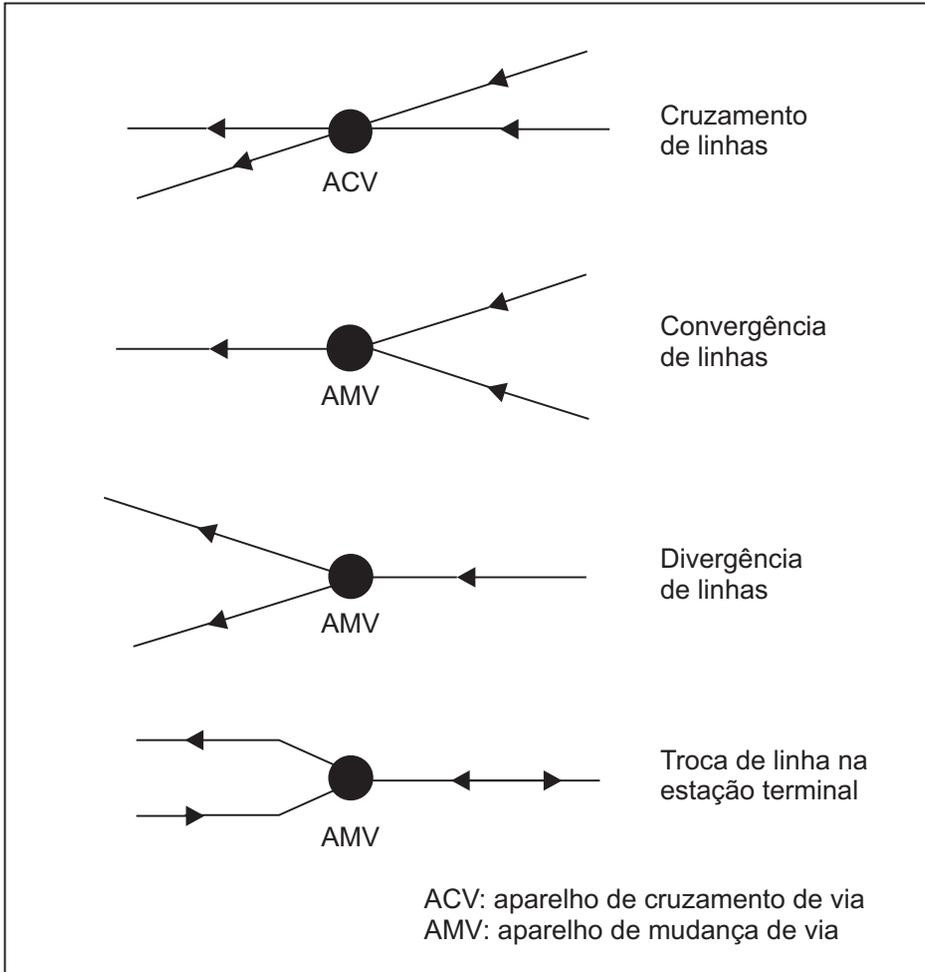
A Figura 13.34 mostra os pontos de convergência ou divergência de linhas, onde é empregado o dispositivo que permite a mudança de vias (denominado de aparelho de mudança de via – AMV), bem como o ponto de cruzamento de linhas, onde é empregado o dispositivo que permite o cruzamento de vias (denominado de aparelho de cruzamento de via – ACV). Nessa figura, também é mostrada a operação de troca de linhas nas estações terminais, que envolve inicialmente um movimento de convergência e depois um de divergência, sendo as manobras realizadas por um AMV.

## Tipos de baias no transporte sobre trilhos

No transporte público sobre trilhos (metrô, VLT, trem urbano e bonde), devido à impossibilidade de manobras, são utilizadas apenas as baias lineares e as baias com plataformas em formato de ilhas.

## Dimensionamento do número de baias nas estações

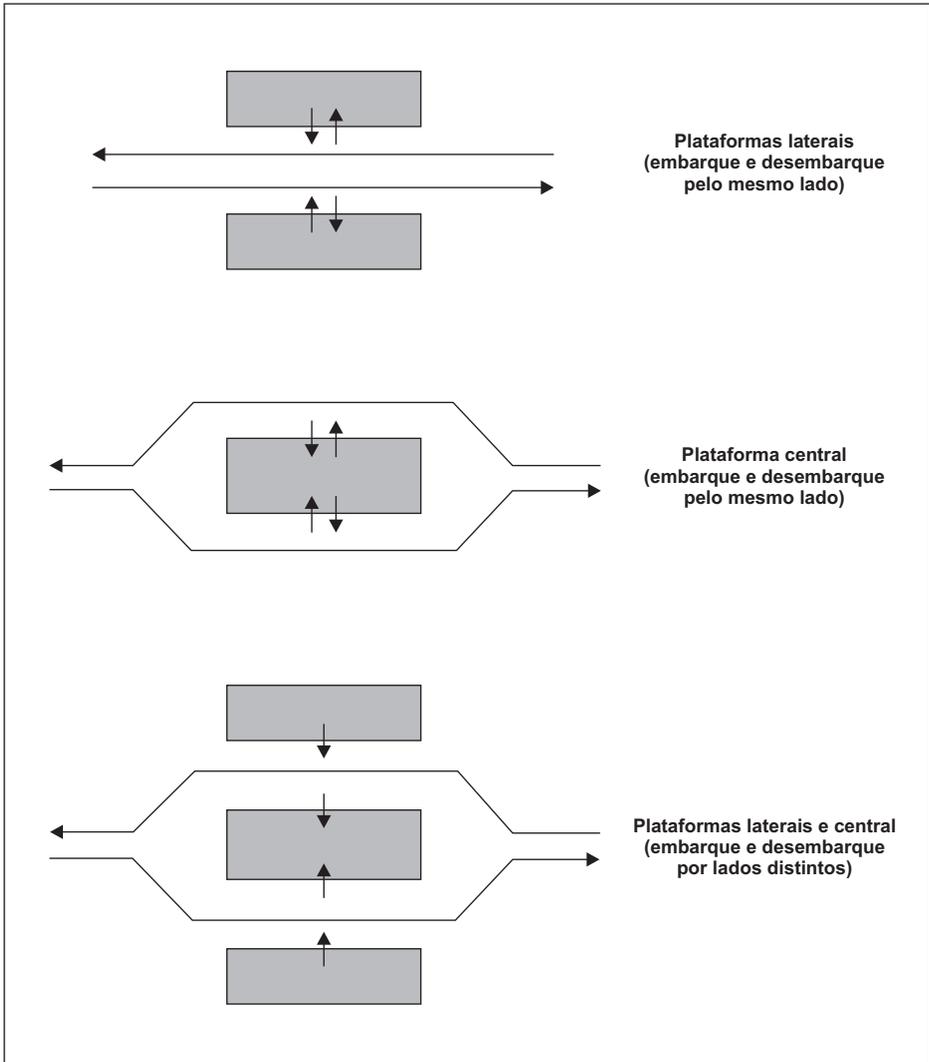
Para o dimensionamento do número de baias necessárias nas estações (terminais), devem ser utilizadas as expressões de capacidade de transporte apresentadas no Capítulo 9. Nesse processo, é importante levar em conta o crescimento do fluxo de coletivos, para que a quantidade de baias seja suficiente tanto no presente como no futuro. Assim, deve ser aplicado um modelo adequado de previsão da demanda para se estimar o volume futuro de coletivos.



**Figura 13.34** Tipos de dispositivos utilizados nas estações e pátios ferroviários e esquema da operação de troca de linhas numa estação terminal.

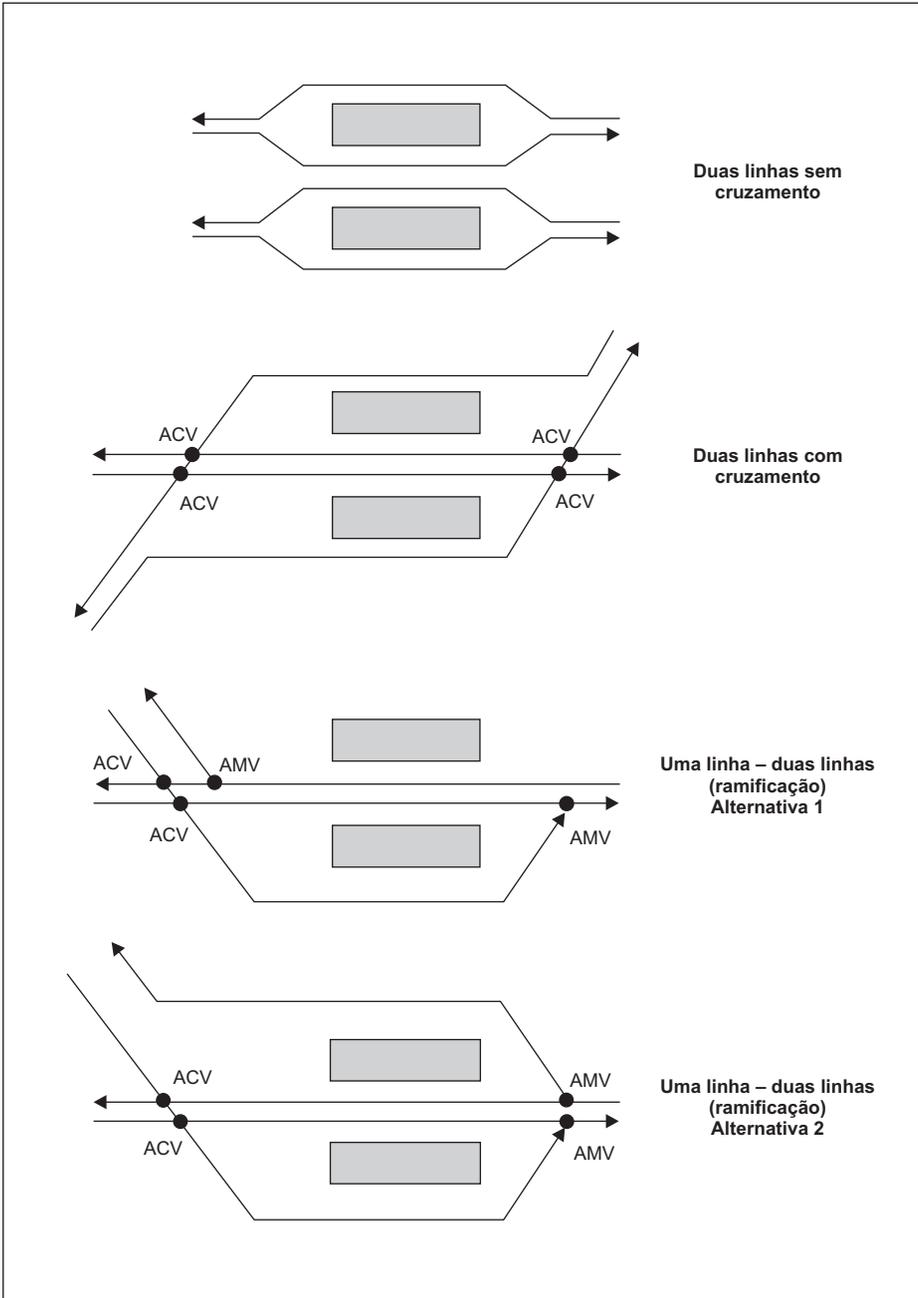
### Arranjo físico dos trilhos e das plataformas nas estações

Os tipos de arranjo físico dos trilhos e das plataformas, no caso das estações por onde passa apenas uma linha, são mostrados na Figura 13.35.



**Figura 13.35** Formas de operação nas estações, no caso da passagem de uma única linha. *Fonte:* Vuchic (1981).

Na Figura 13.36 são mostrados os arranjos mais comuns no caso das estações por onde passam duas linhas.



**Figura 13.36** Formas de operação nas estações, no caso da passagem de duas linhas.  
*Fonte:* Vuchic (1981).

## 13.5 QUESTÕES

1. Conceituar pontos de parada e estações no transporte coletivo urbano.
2. Qual o equipamento mínimo para um ponto de parada de ônibus ou bonde? E o equipamento ideal?
3. Quais as distâncias típicas entre paradas nos diversos modos de transporte coletivo urbano?
4. Discorrer sobre as formas de operação nos pontos de parada de ônibus.
5. Comentar sobre a localização dos pontos de parada de ônibus e bondes.
6. Quais os tipos de pontos de parada em relação à posição da guia?
7. Considerar a Tabela 13.2, na qual é apresentada uma comparação relativa das várias soluções propostas para o caso de uma via de mão única com duas faixas de rolamento e uma faixa de estacionamento. Atribuindo valor 1 para a classificação C, 2 para B e 3 para A, obter a pontuação total de cada alternativa, considerando os aspectos mais importantes para efeito de comparação, e ordenar as alternativas com base nesse valor. Se as calçadas fossem bem largas, o quesito conforto de pedestres e usuários dos ônibus praticamente independeria da solução adotada; neste caso, qual a nova ordem das alternativas?
8. Em média, são necessários 5,5 metros de guia para o estacionamento de automóveis. Determinar quantas vagas de estacionamento são eliminadas por um ponto de ônibus com guia na posição normal e estacionamento do lado direito e por um ponto de ônibus com avanço do passeio. Quais as vantagens e as desvantagens do ponto com avanço do passeio em relação ao ponto com guia em posição normal?
9. Quais os comprimentos mínimo e ideal para implantação de baias recuadas para paradas de ônibus antes de cruzamentos, depois e no meio de quadra?
10. Uma das faces de uma praça será totalmente utilizada para parada de ônibus. O comprimento disponível, deixando 6 metros de recuo nas esquinas, é de 100 metros. Determinar o número de baias de estacionamento considerando os seguintes casos: saídas independentes, entradas ou saídas independentes e entradas e saídas independentes. Neste último caso, qual seria o novo valor, se as baias fossem do tipo "dente de serra"? Qual o inconveniente dessa solução?
11. Por que as estações de transporte coletivo urbano são importantes?
12. Esboçar o fluxograma típico de atividades em um terminal urbano de ônibus?

13. Comentar sobre as instalações das estações de transporte público urbano.
14. Discorrer sobre estações fechadas e estações abertas.
15. Quais os tipos de baias de estacionamento empregadas nas estações (terminais) de ônibus? Apresentar desenho esquemático de cada tipo.
16. Considerar o caso de um terminal para ônibus comum de 12 metros com 5 plataformas de embarque e desembarque e entrada e saída por lados opostos. Fazer croqui do arranjo físico do terminal, indicando a posição das plataformas, das baias de estacionamento e das vias de circulação de cada lado das plataformas, e assinalar as medidas mínimas necessárias para estacionamento em 45°, 60° e 90°.
17. Considerar um terminal com quatro baias de estacionamento independentes. Com base nos dados da Tabela 13.5, qual o máximo fluxo de ônibus que pode ser atendido considerando-se um tempo médio de parada de 1 minuto (entrada e saída por uma única porta, pois há integração tarifária e os ônibus têm duas portas). Se os ônibus tivessem três portas e a entrada e a saída fossem feitas utilizando duas portas, o tempo médio de parada seria reduzido para 40 segundos. Nesse caso, qual a nova capacidade do terminal? Qual o acréscimo porcentual?
18. Repetir a questão anterior para o caso de baias lineares próximas.
19. Elaborar croquis de uma estação de trem urbano, assinalando os principais elementos.
20. Quais os dispositivos especiais utilizados nas mudanças e nos cruzamentos de linhas ferroviárias?
21. Quais os tipos de baias utilizados nas estações (terminais) do transporte sobre trilhos?
22. Desenhar esquematicamente o arranjo físico (layout) das linhas e das plataformas para o caso de uma estação com apenas uma linha.
23. Idem para o caso de duas linhas.

## 14.1 GEOMETRIA

A geometria do sistema viário deve ser adequada ao movimento dos veículos de transporte público coletivo que transitam nas ruas, de modo a proporcionar um deslocamento seguro e confortável.

A seguir, são discutidos os principais aspectos relativos à geometria do sistema viário no que diz respeito ao tráfego de ônibus.

### Largura das faixas

As faixas de rolamento destinadas aos ônibus devem ter largura entre 3,20 e 3,70 metros. Somente em casos excepcionais, em trechos curtos, é que se pode utilizar um mínimo de 3 metros.

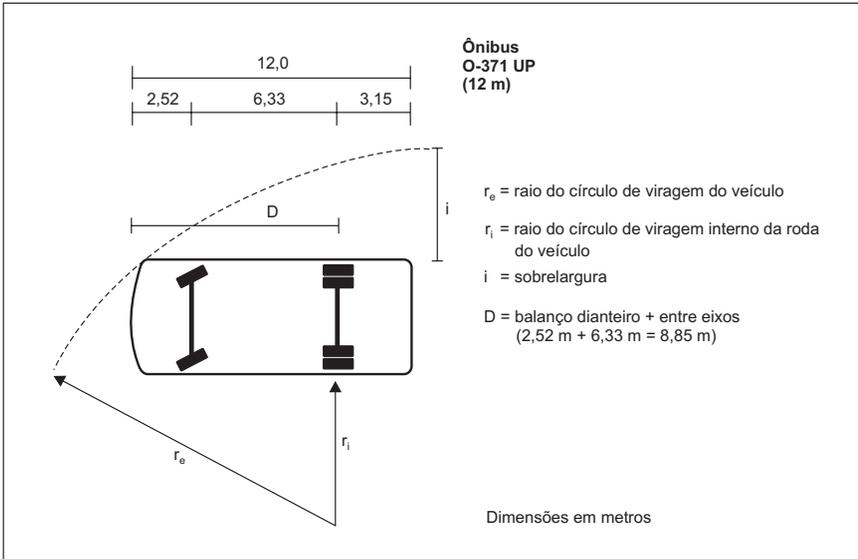
### Superlargura nas curvas

Em curvas com raio inferior a 130 metros é necessário utilizar uma largura adicional (superlargura ou sobrelargura) na faixa de tráfego dos ônibus, conforme ilustrado na Figura 14.1.

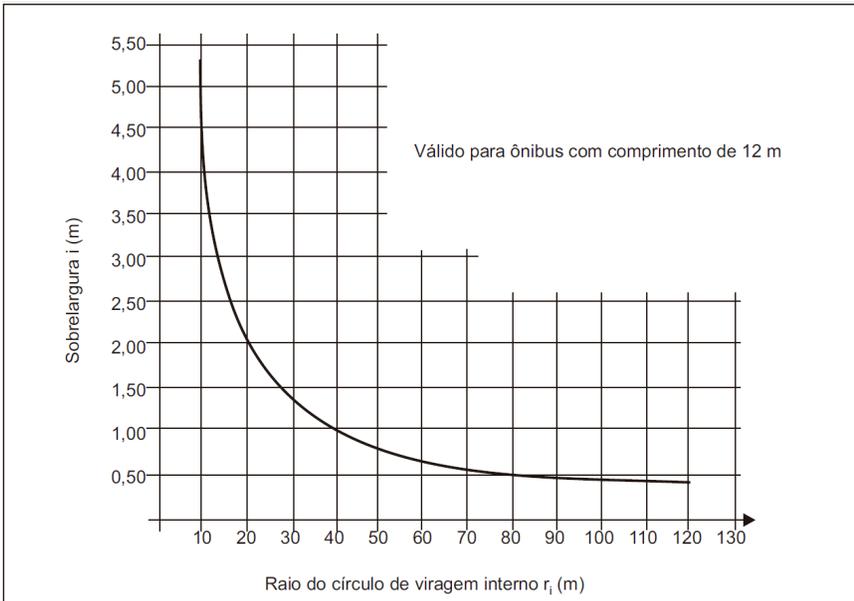
De acordo com MBB (1987), o valor da superlargura a ser empregada pode ser obtido na Figura 14.2, em função do raio de viragem interno da curva, para o caso de ônibus com 12 metros de comprimento.

O valor da superlargura é calculado em relação à largura dos ônibus, conforme ilustrado no exemplo a seguir.

Considere a seguinte situação: ônibus com comprimento de 12 m, largura dos ônibus:  $L_o = 2,60$  m, largura da faixa no trecho reto:  $L_r = 3,25$  m e raio de curva interno da via:  $r_i = 40$  m. Nesse caso, a Figura 14.2 indica para a superlargura o valor  $i = 1$  m. Assim, o valor da largura da faixa no trecho em curva deve ser:  $L_c = L_o + i = 2,60 + 1,00 = 3,60$  m. Portanto, o acréscimo na largura da faixa deve ser:  $\Delta L = L_c - L_r = 3,60 - 3,25 = 0,35$  m.



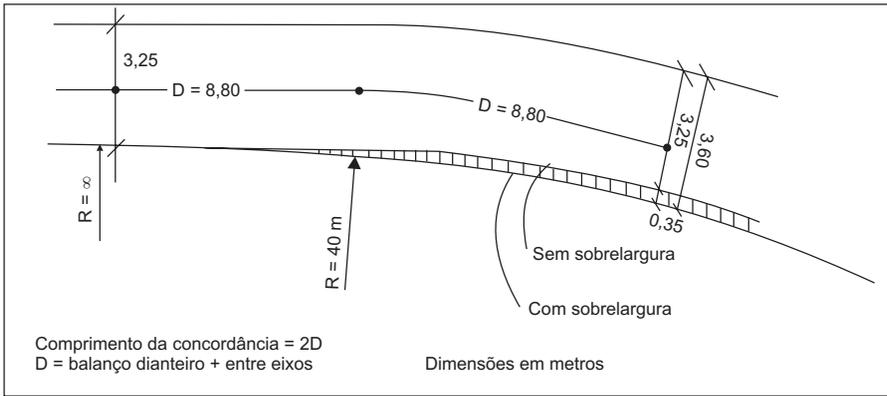
**Figura 14.1** Ilustração da necessidade de superlargura nas curvas. *Fonte:* MBB (1987).



**Figura 14.2** Superlargura nas faixas de ônibus em função do raio interno da curva. *Fonte:* MBB (1987).

De acordo com MBB (1987), o valor da superlargura da faixa deve ser distribuído em uma distância  $L = 2D$ , metade para o lado reto e outra metade para o lado curvo, a partir do início ou do fim da curva, conforme ilustrado

na Figura 14.3. O valor de  $D$  corresponde à soma do balanço dianteiro (BD) do ônibus mais a distância entre eixos (EE), ou seja:  $D = BD + EE$ . No caso do exemplo, foi admitido ônibus tipo O-371 UP (fabricado pela Mercedes Benz do Brasil), no qual  $BD = 2,52$  m e  $EE = 6,33$  m, resultando, portanto,  $D = 8,85$  m (foi adotado  $D = 8,80$  m).

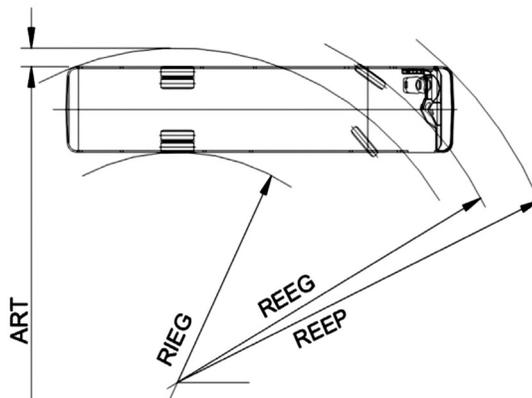


**Figura 14.3** Esquema de distribuição da superlargura nas curvas. Fonte: MMB (1987).

### Raios mínimos de giro

A Figura 14.4 e a Tabela 14.1 mostram os valores dos raios mínimos de giro para ônibus comuns de 12 metros e para ônibus articulados de 18 metros, necessários nos projetos de cruzamentos e do sistema viário interno das garagens, estações e terminais.

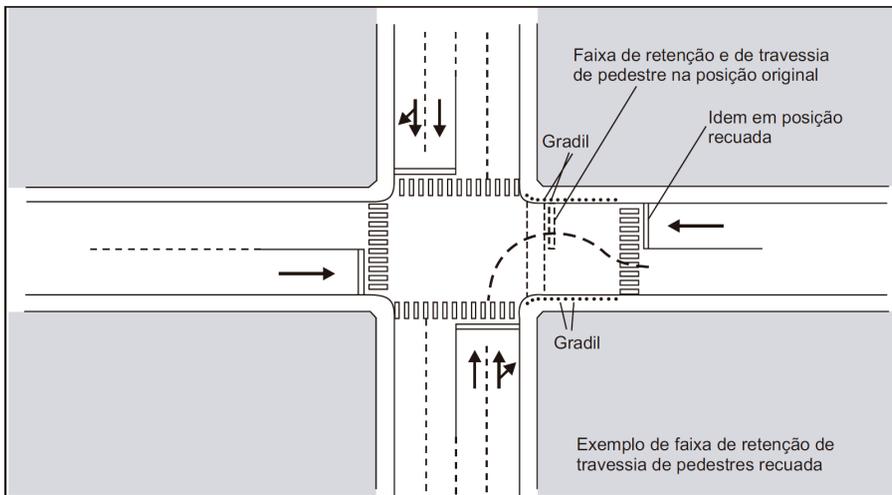
Especial atenção deve ser dada à definição da posição das faixas de retenção nos cruzamentos semaforizados, conforme ilustrado na Figura 14.5, para permitir que os ônibus realizem as manobras de conversão.



**Figura 14.4** Raios de giro. Fonte: NBR 15570 (ABNT, 2021).

**Tabela 14.1** Valores e condições de esterçamento para raio de giro. *Fonte:* NBR 15570 (ABNT, 2021).

Manobrabilidade	Micro-ônibus, miniônibus e midiônibus	Ônibus básico, padron, articulado e biarticulado
Raio externo entre paredes (REEP) máximo	12.500 mm	14.000 mm
Raio externo entre guias (REEG) máximo	11.500 mm	12.000 mm
Raio interno entre guias (RIEG) mínimo	1.500 mm	5.000 mm
Avanço radial de traseira (ART) máximo	1.000 mm	1.400 mm



**Figura 14.5** Situação típica em cruzamentos para permitir a conversão dos ônibus. *Fonte:* MBB (1987).

## Declividade longitudinal

Os aclives reduzem a velocidade dos coletivos, aumentando os tempos de viagem, exigindo maior potência dos motores e aumentando o consumo de combustível.

Dessa forma, recomenda-se, sempre que possível, utilizar aclives com no máximo 6% de inclinação.

## Superelevação nas curvas

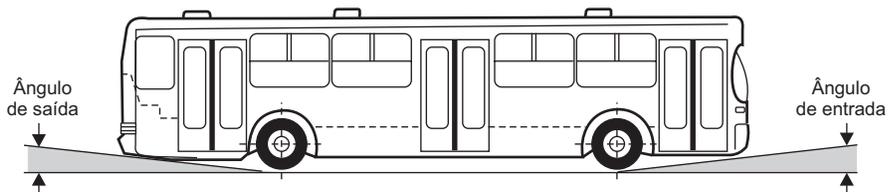
Na Tabela 14.2 são indicados os raios mínimos das curvas para diferentes velocidades de operação, em função da superelevação e do fator de atrito dos pneus com a superfície de rolamento.

**Tabela 14.2** Superelevação necessária nas faixas utilizadas pelos ônibus. Fonte: MBB (1987).

Velocidade (Km/h)	Raio mínimo (m)		Observações
	Superelevação = 5% (máximo)	Superelevação = 2,5% (máximo)	
10	10	10	Raios mínimos para o traçado da guia interna de uma interseção, considerando o fator de atrito igual a zero
20	25	25	
30	50	60	
40	85	100	
50	130	155	Raios mínimos para o traçado do eixo da via de ônibus, considerando o fator de atrito igual a 0,10
60	190	255	
70	255	305	
80	355	400	

### Curvas verticais

As curvas de concordância vertical devem ter geometria adequada para evitar que as partes inferiores dos ônibus raspem no chão, conforme indicado na Figura 14.6. 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.



**Figura 14.6** Ângulos de entrada e saída em curvas verticais. Fonte: MBB (1987).

## 14.2 PRIORIZAÇÃO DO TRANSPORTE PÚBLICO

### Considerações iniciais

Para aumentar a velocidade dos coletivos e a capacidade de transporte em um corredor, muitas cidades têm implementado medidas de priorização dos coletivos no sistema viário. Em linhas gerais, dois tipos de prioridade são empregados: prioridade nas vias e prioridade nas interseções.

### Prioridade nas vias

Os tipos de prioridade para os coletivos nas vias são: faixa exclusiva, faixa segregada (canaleta), via exclusiva para coletivos e zona exclusiva para co-

letivos. As Tabelas 14.3 e 14.4 fornecem os principais aspectos relativos ao emprego desses diversos tipos de prioridade.

**Tabela 14.3** Requisitos e exigências para a implantação dos diversos tipos de prioridade para os coletivos. *Fonte:* MMB (1987).

Tipo de prioridade	Requisitos para a implantação	Exigências
Faixa exclusiva para os coletivos junto à calçada	Mínimo de 25 coletivos por hora, grande fluxo do tráfego geral, pontos de parada no trecho, mais de 2 faixas para o tráfego geral.	Faixa de 3,25 a 3,50 m, sobrelargura nas curvas, não estacionamento junto à calçada, carga e descarga noturna, regulamentação da conversão à direita e da entrada e saída de garagens, separação da faixa com tachões.
Faixa exclusiva para os coletivos junto ao canteiro central	Mínimo de 25 coletivos por hora, largura do canteiro suficiente para os pontos de parada, grande volume de conversão à direita, necessidade de permissão de estacionamento e/ou carga e descarga junto à calçada, vias de duplo sentido.	Faixa de 3,25 a 3,50 m, canteiro central nos pontos de parada com largura de 3 m (mínimo de 2 m), condições adequadas para a travessia de pedestres entre as calçadas e o canteiro central.
Faixa exclusiva para os coletivos no contrafluxo junto à calçada	Mínimo de 20 coletivos por hora, via de sentido único, largura da via entre 9 e 12 m.	Faixa acima de 3,25 m, separação física da faixa que permita ultrapassagem em emergências, regulamentação da conversão à esquerda.
Faixa segregada (canaleta) para os coletivos no centro da via	Mínimo de 30 coletivos por hora e por sentido, via de duplo sentido, via com largura superior a 21 m.	Faixa de 3,50 m, barreira isolando a canaleta com no mínimo 1 m de largura, canteiro para os pontos com largura de 3 m (mínimo de 2 m), condições adequadas para a travessia de pedestres entre as calçadas e a canaleta.
Via exclusiva para os coletivos	Área densamente ocupada, restrição de espaço na via.	Possibilitar acesso de veículo de emergência e carro-forte, carga e descarga fora do pico, acesso a garagens.
Zona exclusiva para os coletivos	Grande concentração de pessoas, área densamente ocupada, zona com vias saturadas e estreitas, áreas centrais de grandes cidades.	Idem anterior, permitir acesso de táxis, bom atendimento da região por transporte público.

**Tabela 14.4** Vantagens e desvantagens dos diversos tipos de prioridade para os coletivos.  
 Fonte: MMB (1987).

<b>Tipo de prioridade</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Faixa exclusiva para os coletivos junto à calçada	Maior segurança para os passageiros devido ao acesso direto aos pontos de parada, pode ser implantada somente em horários críticos.	Dificulta conversão à direita, embarque e desembarque, carga e descarga e entrada e saída de garagens, exige constante fiscalização para evitar invasão e estacionamento irregular.
Faixa exclusiva para os coletivos junto ao canteiro central	Não prejudica carga e descarga, embarque e desembarque, entrada e saída de garagens e conversão à direita, permite estacionamento junto à calçada, emprego de semáforo só para os coletivos.	Menor segurança para os usuários devido à travessia da via (que pode ser contornado com o emprego de semáforos, passarelas ou túneis para pedestres).
Faixa segregada (canaleta) para os coletivos no centro da via	Maior velocidade dos coletivos, maior facilidade para priorização dos coletivos nos semáforos, semáforo só para coletivos, segregação com túneis e viadutos.	Utilização de grande largura de via, restringindo o espaço para o tráfego geral.
Faixa exclusiva para os coletivos no contrafluxo junto à calçada	Diminuição dos percursos dos coletivos, maior respeito da faixa pelos demais veículos, permite estacionamento junto à calçada da direita do fluxo normal ou a adoção de faixa exclusiva no sentido oposto.	Riscos para os pedestres que esquecem dos coletivos no contrafluxo, menor segurança para o trânsito em geral.
Via exclusiva para os coletivos	Maior facilidade de tráfego para os coletivos, pedestres e táxis (se autorizados).	Restrição do acesso de carros pode prejudicar o comércio, necessidade de vias alternativas para o tráfego geral e carga e descarga.
Zona exclusiva para os coletivos	Descongestionamento de áreas críticas, prioridade absoluta para o transporte coletivo, facilidade para a localização de terminais.	Restrição do acesso de carros pode prejudicar o comércio, necessidade de vias alternativas para o tráfego geral e carga e descarga.

Apesar do grande benefício que traz ao transporte público – aumentando a capacidade de transporte e a velocidade e, assim, melhorando a qualidade, devido à redução do tempo de viagem, e a eficiência, em razão da diminuição da frota necessária –, a priorização do movimento de ônibus e bondes no sistema viário sempre sofre oposição. Os motivos: prejuízo para os carros devido à redução no número de faixas destinado ao tráfego geral, problemas de conversão à direita ou à esquerda, restrições temporais de carga e descarga, proibição de embarque e desembarque de passageiros nos carros, maior dificuldade nas entradas e saídas das garagens, prejuízo para o comércio com a proibição de estacionamento etc.

Um ponto de fundamental importância na implementação de medidas de priorização de ônibus, bondes e VLT nas ruas 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 é importante a sinalização para pedestres da existência de faixas ou canaletas exclusivas para os coletivos, sobretudo quando o movimento desses veículos é realizado no contrafluxo.

As Figuras 14.7 e 14.8 mostram, respectivamente, as principais características da sinalização horizontal e vertical das faixas exclusivas para ônibus.

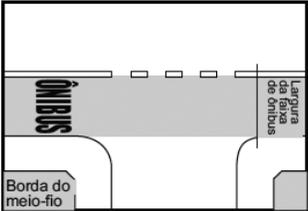
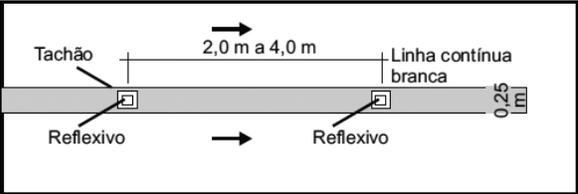
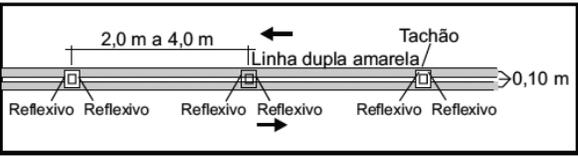
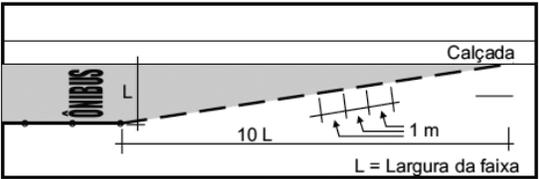
Duas outras estratégias bastante utilizadas para a priorização do transporte coletivo por ônibus são as faixas exclusivas para veículos com maior taxa de ocupação (carros com mais de duas ou três pessoas e ônibus) nas vias expressas (*freeways*), conforme mostrado na Figura 14.9, e os acessos exclusivos para os ônibus nessas vias, como mostrado na Figura 14.10.

## Prioridade nas interseções

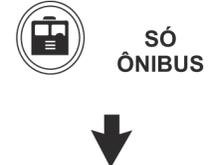
Como nos cruzamentos é comum haver demora para passar, é interessante proporcionar, nesses locais, prioridade ao movimento dos coletivos, sobretudo no caso das linhas troncais operadas por VLT, BRT, ônibus em faixa segregada (canaleta) etc.

Em cruzamentos sem semáforos, a via por onde passam os coletivos deve ser preferencial. No caso de mais de uma aproximação em um cruzamento ser utilizada por coletivos, a preferencial deve ser aquela onde o número de coletivos é maior. Contudo, isso nem sempre é implementado, pois a tendência é adotar como preferencial a rua com maior tráfego de veículos em geral e não apenas de coletivos.

Nas interseções com semáforos, a fim de priorizar o transporte público, a distribuição da fase verde não deve ser feita proporcionalmente ao número absoluto de veículos, mas ao número equivalente de veículos, ou seja, com cada coletivo correspondendo a vários carros. O ideal é que a correspondência seja feita com base na quantidade de passageiros, de modo que a distribuição do verde seja realizada com base no número de pessoas dentro dos veículos em cada aproximação. Esse procedimento é, no entanto, difícil de ser adotado, pois o desempenho do cruzamento é avaliado pela opinião pública com base na fluidez (demora) do tráfego geral e não apenas na demora dos coletivos.

	<p>Sinalização da faixa de ônibus</p>
	<p>Detalhes da legenda "Ônibus"</p>
	<p>Sinalização de faixa exclusiva, em via de mão única, com utilização de material reflexivo</p>
	<p>Sinalização de faixa exclusiva, no contrafluxo, com utilização de material reflexivo</p>
	<p>Sinalização de início de faixa exclusiva</p>

**Figura 14.7** Sinalização horizontal de faixas exclusivas para ônibus. *Fonte:* MBB (1987).

<p><b>FAIXA EXCLUSIVA DE ÔNIBUS A 50 m</b></p>	<p><b>FIM DA FAIXA EXCLUSIVA A 50 m</b></p>	<p><b>INÍCIO DA FAIXA EXCLUSIVA PARA ÔNIBUS</b></p>	<p>Sinalização de advertência de início e fim da faixa exclusiva</p> <p>Cores: fundo amarelo, letras e tarjas pretas</p>
<p><b>FAIXA EXCLUSIVA DE ÔNIBUS A 100 m</b></p>	<p><b>FIM DA FAIXA EXCLUSIVA A 100 m</b></p>		
 <p><b>SÓ ÔNIBUS NO CONTRAFLUXO</b></p>	 <p><b>SÓ ÔNIBUS</b></p>	<p><b>SÓ ÔNIBUS</b></p>	<p>Sinalização de regulamentação das faixas exclusivas</p> <p>Cores: fundo branco, letras pretas, tarjas vermelhas</p>
 <p><b>EXCETO ÔNIBUS</b></p>	 <p><b>EXCETO ÔNIBUS</b></p>	 <p><b>EXCETO ÔNIBUS</b></p>	<p>Sinalização utilizada em vias de faixas exclusivas, indicando o sentido de circulação dos demais veículos</p> <p>Cores: fundo branco, letras e seta pretas, tarjas vermelhas</p>
<p><b>PEDESTRE: ÔNIBUS NOS DOIS SENTIDOS</b></p>			<p>Sinalização de advertência para pedestres</p> <p>Cores: fundo branco, letras e tarja pretas</p>
		<p><b>FAIXA EXCLUSIVA PARA ÔNIBUS NA TRANSVERSAL</b></p>	<p>Sinalização de advertência para os veículos das vias transversais à faixa exclusiva</p> <p>Cores: fundo amarelo, desenho e tarjas pretas</p>

**Figura 14.8** Sinalização vertical de faixas exclusivas para ônibus. *Fonte:* MBB (1987).



**Figura 14.9** Faixas exclusivas para veículos com maior lotação nas vias expressas. *Fonte:* Vuchic (1981).



**Figura 14.10** Acesso exclusivo para ônibus na entrada de uma via expressa. *Fonte:* Vuchic (1981).

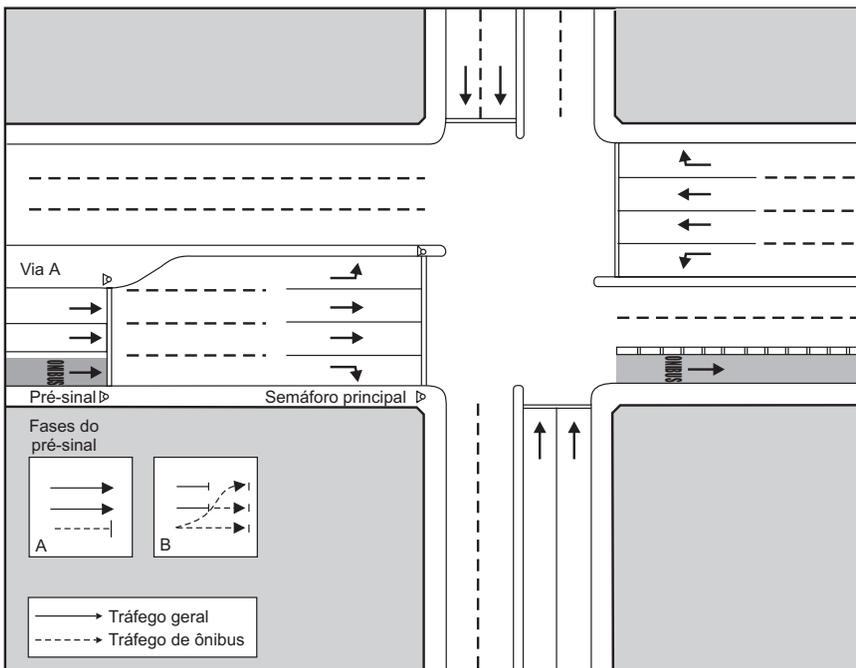
Outra ação para beneficiar o transporte público é a implantação de sincronismo entre semáforos próximos, de modo a beneficiar os coletivos. A localização adequada dos pontos de parada pode contribuir nesse sentido, como, por exemplo, a não colocação de pontos entre dois semáforos sincronizados consecutivos.

Mais sofisticado é o sistema em que os controladores semafóricos são acionados automaticamente pelos coletivos ao se aproximarem do cruzamento. Esse sistema é comumente empregado no caso dos modos VLT e BRT. Em algumas cidades, ele também tem sido utilizado no caso de transporte por ônibus grandes operando em linhas troncais segregadas em canaleta.

A detecção da chegada do coletivo é feita por sensores, que podem ser de diversos tipos: laço indutivo colocado sob o pavimento na faixa dos ônibus, emissão de sinais por intermédio de ondas eletromagnéticas e detecção ótica com câmeras de monitoramento. O sinal captado é enviado para o controlador semafórico, que, então, atua no sentido de que a luz fique verde quando o coletivo estiver próximo do cruzamento.

O emprego de pré-sinalização nos semáforos de cruzamentos complexos também traz benefício para o transporte público, uma vez que, ao permitir que os movimentos dos coletivos sejam realizados sem conflito com os demais veículos, obtêm-se menores atrasos e maior segurança.

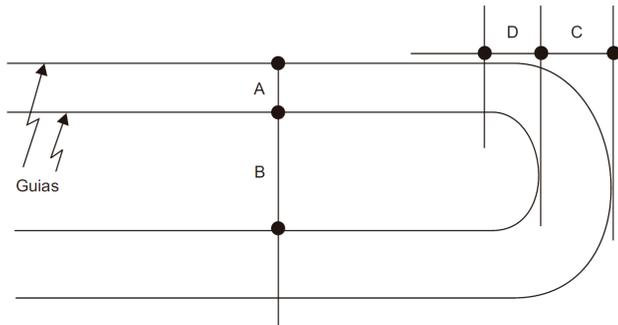
A Figura 14.11 mostra uma interseção com pré-sinalização para possibilitar a conversão à esquerda de coletivos que saem do ponto de parada localizado próximo ao cruzamento, bem como para priorizar globalmente a passagem dos coletivos pelo cruzamento.



**Figura 14.11** Pré-sinalização para permitir a conversão à esquerda dos ônibus em um semáforo. *Fonte:* MBB (1987).

### 14.3 QUESTÕES

1. Discorrer sobre a largura da faixa de rolamento dos ônibus.
2. Conceituar largura nas curvas.
3. Em um trecho de via será utilizada uma faixa exclusiva para ônibus com largura de 3,25 m nos trechos retos. Determinar a largura necessária para a faixa em um trecho em curva com raio interno de 25 m, sabendo que os ônibus que irão transitar pela mesma têm comprimento de 12 m e largura de 2,60 m.
4. Refazer a questão anterior considerando uma faixa de 3 m e raio interno da curva de 50 m.
5. Conceituar superelevação nas curvas.
6. Qual é a velocidade máxima que os ônibus podem desenvolver no trecho em curva referido na Questão 3, considerando-se que a superelevação existente é de 2,5%? E se fosse de 5%?
7. E no caso da curva da Questão 4?
8. Considerar a situação viária mostrada na Figura 14.12, a qual ocorre em um terminal de ônibus. Determinar os valores mínimos das dimensões A, B, C e D para os diversos tipos de ônibus.



**Figura 14.12** Parte do sistema viário de um terminal de ônibus urbano.

9. Qual a principal preocupação nas curvas verticais das vias de ônibus?
10. Quais as principais ações no sentido de priorizar o transporte coletivo por ônibus e bondes nas vias urbanas?
11. Quais as principais formas de priorização nas vias?
12. Quais os requisitos e exigências para a implantação das ações citadas na Questão 11?
13. Quais as vantagens e desvantagens de cada uma das ações citadas na Questão 11?
14. Como deve ser a sinalização nas faixas exclusivas para ônibus?
15. Comentar a prioridade do fluxo de coletivos nos cruzamentos.



## 15.1 INTRODUÇÃO

Algumas informações são absolutamente necessárias para os usuários poderem utilizar o transporte coletivo urbano; outras são bastante úteis, facilitando a utilização do sistema.

Essas informações são fornecidas de distintas maneiras e em diferentes locais: nos veículos de transporte, nos pontos de parada, nas estações/terminais, em centrais de atendimento pessoal e/ou por telefone, na internet, no celular por meio de aplicativo etc.

A seguir são discutidas as principais formas de veiculação de informações do sistema de transporte público coletivo urbano.

## 15.2 INFORMAÇÕES NOS VEÍCULOS

As informações nos veículos de transporte público são transmitidas por meio de dizeres e desenhos na parte externa e interna, além de informações verbais passadas pelos operadores.

Uma informação imprescindível para os usuários é a identificação do número da linha, mais o nome ou destino da viagem, que são colocados na parte superior frontal dos veículos, num compartimento denominado de “caixa de vistas” ou “caixa de itinerários”. Esse compartimento deve ser adequadamente iluminado para que a mensagem tenha boa visibilidade noturna.

Os dizeres com a indicação do número da linha, mais o nome ou destino, são atualmente veiculados em painel digital com comando do condutor para fazer as mudanças necessárias durante a operação.

A Figura 15.1 mostra um ônibus na cidade de Minneapolis, Estados Unidos, com informações na parte frontal através de painel digital.

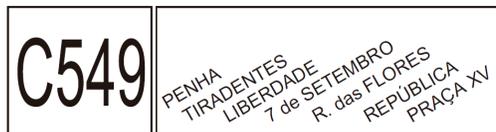
Na parte externa, junto às portas de embarque dos coletivos, também é recomendável a indicação do número e nome da linha, para possibilitar a identificação do destino após o estacionamento nos locais de parada. Essa informação também pode ser veiculada em painel digital, conforme mostrado na Figura 15.2, ou em placa comum, como, por exemplo, a que se encontra na Figura 15.3, que, além da identificação da linha, fornece os principais locais por onde ela passa.



**Figura 15.1** Informação do destino na parte frontal através de painel digital em um ônibus em Minneapolis, Estados Unidos. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 15.2** Indicação da linha junto à porta lateral com painel digital. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 15.3** Informação do itinerário em placa colocada na lateral dos veículos. *Fonte:* Internet.

Outra informação comumente veiculada nos ônibus e bondes é o valor da tarifa vigente, em geral mediante adesivo colocado na parte inferior do vidro frontal. Muitas vezes, essa informação também é colocada em um dos vidros laterais, junto às portas de entrada.

No interior dos coletivos, na parte lateral superior, é usual se colocar informações relativas aos itinerários, integrações com outras linhas ou modos etc., como ilustrado na Figura 15.4.



**Figura 15.4** Informações na parte interna superior dos veículos.

O painel digital na parte interna dos coletivos, normalmente na frente e no alto dos carros, informando o nome da próxima estação, é utilizado em diversos sistemas de metrô, VLT e trem urbano. Em alguns desses sistemas, também é feito o anúncio da próxima parada com sistema de “viva-voz”. Atualmente, essas formas de comunicação começam a ser empregadas em ônibus grandes que operam em linhas troncais, como BRT; em algumas cidades dos países desenvolvidos, são utilizadas até mesmo em ônibus comuns operando em linhas normais.

Também importante são as informações verbais prestadas aos passageiros no interior dos veículos por motoristas e cobradores, que devem estar aptos para isso.

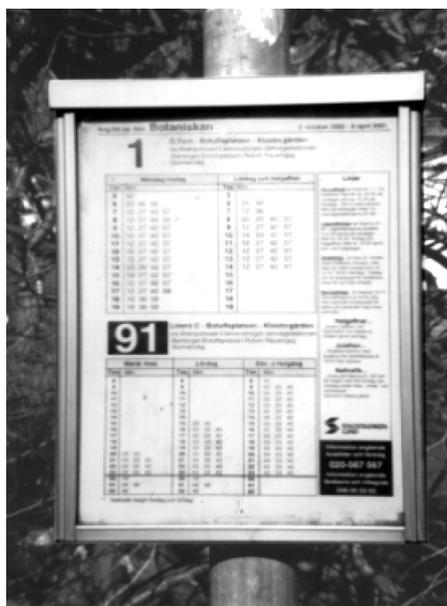
### 15.3 INFORMAÇÕES NOS PONTOS DE PARADA

Nos pontos de parada de ônibus e bondes é importante colocar os números e os nomes das linhas que passam. Também, sobretudo naqueles com maior movimento, devem ser colocados os horários ou, no caso das linhas de maior frequência, os intervalos entre atendimentos.

A Figura 15.5 mostra uma placa metálica com o nome e o número das linhas que passam pelos pontos de ônibus na cidade de Araraquara, Brasil. A Figura 15.6 mostra painel com o número e o nome da linha e os respectivos horários de passagem num ponto de ônibus em Lund, Suécia.



**Figura 15.5** Placa com o nome e o número das linhas em Araraquara, Brasil. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



**Figura 15.6** Placa com número, nome da linha e horários num ponto de ônibus em Lund, Suécia. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

Em algumas cidades de países desenvolvidos, também são empregados, nos pontos de parada principais com abrigo, painéis digitais (em alguns até mesmo alto-falante) que anunciam o tempo que falta para a chegada dos coletivos das diversas linhas.

## 15.4 INFORMAÇÕES NAS ESTAÇÕES/TERMINAIS

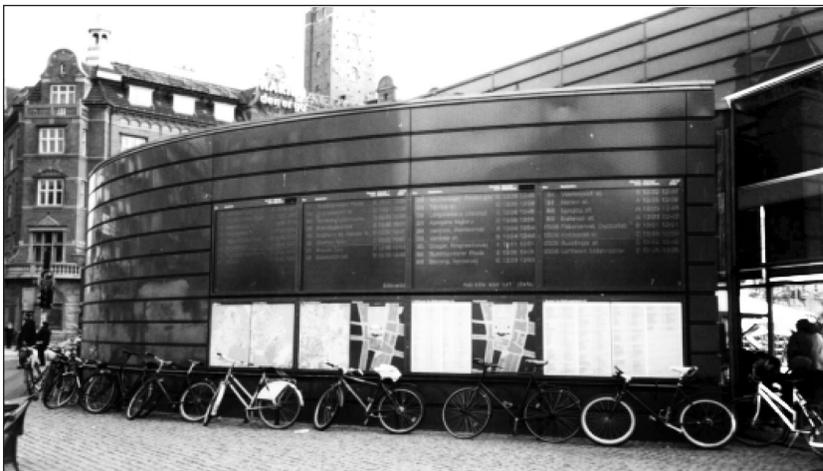
Nas estações/terminais do sistema de transporte público, devem ser colocadas as seguintes informações: número e nome da estação/terminal, horários ou intervalos entre passagens de veículos das diversas linhas, mapa das linhas com a localização das estações/terminais e indicação dos locais de integração física entre as linhas etc.

Em diversos sistemas de metrô, VLT e trem urbano, o tempo que resta para a chegada dos coletivos é mostrado em painéis digitais; em alguns casos, também é feito o anúncio em “viva-voz” por meio de alto-falantes. Nas estações/terminais de ônibus e bondes, essas modalidades de comunicação também estão sendo utilizadas.

Na Figura 15.7 é mostrado um painel digital com informações no terminal central da cidade de Lund, Suécia, e, na Figura 15.8, painel digital com os horários de todas as linhas na estação central da cidade de Copenhague, Dinamarca.



**Figura 15.7** Painel digital informando horários no terminal central de ônibus de Lund, Suécia. *Fonte:* Foto feita pelos autores.



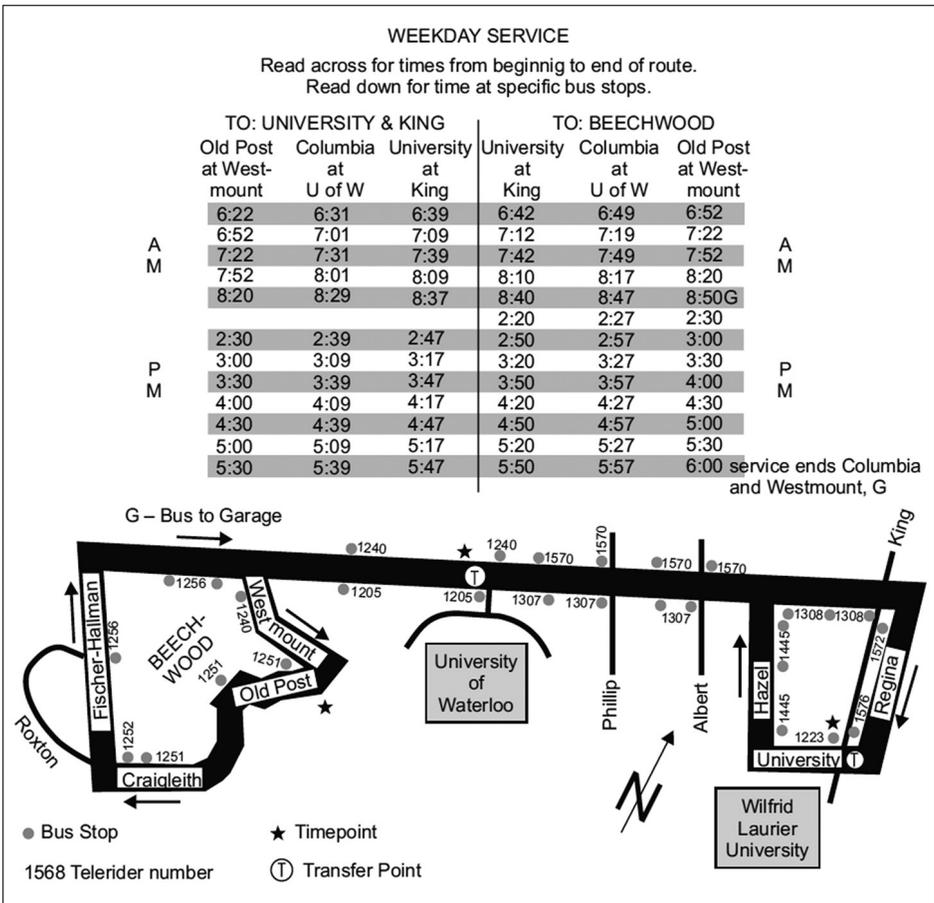
**Figura 15.8** Painel digital informando horários no terminal central de ônibus de Copenhague, Dinamarca. *Fonte:* Foto feita pelos autores.

Nas estações/terminais principais deve haver balcões com funcionários preparados para prestar informações verbais ou por telefone, bem como para distribuição de folhetos com os horários e itinerários de cada linha e o mapa geral da rede de linhas.

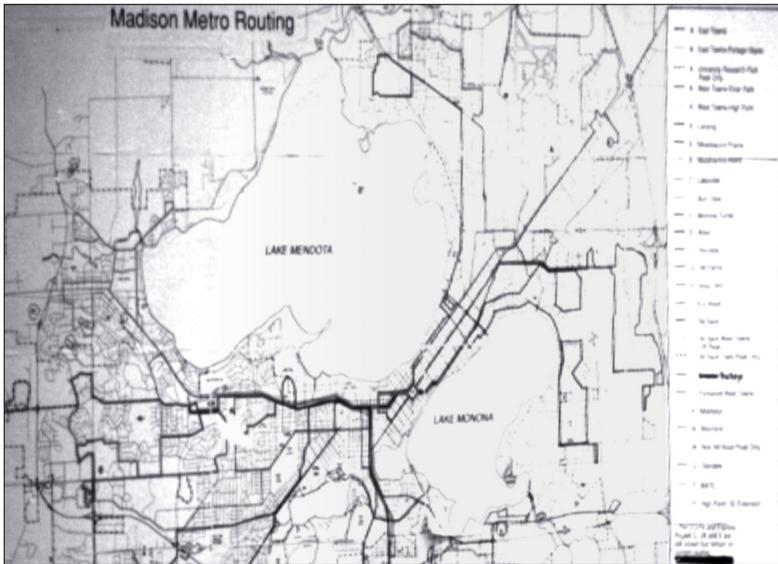
### 15.5 INFORMAÇÕES IMPRESSAS EM FOLHETOS

Informações dos horários e percursos das linhas (mapas) impressas em folhetos, para serem distribuídos, são bastante úteis para os usuários.

A Figura 15.9 mostra folheto com o itinerário simplificado e os horários de uma linha de ônibus em Waterloo, Canadá, e a Figura 15.10, folheto com o mapa geral de todas as linhas do sistema de transporte público por ônibus da cidade de Madison, Estados Unidos.



**Figura 15.9** Folheto com o itinerário e os horários de uma linha de ônibus na cidade de Waterloo, Canadá. *Fonte:* Folheto distribuído pela empresa operadora.



**Figura 15.10** Folheto com o mapa das linhas de ônibus da cidade de Madison, Estados Unidos. *Fonte:* Folheto distribuído pela empresa operadora.

## 15.6 INFORMAÇÕES POR TELEFONE

A disponibilidade de linha telefônica específica, com chamada gratuita, para prestação de informações e recebimento de reclamações e sugestões sobre o sistema de transporte coletivo é de grande relevância para a população da cidade e visitantes, sobretudo nas cidades maiores.

## 15.7 INFORMAÇÕES VIA INTERNET/TELEFONE CELULAR

Atualmente, com a disseminação do uso de computador e telefone celular com acesso à internet, é importante disponibilizar pela internet as principais informações sobre o transporte da cidade, sobretudo os horários e itinerários das diversas linhas e o mapa geral do sistema.

Em especial, é fundamental disponibilizar, por meio de aplicativos em celular, os horários dos coletivos nos pontos de parada, inclusive para deficientes visuais, os itinerários das linhas e outras informações relevantes. Atualmente, todas as cidades maiores disponibilizam essas formas de informações aos usuários.

## 15.8 INFORMAÇÕES PELOS ÓRGÃOS DE COMUNICAÇÃO

Em muitas situações, como na inauguração de uma nova linha, no início da operação de um novo sistema de bilhetagem, em casos de emergência etc., é importante divulgar as informações por meio dos órgãos normais de comunicação: televisão, rádios, sites de notícias, jornais, revistas etc.

Também é relevante fazer propaganda (*marketing*) constante, através da mídia comum, das vantagens para a comunidade e para as pessoas individualmente do uso do transporte público, incluindo informações úteis para facilitar a utilização do sistema.

## 15.9 QUESTÕES

1. Discorrer sucintamente sobre os tipos de informação aos usuários que devem ser divulgados nos veículos de transporte público urbano.
2. Idem para os pontos de parada de ônibus ou bonde.
3. Idem para as estações de trens, ônibus ou bondes.
4. Que tipos de informações impressas devem ser distribuídos à população?
5. Comentar a utilidade da existência de uma central de recebimento de reclamações e fornecimento de informações por telefone.
6. Idem com relação à disponibilidade de acesso via internet?
7. Discorrer sobre a veiculação de informações sobre o sistema de transporte público por meio dos órgãos normais de comunicação?

## 16.1 TAXA DE JUROS E TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE

### Taxa de juros

Um princípio básico da Economia é que a moeda não tem valor constante no tempo, pois a todo capital monetário está associado um rendimento denominado de juros (comumente expresso em porcentagem).

Para ilustrar o fato, considere, por exemplo, a quantia de R\$ 100,00 depositada em uma instituição financeira que paga juros de 12% ao ano (12% aa). Daqui a um ano, o valor inicial de R\$ 100,00 se transforma em R\$ 112,00. Portanto, receber R\$ 100,00 hoje não é a mesma coisa que receber R\$ 100,00 daqui a 1 ano, pois R\$ 100,00 hoje corresponde a R\$ 112,00 daqui a 1 ano; ou R\$ 112,00 daqui a 1 ano corresponde a R\$100,00 hoje.

A taxa de juros pode ser nominal ou real. Para valores baixos de taxas de juros e de inflação (o que usualmente ocorre no mundo real), a taxa nominal é aproximadamente igual à taxa real mais a taxa de inflação (correção monetária). Por exemplo, se a taxa real de juros é de 8% aa e a taxa de inflação é de 4% aa, a taxa nominal de juros é de aproximadamente 12% aa.

Admitindo esses valores e voltando ao caso anterior dos R\$ 100,00 aplicados a uma taxa nominal de 12% aa, os R\$ 112,00 recebidos da instituição financeira depois de 1 ano correspondem à devolução do capital inicial de R\$ 100,00, mais R\$ 8,00 de prêmio por ter poupado (guardado para uso futuro) o dinheiro (juros real de 8% aa), mais R\$ 4,00 (correção monetária de 4% aa) para restituir o valor de compra do capital (perdido em razão da inflação). Supondo o preço unitário de um produto igual a R\$ 10,00 o quilo, com R\$ 100,00 seria possível comprar hoje 10 quilos do produto. Considerando uma inflação de 4% ao aa, o preço unitário do produto passa a ser de R\$ 10,40 daqui a 1 ano. Dessa forma, R\$ 100,00 dariam para comprar apenas 9,62 quilos do produto; para comprar os mesmos 10 quilos seriam necessários R\$ 104,00. Portanto, os R\$ 4,00 pagos correspondem à restituição do valor de compra do dinheiro aplicado perdido devido à inflação.

O valor da taxa de juros é, em grande parte, regulado pelo mercado: a diferença entre a oferta e a demanda por dinheiro. Assim, nos países mais desenvolvidos, em que a demanda por capital é menor, pois as oportunidades de investimento são mais restritas, as taxas de juros são menores. Nos países

em desenvolvimento, como há mais oportunidades de investimento, é maior a demanda por capital e, por consequência, maiores as taxas de juros.

Em situações normais, a taxa real de juros de longo prazo livre de risco paga pelas instituições financeiras varia entre 3% e 8% ao ano nos países em desenvolvimento e é menor que 3% ao ano nos países desenvolvidos – em alguns, até mesmo negativa.

Obviamente, quando se vai tomar dinheiro emprestado em instituições financeiras, os valores são bem maiores, por conta do custo de administração da instituição e do risco envolvido no empréstimo.

### **Taxa mínima de atratividade (taxa de oportunidade de capital)**

A taxa mínima de atratividade, também denominada de taxa de oportunidade de capital, corresponde à taxa de juros que representa o mínimo que uma pessoa/entidade se propõe a ganhar quando aplica seus recursos em um investimento/projeto.

Considere, por exemplo, o caso de uma pessoa que tem dinheiro aplicado em uma instituição financeira que paga rendimento de 12% ao ano. Racionalmente, essa pessoa só mudará a aplicação para outro investimento se for para obter um rendimento maior que 12% ao ano, pois esse valor ela já consegue obter na aplicação atual. Dessa forma, a taxa mínima de atratividade para ela é de 12% ao ano.

Em geral, no caso de investimento com capital próprio, a taxa mínima de atratividade pode ser considerada como igual à taxa de juros livre de risco ofertada pelo mercado financeiro. No caso de investimento com capital emprestado, a taxa mínima de atratividade é igual à menor taxa de financiamento ofertada pelo mercado financeiro.

Muitos investidores tomam como taxa mínima de atratividade a taxa básica de juros da economia, que, no caso do Brasil, é a taxa SELIC (abreviatura de Sistema Especial de Liquidação e Custódia). Isso ocorre porque os títulos atrelados à SELIC são o investimento mais seguro do mercado. Dessa forma, qualquer outro investimento só valeria a pena se a rentabilidade oferecida fosse maior que a SELIC.

No caso de o investimento ter capital próprio e capital emprestado, o pagamento do capital emprestado, incluindo os juros, deve ser considerado como um custo do projeto.

Os órgãos de fomento do desenvolvimento econômico e social, nacional ou internacional, em muitas situações emprestam dinheiro com taxas de juros menores e prazos para pagamento maiores que os oferecidos no mercado, sobretudo para empresas públicas, tendo em vista a promoção do desenvol-

vimento sustentável, a diminuição da pobreza e a redução das desigualdades sociais e regionais.

No caso da análise do investimento em um projeto (empreendimento), a taxa mínima de atratividade (taxa de oportunidade de capital) considerada é a taxa de juros real, uma vez que, supostamente, a inflação atinge igualmente os custos e os benefícios do empreendimento; isso significa que da taxa de juros nominal deve ser subtraída a taxa de inflação para se obter a taxa real.

### 16.2 EXPRESSÕES PARA A TRANSFERÊNCIA DE CAPITAL

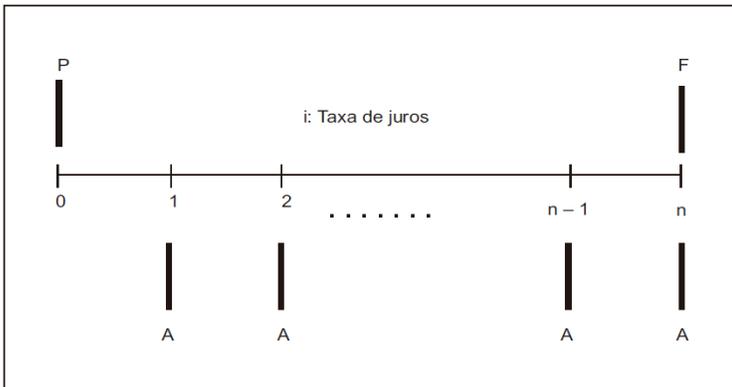
As expressões da Matemática Financeira para transferência de capital monetário entre datas diferentes, considerando os juros, conforme ilustrado na Figura 16.1, são as seguintes:

$$F = P \times (1 + i)^n \qquad P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

$$F = A \times \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right] \qquad A = F \times \left[ \frac{i}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

$$P = A \times \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i \times (1 + i)^n} \right] \qquad A = P \times \left[ \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

em que: P = valor do capital na data presente; F = valor do capital na data futura; A = valor do capital distribuído em parcelas iguais no final dos diversos períodos; i = taxa de juros; e n = número de períodos de tempo entre as datas presente e futura.



**Figura 16.1** Valores do capital associados a diferentes datas.

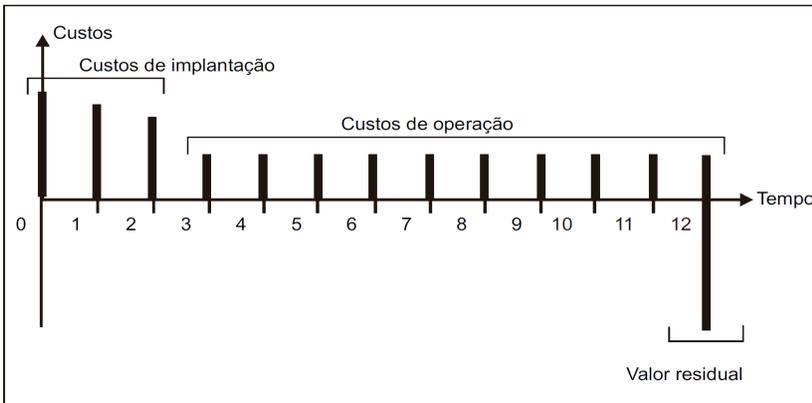
## 16.3 CUSTOS ASSOCIADOS AOS PROJETOS DE TRANSPORTE

### Tipos de custos

Os projetos de transporte envolvem, em geral, investimentos em infraestrutura e veículos. A infraestrutura engloba vias, terminais, garagens, oficinas, prédios administrativos, sistemas de controle etc. Os custos que correspondem à infraestrutura são: planejamento, projeto, implantação e operação. Na operação estão incluídos os custos de manutenção e de administração.

Os custos associados aos veículos de transporte são: aquisição e operação (que inclui manutenção e administração).

A implementação de projetos de transporte apresenta diagrama de fluxo de caixa (valores e datas em que ocorrem) dos custos similar ao mostrado na Figura 16.2.

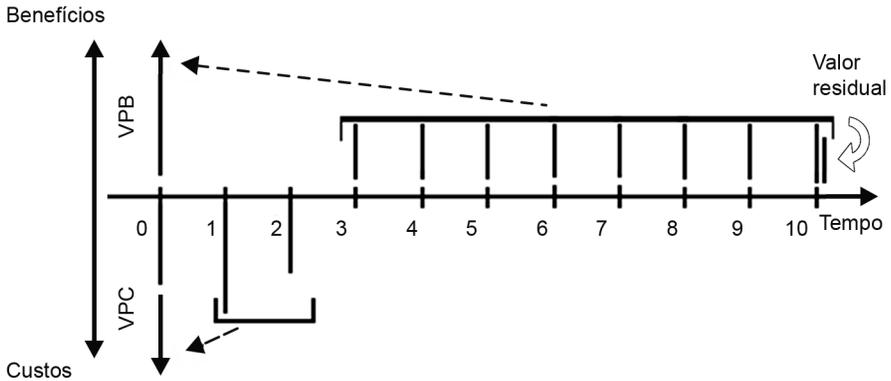


**Figura 16.2** Diagrama de fluxo de caixa dos custos dos projetos de transporte.

No início ocorrem investimentos elevados para cobrir os custos de planejamento, projeto, implantação da infraestrutura e aquisição dos veículos. Concluída a implantação do sistema e iniciado o funcionamento, aparecem os custos de operação. Por último, no final da vida útil prevista (denominada de horizonte de planejamento ou de projeto), quando teoricamente o sistema será desativado ou recuperado para um novo ciclo de vida, parte do capital investido é resgatável: terrenos, instalações, veículos usados, materiais etc. O valor do capital recuperável no final da vida útil prevista para o projeto é denominado de valor residual, o qual aparece como um custo negativo no diagrama de fluxo de caixa dos custos, pois constitui uma receita.

Os benefícios do projeto que correspondem à receita/arrecadação auferida, ou a economia gerada na operação, também são computados anualmente após o início da operação.

Na Figura 16.3 é mostrado um diagrama de fluxo de caixa típico dos projetos de transporte, com os valores dos custos e dos benefícios e as datas em que ocorrem. Os custos e benefícios são expressos em unidades monetárias, como, por exemplo, milhares de reais (R\$ mil), milhões de reais (R\$ milhões), milhões de dólares americanos (US\$ milhões) etc.



**Figura 16.3** Diagrama de fluxo de caixa dos custos e benefícios dos projetos de transporte.

Os benefícios podem ser considerados iguais em todos os anos (como indicado na Figura 16.3) ou crescentes no tempo, quando, por exemplo, prevê-se que o volume do tráfego ou a demanda de passageiros aumentará anualmente.

### Valor presente e valor anual

Utilizando as expressões da matemática financeira, pode-se determinar o Valor Presente dos Custos (VPC) e o Valor Presente dos Benefícios (VPB) associados ao projeto (empreendimento), que correspondem à soma de todas as parcelas de custos/benefícios transferidas para a data zero utilizando a taxa mínima de atratividade (taxa de oportunidade de capital). Também se pode calcular o Valor Anual dos Custos (VAC) ou o Valor Anual dos Benefícios (VAB), que corresponde ao valor anual médio do custo/benefício ao longo da vida útil do projeto, mediante a seguinte expressão da Matemática Financeira:

$$VA = VP \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

em que: VA = valor anual; VP = valor presente; i = taxa mínima de atratividade; e n = vida útil do projeto.

## 16.4 VIABILIDADE DE PROJETOS (EMPREENDIMENTOS)

Diferentes aspectos devem ser considerados na avaliação da viabilidade de projetos (empreendimentos). Independente da natureza do projeto, privado ou público, sem viabilidade técnica e financeira não é possível a sua implementação. A análise de viabilidade técnica visa, sobretudo, saber se há capacitação técnica para a concretização do projeto e se as leis e as normas oficiais vigentes serão atendidas. A verificação da disponibilidade de recursos monetários próprios ou financiáveis corresponde à análise da viabilidade financeira.

No caso dos projetos privados, é vital a viabilidade econômica, a qual diz respeito à rentabilidade do projeto: se os benefícios monetários superam os custos monetários.

Nos projetos de natureza pública são relevantes a viabilidade social e a viabilidade política. A avaliação da viabilidade social leva em conta os impactos do projeto sobre a qualidade de vida dos usuários e da comunidade. Já a viabilidade política está ligada a convencer a sociedade de que a implantação do projeto é pertinente.

Nos projetos privados importam, sobretudo, os custos e os benefícios monetários. Nos projetos públicos, custos e benefícios não-monetizáveis devem, necessariamente, ser contemplados na análise da viabilidade. É necessário incluir, no processo de avaliação, os impactos sobre a qualidade de vida, meio ambiente, desenvolvimento econômico e social etc.

Nos projetos de natureza pública, os aspectos sociais e políticos são prioritários. Assim, projetos que proporcionam significativos benefícios sociais podem ser implementados mesmo que se mostrem inviáveis em uma análise puramente monetária.

Nos projetos públicos de maior magnitude, o processo de análise das viabilidades política e social é, em geral, complexo, exigindo amplo debate com a sociedade organizada e a comunidade em geral.

Em vista do exposto, conclui-se que os métodos de avaliação econômica pura são vitais na análise da viabilidade de projetos privados, sendo, contudo, inadequados para a análise da viabilidade de projetos de natureza pública, como é o caso da implantação ou da melhoria de sistemas de transporte urbano. A avaliação de projetos públicos deve contemplar todos os aspectos considerados fundamentais na decisão, mesmo que não possam ser medidos em termos monetários, o que exige a utilização de métodos mais abrangentes de análise, denominados de multicritérios, multiobjetivos ou com atributos múltiplos.

## 16.5 IMPACTOS DOS PROJETOS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

Os projetos de racionalização e modernização de sistemas de transporte público coletivo têm por meta a melhoria da qualidade e da eficiência do serviço, visando promover maior justiça social, ao beneficiar as pessoas de menor renda que utilizam esse modo de transporte, e atrair para o transporte coletivo usuários do automóvel, a fim de diminuir a poluição do meio ambiente, obter um uso mais racional da energia, diminuir os congestionamentos e os acidentes de trânsito, bem como para obter outros benefícios associados à redução do número de viagens por automóvel.

Dessa forma, esses projetos são de interesse dos usuários e da comunidade, devendo, portanto, estar entre as prioridades dos governos municipais.

Os projetos de transporte apresentam impactos positivos (benefícios) e impactos negativos (custos), sendo que parte dos impactos pode ser avaliada em valores monetários (impactos monetizáveis) e outra parte não (impactos intangíveis ou não-monetizáveis).

### **Benefícios associados aos projetos de transporte público coletivo**

Os principais benefícios associados aos projetos de transporte público coletivo são: redução do custo de operação, redução do tempo de viagem, melhoria da comodidade (conforto), aumento da segurança, diminuição da poluição ambiental (sobretudo dos gases de efeito estufa), diminuição do consumo de energia (em especial da não renovável), redução dos congestionamentos, indução à ocupação e ao uso racional do solo etc.

A redução do custo de operação e do tempo de viagem pode resultar na diminuição da distância percorrida, como, por exemplo, com a construção de uma ponte, viaduto ou novo trecho de via por onde passam os ônibus, bem como com a retificação do itinerário de uma linha de transporte público. Também pode resultar no aumento da velocidade, como, por exemplo, com a implantação de faixa exclusiva ou preferencial para os ônibus, preferência para o transporte coletivo nos semáforos, eliminação ou suavização de lombadas e valetas pronunciadas etc. Ou, ainda, na redução dos congestionamentos, em razão da diminuição do número de viagens por carro, o que pode ser conseguido, por exemplo, com a melhoria do transporte coletivo.

A redução do tempo de viagem também pode advir da implantação de um novo modo de transporte mais rápido (metrô, VLT, BRT etc.).

O aumento da comodidade (conforto) no transporte vem, por exemplo, da implantação de um novo modo de transporte mais confortável (metrô, VLT, BRT etc.), uma estação/terminal para facilitar o transbordo entre veículos da mesma modalidade ou de modalidades diferentes, a redução da distância de caminhada com modificação do itinerário de uma linha existente ou criação de uma nova linha, a substituição da frota de veículos de transporte público por outros com tecnologia mais adequada, a colocação de abrigos e bancos nos pontos de parada, a eliminação de buracos, valetas e lombadas pronunciadas nas vias por onde passam os ônibus etc.

O aumento da segurança no transporte pode resultar de inúmeras ações: melhoria da capacitação dos motoristas dos coletivos, melhoria da sinalização nas vias por onde passam os coletivos, redução do número de viagens por carro em razão da melhoria da qualidade e eficiência do transporte público etc.

A redução da poluição ambiental aparece, por exemplo, com a substituição de veículos de transporte público movidos a diesel por outros movidos por fontes de energia menos poluentes (baterias elétricas, eletricidade captada externamente, hidrogênio etc.). Também pode advir da redução do número de viagens por carro com a melhoria da qualidade e da eficiência do transporte coletivo.

A ocupação e o uso mais racional do solo urbano podem ser induzidos com a implantação ou a melhoria do transporte público, pois transporte e ocupação e uso do solo são atividades intimamente relacionadas.

## **Custos associados aos projetos de transporte público urbano**

Os custos monetários diretos associados aos projetos de transporte são: custo de implantação e custo de operação (que inclui os custos de manutenção e administração).

Outros custos (impactos negativos) associados aos projetos de transporte público urbano são, genericamente, os seguintes: impactos sobre o meio ambiente natural e construído, impactos sociais devido à relocação de moradias e atividades, impactos sobre o uso e o valor do solo etc. A seguir são discutidos, sucintamente, os diversos impactos associados aos projetos de transporte urbano.

## **Impactos sobre o meio ambiente**

Novas facilidades de transporte urbano podem, em um âmbito geral, ocasionar os seguintes principais impactos negativos sobre o meio ambiente: re-

moção de vegetação, poluição atmosférica, poluição sonora (ruído), poluição visual, poluição do solo e das águas e vibrações.

A remoção de vegetação pode ocorrer na implantação de novas obras, como pontes, vias marginais a córregos, vias ou terminais em áreas com árvores, arbustos ou vegetação rasteira. Em geral, a área ocupada pela vegetação removida é impermeabilizada, com a implantação de edificações e/ou pavimentação de vias, com conseqüente redução da permeabilidade.

A poluição sonora é qualquer som indesejável (ruído) que possa prejudicar a saúde das pessoas (ou de outros seres vivos) e/ou o desenvolvimento de atividades humanas. No caso do transporte urbano, o problema é crítico na vizinhança das vias de grande movimento e das estações/terminais, nas quais o movimento de veículos e pessoas é grande. Por exemplo: estações de trem, terminal de ônibus, aeroportos, vias de transporte sobre trilhos no nível do solo ou aérea, vias urbanas expressas, corredores de ônibus etc.

A emissão de vários tipos de gases e partículas na atmosfera, provenientes de atividades de transporte, contribui para a degradação ambiental. A presença de elementos tóxicos no ar pode atingir níveis extremamente prejudiciais ao planeta (efeito estufa, com aquecimento global) e, de forma direta, à saúde humana e dos animais. Também bastante negativo é o prejuízo que a contaminação do ar traz para a vegetação, para a fachada das edificações e para a estrutura de algumas delas, devido ao alto poder corrosivo de alguns elementos químicos presentes no ar contaminado. Em especial, os principais gases tóxicos emitidos pelos veículos de transporte são: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) – principal responsável pelo efeito estufa, monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), hidrocarbonetos (HC) etc.

Embora a percepção estética não seja um consenso, a aparência de algumas facilidades de transporte pode ser considerada bastante indesejável. Exemplos de elementos associados à poluição visual: linhas de metrô ou vias expressas elevadas, redes elétricas aéreas do transporte público nas ruas, trilhos nas ruas etc.

A deposição de partículas poluentes na atmosfera, o vazamento de produtos tóxicos dos veículos de transporte e a utilização de produtos tóxicos para a conservação de vias e estações (terminais) podem levar à poluição localizada do solo e das águas (inclusive subterrâneas).

O movimento de veículos pode ocasionar vibrações indesejáveis nas vias, que se propagam para as vizinhanças, podendo comprometer a estrutura de edificações e o desenvolvimento de atividades de precisão. O problema é mais crítico no caso de veículos que se movimentam sobre trilhos, uma vez que os pneus de borracha absorvem grande parte das vibrações.

Um exemplo típico do prejuízo das vibrações são as rachaduras provocadas nas edificações vizinhas por obstáculos e valetas pronunciadas localizadas nas vias urbanas.

## **Impactos sociais**

Os impactos sociais negativos mais importantes associados à implantação de novas facilidades de transporte urbano dizem respeito ao desalojamento de pessoas e atividades.

As desapropriações de terrenos e prédios e a relocação de atividades e moradias para implantação de uma nova facilidade de transporte apresentam grandes impactos econômicos e sociais, prejudicando seriamente o grupo de pessoas envolvidas – a maioria das quais não será beneficiada com a nova facilidade, pois viverá longe do local.

Muitas pessoas, principalmente as idosas, têm grande dificuldade para se adaptar à vida em outros locais, pois estavam acostumadas aos espaços físico e social onde viviam.

Também, muitas atividades comerciais e de prestação de serviços, como salões de beleza, barbearias, padarias, costureiras etc., dependem em grande parte da proximidade de seus clientes. Mudanças de local podem levar à inviabilização dessas atividades.

Dessa forma, é fácil entender as razões para a grande oposição que a implementação de novas facilidades de transporte encontra quando envolve a relocação de residências e atividades comerciais e de prestação de serviços. Essas resistências podem, contudo, ser atenuadas se houver justiça nos valores pagos pelas desapropriações e pelas interrupções de receita (lucros cessantes), bem como assistência social às famílias desalojadas.

## **Impactos sobre o uso e o valor do solo**

Transporte e uso do solo são atividades intimamente relacionadas, pois o uso do solo influi na demanda por transporte, e o transporte influencia a ocupação e o tipo de uso do solo.

A melhoria da acessibilidade (menor custo, menor tempo e/ou maior conforto das viagens) tende a aumentar o valor da terra na região de influência de novas facilidades de transporte. Na vizinhança próxima, devido aos problemas advindos da aglomeração de pessoas e veículos e da poluição, o interesse residencial é menor, sendo a área mais útil para atividades comerciais, de prestação de serviços ou mesmo industrial, em virtude da concentração de veículos e pessoas. No entorno mais distante, aumenta o interesse residencial, fruto da melhoria da acessibilidade.

Dessa forma, melhorando a acessibilidade a determinada região e modificando o ambiente em suas imediações, a implantação de uma nova facilidade de transporte altera o valor da terra e induz a certos tipos de ocupação e uso do solo urbano.

A implementação de uma nova facilidade de transporte em uma região pouco adensada estimula o processo de adensamento da mesma. Outras regiões têm, dessa forma, a sua ocupação retardada em relação à zona atendida pela nova facilidade. Assim, novas facilidades de transporte tendem a induzir o adensamento nas suas zonas de influência, com fortes implicações para a estrutura espacial da cidade.

Algumas novas facilidades de transporte público (estações, metrô de superfície etc.) exigem a ocupação de áreas relativamente grandes, eliminando a possibilidade de outros usos. Se a área escolhida já estiver ocupada, o impacto negativo é grande, pois é necessária a relocação de moradias e atividades comerciais, industriais e de prestação de serviços.

Mesmo a simples eliminação de estacionamento de carros para a implantação de corredores de ônibus tem grande impacto no uso do solo, podendo levar, o que é bastante comum, à inviabilidade do comércio na via, com grande perda de valor das edificações e transformação das mesmas em cortiços.

Vias expressas e linhas ferroviárias na superfície do terreno trazem segregação urbana, quebrando unidades de vizinhança, ou seja, impedindo o deslocamento direto e rápido entre zonas vizinhas cortadas pela infraestrutura. No caso das vias expressas e linhas ferroviárias elevadas, esse problema deixa de existir, mas surge o problema da poluição visual e, quase sempre, poluição sonora de maior intensidade.

## **Impactos sobre sítios, monumentos e/ou edificações históricas**

Muitas vezes, a implantação de novos sistemas de transporte público coletivo pode provocar danos a sítios, monumentos e/ou edificações de valor histórico, colocando em risco a estrutura dos mesmos pelas alterações na consistência do solo nas vizinhanças com a implantação e/ou a propagação de vibrações durante a operação. A aparência de monumentos e edificações também pode ser afetada pela poluição atmosférica.

## **Impactos de maior magnitude**

Outros impactos de maior alcance devem ser contemplados na análise da viabilidade de projetos de transporte de grande porte, como no caso de sistemas metroviários: impacto sobre a matriz energética, a indústria nacional, o nível de emprego, a distribuição de renda, a balança de pagamentos etc.

## 16.6 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

### Fundamentos da avaliação econômica

A avaliação econômica de um projeto consiste em comparar de maneira apropriada os valores monetários dos custos e dos benefícios associados ao mesmo, o que significa levar em conta não apenas os valores dos custos e dos benefícios, mas também as datas em que ocorrem, pois a existência de juros faz com que o capital não tenha valor constante no tempo.

Um conceito básico na avaliação econômica pura é o valor presente, que corresponde à soma dos valores do fluxo de caixa transferidos para a data zero com base na taxa mínima de atratividade (taxa de oportunidade) do capital. A Figura 16.2 ilustra o conceito de valor presente dos benefícios e dos custos utilizando um fluxo de caixa de um projeto hipotético.

A comparação entre o Valor Presente dos Benefícios (VPB) e o Valor Presente dos Custos (VPC) é que vai indicar se o projeto é ou não economicamente viável, ou seja:

Se  $VPB > VPC$ , o projeto é viável.

Se  $VPB < VPC$ , o projeto é inviável.

Quando  $VPB = VPC$ , a rentabilidade do projeto é igual à taxa de oportunidade de capital e, sob a ótica puramente econômica, é indiferente investir ou não no projeto.

A avaliação da viabilidade econômica geralmente é feita mediante a utilização dos métodos (índices, critérios) apresentados mais à frente.

Os resultados obtidos com a aplicação desses métodos devem ser coerentes, ou seja, um projeto economicamente viável deve apresentar valores que comprovem sua viabilidade em todos os métodos. A não compatibilidade dos resultados indica a ocorrência de problemas conceituais (que foge ao escopo deste livro discutir) ou erro de cálculo.

Duas observações importantes:

- ◆ A inflação da moeda não é considerada nos estudos de avaliação econômica, pois supõe-se que afeta igualmente os custos e os benefícios. Portanto, a taxa de oportunidade de capital deve ser estabelecida com base na taxa real de juros, e os custos e benefícios previstos para ocorrer no futuro devem ser avaliados com base no valor atual da moeda.
- ◆ Para obter maior precisão na avaliação econômica de projetos, os preços de mercado utilizados para avaliar os custos e os benefícios devem ser corrigidos a fim de compensar impostos, subsídios e eventuais distorções do mercado. Nos casos comuns, no entanto, a precisão dos

resultados com a composição dos custos e benefícios utilizando preços do mercado é satisfatória.

## Métodos (índices ou critérios) de avaliação econômica

### Valor presente líquido

O valor presente líquido corresponde à diferença entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos.

Se o valor presente líquido resultar positivo, o projeto é, do ponto de vista econômico, viável; se resultar negativo, inviável; e se resultar nulo, é indiferente implementar ou não o projeto.

Em notação matemática:

$$\begin{aligned} \text{VPL} &= \text{VPB} - \text{VBC} \\ \text{Se } \text{VPL} > 0: & \text{viável} \\ \text{Se } \text{VPL} < 0: & \text{inviável} \\ \text{Se } \text{VPL} = 0: & \text{indiferente} \end{aligned}$$

em que: VPL = valor presente líquido; VPB = valor presente dos benefícios; e VBC = valor presente dos custos.

### Valor anual líquido

O valor anual líquido (VAL) é igual à parcela anual correspondente à distribuição do valor presente líquido ao longo da vida útil do projeto. Se resultar positivo, o projeto é, do ponto de vista econômico, viável; se resultar negativo, inviável; e se resultar nulo, indiferente.

Em notação matemática:

$$\text{VAL} = \text{VPL} \left[ \frac{i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Se } \text{VAL} > 0: & \text{viável} \\ \text{Se } \text{VAL} < 0: & \text{inviável} \\ \text{Se } \text{VAL} = 0: & \text{indiferente} \end{aligned}$$

em que: VAL = valor anual líquido; VPL = valor presente líquido;  $i$  = taxa de oportunidade de capital; e  $n$  = vida útil do projeto.

Também se pode obter o valor anual líquido pela diferença entre o valor anual dos benefícios e dos custos.

$$\text{VAL} = \text{VAB} - \text{VAC}$$

## Relação benefício-custo

A relação benefício-custo ou custo-benefício é dada pelo quociente entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos. Se resultar maior que a unidade, o projeto é, do ponto de vista econômico, viável; se resultar menor, inviável; e se resultar igual, indiferente.

Em notação matemática:

$$RBC = \frac{VPB}{VPC}$$

Se  $RBC > 1$ : viável

Se  $RBC < 1$ : inviável

Se  $RBC = 1$ : indiferente

em que: RBC = relação benefício-custo; VPB = valor presente dos benefícios; e VBC = valor presente dos custos.

## Taxa interna de retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) mede a rentabilidade econômica do capital aplicado no projeto e corresponde à taxa de juros (taxa de retorno) que torna o Valor Presente dos Benefícios igual ao Valor Presente dos Custos (o que também significa tornar o Valor Presente Líquido igual a zero).

Na avaliação da viabilidade, esta taxa deve ser comparada com a taxa mínima de atratividade (taxa de oportunidade de capital). Se resultar maior, o projeto é economicamente viável, pois apresenta rentabilidade maior em relação à taxa de oportunidade de capital; se resultar menor, o projeto é inviável; e se resultar igual, é indiferente implementar ou não o projeto.

Em notação matemática:

$$i^* \text{ é tal que: } VPB = VPC, \text{ ou } VPL = 0$$

Se  $i^* > i$ : viável

Se  $i^* < i$ : inviável

Se  $i^* = i$ : indiferente

em que:  $i^*$  = taxa interna de retorno (TIR);  $i$  = taxa de oportunidade de capital; VPL = valor presente líquido; VPB = valor presente dos benefícios; e VBC = valor presente dos custos.

## Período de retorno (payback)

O período de retorno (*payback*) de um projeto corresponde ao período de tempo em que o investimento realizado é recuperado integralmente.

Na avaliação da viabilidade, o período de retorno deve ser comparado com a vida útil do projeto. Se resultar menor, o projeto é economicamente viável, pois o investimento é integralmente recuperado antes do final da vida útil e, por consequência, a vida útil do projeto é suficiente para proporcionar um valor (retorno do investimento) maior que o investimento feito; se resultar maior, o projeto é inviável, pois a vida útil não é suficientemente longa para proporcionar a recuperação integral do investimento; e se resultar igual, é indiferente implementar ou não o projeto.

Em notação matemática:

$$n \text{ é tal que: } VPB = VPC, \text{ ou } VPL = 0$$

Se  $n < VU$ : viável

Se  $n > VU$ : inviável

Se  $n = VU$ : indiferente

em que:  $n$  = período de retorno do investimento;  $VU$  = vida útil do projeto;  $VPL$  = valor presente líquido;  $VPB$  = valor presente dos benefícios; e  $VBC$  = valor presente dos custos.

## **Análise de sensibilidade e de risco de um projeto**

O resultado da avaliação econômica de um projeto (empreendimento) pode ser diferente quando ocorrem alterações em um ou mais valores dos parâmetros utilizados nos cálculos (custos, benefícios, taxa de atratividade e vida útil). Dessa forma, é sempre recomendável proceder à análise de sensibilidade dos resultados mediante a variação dos valores de um ou mais dos parâmetros sobre os quais há maior incerteza quanto aos valores considerados.

Um procedimento bastante utilizado na análise de sensibilidade é estabelecer o intervalo de variação possível de ocorrer nos valores dos custos e dos benefícios e recalculá-los considerando os valores máximo (cenário otimista) e mínimo (cenário pessimista). Os resultados obtidos devem ser comparados com aqueles do cenário original (cenário provável).

Também é útil fazer uma análise do risco econômico do projeto por intermédio da atribuição de probabilidades de ocorrência dos cenários considerados otimista, pessimista e provável.

## **Seleção econômica de alternativas**

Muitas vezes, não se trata de verificar se determinado projeto é ou não economicamente viável, mas de comparar economicamente diferentes alternativas propostas para o mesmo projeto, todas mutuamente exclusivas (a implementação de uma delas descarta as outras).

Nos casos comuns em que as alternativas têm vidas econômicas iguais, a seleção econômica pode ser feita com base no valor presente líquido ou no valor anual líquido: maior o índice, melhor a alternativa. Embora a taxa de retorno também possa ser utilizada, sua aplicação exige alguns cuidados que não cabe discutir no escopo deste livro. O valor da relação benefício-custo é inadequado para ser utilizado na comparação de alternativas.

No caso de alternativas com vidas distintas, a escolha do índice para a seleção depende do que é previsto após o término da vida útil da alternativa de menor duração. Se for prevista a recuperação do sistema para um novo ciclo de vida (caso comum no mundo real), o índice que deve ser usado no processo de seleção é o valor anual líquido. Se, ao contrário, o sistema não for recuperado, o índice a ser utilizado é o valor presente líquido.

Restrições financeiras podem, contudo, levar à escolha de uma alternativa com menor custo monetário, mesmo que a sua classificação não seja a melhor do ponto de vista econômico.

Em muitos casos reais, os benefícios (monetizáveis ou não) das alternativas são similares. Nesses casos, a seleção pode ser realizada com base apenas no valor presente dos custos ou no valor do custo anual, seguindo as mesmas orientações já colocadas.

## 16.7 AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO

A avaliação econômica pura considera apenas os custos e benefícios monetários de um projeto. Nos projetos de natureza pública (também em alguns de natureza privada), é imperativo examinar outros aspectos (sociais, ambientais etc.) que não são expressos em valores monetários, como, por exemplo, tempo de viagem, emissão de poluição etc. Ainda há outros impactos, como comodidade, por exemplo, que são caracterizados qualitativamente, mas que devem ser quantificados em uma escala de notas para efeito de comparação das alternativas.

Nesses casos, deve-se proceder a uma avaliação multicritério (análise multiobjetivo ou com atributos múltiplos) das várias alternativas existentes para o projeto.

A avaliação multicritério envolve as seguintes principais etapas:

- ◆ Seleção dos parâmetros (também denominados de atributos, impactos ou indicadores) considerados relevantes.
- ◆ Avaliação quantitativa de cada parâmetro (mesmo para aqueles de natureza qualitativa deve-se fazer uma avaliação quantitativa em escala de 0 a 10 ou de 0 a 100).

- ◆ Organização e sistematização dessas informações na forma matricial: as colunas representando as alternativas e as linhas, os diversos parâmetros (impactos).
- ◆ Comparação das alternativas.

Dentre as alternativas do projeto consideradas, sempre há a alternativa nula, que consiste em manter a situação existente sem fazer nada.

Após a elaboração da matriz de avaliação, é feito o exame dos valores dos parâmetros visando à comparação das alternativas.

A análise comparativa das alternativas é realizada de forma desagregada (individual) ou agregada (conjunta). A análise desagregada consiste em fazer a comparação do valor individualizado de cada parâmetro da matriz de avaliação, simplesmente examinando os valores ou, o que é mais indicado, fazendo uso de análise gráfica. Na análise agregada (conjunta) é calculado um valor global do conjunto de valores dos parâmetros mediante a soma ponderada dos mesmos, sendo os pesos atribuídos de acordo com a importância de cada um.

Para a avaliação conjunta é absolutamente necessário proceder à normalização dos valores absolutos dos parâmetros, uma vez que eles são expressos em diferentes unidades de medida: tempo em minutos, distância em quilômetros, emissão de contaminantes em toneladas, edificações desalojadas em unidades ou metro quadrado, pessoas desalojadas em quantidade, investimento e custo em reais etc. A normalização também auxilia bastante na comparação individualizada, pois a comparação fica mais evidente utilizando-se valores relativos e não absolutos.

A normalização consiste em atribuir ao melhor valor do indicador a nota 10 ou 100 e determinar as notas dos outros valores proporcionalmente. Seguem-se dois exemplos.

*Exemplo 1.* Valor do custo de implantação (milhões de reais) em três alternativas: A = 100, B = 80, C = 70. Melhor solução (a de menor custo): C = 70 (nota normalizada = 10). As outras notas normalizadas são: A =  $70/100 \times 10 = 7,00$  e B =  $70/80 \times 10 = 8,75$ .

*Exemplo 2.* Valor da velocidade comercial em km/h em três alternativas: A = 25, B = 22, C = 20. Melhor solução (a de maior velocidade): A = 25 (nota normalizada = 10). As outras notas normalizadas são: B =  $22/25 \times 10 = 8,80$  e C =  $20/25 \times 10 = 8,00$ .

A avaliação multicritério é extremamente útil na análise das várias alternativas existentes para um projeto; muitos fatores exógenos, no entanto, podem condicionar a tomada de decisão da alternativa a ser selecionada. Entre esses fatores destacam-se: limitação financeira e impacto negativo significativo ao meio ambiente natural e/ou construído.

A limitação financeira refere-se não só aos recursos próprios como à capacidade de endividamento na captação de recursos econômicos para o projeto. O impacto negativo ao meio ambiente natural diz respeito à remoção de vegetação, poluição atmosférica etc. O impacto ao meio ambiente construído refere-se à remoção de edificações, implantação de construções elevadas (seja de sistemas de transporte público ou de vias), eliminação de estacionamentos, danos a sítios, monumentos e/ou edificações de valor histórico etc.

Quando são significativos os impactos ao meio ambiente natural e/ou construído, o processo de decisão sofre forte influência política, quer dos poderes constituídos, quer de pressões dos vários segmentos da população direta ou indiretamente envolvidos no projeto. Em alguns casos, ações mitigatórias e/ou compensatórias por parte do poder público podem atenuar os impactos negativos como forma de viabilizar o projeto.

Também cabe colocar que nos países não desenvolvidos os benefícios do desenvolvimento econômico e social ensejados por novas facilidades de transporte acabam, muitas vezes, por deslocar para um plano secundário os impactos ambientais decorrentes da implementação das mesmas. Isso não ocorre nos países economicamente desenvolvidos, onde a preocupação com os impactos ambientais é maior.

Na comparação individual de cada parâmetro, um procedimento bastante útil é a análise gráfica. Nessa estratégia, os diversos parâmetros da matriz de avaliação são assinalados no eixo das abcissas e as notas normalizadas (medidas de desempenho variando de 0 a 10) correspondentes são marcadas em escala no eixo das ordenadas – maior (melhor) a nota do parâmetro, mais acima está o ponto correspondente à mesma no gráfico. Com a união dos pontos associados a cada parâmetro nas diversas alternativas, é possível visualizar com clareza o desempenho relativo das mesmas, facilitando, assim, a comparação entre elas.

Segue-se exemplo ilustrativo da comparação de alternativas utilizando análise gráfica. Considere o caso da matriz de avaliação (matriz de impactos) apresentada na Tabela 16.1, relativa ao projeto de construção de uma linha de VLT em substituição a uma linha tronco operada por ônibus a diesel articulado. As alternativas propostas são as seguintes:

- A: Transporte sobre trilho eletrificado em via subterrânea.
- B: Transporte sobre trilho eletrificado em via com trecho subterrâneo na região central e na superfície do terreno fora da mesma (parte do traçado no canteiro central de uma via).
- C: Transporte sobre trilho eletrificado na superfície do terreno (parte do traçado no canteiro central de uma via).
- D: Transporte sobre trilho movido com motor a diesel em via na superfície do terreno (parte do traçado no canteiro central de uma via).
- E: Traçado alternativo para a alternativa "D".

Os impactos a serem considerados são os seguintes:

- 1: Investimento em milhões de reais.
- 2: Tempo médio de viagem em milhões de horas por ano.
- 3: Conforto dos usuários (avaliação qualitativa transformada em nota na escala de 0 a 10).
- 4: Edificações domiciliares e comerciais a serem removidas em quantidade.
- 5: Emissão de contaminantes na atmosfera em toneladas por ano.
- 6: Poluição sonora e visual (avaliação qualitativa transformada em nota na escala de 0 a 10).

A comodidade dos usuários leva em conta o rodar mais suave (menos oscilações) do transporte sobre trilhos e o menor ruído dos veículos elétricos e foi avaliada em uma escala de notas variando de 0 a 10.

A poluição sonora e visual também foi avaliada em uma escala de notas variando de 0 a 10 (a nota dez foi atribuída à melhor situação e a nota zero, à pior situação, com notas proporcionais "subjetivas" atribuídas às demais situações).

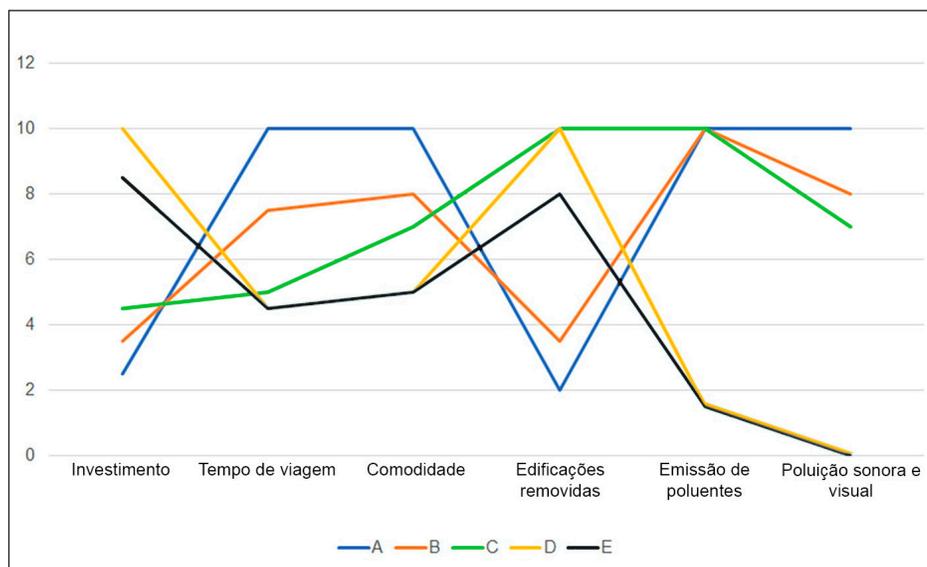
A remoção de edificações domiciliares e comerciais é necessária, sobretudo, para a construção das estações subterrâneas.

**Tabela 16.1** Matriz de avaliação para o exemplo considerado.

Parâmetro	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E
Investimento (peso 3)	VA = 30 NN = 2,33	VA = 20 NN = 3,5	VA = 15 NN = 4,67	VA = 7 NN = 10,00	VA = 8 NN = 8,75
Tempo de viagem (peso 3)	VA = 15 NN = 10,00	VA = 20 NN = 7,50	VA = 30 NN = 5,00	VA = 32 NN = 4,69	VA = 32 NN = 4,69
Comodidade (peso 1)	VA = 10 NN = 10,00	VA = 8 NN = 8,00	VA = 7 NN = 7,00	VA = 5 NN = 5,00	VA = 5 NN = 5,00
Edificações removidas (peso 2)	VA = 50 NN = 2,00	VA = 30 NN = 3,33	VA = 10 NN = 10,00	VA = 10 NN = 10,00	VA = 12 NN = 8,33
Emissão de contaminantes	VA = 0,1 NN = 10,00	VA = 0,1 NN = 10,00	VA = 0,1 NN = 10,00	VA = 0,7 NN = 1,43	VA = 0,7 NN = 1,43
Poluição sonora e visual (peso 1)	VA = 10 NN = 10,00	VA = 8 NN = 8,00	VA = 7 NN = 7,00	VA = 0 NN = 0,00	VA = 0 NN = 0,00
Valor global	80,99	75,66	83,01	71,93	64,84

(a) VA: Valor Absoluto do parâmetro. (b) NN: Nota Normalizada em escala de 0 a 10.

A representação gráfica da matriz de avaliação correspondente aos valores da Tabela 16.1 é mostrada na Figura 16.4.

**Figura 16.4** Representação gráfica da matriz de avaliação do exemplo considerado.

O primeiro passo no processo de comparação individual das alternativas é a pesquisa de dominância de uma alternativa sobre outra. Diz-se que uma alternativa tem dominância sobre outra quando nenhum dos impactos associados à mesma é pior que o da outra, e pelo menos um é melhor. Nesse caso, a alternativa dominada deve ser afastada. Dentro dessa linha de raciocínio, também podem ser aplicadas eliminações com base no conceito de

dominância próxima, que ocorre quando uma alternativa apresenta alguns poucos impactos ligeiramente piores que os de outra, mas vence com folga na maioria.

No caso do exemplo considerado, com base na Figura 16.4, valem as seguintes observações:

- ◆ A alternativa D tem dominância sobre a E, que deve, portanto, ser afastada.
- ◆ O valor do investimento é bem maior nas alternativas A, B e C em relação à alternativa D. Assim, no caso em que há forte limitação financeira, a alternativa D é a melhor. A escolha vai depender da comparação dos outros parâmetros.
- ◆ O ganho para os usuários em termos de tempo de viagem e comodidade é significativamente maior nas alternativas A e B em relação às alternativas C e D. Assim, se a prioridade é implantar um transporte coletivo que proporcione benefício significativo para os usuários, com a questão econômica ficando em segundo plano, as alternativas A e B são as melhores. A escolha vai depender da comparação dos outros parâmetros.
- ◆ As alternativas C e D são bem melhores no tocante a “edificações removidas” em relação às alternativas A e B. Assim, se a questão do impacto social do projeto na população residente é de grande relevância, as alternativas C e D são as melhores.
- ◆ As alternativas A, B e C são bem melhores no que se refere à “emissão de contaminantes” e “poluição sonora e visual” em relação à alternativa D. Assim, se a questão do impacto no meio ambiente é de grande relevância, as alternativas A, B e C são as melhores.

A análise agregada (conjunta) é realizada com base no valor (nota ou desempenho) global do conjunto de valores dos parâmetros mediante a soma ponderada dos mesmos, sendo os pesos atribuídos de acordo com a importância de cada um.

O valor global de cada alternativa é calculado pela expressão:

$$V_j = \sum P_i x N_{ji} = P_1 x N_{j1} + P_2 x N_{j2} + \dots + P_n x N_{jn}$$

em que:  $V_j$  = valor global da alternativa  $j$ ;  $P_i$  = peso atribuído ao parâmetro/indicador  $i$ ; e  $N_{ji}$  = nota normalizada do parâmetro/indicador  $i$  na alternativa  $j$ .

Essa sistemática é, em princípio, bastante interessante por permitir expressar o valor (nota ou desempenho) global de cada alternativa de forma extremamente objetiva por intermédio de um número, proporcionando, assim, fácil

comparação entre elas. O problema, no entanto, é que a definição dos pesos associados a cada parâmetro/indicador é, em grande medida, subjetiva.

Para reduzir a subjetividade na atribuição dos pesos dos parâmetros, deve ser utilizado um método matemático apropriado. Os mais comumente empregados são: Smart (*Simple Multi Attribute Rating Technique*), Smarter (*Smart Exploiting Ranks*), também denominado de Ordinal (*Ranking Methods*), e AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Em todos eles, os pesos da ponderação são definidos a partir das notas atribuídas por um Grupo de Referência (GR) constituído de profissionais experientes com conhecimento das diferentes áreas que compõem o modelo de avaliação.

O método Smart é o mais simples. São utilizados os valores médios dos pesos (em porcentagem) atribuídos pelos participantes do GR a cada parâmetro; nos casos em que os valores extremos diferem muito dos demais, deve ser utilizada a média depurada com a exclusão dos valores situados fora do intervalo: (média – desvio-padrão); (média + desvio-padrão). Nesse método, também pode ser buscado consenso entre os participantes do GR sobre os valores dos pesos a ser utilizados.

No método Smarter/Ordinal, a definição dos pesos é feita em duas etapas. Inicialmente, os atributos são ordenados pelos membros do GR de forma a obter uma ordem de prioridade (*ranking*) do menor para o de maior importância. Em seguida, são empregadas equações matemáticas para a obtenção dos pesos a serem utilizados com base nos rankings preestabelecidos.

Já no Método AHP, a atribuição de pesos por parte dos membros do GR é realizada com base na comparação, dois a dois, dos atributos indicando qual deles é mais (menos) importante e de quanto é essa diferença. Utilizando a Escala Fundamental de Saaty (na qual são atribuídos valores de 1 a 9 às avaliações qualitativas), são então definidos os pesos a serem utilizados no cômputo da nota final de cada alternativa.

Foge ao escopo deste livro discutir em detalhes a metodologia para a definição do valor dos pesos utilizando os métodos Smarter/Ordinal e AHP; no método Smart, como colocado, a questão é relativamente simples.

Como exemplo de aplicação do método Smart, considere o Grupo de Referência constituído por cinco técnicos que atribuíram os seguintes valores para o peso de determinado parâmetro: 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; e 6,0. A média aritmética desse conjunto de números é igual a 3,40 e o desvio-padrão é igual a 1,39. Considerando o intervalo: (média – desvio-padrão; média + desvio-padrão) igual a (2,01; 4,79), os valores extremos 2,0 e 6,0 devem ser excluídos e a média depurada (sem esses valores) resulta igual a 3,00 – valor do peso do parâmetro a ser utilizado.

Para exemplificar a aplicação da análise agregada, retome o caso da matriz de avaliação da Tabela 16.1 e suponha os seguintes valores de pesos para os parâmetros: investimento = 3, tempo de viagem = 3, comodidade = 1, edificações removidas = 2, emissão de contaminantes = 2 e poluição sonora e visual = 1. Nesse caso, o valor (nota ou desempenho) global das alternativas é: A = 80,99; B = 75,66; C = 83,01; D = 71,93; e E = 64,84. A melhor alternativa é a C, pois apresenta o maior valor, ficando A em segundo lugar.

## 16.8 QUESTÕES

1. Conceituar taxa mínima de atratividade (taxa de oportunidade de capital) e comentar os valores dessa taxa.
2. Conceituar fluxo de caixa de um projeto e fazer esquema de um fluxo de caixa típico no caso dos projetos de transporte público coletivo urbano.
3. Discorrer sobre os diferentes tipos de viabilidade de projetos (empreendimentos).
4. Quais as diferenças de enfoque no que tange à viabilidade dos projetos públicos e privados?
5. Quais os principais benefícios associados aos projetos de transporte público? Discorrer resumidamente sobre cada um deles.
6. Quais os principais custos associados aos projetos de transporte público? Escrever resumidamente sobre cada um deles.
7. Explicar os fundamentos da avaliação econômica de projetos.
8. Quais os principais métodos de avaliação econômica? Explicar sucintamente cada um deles.
9. Quais critérios devem ser utilizados na escolha da alternativa econômica mais indicada no caso comum de alternativas com a mesma vida útil? E com vidas úteis diferentes?
10. Discorrer sobre análise de sensibilidade e análise de risco de um projeto.
11. No que consiste a avaliação multicritério? Quais as etapas envolvidas na mesma? Como se pode comparar as diferentes alternativas?
12. Um empresário está analisando a possibilidade de substituir a sua frota de ônibus comuns que opera em um corredor por 40 ônibus articulados novos, sendo: preço unitário = 2 um (unidades monetárias) pagas em duas parcelas fixas de igual valor, uma de entrada e outra após 1 ano; vida útil = 10 anos; valor residual = 20% do valor inicial. O valor de revenda à vista da frota atual de ônibus comuns é de 30 um. A substituição deverá gerar uma redução no custo de operação de 10 um anual. Considerando-

-se que a taxa mínima de atratividade (taxa de oportunidade de capital) é de 10% aa, efetuar a avaliação da viabilidade do projeto, determinando todos os índices econômicos. Proceder à análise de sensibilidade dos resultados da avaliação, considerando-se uma variação para mais de 20% no valor da taxa de oportunidade de capital.

13. Uma empresa privada deverá propor a um município a implantação de uma linha de VLT. A receita prevista é de 20 um (unidades monetárias) anualmente. O horizonte de projeto é de 10 anos. A empresa poderá utilizar três tipos de tecnologia diferentes, cujos custos são relacionados na Tabela 16.2. Qual deve ser a alternativa tecnológica escolhida? Encontrar a solução para taxas de oportunidade de capital de 10% e 20% aa. Qual a taxa de oportunidade de capital acima da qual o empreendimento seria inviável?

**Tabela 16.2** Valores dos custos associados a cada alternativa.

<b>Tecnologia</b>	<b>Tipo 1</b>	<b>Tipo 2</b>	<b>Tipo 3</b>
Investimento inicial	70	58	30
Manutenção anual	2	4,5	10

14. No caso do exemplo com a matriz de avaliação mostrada na Tabela 16.1, se o peso do tempo de viagem fosse igual a 4, e não 3, qual seria a melhor alternativa?
15. No caso do exemplo com a matriz de avaliação mostrada na Tabela 16.1, se o peso do investimento fosse igual a 2, e não 3, e o peso de edificações removidas fosse igual a 4, e não 2, qual seria a melhor alternativa?
16. A prefeitura de uma cidade grande está estudando a questão da localização de uma nova estação rodoviária. Os principais parâmetros associados aos seis locais pré-selecionados estão indicados na Tabela 16.3. Analisar as alternativas propostas utilizando análise gráfica e numérica por meio da atribuição de pesos aos vários impactos (adotar os pesos de acordo com a sua visão).

**Tabela 16.3** Características das diversas alternativas.

<b>Local</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
1. Custo de implantação (milhões de US\$)	50	30	29	25	25	25
2. Distância da rodovia principal (km)	5,0	3,0	3,0	1,0	3,1	1,5
3. Distância da área central (km)	0,3	0,8	1,0	4,0	2,0	4,0
4. Distância da via expressa mais próxima (km)	0,2	0,0	1,5	0,5	0,9	0,8
5. Número de residências desalojadas	200	100	100	0	105	0

17. Se a Questão 16 tratasse da localização de um terminal de transporte coletivo urbano de ônibus, que atributos deixariam de ser importantes? Que novos atributos deveriam ser incluídos no processo de avaliação?
18. Considere o caso da matriz de avaliação apresentada na Tabela 16.4, relativa a um projeto a ser implementado visando reduzir a acidentalidade no trânsito em um trecho de via crítico utilizado por uma linha tronco de transporte coletivo. Selecionar a melhor alternativa mediante avaliação numérica, considerando pesos iguais a 1 para todos os parâmetros. Refazer o processo de seleção considerando peso 2, e não 1, para a redução dos acidentes graves.

**Tabela 16.4** Matriz de impactos para as quatro alternativas do projeto.

<b>Impacto/alternativa</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Redução anual de acidentes graves	50	35	25	20
Investimento em R\$ mil	150	120	60	30
Aumento do tempo de viagem em minutos	4	3	4	3
Aumento da emissão de poluição em toneladas/ano	2	2	3	3



## 17.1 CÁLCULO DOS CUSTOS E DA TARIFA NO TRANSPORTE POR ÔNIBUS

### Introdução

Os métodos de cálculo dos custos e da tarifa do transporte coletivo urbano por ônibus têm por objetivo fornecer, com adequada precisão, os valores dos custos desagregados e total do serviço, que são essenciais para o controle econômico-financeiro do negócio.

Constituem valiosa ferramenta para as prefeituras municipais e as empresas operadoras, pois permitem fazer o monitoramento dos custos e das receitas e realizar simulações sobre o impacto de mudanças nos parâmetros que afetam os mesmos, como alterações no preço dos insumos, mudanças no sistema de operação (número de passageiros, quilometragem, frota, etc.) e modificações no gerenciamento do sistema, tais como inclusão ou exclusão da responsabilidade das empresas pela manutenção e/ou operação de terminais, manutenção de abrigos e bancos em pontos de parada, etc.

Em especial, são de grande valia para o poder público municipal definir o valor da tarifa e do subsídio (se for o caso), de forma a garantir o equilíbrio econômico-financeiro do sistema, mantendo a rentabilidade econômica das empresas operadoras em patamar apropriado, bem como para as empresas determinarem o valor do parâmetro (custo por quilômetro, tarifa, etc.) utilizado no processo seletivo das licitações públicas.

Na definição do valor da tarifa e do subsídio no transporte coletivo urbano por parte do poder público, vale colocar que se a rentabilidade do serviço fica acima do normal para o setor, os usuários (através da tarifa) e/ou o poder público (através do subsídio) pagam mais que o justo, prejudicando, assim, toda a população. Também perde a sociedade se a rentabilidade fica abaixo do normal, pois no curto prazo, para se proteger, as empresas muitas vezes retiram ônibus de circulação e adotam outras ações visando reduzir os gastos, com conseqüente queda da qualidade do serviço. Se a rentabilidade permanece abaixo do justo por muito tempo, há interrupção dos investimentos na renovação e manutenção da frota, treinamento de pessoal, etc. – sendo comum, nesse caso, as empresas acionarem a Justiça solicitando reequilíbrio

econômico-financeiro e, dessa forma, obrigando o poder público a pagar com juros e correção monetária o déficit contabilizado.

## Breve histórico dos métodos de cálculo da tarifa

Diversos métodos de cálculo dos custos e da tarifa do transporte coletivo urbano por ônibus foram desenvolvidos no país.

Até 1982, o método oficial de cálculo da tarifa 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 em todas as cidades do país.

Em 1982, a responsabilidade pela aprovação dos aumentos das tarifas passou a ser dos governos municipais. Para auxiliar os municípios no cálculo da tarifa dos sistemas de ônibus urbanos, o Ministério dos Transportes, por intermédio da Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos (EBTU) e da Empresa Brasileira de Planejamento dos Transportes (GEIPOT), editou um documento denominado de “Instruções Práticas para Cálculo de Tarifas de Ônibus Urbanos”. Esse método passou a ser utilizado por praticamente todas as cidades do país, com exceção de algumas cidades maiores que desenvolveram métodos próprios, como, por exemplo, São Paulo e Curitiba.

Em 1990, a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) publicou uma versão ligeiramente modificada do método GEIPOT, com adaptações visando atualizá-lo diante das alterações introduzidas nas legislações trabalhista e tributária.

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. O objetivo principal desse método era apresentar uma sistemática de gerenciamento dos valores da tarifa com o intuito de controlar a rentabilidade das empresas operadoras, considerando a ocorrência de altas taxas de inflação à época. Uma segunda versão desse método foi lançada em 1992, visando corrigir alguns problemas verificados na primeira edição.

Em 1993, a ANTP editou publicação com o título: “Coeficientes de Consumo de Ônibus Urbanos para Cálculo Tarifário”. O objetivo era fornecer valores atualizados do consumo de vários dos insumos, tendo em vista o desenvolvimento tecnológico e as alterações introduzidas nas legislações trabalhista e tributária.

Em 1994, o Ministério dos Transportes, por intermédio do GEIPOT, publicou uma versão atualizada do manual de 1982, intitulado “Cálculo de Tarifas de Ônibus Urbanos – Instruções Práticas Atualizadas”. Uma segunda edição

dessa publicação foi feita em 1996. Esse método, com algumas adaptações, é até hoje bastante utilizado no país.

Em 2001, no livro *Transporte Público Urbano*, foi colocado o método denominado “Leonês” – uma adaptação com fins acadêmicos do método GEIPOT mediante a introdução de algumas pequenas mudanças.

Em 2017, a Associação Nacional de Transporte Público (ANTP) publicou um método atualizado e detalhado para o cálculo dos custos e da tarifa do transporte público urbano, elaborado por equipe técnica especializada. O desenvolvimento desse método contou com o apoio da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU).

Em 2022, o Núcleo de Estudos das Cidades (NEC), que reúne professores da USP (Campus de São Carlos), da UFSCar e da FATEC (Unidade de Jaú), publicou o método denominado NEC, com algumas modificações em relação ao método GEIPOT e considerando no cálculo o custo anual médio de capital (depreciação e remuneração) durante o período de vida útil dos ônibus no sistema.

Em 2024, o Núcleo de Estudos das Cidades (NEC) republicou o método NEC, diminuindo o valor máximo do intervalo de variação da taxa de remuneração (rentabilidade) do capital, incorporando a possibilidade de o custo de capital (depreciação e remuneração) ser determinado empregando-se a sistemática tradicional utilizada nos métodos GEIPOT e ANTP, na qual a remuneração do capital é definida anualmente com base no valor do ônibus no início do ano e a depreciação seguindo o método de Cole (soma dos dígitos), e introduzindo outros aperfeiçoamentos.

Descrições dos métodos GEIPOT (1994), ANTP (2017) e NEC (2024), bem como planilhas eletrônicas para facilitar o cálculo encontram-se disponíveis na internet. Na apresentação do método NEC, também há uma discussão sobre as diferenças entre os três métodos.

## Custos no transporte por ônibus

Os custos no transporte coletivo por ônibus são usualmente divididos em fixos e variáveis. A seguir, são feitas breves considerações sobre cada um deles.

### Custos variáveis

Custos variáveis são aqueles que variam com a quantidade de transporte realizada (quilometragem percorrida). Os principais custos variáveis são: combustível, lubrificantes, rodagem e peças e acessórios.

Em geral, os combustíveis utilizados nos ônibus urbanos são: óleo diesel, gás natural veicular (GNV), energia elétrica coletada em cabos energizados (ônibus elétrico/trólebus), energia elétrica fornecida por baterias, etc. No Bra-

sil, a maioria dos ônibus utiliza óleo diesel especial para reduzir a emissão de contaminantes, em geral o diesel tipo S10 (assim denominado por conter 10 partes por milhão de enxofre).

Lubrificantes incluem óleos (do motor, do câmbio e do diferencial), fluido do freio, etc. No método NEC também está incluído, neste item, o ARLA-32 (sigla utilizada para designar o produto denominado de Agente Redutor Líquido Automotivo, solução aquosa com 32,5% de ureia que é adicionada aos gases de escape para reduzir a emissão de contaminantes).

A rodagem envolve o desgaste dos pneus novos e dos pneus reformados (pneus gastos aos quais são adicionados, de forma apropriada, novos elementos de borracha na carcaça para permitir sua reutilização).

O item peças e acessórios engloba todos os componentes mecânicos, elétricos e eletrônicos substituídos nas manutenções preventivas e trocados por apresentar defeito nas manutenções corretivas.

## Custos fixos

Custos fixos são aqueles que praticamente independem da quilometragem percorrida, estando mais associados ao tempo.

Os principais custos fixos são: depreciação, remuneração, pessoal (salários e encargos), administração e tributos.

A depreciação corresponde à perda de valor dos veículos, instalações, máquinas e equipamentos devido ao desgaste natural com o uso e a ação da natureza, bem como à obsolescência tecnológica.

A remuneração corresponde ao valor da rentabilidade do capital investido em veículos, instalações, máquinas e equipamentos, uma vez que o dinheiro poderia ter sido aplicado em outro negócio rentável – na possibilidade mais simples, no mercado financeiro.

O item pessoal envolve o gasto mensal com a folha de pagamentos e o recolhimento dos tributos incidentes sobre os salários de responsabilidade da empresa. Envolve o gasto com pessoal de operação, manutenção e administração. No item pessoal de administração está incluída a remuneração da diretoria da empresa. Também devem ser incluídos, no gasto com pessoal, os benefícios adicionais concedidos aos funcionários, como: vale-refeição, cesta básica, assistência médica, uniforme, etc.

O custo denominado administração engloba todas as despesas administrativas necessárias ao funcionamento das empresas/sistema de transporte coletivo: manutenção das instalações, aluguéis, material de escritório, licenciamento e seguro dos ônibus e dos veículos de apoio, gastos com os veículos de apoio, impostos e taxas, telefone, internet, energia elétrica, água e esgoto,

correio, despesas médicas na admissão, demissão e exames periódicos dos funcionários, contabilidade, veiculação de informações ao público, propaganda, viagens, cursos, assinatura de periódicos, assessoria especializada, equipamentos de segurança, serviços terceirizados, administração e manutenção de terminais e pontos de parada (se for o caso), etc. No método NEC também estão incluídas, neste item, as despesas administrativas associadas ao sistema de bilhetagem eletrônica, ao sistema inteligente de transporte – ITS (GPS, internet nos ônibus, aplicativos via celular, câmeras de monitoramento, etc.), e da preservação do meio ambiente: manejo e destinação de resíduos (óleos, pneus, baterias, peças, etc.) e outros gastos relacionados.

O item tributos diz respeito aos impostos e taxas que incidem diretamente sobre a receita operacional bruta da empresa e que atualmente são os seguintes: Contribuição Previdenciária sobre a Receita Bruta (contribuição ao Instituto Nacional de Seguro Social – INSS) = 2% – imposto de âmbito federal; ISS (Imposto Sobre Serviços): valor variável definido pelo município – imposto de âmbito municipal; e TGE (Taxa de Gerenciamento do Sistema de Transporte Coletivo): valor variável definido pelo município – taxa de âmbito municipal. O ISS comumente varia de 0% (muitos municípios dão isenção para o transporte coletivo urbano) a 3%. Alguns poucos municípios cobram TGE, com o valor variando, em geral, entre 1% e 3%.

No cálculo dos custos, em alguns casos é necessário considerar a frota total de ônibus; em outros, a frota em operação no pico. A frota total é igual à frota operante no pico mais a frota reserva, que fica à disposição da operação para substituir os veículos avariados ou muito atrasados, e mais a frota em manutenção. Em geral, a frota total é 10% a 15% superior à frota em operação no pico; para frotas muito pequenas, esses percentuais são necessariamente maiores.

## Custo unitário e tarifa

O custo unitário do serviço de transporte coletivo é obtido rateando o custo total entre os passageiros que utilizam o sistema. Como muitos usuários têm benefícios (descontos na passagem ou mesmo gratuidade), é comum se referir ao custo unitário por passageiro equivalente: custo total dividido pelo número fictício de passageiros que, pagando o valor integral da tarifa, geraria receita igual à receita real do sistema.

A tarifa é o preço cobrado dos usuários pelo transporte. Nos sistemas de transporte coletivo urbano, a tarifa nem sempre reflete o custo real do serviço, pois é comum, para beneficiar as camadas de menor renda e incentivar a utilização do transporte coletivo, a fixação de um valor para a tarifa abaixo do custo unitário, sendo parte do custo real subsidiado pelo poder público. O

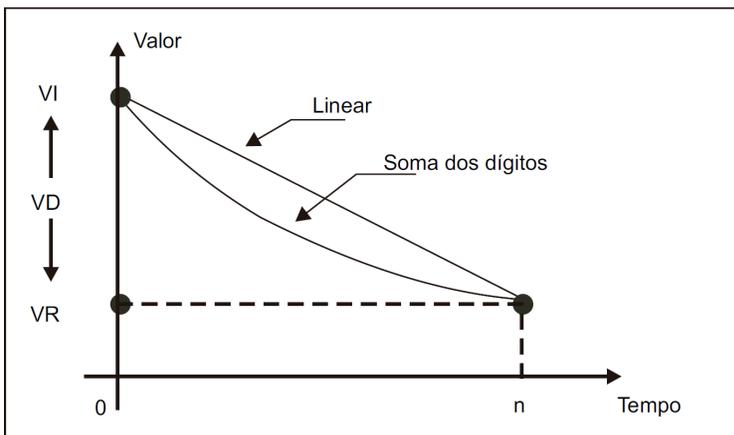
subsídio também é justificado como forma de cobrir os benefícios (gratuidade ou descontos) concedidos a determinados segmentos de usuários (idosos, estudantes, etc.). Nos casos comuns, esse subsídio é concretizado pela transferência direta de dinheiro para as empresas operadoras ou indiretamente mediante a compra de passagens para alguns segmentos de usuários. A tarifa que corresponde ao custo unitário real é denominada de tarifa técnica; a tarifa legal praticada é denominada de tarifa pública. A diferença entre as duas tarifas é igual ao valor unitário do subsídio por passageiro equivalente para manter o equilíbrio econômico-financeiro do sistema.

## Custos de capital

O custo de investimentos em bens de transporte ou de outra natureza pode ser desagregado em dois: o custo da depreciação e o custo da remuneração.

### Depreciação

A depreciação corresponde à perda de valor de um bem ao longo do tempo, resultante do desgaste natural decorrente do uso e da ação da natureza e, também, da obsolescência tecnológica. Os bens naturais, como, por exemplo, terrenos, não estão sujeitos à depreciação. A Figura 17.1 mostra um gráfico que ilustra a perda de valor de um bem com o passar do tempo.



**Figura 17.1** Depreciação de bens ao longo do tempo.

A forma como ocorre a perda de valor ao longo do tempo depende do tipo de bem e das condições da economia. Diversos modelos de curva de depreciação têm sido propostos, sendo os mais comuns o método linear e o método de Cole (soma dos dígitos).

## Método linear

O método linear admite que a perda de valor do bem é constante ao longo do tempo, sendo a curva de depreciação uma linha reta, como ilustrado na Figura 17.1. Nesse caso, o custo anual da depreciação tem sempre o mesmo valor ao longo da vida útil e é determinado pela expressão:

$$DA = \frac{I - R}{n}$$

em que: DA = valor da depreciação anual; I = valor inicial; R = valor residual; e n = vida útil.

A diferença entre o valor inicial e o valor residual é denominado de valor depreciável (D):

$$D = I - R$$

Para determinar o custo mensal de depreciação (DM), basta dividir o custo anual por 12 (número de meses no ano):

$$DM = \frac{DA}{12} \quad \text{ou} \quad DM = \frac{I - R}{12 \times n}$$

A depreciação linear de veículos, instalações, máquinas e equipamentos das empresas operadoras é utilizada em diversos métodos de cálculo de custos e tarifas de transporte.

### Exemplo 1

Considere a depreciação linear de um veículo nas seguintes condições: I = R\$ 70.000,00, n = 7 anos e R = 20% de I, ou seja, R = 0,20 × 70.000 = R\$ 14.000,00. Então:

$$DA = \frac{I - R}{n} = \frac{70.000,00 - 14.000,00}{7} = \text{R\$ } 8.000,00/\text{ano}$$

$$DM = \frac{DA}{12} = \frac{8.000,00}{12} = \text{R\$ } 666,67/\text{mês}$$

### Método de Cole (soma dos dígitos)

No método denominado de soma dos dígitos, a queda de valor do bem é pronunciada no início e suave no final da vida útil, como também mostrado na Figura 17.1. Esse método se aproxima mais da realidade no caso dos veículos de transporte rodoviário: ônibus, carros, caminhões etc.

Nesse método, os valores da depreciação anual são:

$$DA_1 = \frac{n}{SD} \times D, \text{ sendo: } SD = 1 + 2 + 3 + \dots + n$$

$$DA_2 = \frac{n-1}{SD} \times D$$

$$DA_j = \frac{n-(j-1)}{SD} \times D$$

$$DA_n = \frac{n-(n-1)}{SD} \times D = \frac{1}{SD} \times D$$

em que:  $DA_j$  = valor da depreciação anual no ano  $j$ ;  $D$  = valor depreciável;  $n$  = vida útil; e  $SD$  = soma dos dígitos (anos) correspondentes à vida útil.

A depreciação utilizando o modelo da soma dos dígitos é empregada em diversos métodos de cálculo de custos e tarifas do transporte público urbano por ônibus.

## Exemplo 2

Retome o caso do Exemplo 1, considerando agora a depreciação pelo método da soma dos dígitos. Então:

$$SD = 1 + 2 + 3 + \dots + n = 1 + 2 + 3 + 4 = 5 + 6 + 7 = 28$$

$$D = I - R = 70.000,00 - 0,20 \times 70.000,00 = \text{R\$ } 56.000,00$$

$$DA_1 = \frac{7}{28} \times 56.000,00 = \text{R\$ } 14.000,00/\text{ano}$$

$$DM_{\text{ano } 1} = \frac{DA_1}{12} = \frac{14.000,00}{12} = \text{R\$ } 1.166,67/\text{mês}$$

$$DA_2 = \frac{7-1}{28} \times 56.000,00 = \text{R\$ } 12.000,00/\text{ano}$$

$$DM_{\text{ano } 2} = \frac{DA_2}{12} = \frac{12.000,00}{12} = \text{R\$ } 1.000,00/\text{mês}$$

$$DA_3 = \text{R\$ } 10.000,00/\text{ano} \quad DM_{\text{ano } 3} = \text{R\$ } 833,33/\text{mês}$$

$$DA_4 = \text{R\$ } 8.000,00/\text{ano} \quad DM_{\text{ano } 4} = \text{R\$ } 666,67/\text{mês}$$

$$DA_5 = R\$ 6.000,00/\text{ano} \quad DM_{\text{ano } 5} = R\$ 500,00/\text{mês}$$

$$DA_6 = R\$ 4.000,00/\text{ano} \quad DM_{\text{ano } 6} = R\$ 333,33/\text{mês}$$

$$DA_7 = \frac{1}{SD} \times D = \frac{1}{28} \times 56.000,00 = R\$ 2.000,00/\text{ano}$$

$$DM_{\text{ano } 7} = \frac{DA}{12} = \times \frac{2.000,00}{12} = R\$ 166,67/\text{mês}$$

### Remuneração

O custo da remuneração do capital investido no projeto corresponde ao valor dos juros que esse capital renderia se estivesse aplicado à taxa de rentabilidade considerada para o investimento.

O cálculo do custo de remuneração em cada período deve ser feito com base no valor do capital no início do período. Assim, os valores do custo anual de remuneração para os diferentes anos de vida do bem são:

$$RA_1 = I \times i$$

$$RA_2 = (I - DA_1) \times i$$

$$RA_j = (I - DA_1 - DA_2 - \dots - DA_{j-1}) \times i$$

em que:  $RA_j$  = custo de remuneração do capital no ano  $j$ ;  $I$  = valor inicial do bem;  $DA_{j-1}$  = valor da depreciação no ano  $j-1$ ; e  $i$  = taxa de rentabilidade considerada.

O custo mensal aproximado de remuneração do capital (RM) é igual a:

$$RM = \frac{RA}{12}$$

Na realidade, essa expressão fornece o valor aproximado da remuneração mensal, pois pressupõe que  $i_m = i_a/12$ , o que representa uma aproximação razoável para valores de  $i_a$  pequenos – até algo como 12% aa. Para um cálculo mais preciso, ou para valores de  $i_a$  maiores, deve-se considerar a taxa real mensal de remuneração, calculada pela expressão:

$$i_m = \left(1 + i_a\right)^{\frac{1}{12}} - 1$$

### Exemplo 3

Considere o caso do Exemplo 2, com  $i = 12\%$  aa. Nesse caso, os valores do custo de remuneração são os seguintes:

$$RA_1 = VI \times i = 70.000,00 \times 0,12 = R\$ 8.400,00/\text{ano}$$

$$RM_{\text{ano } 1} = \frac{RA_1}{12} = \frac{8.400,00}{12} = R\$ 700,00/\text{mês}$$

$$RA_2 = (VI - DA_1) \times i = (70.000,00 - 14.000,00) \times 0,12 = R\$ 6.720,00/\text{ano}$$

$$RM_{\text{ano } 2} = \frac{RA_2}{12} = \frac{6.720,00}{12} = R\$ 560,00/\text{mês}$$

$$RA_3 = (VI - DA_1 - DA_2) \times i = (70.000,00 - 14.000,00 - 12.000,00) \times 0,12 =$$

$$R\$ 5.280,00/\text{ano}$$

$$RM_{\text{ano } 3} = \frac{RA_3}{12} = \frac{5.280,00}{12} = R\$ 440,00/\text{mês}$$

$$RA_4 = R\$ 4.080,00/\text{ano} \quad RM_{\text{ano } 4} = R\$ 340,00/\text{mês}$$

$$RA_5 = R\$ 3.120,00/\text{ano} \quad RM_{\text{ano } 5} = R\$ 260,00/\text{mês}$$

$$RA_6 = R\$ 2.400,00/\text{ano} \quad RM_{\text{ano } 6} = R\$ 200,00/\text{mês}$$

$$RA_7 = R\$ 1.920,00/\text{ano} \quad RM_{\text{ano } 7} = R\$ 160,00/\text{mês}$$

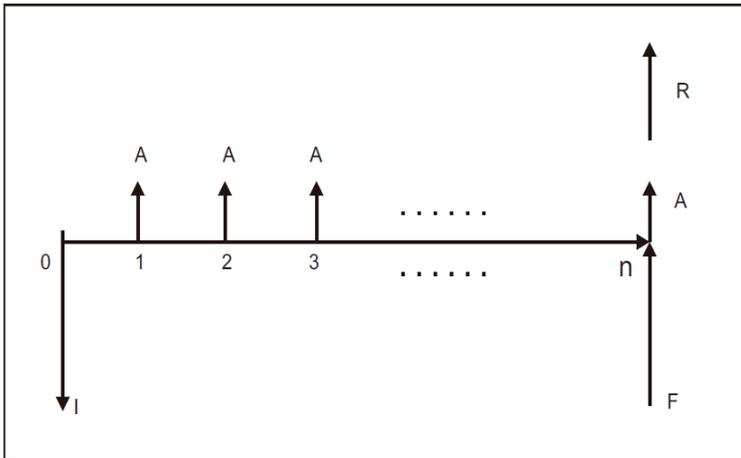
### Valor do custo médio de capital (depreciação e remuneração)

Com base na premissa de que o capital investido na compra do bem (veículo etc.) deve regressar ao investidor no final da vida útil acrescido do valor da rentabilidade estabelecida para o investimento, conforme ilustrado na Figura 17.2, chega-se às seguintes expressões para o valor futuro do capital investido e para o valor médio anual ou mensal do capital (depreciação mais remuneração):

$$F = I(1+i)^n - R$$

$$A = F \times \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] = [I(1+i)^n - R] \times \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

em que: F = valor futuro do capital; A = custo médio anual ou mensal do capital; I = valor inicial do bem; i = taxa de rentabilidade do investimento anual ou mensal (número puro); n = vida útil em anos ou meses; e R = valor residual do bem no final da vida útil (valor de revenda).



**Figura 17.2** Cálculo de valor do custo médio do capital.

## 17.2 MÉTODO NEC PARA CÁLCULO DOS CUSTOS E DA TARIFA

A seguir são colocadas a metodologia e as expressões que fornecem os custos mensais de cada um dos itens de custo considerados no método NEC, bem como os intervalos usuais de variação dos coeficientes, taxas e índices. Cumpre colocar que os valores dos intervalos de variação são apenas referências; o indicado é que os valores "reais" desses parâmetros sejam determinados mediante levantamento em cada caso.

### 1. Combustível

O gasto mensal com combustível é determinado pela expressão:

$$COM = CON \times PCO \times QME$$

em que, COM: custo mensal com combustível (R\$/mês), CON: consumo unitário de combustível (l/km), PCO: preço do litro de combustível (R\$/l) e QME: quilometragem mensal percorrida pela frota (km/mês).

O preço do litro de combustível deve ser aquele realmente pago pela empresa operadora, uma vez que é concedido desconto para a aquisição do produto em grande escala.

O valor médio do consumo unitário de combustível depende de diversos fatores: tipo de ônibus, características topográficas da cidade, porcentagem do percurso realizado em vias não-revestidas, condições do trânsito, 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.

Em geral, os seguintes intervalos de variação do consumo de combustível de ônibus diesel, em l/km, são verificados na prática: micro-ônibus (comprimento de até 7,4 m) = 0,22-0,29, miniônibus (comprimento de até 9,6 m) = 0,25-0,34, midiônibus (comprimento de até 11,5 m) = 0,32-0,38, ônibus básico (comprimento de até 14,0 m) = 0,35-0,45, ônibus tipo padron (comprimento de até 15,0 m) = 0,42-0,65, ônibus articulado (comprimento de até 18,6 m) = 0,62-0,85 e ônibus biarticulado (comprimento de até 30,0 m) = 0,83-0,95.

O indicado é que os valores do consumo unitário sejam determinados em cada caso.

## 2. Lubrificantes e ARLA-32

O gasto mensal com lubrificantes (óleos, fluidos, etc.) mais o ARLA-32 é calculado pela expressão:

$$LUB = FLU \times COM$$

em que, LUB: custo mensal com lubrificantes e ARLA-32 (R\$/mês), FLU: fator lubrificante (fração do gasto mensal com lubrificantes e ARLA-32 em relação ao gasto mensal com combustível) e COM: custo mensal com combustível (R\$/mês).

O fator lubrificante e ARLA-32 varia conforme o tipo e a idade dos ônibus, as condições de operação, a qualidade da manutenção, a diferença entre os preços do litro de óleo diesel e do litro de lubrificantes e de ARLA-32, etc. Normalmente, FLU situa-se entre 0,04 e 0,10.

O indicado é que esse fator seja determinado em cada caso.

## 3. Rodagem

O gasto mensal com rodagem é dado pela expressão:

$$ROD = \left[ \frac{(PPN + PRE \times NRE) \times NPN}{DPN} \right] \times QME$$

em que, ROD: custo mensal com rodagem (R\$/mês), PPN: preço do pneu novo (R\$/pneu), PRE: preço da reforma do pneu (R\$/reforma), NRE: número de reformas por pneu, NPN: número de pneus por ônibus, DPN: duração total dos pneus (km/pneu) e QME: quilometragem mensal percorrida pela frota (km/mês).

Os índices de consumo relativos à rodagem dependem de diversos fatores: tipo de ônibus, tipo de pneu utilizado, características topográficas da cidade, porcentagem do percurso dos ônibus realizada em vias de terra, tipo de manutenção dos ônibus, qualidade dos motoristas, etc.

Os seguintes intervalos são usualmente observados na prática: DPN = 85.000-125.000 km/pneu e NRE = 2,0-3,0 reformas por pneu.

O indicado é que esses índices sejam determinados em cada caso.

A quantidade e os tipos de pneus comumente utilizados nos ônibus são os seguintes: micro-ônibus e miniônibus (6 pneus): 215/75 R17,5, midiônibus e ônibus básico (6 pneus): 275/80 R22,5, ônibus padron (6 pneus): 295/80 R22,5, articulado (10 pneus): 295/80 R22,5 e biarticulado (14 pneus): 295/80 R22,5.

#### 4. Peças e acessórios

O gasto mensal com peças e acessórios é calculado pela expressão:

$$PEA = \frac{FPA}{100.000} \times VON \times QME$$

onde, PEA: custo mensal com peças e acessórios (R\$/mês), FPA: fator peças e acessórios (fração do valor do ônibus novo gasta com peças e acessórios a cada 100.000 quilômetros percorridos), VON: valor do ônibus novo (R\$/ônibus) e QME: quilometragem mensal percorrida pela frota (km/mês).

O fator peças e acessórios varia com a idade do ônibus (gasto menor com veículo “novo” e maior com veículo “velho”), o valor do veículo novo (gasto menor com veículo de preço menor e maior com veículo de preço maior), as condições de operação (sobretudo a porcentagem do percurso em terra), a qualidade dos motoristas, a qualidade da manutenção, etc.

Em geral, FPA varia entre 0,05 e 0,13, com os seguintes intervalos usuais de variação em função da idade dos ônibus: de 0 a 2 anos: 0,05-0,08, de 2 a 4 anos: 0,06-0,09, de 4 a 6 anos: 0,07-0,10, de 6 a 8 anos: 0,08-0,11, de 8 a 10 anos: 0,09-0,12, e acima de 10 anos: 0,10-0,13.

O indicado é que esse fator seja determinado em cada caso.

#### 5. Capital (depreciação e remuneração)

Seguem conceitos e fundamentos necessários para o cálculo do custo de capital:

- ◆ Vida útil do ônibus (VUT): tempo que o veículo novo pode operar em condições adequadas.
- ◆ Valor residual do ônibus (VRE): valor do veículo no final da vida útil considerando-se a depreciação (perda de valor) ao longo do tempo. O valor residual é comumente expresso como uma porcentagem do valor do ônibus novo (VON), assim:  $VRE (R\$) = VON (R\$) \times VRE (\%)/100$ .

- ◆ Valor do ônibus usado quando colocado em serviço (VOU) expresso como uma porcentagem do valor do ônibus novo (VON) em função da idade do ônibus usado (IOU), assim:  $VOU (R\$) = VON (R\$) \times VOU (\%)/100$ , sendo VOU (%) função de IOU. O valor de VOU (%) é calculado admitindo-se depreciação de acordo com o método de Cole (soma dos dígitos).
- ◆ Vida restante do ônibus usado (VRU): tempo de uso do ônibus usado até atingir a vida útil, ou seja:  $VRU (anos) = VUT (anos) - IOU (anos)$ .

Os valores usuais desses parâmetros para os diversos tipos de ônibus nacionais são os seguintes:

- ◆ Micro-ônibus:  $VUT = 5$  anos,  $VRE = 20\%$ ,  $VOU_0 = 100\%$  para  $IOU = 0$  (ônibus novo),  $VOU_1 = 73,3\%$  para  $IOU = 1$  ano,  $VOU_2 = 52,0\%$ ,  $VOU_3 = 36,0\%$ ,  $VOU_4 = 25,3\%$  e  $VOU_5 = 20,0\%$ .
- ◆ Miniônibus:  $VUT = 6$  anos,  $VRE = 15\%$ ,  $VOU_0 = 100\%$  (ônibus novo),  $VOU_1 = 75,7\%$ ,  $VOU_2 = 55,5\%$ ,  $VOU_3 = 39,3\%$ ,  $VOU_4 = 27,2\%$ ,  $VOU_5 = 19,1\%$  e  $VOU_6 = 15,0\%$ .
- ◆ Midiônibus e ônibus básico:  $VUT = 8$  anos,  $VRE = 15\%$ ,  $VOU_0 = 100\%$  (ônibus novo),  $VOU_1 = 81,1\%$ ,  $VOU_2 = 64,6\%$ ,  $VOU_3 = 50,4\%$ ,  $VOU_4 = 38,6\%$ ,  $VOU_5 = 29,2\%$ ,  $VOU_6 = 22,1\%$ ,  $VOU_7 = 17,4\%$  e  $VOU_8 = 15,0\%$ .
- ◆ Padron (ônibus com tecnologia superior):  $VUT = 10$  anos,  $VRE = 10\%$ ,  $VOU_0 = 100\%$  (ônibus novo),  $VOU_1 = 83,6\%$ ,  $VOU_2 = 68,9\%$ ,  $VOU_3 = 55,8\%$ ,  $VOU_4 = 44,3\%$ ,  $VOU_5 = 34,5\%$ ,  $VOU_6 = 26,3\%$ ,  $VOU_7 = 19,8\%$ ,  $VOU_8 = 14,9\%$ ,  $VOU_9 = 11,6\%$  e  $VOU_{10} = 10,0\%$ .
- ◆ Articulado:  $VUT = 12$  anos,  $VRE = 5\%$ ,  $VOU_0 = 100\%$  (ônibus novo),  $VOU_1 = 85,4\%$ ,  $VOU_2 = 72,0\%$ ,  $VOU_3 = 59,8\%$ ,  $VOU_4 = 48,8\%$ ,  $VOU_5 = 39,1\%$ ,  $VOU_6 = 30,6\%$ ,  $VOU_7 = 23,3\%$ ,  $VOU_8 = 17,2\%$ ,  $VOU_9 = 12,3\%$ ,  $VOU_{10} = 8,6\%$ ,  $VOU_{11} = 6,2\%$  e  $VOU_{12} = 5,0\%$ .
- ◆ Biarticulado:  $VUT = 15$  anos,  $VRE = 5\%$ ,  $VOU_0 = 100\%$  (ônibus novo),  $VOU_1 = 88,1\%$ ,  $VOU_2 = 77,0\%$ ,  $VOU_3 = 66,7\%$ ,  $VOU_4 = 57,2\%$ ,  $VOU_5 = 48,5\%$ ,  $VOU_6 = 40,6\%$ ,  $VOU_7 = 33,5\%$ ,  $VOU_8 = 27,2\%$ ,  $VOU_9 = 21,7\%$ ,  $VOU_{10} = 16,9\%$ ,  $VOU_{11} = 12,9\%$ ,  $VOU_{12} = 9,7\%$ ,  $VOU_{13} = 7,3\%$ ,  $VOU_{14} = 5,7\%$  e  $VOU_{15} = 5,0\%$ .

## 5.1 Cálculo utilizando o custo real de capital

Seguem-se as expressões para determinação do custo real de capital (depreciação e remuneração) para a frota do tipo de ônibus considerado com idade  $i$ :

$$DEP \text{ frota} = [(VOU_i - VOU_{i+1})/100] \times VON \times (1/12) \times NOF$$

$$REM \text{ frota} = (VOU_i/100) \times VON \times (TRE/100 \times (1/12) \times NOF$$

em que, DEP frota: custo mensal de depreciação da frota (R\$/mês),  $VOU_i$ : valor do ônibus com idade  $i$  expresso em porcentagem do valor do ônibus novo (%),  $VOU_{i+1}$ : valor do ônibus com idade  $i+1$  expresso em porcentagem do valor do ônibus novo (%), VON: valor do ônibus novo (R\$), NOF: número de ônibus da frota do tipo de ônibus considerado, REM frota: custo real de remuneração da frota (R\$/mês) e TRE: taxa de remuneração (rentabilidade) do capital (% ao ano).

A taxa de remuneração (rentabilidade) do capital (TRE) varia normalmente na faixa de 8% a 16% ao ano (intervalo preconizado no método NEC).

O valor da depreciação mensal dos bens adicionais necessários à operação (instalações físicas, máquinas, equipamentos, veículos de apoio, etc.) é estimado mediante a seguinte expressão:

$$DEP \text{ bens} = VONb \times NOF \times 0,0012 \times 1/12$$

em que, DEP bens: valor da depreciação mensal dos bens (R\$/mês), VONb: valor do ônibus novo do tipo básico (R\$) e NOF: número de ônibus na frota.

O valor da remuneração mensal dos bens adicionais necessários à operação (instalações físicas, máquinas, equipamentos, veículos de apoio, peças e acessórios em estoque, etc.) é estimado mediante a seguinte expressão:

$$REM \text{ bens} = VONb \times NOF \times 0,07 \times \frac{TRE}{100} \times 1/12$$

em que, REM bens: valor da remuneração mensal dos bens (R\$/mês), VONb: valor do ônibus novo do tipo básico (R\$), NOF: número de ônibus na frota e TRE: taxa de remuneração do capital (% ao ano).

A expressão compacta para determinação do valor total do custo mensal real de capital para a frota de ônibus do tipo considerado resulta em:

$$CAP = [(VOU_i - VOU_{i+1})/100 + (VOU_i/100) \times TRE/100] \times VON \times (1/12) \times NOF + VONb \times NOF \times (1/12) \times [0,0012 + 0,07 \times (TRE/100)]$$

## 5.2 Cálculo utilizando o custo médio de capital

Segue a expressão compacta para a determinação do custo mensal médio de capital para a frota de ônibus do tipo especificado com a idade considerada:

$$CAP = [VOU \times (1 + TRE/100)^{VRU} - VRE] \times \left[ \frac{TRE/100}{(1 + TRE/100)^{VRU} - 1} \right] \times NOF \times \frac{1}{12} + VONb \times NOF \times \frac{1}{12} \times (0,0012 + 0,07 \times TRE/100)$$

onde, CAP: custo médio mensal de capital (R\$/mês), VOU: valor do ônibus usado/novo (R\$), TRE: taxa de remuneração (rentabilidade) do capital (% ao ano), VRU: vida restante do ônibus usado/novo, VRE: valor residual do ônibus no final da vida útil (R\$), NOF: número de ônibus na frota e VONb: valor do ônibus novo do tipo básico.

A primeira parcela da expressão do custo de capital fornece o valor conjunto da depreciação e remuneração da frota de ônibus; a segunda parcela fornece o valor da remuneração e da depreciação dos bens adicionais necessários à operação (instalações, máquinas, equipamentos, veículos de apoio, peças e acessórios em estoque, etc.).

## 6. Pessoal

O gasto mensal com pessoal é obtido pela expressão:

$$PES = \left[ (SMO \times IMO + SCO \times ICO + SFD \times IFD) \times \left( 1 + \frac{ESO}{100} \right) \times (1 + FMA) \times (1 + FAD) \times NOP \right] + BEN$$

em que, PES: custo mensal com pessoal (R\$/mês), SMO: salário mensal dos motoristas (R\$/mês), IMO: índice de motoristas por ônibus em relação à frota em operação no pico, SCO: salário mensal dos cobradores (R\$/mês), ICO: índice de cobradores por ônibus em relação à frota em operação no pico, SFD: salário mensal dos fiscais/despachantes (R\$/mês), IFD: índice de fiscais/despachantes por ônibus em relação à frota em operação no pico, ESO: encargos sociais relativos a pessoal (%), FMA: fator pessoal de manutenção (fração do gasto com pessoal de operação gasto com pessoal de manutenção), FAD: fator pessoal de administração (fração do gasto com pessoal de operação gasto com pessoal de administração), NOP: número de ônibus em operação no pico e BEN: valor total mensal dos benefícios adicionais concedidos aos funcionários (cesta básica, vale-alimentação, assistência médica, uniforme, etc.).

Os índices de motoristas, cobradores e fiscais/despachantes por ônibus em operação no pico dependem do número diário de turnos de trabalho e da programação operacional e levam em conta férias, descanso semanal, licenças, faltas, etc. Comumente, os valores estão nos seguintes intervalos: motorista e cobrador = 1,80-2,80, fiscal e despachante = 0,10-0,40.

Os intervalos de variação dos outros parâmetros são usualmente os seguintes: ESO = 38%-42%, FMA = 0,12-0,15 e FAD = 0,12-0,20 (já incluído o gasto com a remuneração da diretoria da empresa).

O indicado é que esses índices sejam determinados em cada caso.

## 7. Administração (despesas administrativas)

O custo denominado administração corresponde ao gasto mensal com as despesas administrativas comuns mais os custos ambientais e mais os custos com bilhetagem eletrônica e sistemas inteligentes de transporte. É dado pela expressão:

$$ADM = FDA \times VONb \times NOF$$

em que, ADM: custo mensal de administração/despesas administrativas (R\$/mês), FDA: fator despesas administrativas (fração do preço do ônibus novo do tipo básico gasto com despesas administrativas por mês), VONb: valor do ônibus novo do tipo básico (R\$/ônibus) e NOF: número de ônibus na frota.

O valor de FDA varia com o tamanho da frota, a organização da empresa, a existência ou não de gastos em atividades extras como a administração e a manutenção de terminais e pontos de ônibus, etc. Como o custo de administração depende em grande parte do tamanho da frota, independentemente do tipo de ônibus, a referência utilizada na determinação do valor do fator despesas administrativas (FDA) é o preço do ônibus novo do tipo básico (VONb).

O valor de FDA situa-se, normalmente, na faixa de 0,002 a 0,006.

O indicado é que esse fator seja determinado em cada caso.

## 8. Tributos

O gasto mensal com tributos é determinado pela expressão:

$$TRI = S_{1-7} \times \left( \frac{TTR/100}{1 - TTR/100} \right)$$

em que, TRI: custo mensal com tributos (R\$/mês),  $S_{1-7}$ : soma dos custos mensais de 1 a 7 (R\$/mês) e TTR: taxa de tributos incidentes sobre o faturamento bruto mensal (%).

O valor de TTR é obtido mediante a soma dos seguintes tributos: INSS = 2%, ISS = 0-3% (variável conforme o município) e TGE = 0-2% (variável conforme o município).

O indicado é que esses valores sejam determinados em cada caso.

## Custo mensal total

O custo mensal total é obtido pela soma dos custos de 1 a 8, ou seja:

$$CME = S_{1-8}$$

em que, CME: custo mensal total (R\$/mês) e  $S_{1-8}$ : soma dos custos de 1 a 8 (R\$/mês).

### Custo mensal a ser pago pelos passageiros

O custo mensal a ser pago pelos passageiros é obtido subtraindo-se do custo mensal total o valor do subsídio pago pelo poder público, ou seja:

$$CMP = CME - VSM$$

onde, CMP: custo mensal a ser pago pelos passageiros (R\$/mês), CME: custo mensal total (R\$/mês) e VSM: valor do subsídio mensal (R\$/mês).

### Tarifa a ser paga pelos passageiros

O valor da tarifa normal (integral) é obtido pela expressão:

$$TAN = \frac{CMP}{PME}$$

em que, TAN: tarifa normal/integral (R\$, pass), CMP: custo mensal a ser pago pelos passageiros (R\$/mês) e PME: número mensal de passageiros equivalentes (pass/mês).

O número mensal de passageiros equivalentes é determinado pela relação:

$$PME = PPI + PPA \times \frac{A}{100} + PPB \times \frac{B}{100} + PPC \times \frac{C}{100} + \dots$$

em que, PME: número mensal de passageiros equivalentes (pass/mês), PPI: número de passageiros que pagam tarifa integral (sem desconto), PPA: número de passageiros que pagam A% da tarifa integral (pass/mês), PPB: número de passageiros que pagam B% da tarifa integral (pass/mês), PPC: número de passageiros que pagam C% da tarifa integral (pass/mês), etc.

As categorias que comumente desfrutam de benefício (gratuidade ou desconto na tarifa) são: idosos (gratuito por lei federal para aqueles que têm mais de 65 anos; em algumas cidades, 60 anos, mediante lei municipal), estudantes, desempregados, etc.

O valor da tarifa a ser paga por cada categoria que tem desconto é igual a:

$$TAA = TAN \times \frac{A}{100} \quad TAB = TAN \times \frac{B}{100} \quad TAC = TAN \times \frac{C}{100} \dots$$

em que, TAA, TAB, TAC, etc. são as tarifas pagas pelas diferentes categorias e A, B, C, etc. são as porcentagens da tarifa normal pagas por cada categoria.

A tarifa referida como normal/integral determinada com esta metodologia corresponde à tarifa pública, uma vez que foi subtraído do custo mensal total o valor do subsídio mensal. Para obter o valor da tarifa técnica, basta não considerar o subsídio mensal, ou seja, fazer  $VSM = 0$ , no que resulta:  $CMP = CME$ .

## Custo de capital no método NEC

Nos métodos GEIPOT e ANTP, os custos de depreciação e remuneração dos ônibus são calculados de forma desagregada com a determinação dos valores reais anuais. O cálculo do custo anual de depreciação segue o método de Cole (soma dos dígitos), que conduz a valores maiores nos anos iniciais da vida útil e menores nos anos finais – semelhante ao que ocorre na realidade com os veículos perdendo anualmente maiores valores quando novos e menores quando velhos. Como o custo anual da remuneração do capital é calculado com base no valor dos ônibus no início de cada ano, este custo também resulta maior nos anos iniciais da vida útil e menor nos anos finais, quando os ônibus já perderam parte considerável do seu valor.

No NEC, além da possibilidade de o cálculo ser feito utilizando a sistemática tradicional/convencional empregada nos métodos GEIPOT e ANTP, com a determinação dos valores reais anuais do custo de capital, o método disponibiliza também a possibilidade de os custos de depreciação e remuneração serem calculados de forma unificada, sendo o valor agregado (o custo de capital) mantido constante ao longo da vida útil dos ônibus. Isso não produz nenhuma alteração no resultado econômico-financeiro do negócio (a rentabilidade é a mesma), apenas os valores do custo de capital (depreciação mais remuneração) são menores no início da vida útil e maiores no final em relação aos resultados obtidos na sistemática tradicional/convencional.

O cálculo convencional dos custos de depreciação e remuneração de forma desagregada e variando ao longo da vida útil dos ônibus, em alguma medida inibe o emprego de veículos mais novos, uma vez que isso leva a um aumento do custo de capital nos anos iniciais e, em consequência, do custo total de transporte e da tarifa e/ou subsídio. O cálculo agregado da depreciação e da remuneração mantendo o valor do custo de capital constante ao longo da vida útil em alguma medida incentiva o emprego de ônibus mais novos (não necessariamente zero quilômetro, pois o procedimento pode ser aplicado para ônibus com qualquer idade), uma vez que é menor o custo de capital nos anos iniciais em relação à sistemática convencional.

O cálculo agregado com os valores do custo de capital iguais ao longo do tempo se assemelha à prática usual em que as dívidas são pagas em prestações fixas (no caso, seria uma dívida da prefeitura municipal/sociedade com as empresas).

A utilização do custo médio de capital tem, no entanto, a desvantagem de “engessar” a composição da frota, uma vez que parte do pressuposto de que o ônibus zero quilômetro ou usado que entrar na frota deve permanecer na mesma até o fim da vida útil. Na maior parte das situações reais, contudo, por diferentes motivos, ocorrem alterações na composição da frota (entram e saem ônibus de diferentes idades).

O método do custo médio de capital pode ser interessante, no entanto, quando se faz uma licitação em que todos os ônibus devem ser zero quilômetro e a frota necessariamente tem de ser renovada ao final da vida útil dos mesmos.

## **Planilhas eletrônicas para aplicação do método NEC**

Para aplicação do método NEC, foram desenvolvidas duas planilhas eletrônicas: uma para o caso de utilização do custo real de capital e outra para utilização do custo médio de capital. Essas planilhas estão anexadas ao método NEC disponibilizado em meio digital na internet nos sites da RiMa Editora e da EESC-USP.

Em ambas as planilhas, um comando existente transforma automaticamente a versão digital em PDF para impressão.

Para utilizar a planilha, basta salvar com outro nome os modelos apresentados e alterar os dados de entrada. Os valores dos intervalos de variação dos índices, coeficientes e taxas mencionados nas quadrículas que aparecem na tela da planilha abrangem praticamente a totalidade dos valores observados na prática, não havendo, contudo, impedimento do emprego de valores fora dos intervalos – o que em algumas situações pode ser pertinente.

As planilhas desenvolvidas calculam os valores para o tipo de ônibus especificado e com a idade considerada. Assim, para o mesmo tipo de ônibus especificado, devem ser utilizadas planilhas diferentes, conforme a idade. Exemplificando: se a frota for constituída por micro-ônibus (com idades de 0 e 3 anos), ônibus básico (com idades de 2, 4 e 6 anos) e articulado (com idade de 5 anos), são necessárias duas planilhas para micro-ônibus (para idades de 0 e 3 anos), três planilhas para ônibus básico (para idades de 2, 4 e 6 anos) e uma planilha para articulado (para idade de 5 anos).

Para obter os valores globais da frota relativa ao tipo de ônibus especificado, os valores “parciais” devem ser agregados de forma adequada com a realização de cálculos adicionais. O mesmo vale para a obtenção dos valores globais considerando-se a frota constituída de ônibus de diferentes tipos.

### 17.3 COMPENSAÇÃO TARIFÁRIA

A tarifa pode ser determinada pela relação entre o custo por quilômetro percorrido e o índice de passageiros por quilômetro. Como os valores desses parâmetros podem variar de uma empresa para outra, a tarifa justa, em geral, resulta diferente para as diversas empresas que operam em uma mesma cidade.

Como a tarifa a ser adotada deve ser calculada para o sistema como um todo, é necessário criar um mecanismo para proporcionar justiça econômica na remuneração das empresas operadoras, isto é, fazer com que o valor da rentabilidade do capital resulte o mesmo para todas elas.

A solução para o problema é a implantação de uma Câmara de Compensação Tarifária. O princípio de funcionamento da compensação tarifária é que as empresas que arrecadam mais do que os estudos econômicos apontam como justo devem repassar a parte excedente para as que arrecadam menos do que o justo.

Para determinar o valor mensal a ser devolvido para a câmara de compensação, ou recebido da mesma, basta multiplicar o número mensal de passageiros equivalentes de cada empresa pela diferença entre o valor da tarifa em vigor (em princípio calculado com base nos dados do sistema como um todo) e o valor da tarifa calculado para a empresa, ou seja:

$$VEM_i = PME_i \times (TVI - TEM_i)$$

em que:  $VEM_i$  = valor a ser devolvido/recebido pela empresa  $i$  (R\$/mês);  $PME_i$  = número mensal de passageiros equivalentes da empresa  $i$  (pass./mês);  $TVI$  = tarifa em vigor (R\$/pass.); e  $TEM_i$  = tarifa calculada para a empresa  $i$  (R\$/ mês).

Se o valor de  $VEM_i$  resultar positivo, significa que a empresa arrecadou mais do que deveria e, portanto, deve devolver a diferença à câmara de compensação; se negativo, recebeu menos do que deveria e deve receber a diferença da câmara de compensação.

O controle da arrecadação e as transferências de dinheiro podem ser realizados mediante a constituição de uma Câmara de Compensação Tarifária composta pelas próprias empresas operadoras, sob a supervisão do órgão do governo responsável pela gestão do sistema de transporte público. Outra possibilidade é o depósito de toda a arrecadação em uma única conta bancária de responsabilidade do órgão gestor, que faz a distribuição correta do dinheiro às empresas operadoras.

Qualquer que seja a forma de compensação tarifária adotada, o sistema facilita a introdução de subsídio ao transporte público urbano, mediante a introdução de recursos públicos extras na câmara de compensação.

## 17.4 FORMAS DE TARIFICAÇÃO

### No espaço

Há, basicamente, três maneiras de cobrar pelas viagens no transporte público no tocante à distância percorrida: tarifa única, tarifa zonal e tarifa por seções.

No sistema de tarifa única, o preço da passagem independe da distância percorrida. É o sistema mais simples e socialmente mais justo, sendo utilizado na maioria das cidades do mundo.

No caso mais comum do emprego da tarifa zonal, a cidade é dividida em zonas mais ou menos concêntricas (três ou mais), com a região comercial no centro, e o valor da tarifa é estabelecido em função do número de zonas cruzadas na viagem: uma, duas, três etc. Essa forma de tarifação é utilizada, por exemplo, em Berlim e em Stuttgart, na Alemanha, mas são muito poucas as cidades que utilizam esse sistema.

O sistema de tarifa por seções (distância percorrida) também é pouco utilizado. Exemplos de utilização: ônibus em Buenos Aires, na Argentina, e metrô de Tóquio, no Japão.

### No tempo

Para tentar distribuir melhor a demanda no tempo, reduzindo a concentração nos períodos de pico, algumas cidades têm utilizado valores distintos para a tarifa do transporte público de acordo com o período do dia: preço menor nos períodos de menor movimento em relação aos períodos de pico. É concedido um desconto para o uso do sistema fora dos horários de pico, com o objetivo de incentivar os usuários a mudarem os horários de viagem.

Com isso, em tese, melhora-se a qualidade do transporte, em razão da menor lotação dos veículos e dos locais de embarque nos picos, e a eficiência, devido à necessidade de menos veículos extras para cobrir os períodos de pico.

Essa estratégia de tarifação exige o emprego de tecnologias modernas de bilhetagem. Um exemplo do emprego dessa forma de tarifação ocorre no metrô da cidade de Santiago, Chile. Atualmente, algumas cidades brasileiras também utilizam esse sistema. Em princípio, sistema de cobrança com valores diferentes no tempo também são um incentivo para que as empresas em geral modifiquem seus horários de trabalho.

### Por quantidade

Também é comum a concessão de desconto na tarifa quando é adquirida passagem que permite realizar múltiplas viagens – economia de escala. Além da vantagem econômica, o usuário ganha a comodidade de reduzir o número

de vezes que necessita comprar a passagem. Para a empresa, as vantagens são o recebimento antecipado do dinheiro, a economia advinda da menor quantidade de passagens (bilhetes ou cartões) utilizadas e o menor número de operações de venda de passagem, o que pode significar economia de infraestrutura e de recursos humanos.

Outra forma de tarifação também muito utilizada é a passagem com validade no tempo: um dia, uma semana, um mês ou um ano. Nesse caso, o usuário também ganha em comodidade e pode obter significativa vantagem econômica se realiza um grande número de viagens. Para a empresa, as vantagens são as mesmas citadas no caso da passagem com viagens múltiplas.

### **Subsídio e tarifa zero**

Algumas cidades do mundo têm implementado transporte coletivo gratuito para todos (tarifa zero). Atualmente, no Brasil, quase uma centena de municípios têm gratuidade no transporte coletivo, e há um movimento em nível nacional para que isso seja expandido para todas as cidades do país com apoio financeiro do governo federal, que pagaria parte do subsídio.

A gratuidade para idosos com mais de 65 anos no transporte público coletivo é lei federal que vigora há bastante tempo; muitos municípios estenderam isso, mediante lei municipal, para pessoas entre 60 e 65 anos. O transporte gratuito para deficientes também é, em geral, contemplado em lei municipal. Ainda, mediante lei municipal, os estudantes têm, usualmente, 50% de desconto; em algumas cidades, 100% (gratuidade).

A tarifa zero com subsídio do poder público municipal tem gerado muita discussão no país em razão dos seus impactos positivos e negativos. Como impactos positivos podem ser citados: melhoria da qualidade de vida das classes de menor renda, uma vez que não gastando com transporte, passariam a ter mais recursos para comprar alimentos, medicamentos, roupa etc. e, também, poderiam se deslocar mais vezes com conseqüente ganho de integração na sociedade; atração de usuários do transporte individual para o coletivo com as vantagens inerentes (menos poluição, consumo de energia, congestionamento e acidentes de trânsito), redução dos custos com a eliminação do sistema de bilhetagem (validadores, cartões, funcionários etc.) e do controle da receita (funcionários etc.) etc.

Como impactos negativos são mencionados: o aumento da frota e do custo de operação com o aumento da demanda (daqueles que atualmente não usam por falta de recursos, daqueles que usam e vão passar a viajar mais e daqueles que vão trocar o carro e a motocicleta pelo transporte coletivo), em geral aumento da lotação dos coletivos, redução no número de empregos nas

empresas operadoras com a eliminação da bilhetagem e do controle da receita; geração de desemprego entre os operadores de táxi, mototáxi e transporte por aplicativo; perda de arrecadação com a não comercialização do vale-transporte, com a parte “paga” indiretamente pelo governo federal deixando de vir para o município; e redução dos recursos públicos destinados à saúde, educação, segurança e expansão/manutenção da infraestrutura pública.

Uma solução intermediária que contempla os principais pontos positivos do sistema de tarifa zero e evita os pontos negativos apontados é a concessão de transporte gratuito para as classes de menor renda e para aqueles que têm direito legal (idosos e deficientes), com o valor correspondente pago pelo poder público. Nesse caso, os demais usuários pagam o valor normal da tarifa; há uma corrente que também defende algum subsídio para os usuários normais para incentivar o uso do transporte coletivo.

Na concessão do benefício para os usuários de menor renda, uma das opções é fornecer mensalmente uma “cesta de viagens” para as famílias inscritas no CadÚnico que recebem o Bolsa Família; outra possibilidade é cadastrar as pessoas por intermédio da Assistência Social da Prefeitura Municipal.

## 17.5 IMPORTÂNCIA DO VALOR CORRETO DA TARIFA

A rentabilidade do serviço de transporte público urbano é bastante sensível a pequenas variações no valor da tarifa.

Para ter uma ideia dessa grande sensibilidade, considere o seguinte exemplo: empresa operadora com capital de R\$ 100 milhões (frota de ônibus, instalações etc.) transportando 3 milhões de passageiros por mês, gasto mensal com pessoal = R\$ 6 milhões e demais custos (exceção do custo de remuneração do capital) = R\$ 5 milhões.

Considerando como justa uma rentabilidade do capital de 1% ao mês (aproximadamente 12,7% ao ano), resultam os seguintes valores: remuneração mensal do capital da empresa (lucro justo) = R\$ 1 milhão, receita mensal = custo mensal = R\$ 12 milhões e tarifa = R\$4,00/pass.

Observe o que ocorre com a rentabilidade quando se altera o valor da tarifa um pouco para mais ou para menos: tarifa = R\$ 4,20 (5% superior), remuneração mensal = R\$ 1,6 milhão, rentabilidade = 1,6% ao mês (lucro da empresa 1,6 vez – 60% maior que o justo); tarifa = R\$ 4,40 (10% superior), remuneração mensal = R\$ 2,2 milhões, rentabilidade = 2,2% ao mês (lucro da empresa 2,2 vezes – 120% maior que o justo); tarifa = R\$ 3,80 (5% inferior), remuneração mensal = 0,4 milhão, rentabilidade = 0,4% (prejuízo mensal da empresa = R\$ 0,6 milhão); tarifa = R\$ 3,60 (10% inferior), remuneração mensal = – R\$ 0,2 milhão, rentabilidade = – 0,2% ao mês (prejuízo mensal da empresa = R\$ 1,2 milhão).

Os valores obtidos nessas simulações mostram o quão importante é determinar com a maior precisão possível o valor da tarifa.

## 17.6 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO

Os custos de implantação e operação dos diversos modos de transporte público urbano variam significativamente em razão das diferenças estruturais, tecnológicas e operacionais dos sistemas. O transporte sobre trilho (trem urbano, metrô e VLT) é influenciado pelos seguintes principais fatores: posição da superestrutura (nível do terreno, elevada ou subterrânea), nível de automação, tamanho dos veículos e projeto das estações, distância entre as paradas etc. No caso do transporte sobre pneus, da posição da faixa (exclusiva à direita ou segregada junto ao canteiro central), do número de faixas – uma ou duas (duas faixas junto às estações permitem a ultrapassagem e, com isso, a operação simultânea de embarque/desembarque em baias distintas e a operação com linhas expressas), do tamanho dos ônibus, do projeto das estações (sobretudo do número de baias), do tipo de bilhetagem (na entrada das estações/ponto de parada ou interior dos ônibus), da distância média entre as paradas etc.

Além disso, são afetados pelos valores dos salários, encargos sociais e carga tributária que variam entre os diferentes países.

Na Tabela 17.1 estão indicadas as faixas típicas de valores dos custos de implantação e operação dos principais modos de transporte público coletivo urbano.

**Tabela 17.1** Faixas típicas de valores dos custos de implantação e operação dos modos de transporte público coletivo urbano.

Parâmetro	Ônibus <sup>a</sup>	BRT <sup>b</sup>	VLT <sup>c</sup>	Metrô <sup>d</sup>	Trem urbano <sup>e</sup>
Custo de implantação (US\$ milhões/km)	4-12	15-40	40-80	50-500	50-100
Custo de operação <sup>f</sup> (US\$/pass.km)	0,6-1,2	1,2-2,0	0,8-2,0	2,0-4,0	–

(a) Operação com ônibus comuns ou articulados; (b) operação com ônibus padron, articulados ou biarticulados; (c) inclui desde sistemas mais simples (bonde moderno) até mais complexos (pré-metrô); (d) inclui todos os tipos de metrô: em superfície, elevado e subterrâneo; (e) inclui, apenas, o custo de adequação da infraestrutura que é suposta existente; (f) inclui custo de capital.

## 17.7 CUSTOS DE AQUISIÇÃO DOS ÔNIBUS NACIONAIS

O comprimento, a capacidade e o custo (preço) dos diversos tipos de ônibus variam conforme o modelo, o arranjo interno dos bancos, o tipo de acabamento, a taxa de passageiros em pé por metro quadrado considerada, o fabricante etc. Para efeito de comparação, os valores constantes na Tabela 17.2 foram tomados

como referência (os valores do custo são expressos em dólares americanos). Nessa tabela também são mostrados os valores das relações custo/capacidade e passageiros/m<sup>2</sup> de via ocupada durante a movimentação (admitindo ônibus com lotação completa e ocupando uma extensão da via igual ao seu comprimento mais 10 metros e faixa de trânsito com 3,5 metros de largura).

**Tabela 17.2** Características técnicas e econômicas dos ônibus urbanos nacionais utilizados como referência para comparação do desempenho.

Tipo de ônibus	Comprimento (m)	Capacidade (pass.)	Custo (US\$ mil)	Custo/capacidade (US\$/pass.)	Passageiros/m <sup>2</sup> de via <sup>a</sup>
Micro-ônibus	7	20	70	3,50	0,34
Miniônibus	9	40	90	2,25	0,60
Midiônibus	11	60	120	2,00	0,82
Básico	13	80	150	1,88	0,99
Padron <sup>b</sup>	14	90	210	2,33	1,07
Articulado <sup>b</sup>	18	120	260	2,17	1,22
Biarticulado	28	180	380	2,11	1,35

(a) O número de passageiros por metro quadrado foi avaliado considerando-se ônibus com lotação completa ocupando uma extensão de via igual ao seu comprimento mais 10 metros e uma largura da faixa de tráfego igual a 3,5 metros; (b) considerando modelo Padron.

## 17.8 FINANCIAMENTO DO TRANSPORTE PÚBLICO

Em geral, as fontes de financiamento dos serviços de transporte público urbano são: tarifa paga pelos usuários, recursos orçamentários dos governos, publicidade no sistema e recursos governamentais não-orçamentários.

A principal fonte de financiamento do transporte público urbano por ônibus no Brasil tem sido a tarifa, ou seja, o pagamento direto dos usuários pelas viagens; atualmente, no entanto, em diversas cidades o transporte coletivo já vem sendo subsidiado. Os modos de transporte de grande capacidade nas cidades maiores há tempos são subsidiados.

Vale destacar que os benefícios concedidos para alguns grupos de usuários (gratuidade para idosos e deficientes, desconto para estudantes etc.) são pagos pelos outros usuários do sistema quando não há subsídio público cobrindo o valor desses benefícios.

Os recursos orçamentários do governo são utilizados, normalmente, na implantação de modos de transporte de grande capacidade, na pavimentação e conservação das vias por onde passam os ônibus de transporte público, na implantação de faixas exclusivas, na sinalização dos locais de parada, na colocação de abrigos e bancos nas paradas principais, na construção de estações

(terminais), no gerenciamento e fiscalização do sistema, na capacitação de pessoal etc.

Atualmente, em muitas cidades são utilizados recursos orçamentários para subsidiar diretamente o sistema, com repasse de recursos para as empresas operadoras ou com a aquisição de passagens para os segmentos da população de menor renda que não utilizariam, ou utilizariam menos, o sistema por não terem como pagar pelas viagens.

O subsídio direto é justificado como forma de reembolsar as empresas pelas gratuidades e descontos legais concedidos, pelo ganho social ao reduzir os gastos com transporte da população de menor renda (em geral, a maior parte dos usuários do sistema) e pela necessidade de atrair usuários dos carros para o transporte público coletivo, tendo em conta os benefícios decorrentes disso para a sociedade.

Algumas cidades do mundo têm subsidiado o custo total do transporte público coletivo, promovendo transporte gratuito para todos (tarifa zero). Atualmente, no Brasil, quase uma centena de cidades têm gratuidade no transporte coletivo, e há um forte movimento em nível nacional para que isso seja expandido para todas as cidades do país.

Uma fonte de recursos que vem sendo cada vez mais explorada é a veiculação de propaganda nos veículos (parte interna e externa), nas estações (terminais), nos pontos de parada, nos aplicativos em celulares, sites e folhetos com informação para os usuários etc. Em geral, essa fonte de recursos é diretamente utilizada na implantação e manutenção de abrigos e bancos nas paradas, na divulgação de informações ao público etc.

No Brasil, uma forma alternativa de financiamento do transporte público são os recursos não-orçamentários do governo federal. É o sistema denominado de vale-transporte, por meio do qual o trabalhador recebe da empresa os bilhetes para utilizar o sistema, sendo descontado do seu pagamento uma parte do valor gasto no transporte até o limite máximo de 6% do salário bruto. O restante do valor é pago pela empresa e declarado oficialmente como despesa na contabilidade e, portanto, abatido do imposto de renda que deve ser pago ao governo federal.

Em muitas cidades de distintos países, a tarifa é subsidiada com recursos dos impostos pagos pela população. Em outras cidades, são criadas taxas específicas para serem utilizadas no financiamento do serviço, complementando a arrecadação auferida com a tarifa paga pelos usuários. O objetivo é fazer com que a tarifa seja baixa e a qualidade do serviço adequada, de maneira a beneficiar os usuários cativos, que são geralmente os mais pobres, e atrair usuários do transporte individual (automóvel, motocicleta etc.) para o transporte público coletivo.

Entre as principais fontes complementares de financiamento do transporte coletivo urbano podem ser citadas: taxa sobre o combustível dos carros (em especial sobre a gasolina), taxa sobre o licenciamento e IPVA dos automóveis, taxa sobre os prédios (IPTU de edificações), taxa sobre as vendas no comércio, taxa sobre as folhas de pagamento das empresas, taxa sobre os estacionamento, taxa sobre as multas de trânsito, taxa sobre os terrenos urbanos (IPTU de terrenos) etc.

Nas cidades da Europa, o subsídio ao transporte público coletivo urbano varia normalmente entre 45% e 70% do custo. Nas cidades americanas, entre 60 e 70%. Na Tabela 17.3 estão indicados os percentuais do valor da tarifa subsidiados pelo poder público em algumas cidades do mundo no ano de 2020.

**Tabela 17.3** Percentuais do valor da tarifa subsidiados pelo poder público em 2020.

<b>Cidade</b>	<b>%</b>
Praga (República Tcheca)	85
Varsóvia (Polônia)	18,5
Belgrado (Sérvia)	76
Estocolmo (Suécia)	50,35
Barcelona (Espanha)	56,7
Madri (Espanha)	75
Tessalônica (Grécia)	84,8
Copenhague (Dinamarca)	73
Paris (França)	18,5
Budapeste (Hungria)	63,65
Valência (Espanha)	57,9
Oslo (Noruega)	64,25
Roterdão (Países Baixos)	52,66
Vilnius (Lituânia)	72,6
Cracóvia (Polônia)	4,9
Helsinque (Finlândia)	48,3
Londres (Inglaterra)	55,5
Amsterdã (Holanda)	61
Berlim (Alemanha)	61
Maiorca (Espanha)	60
Lisboa (Portugal)	29,8
Lyon (França)	34,7
Frankfurt (Alemanha)	56,3
Bilbao (Espanha)	57,3

*Fonte:* Internet.

## 17.9 QUESTÕES

1. O valor da tarifa do transporte coletivo por ônibus em uma cidade é de R\$5,00 e o IPK bruto é de 2,5 pass./km. Nessa cidade, 20% dos usuários não pagam (idosos, deficientes etc.), 30% pagam metade do valor da tarifa (estudantes e trabalhadores com faixa de renda de até 2 salários mínimos) e 10% pagam 70% da tarifa (trabalhadores com faixa de renda entre 2 e 3 salários mínimos). Pede-se determinar: a) o IPK equivalente (aquele que considera apenas os passageiros que pagam); b) o valor da tarifa se todos os usuários pagassem integralmente; quais segmentos de usuários seriam beneficiados e quais seriam prejudicados em comparação à tarifa com descontos (tarifa considerando os passageiros equivalentes); c) o valor da tarifa se todos os usuários pagassem integralmente e houvesse redução nos custos de 5% em razão da não necessidade de um controle rígido da tarifa e perda global de 3% dos passageiros.
2. Uma cidade vai construir uma linha de VLT com 10 km de extensão. Dados: custo de implantação do sistema (desembolso suposto concentrado na data zero) = US\$ 15 milhões/km, vida útil = 20 anos, valor residual do investimento = 20% do investimento inicial, custo anual de operação e manutenção = US\$ 20 milhões/ano, taxa de oportunidade de capital (taxa de financiamento) = 10% aa, demanda mensal = 2,5 milhões de passageiros/mês. Determinar: a) custo anual do investimento, custo anual total do projeto, valor presente dos custos de operação e manutenção, valor presente total do projeto; b) valor da tarifa para cobrir todos os custos e para cobrir apenas o custo operacional (investimento suposto a fundo perdido); c) para uma tarifa de US\$ 0,50, qual seria o déficit total e operacional por passageiro, qual seria o subsídio anual necessário para cobrir o déficit total e também para cobrir apenas o déficit operacional; d) se o projeto fosse implantado por um consórcio de empresas privadas que estabelecesse como condição para o investimento uma rentabilidade do capital de 15% aa, qual seria o valor da passagem para cobrir todos os custos? E se fosse 25% aa?
3. Um consórcio de empresas ganhou a concorrência pública para operar o transporte coletivo de uma cidade com 180 mil habitantes. Para isso, comprou 100 ônibus novos, a um preço de US\$ 70 mil/unidade. A vida útil prevista para os veículos é de 8 anos e o valor residual é de 25%. A taxa de remuneração do capital que o grupo apresentou na concorrência é de 12% aa. O custo de operação da frota, sem os custos de capital, é de US\$ 1,80/km. A quilometragem mensal da frota será de 500 mil quilômetros e a demanda mensal, de 2,5 milhões de passageiros, sendo que 70% deverão pagar passagem integral, 20% meia passagem e 10% terão transporte gra-

tuito. Pede-se determinar: a) o valor da tarifa para que os custos do serviço sejam integralmente cobertos pela receita; b) o novo valor da tarifa caso a prefeitura resolvesse pagar os custos de capital; c) o desembolso da prefeitura nesse caso.

4. Dados: frota total de 200 ônibus do tipo básico, frota operante de 180 ônibus no pico (20 de reserva), quilometragem mensal = 1.200.000 km, preço do litro de óleo diesel = R\$ 6,70, preço do pneu novo = R\$ 2.100,00, preço da recapagem = R\$ 400,00, valor do ônibus novo = R\$ 750.000,00, salário do motorista e do fiscal/despachante = R\$ 2.500,00, sem cobrador, valor mensal dos benefícios para os funcionários = R\$ 300.000,00 e tributos = 2%. Determinar o custo mensal de operação considerando as seguintes situações: cálculo utilizando o custo real de capital ( $NEC_{CRC}$ ), cálculo utilizando o custo médio de capital ( $NEC_{CMC}$ ), frota com idade entre 0-1 ano (zero-quilômetro) e frota com idade entre 7-8 anos (último ano da vida útil). No caso da utilização do custo médio de capital, considerar que a frota de ônibus zero-quilômetro vai permanecer em operação até o final da vida útil e que os ônibus com idade entre 7-8 anos entraram na frota com zero-quilômetro e são remunerados com o custo médio de capital desde o início. Utilizar no cálculo os valores médios dos coeficientes, índices e taxas dos intervalos de variação mencionados no texto e nas planilhas eletrônicas. Levantar na Internet os valores aproximados dos custos unitários dos insumos.
5. A prefeitura de uma cidade decidiu renovar a frota de ônibus urbano colocando em operação 100 midiônibus zero-quilômetro no valor de R\$ 600.000,00 cada e mantendo em operação 80 midiônibus na faixa etária de 2-3 anos e 60 midiônibus na faixa etária de 5-6 anos (frota total = 120 ônibus). A frota reserva é prevista como igual a 10% da frota total, a quilometragem mensal por ônibus de 6.000 km, o total mensal de passageiros igual a 2.400.000 (60% pagando tarifa integral, 10% pagando 75% da tarifa, 20% pagando 50% da tarifa e 10% não pagando passagem), o benefício mensal aos funcionários igual a R\$ 300.000,00 e o subsídio público mensal igual a R\$ 2.500.000,00. Admitir os outros valores iguais aos da Questão 4. Determinar os valores dos custos e das tarifas, considerando o custo real de capital e o custo médio de capital (computado a partir da data de início da operação da frota modificada).
6. Na Tabela 17.4 são fornecidos os dados mensais relativos a três empresas que operam o sistema de transporte público urbano de uma cidade. Pede-se: a) determinar, para cada empresa e para o sistema global, os seguintes parâmetros: índice de passageiros por quilômetro, custo por quilômetro e tarifa; b) depois de arredondar para mais o valor da tarifa a vigorar (um

número múltiplo de R\$ 0,10), calcular o valor das transferências mensais de dinheiro entre as empresas e a Câmara de Compensação Tarifária, bem como o superávit no caixa da Câmara mensalmente; c) qual o valor mensal do subsídio se o valor da tarifa fosse arredondado para menos (um número múltiplo de R\$ 0,10) e, nesse caso, qual o fluxo mensal de dinheiro entre as empresas e a Câmara de Compensação?

**Tabela 17.4** Dados operacionais relativos às empresas operadoras da Questão 5.

<b>Empresa</b>	<b>Custo (R\$/mês)</b>	<b>Quilometragem (km/mês)</b>	<b>Demanda (pass./mês)</b>
A	5.400.000,00	450.000	1.080.000
B	4.050.000,00	300.000	900.000
C	2.400.000,00	200.000	450.000



## 18.1 CONSTITUIÇÃO BRASILEIRA

A Constituição Brasileira em vigor, promulgada em 05/10/1988, faz referência ao transporte e ao trânsito nos seguintes artigos:

- Artigo 22 – Compete privativamente à União legislar sobre:

- Inciso XI – Trânsito e transporte.

- Artigo 30 – Compete aos municípios:

- Inciso V – Organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, inclusive o de transporte coletivo, que tem caráter essencial.

- Artigo 175 – Incumbe ao poder público a prestação de serviços públicos na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou da permissão, sempre por meio de licitação.

- Parágrafo único – A lei disporá sobre:

- Inciso I – O regime das empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos, o caráter especial de seu contrato e de sua prorrogação, bem como as condições de caducidade, fiscalização e rescisão da concessão ou permissão.

- Inciso II – Os direitos dos usuários.

- Inciso III – Política tarifária.

- Inciso IV – A obrigação de manter o serviço adequado.

## 18.2 LEI DE CONCESSÃO E PERMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS

Todo processo licitatório na esfera pública, incluindo as licitações visando à seleção das empresas para operar o transporte público coletivo urbano, é regido atualmente pela Lei 14.133 (Lei de licitações e contratos administrativos) de 01/04/2021, observando as alterações introduzidas pela Lei 14.770, de 22/12/2023. A Lei 14.133 substitui a Lei 8.666, de 21/06/1993.

A seguir, é transcrita, na íntegra, a lei que trata dos regimes de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previstos no artigo 175 da Constituição Federal e que se aplica à concessão e à permissão do serviço de transporte público urbano. Trata-se da Lei nº 8.987 de 13/02/1995. O texto atualizado foi transcrito em 07/10/2023.

### **Lei 8.987 de 13 de fevereiro de 1995 (texto atualizado transcrito em 07/10/2023)**

Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previstos no artigo 175 da Constituição Federal, e dá outras providências.

## Capítulo I DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º As concessões de serviços públicos e de obras públicas e as permissões de serviços públicos reger-se-ão pelos termos do art. 175 da Constituição Federal, por esta Lei, pelas normas legais pertinentes e pelas cláusulas dos indispensáveis contratos.

Parágrafo único. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios promoverão a revisão e as adaptações necessárias de sua legislação às prescrições desta Lei, buscando atender as peculiaridades das diversas modalidades dos seus serviços.

Art. 2º Para os fins do disposto nesta Lei, considera-se:

I - poder concedente: a União, o Estado, o Distrito Federal ou o Município, em cuja competência se encontre o serviço público, precedido ou não da execução de obra pública, objeto de concessão ou permissão;

~~II - concessão de serviço público: a delegação de sua prestação, feita pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado;~~

II - concessão de serviço público: a delegação de sua prestação, feita pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade concorrência ou diálogo competitivo, a pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado; (Redação dada pela Lei nº 14.133, de 2021)

~~III - concessão de serviço público precedida da execução de obra pública: a construção, total ou parcial, conservação, reforma, ampliação ou melhoramento de quaisquer obras de interesse público, delegada pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para a sua realização, por sua conta e risco, de forma que o investimento da concessionária seja remunerado e amortizado mediante a exploração do serviço ou da obra por prazo determinado;~~

III - concessão de serviço público precedida da execução de obra pública: a construção, total ou parcial, conservação, reforma, ampliação ou melhoramento de quaisquer obras de interesse público, delegados pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade concorrência ou diálogo competitivo, a pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para a sua realização, por sua conta e risco, de forma que o investimento da concessionária seja remunerado e amortizado mediante a exploração do serviço ou da obra por prazo determinado; (Redação dada pela Lei nº 14.133, de 2021)

IV - permissão de serviço público: a delegação, a título precário, mediante licitação, da prestação de serviços públicos, feita pelo poder concedente à pessoa física ou jurídica que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco.

Art. 3º As concessões e permissões sujeitar-se-ão à fiscalização pelo poder concedente responsável pela delegação, com a cooperação dos usuários.

Art. 4º A concessão de serviço público, precedida ou não da execução de obra pública, será formalizada mediante contrato, que deverá observar os termos desta Lei, das normas pertinentes e do edital de licitação.

Art. 5º O poder concedente publicará, previamente ao edital de licitação, ato justificando a conveniência da outorga de concessão ou permissão, caracterizando seu objeto, área e prazo.

## **Capítulo II DO SERVIÇO ADEQUADO**

Art. 6º Toda concessão ou permissão pressupõe a prestação de serviço adequado ao pleno atendimento dos usuários, conforme estabelecido nesta Lei, nas normas pertinentes e no respectivo contrato.

§ 1º Serviço adequado é o que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas.

§ 2º A atualidade compreende a modernidade das técnicas, do equipamento e das instalações e a sua conservação, bem como a melhoria e expansão do serviço.

§ 3º Não se caracteriza como descontinuidade do serviço a sua interrupção em situação de emergência ou após prévio aviso, quando:

I - motivada por razões de ordem técnica ou de segurança das instalações; e,

II - por inadimplemento do usuário, considerado o interesse da coletividade.

§ 4º A interrupção do serviço na hipótese prevista no inciso II do § 3º deste artigo não poderá iniciar-se na sexta-feira, no sábado ou no domingo, nem em feriado ou no dia anterior a feriado. (Incluído pela Lei nº 14.015, de 2020)

## **Capítulo III DOS DIREITOS E OBRIGAÇÕES DOS USUÁRIOS**

Art. 7º. Sem prejuízo do disposto na Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, são direitos e obrigações dos usuários:

I - receber serviço adequado;

II - receber do poder concedente e da concessionária informações para a defesa de interesses individuais ou coletivos;

~~III - obter e utilizar o serviço, com liberdade de escolha, observadas as normas do poder concedente;~~

III - obter e utilizar o serviço, com liberdade de escolha entre vários prestadores de serviços, quando for o caso, observadas as normas do poder concedente. (Redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998)

IV - levar ao conhecimento do poder público e da concessionária as irregularidades de que tenham conhecimento, referentes ao serviço prestado;

V - comunicar às autoridades competentes os atos ilícitos praticados pela concessionária na prestação do serviço;

VI - contribuir para a permanência das boas condições dos bens públicos através dos quais lhes são prestados os serviços.

Art. 7º-A. As concessionárias de serviços públicos, de direito público e privado, nos Estados e no Distrito Federal, são obrigadas a oferecer ao consumidor e ao usuário, dentro do mês de vencimento, o mínimo de seis datas opcionais para escolherem os dias de vencimento de seus débitos. (Incluído pela Lei nº 9.791, de 1999)

Parágrafo único. (VETADO) (Incluído pela Lei nº 9.791, de 1999)

#### **Capítulo IV DA POLÍTICA TARIFÁRIA**

Art. 8º (VETADO)

Art. 9º A tarifa do serviço público concedido será fixada pelo preço da proposta vencedora da licitação e preservada pelas regras de revisão previstas nesta Lei, no edital e no contrato.

~~§ 1º A tarifa não será subordinada à legislação específica anterior.~~

§ 1º A tarifa não será subordinada à legislação específica anterior e somente nos casos expressamente previstos em lei, sua cobrança poderá ser condicionada à existência de serviço público alternativo e gratuito para o usuário. (Redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998)

§ 2º Os contratos poderão prever mecanismos de revisão das tarifas, a fim de manter-se o equilíbrio econômico-financeiro.

§ 3º Ressalvados os impostos sobre a renda, a criação, alteração ou extinção de quaisquer tributos ou encargos legais, após a apresentação da proposta, quando comprovado seu impacto, implicará a revisão da tarifa, para mais ou para menos, conforme o caso.

§ 4º Em havendo alteração unilateral do contrato que afete o seu inicial equilíbrio econômico-financeiro, o poder concedente deverá restabelecê-lo, concomitantemente à alteração.

§ 5º A concessionária deverá divulgar em seu sítio eletrônico, de forma clara e de fácil compreensão pelos usuários, tabela com o valor das tarifas praticadas e a evolução das revisões ou reajustes realizados nos últimos cinco anos. (Incluído pela Lei nº 13.673, de 2018)

Art. 10. Sempre que forem atendidas as condições do contrato, considera-se mantido seu equilíbrio econômico-financeiro.

Art. 11. No atendimento às peculiaridades de cada serviço público, poderá o poder concedente prever, em favor da concessionária, no edital de licitação, a possibilidade de outras fontes provenientes de receitas alternativas, complementares, acessórias ou de projetos associados, com ou sem exclusividade, com vistas a favorecer a modicidade das tarifas, observado o disposto no art. 17 desta Lei.

Parágrafo único. As fontes de receita previstas neste artigo serão obrigatoriamente consideradas para a aferição do inicial equilíbrio econômico-financeiro do contrato.

Art. 12. (VETADO)

Art. 13. As tarifas poderão ser diferenciadas em função das características técnicas e dos custos específicos provenientes do atendimento aos distintos segmentos de usuários.

## **Capítulo V DA LICITAÇÃO**

Art. 14. Toda concessão de serviço público, precedida ou não da execução de obra pública, será objeto de prévia licitação, nos termos da legislação própria e com observância dos princípios da legalidade, moralidade, publicidade, igualdade, do julgamento por critérios objetivos e da vinculação ao instrumento convocatório.

~~Art. 15. No julgamento da licitação será considerado um dos seguintes critérios:~~

~~I - o menor valor da tarifa do serviço público a ser prestado;~~

~~II - a maior oferta, nos casos de pagamento ao poder concedente pela outorga de concessão;~~

~~III - a combinação dos critérios referidos nos incisos I e II deste artigo.~~

~~§ 1º A aplicação do critério previsto no inciso III só será admitida quando previamente estabelecida no edital de licitação, inclusive com regras e fórmulas precisas para avaliação econômico-financeira.~~

~~§ 2º O poder concedente recusará propostas manifestamente inexecutáveis ou financeiramente incompatíveis como objetivos da licitação.~~

~~§ 3º Em igualdade de condições, será dada preferência à proposta apresentada por empresa brasileira.~~

Art. 15. No julgamento da licitação será considerado um dos seguintes critérios: (Redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998)

I - o menor valor da tarifa do serviço público a ser prestado; (Redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998)

II - a maior oferta, nos casos de pagamento ao poder concedente pela outorga da concessão; (Redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998)

III - a combinação, dois a dois, dos critérios referidos nos incisos I, II e VII; (Redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998)

IV - melhor proposta técnica, com preço fixado no edital; (Incluído pela Lei nº 9.648, de 1998)

V - melhor proposta em razão da combinação dos critérios de menor valor da tarifa do serviço público a ser prestado com o de melhor técnica; (Incluído pela Lei nº 9.648, de 1998)

VI - melhor proposta em razão da combinação dos critérios de maior oferta pela outorga da concessão com o de melhor técnica; ou (Incluído pela Lei nº 9.648, de 1998)

VII - melhor oferta de pagamento pela outorga após qualificação de propostas técnicas. (Incluído pela Lei nº 9.648, de 1998)

§ 1º A aplicação do critério previsto no inciso III só será admitida quando previamente estabelecida no edital de licitação, inclusive com regras e fórmulas precisas para avaliação econômico-financeira. (Redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998)

§ 2º Para fins de aplicação do disposto nos incisos IV, V, VI e VII, o edital de licitação conterá parâmetros e exigências para formulação de propostas técnicas. (Redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998)

§ 3º O poder concedente recusará propostas manifestamente inexecutáveis ou financeiramente incompatíveis com os objetivos da licitação (Redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998)

§ 4º Em igualdade de condições, será dada preferência à proposta apresentada por empresa brasileira. (Redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998)

Art. 16. A outorga de concessão ou permissão não terá caráter de exclusividade, salvo no caso de inviabilidade técnica ou econômica justificada no ato a que se refere o art. 5º desta Lei.

Art. 17. Considerar-se-á desclassificada a proposta que, para sua viabilização, necessite de vantagens ou subsídios que não estejam previamente autorizados em lei e à disposição de todos os concorrentes.

~~Parágrafo único. Considerar-se-á, também, desclassificada a proposta de entidade estatal alheia à esfera político-administrativa do poder concedente que, para sua viabilização, necessite de vantagens ou subsídios do poder público controlador da referida entidade.~~

§ 1º Considerar-se-á, também, desclassificada a proposta de entidade estatal alheia à esfera político-administrativa do poder concedente que, para sua viabilização, necessite de vantagens ou subsídios do poder público controlador da referida entidade. (Renumerado do parágrafo único pela Lei nº 9.648, de 1998)

§ 2º Inclui-se nas vantagens ou subsídios de que trata este artigo, qualquer tipo de tratamento tributário diferenciado, ainda que em consequência da natureza jurídica do licitante, que comprometa a isonomia fiscal que deve prevalecer entre todos os concorrentes. (Incluído pela Lei nº 9.648, de 1998)

Art. 18. O edital de licitação será elaborado pelo poder concedente, observados, no que couber, os critérios e as normas gerais da legislação própria sobre licitações e contratos e conterá, especialmente:

I - o objeto, metas e prazo da concessão;

II - a descrição das condições necessárias à prestação adequada do serviço;

III - os prazos para recebimento das propostas, julgamento da licitação e assinatura do contrato;

IV - prazo, local e horário em que serão fornecidos, aos interessados, os dados, estudos e projetos necessários à elaboração dos orçamentos e apresentação das propostas;

V - os critérios e a relação dos documentos exigidos para a aferição da capacidade técnica, da idoneidade financeira e da regularidade jurídica e fiscal;

VI - as possíveis fontes de receitas alternativas, complementares ou acessórias, bem como as provenientes de projetos associados;

VII - os direitos e obrigações do poder concedente e da concessionária em relação a alterações e expansões a serem realizadas no futuro, para garantir a continuidade da prestação do serviço;

VIII - os critérios de reajuste e revisão da tarifa;

IX - os critérios, indicadores, fórmulas e parâmetros a serem utilizados no julgamento técnico e econômico-financeiro da proposta;

X - a indicação dos bens reversíveis;

XI - as características dos bens reversíveis e as condições em que estes serão postos à disposição, nos casos em que houver sido extinta a concessão anterior;

XII - a expressa indicação do responsável pelo ônus das desapropriações necessárias à execução do serviço ou da obra pública, ou para a instituição de servidão administrativa;

XIII - as condições de liderança da empresa responsável, na hipótese em que for permitida a participação de empresas em consórcio;

XIV - nos casos de concessão, a minuta do respectivo contrato, que conterá as cláusulas essenciais referidas no art. 23 desta Lei, quando aplicáveis;

~~XV - nos casos de concessão de serviços públicos precedida da execução de obra pública, os dados relativos à obra, dentre os quais os elementos do projeto básico que permitam sua plena caracterização; e~~

XV - nos casos de concessão de serviços públicos precedida da execução de obra pública, os dados relativos à obra, dentre os quais os elementos do projeto básico que permitam sua plena caracterização, bem assim as garantias exigidas para essa parte específica do contrato, adequadas a cada caso e limitadas ao valor da obra; (Redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998)

XVI - nos casos de permissão, os termos do contrato de adesão a ser firmado.

Art. 18-A. O edital poderá prever a inversão da ordem das fases de habilitação e julgamento, hipótese em que: (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

I - encerrada a fase de classificação das propostas ou o oferecimento de lances, será aberto o invólucro com os documentos de habilitação do licitante mais bem classificado, para verificação do atendimento das condições fixadas no edital; (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

II - verificado o atendimento das exigências do edital, o licitante será declarado vencedor; (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

III - inabilitado o licitante melhor classificado, serão analisados os documentos habilitatórios do licitante com a proposta classificada em segundo lugar, e assim sucessivamente, até que um licitante classificado atenda às condições fixadas no edital; (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

IV - proclamado o resultado final do certame, o objeto será adjudicado ao vencedor nas condições técnicas e econômicas por ele ofertadas. (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

Art. 19. Quando permitida, na licitação, a participação de empresas em consórcio, observar-se-ão as seguintes normas:

I - comprovação de compromisso, público ou particular, de constituição de consórcio, subscrito pelas consorciadas;

II - indicação da empresa responsável pelo consórcio;

III - apresentação dos documentos exigidos nos incisos V e XIII do artigo anterior, por parte de cada consorciada;

IV - impedimento de participação de empresas consorciadas na mesma licitação, por intermédio de mais de um consórcio ou isoladamente.

§ 1º O licitante vencedor fica obrigado a promover, antes da celebração do contrato, a constituição e registro do consórcio, nos termos do compromisso referido no inciso I deste artigo.

§ 2º A empresa líder do consórcio é a responsável perante o poder concedente pelo cumprimento do contrato de concessão, sem prejuízo da responsabilidade solidária das demais consorciadas.

Art. 20. É facultado ao poder concedente, desde que previsto no edital, no interesse do serviço a ser concedido, determinar que o licitante vencedor, no caso de consórcio, se constitua em empresa antes da celebração do contrato.

Art. 21. Os estudos, investigações, levantamentos, projetos, obras e despesas ou investimentos já efetuados, vinculados à concessão, de utilidade para a licitação, realizados pelo poder concedente ou com a sua autorização, estarão à disposição dos interessados, devendo o vencedor da licitação ressarcir os dispêndios correspondentes, especificados no edital.

Art. 22. É assegurada a qualquer pessoa a obtenção de certidão sobre atos, contratos, decisões ou pareceres relativos à licitação ou às próprias concessões.

## **Capítulo VI** **DO CONTRATO DE CONCESSÃO**

Art. 23. São cláusulas essenciais do contrato de concessão as relativas:

I - ao objeto, à área e ao prazo da concessão;

II - ao modo, forma e condições de prestação do serviço;

III - aos critérios, indicadores, fórmulas e parâmetros definidores da qualidade do serviço;

IV - ao preço do serviço e aos critérios e procedimentos para o reajuste e a revisão das tarifas;

V - aos direitos, garantias e obrigações do poder concedente e da concessionária, inclusive os relacionados às previsíveis necessidades de futura alteração e expansão do serviço e conseqüente modernização, aperfeiçoamento e ampliação dos equipamentos e das instalações;

VI - aos direitos e deveres dos usuários para obtenção e utilização do serviço;

VII - à forma de fiscalização das instalações, dos equipamentos, dos métodos e práticas de execução do serviço, bem como a indicação dos órgãos competentes para exercê-la;

VIII - às penalidades contratuais e administrativas a que se sujeita a concessionária e sua forma de aplicação;

IX - aos casos de extinção da concessão;

X - aos bens reversíveis;

XI - aos critérios para o cálculo e a forma de pagamento das indenizações devidas à concessionária, quando for o caso;

XII - às condições para prorrogação do contrato;

XIII - à obrigatoriedade, forma e periodicidade da prestação de contas da concessionária ao poder concedente;

XIV - à exigência da publicação de demonstrações financeiras periódicas da concessionária; e

XV - ao foro e ao modo amigável de solução das divergências contratuais.

Parágrafo único. Os contratos relativos à concessão de serviço público precedido da execução de obra pública deverão, adicionalmente:

I - estipular os cronogramas físico-financeiros de execução das obras vinculadas à concessão; e

II - exigir garantia do fiel cumprimento, pela concessionária, das obrigações relativas às obras vinculadas à concessão.

Art. 23-A. O contrato de concessão poderá prever o emprego de mecanismos privados para resolução de disputas decorrentes ou relacionadas ao contrato, inclusive a arbitragem, a ser realizada no Brasil e em língua portuguesa, nos termos da Lei nº 9.307, de 23 de setembro de 1996. (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

Art. 24. (VETADO)

Art. 25. Incumbe à concessionária a execução do serviço concedido, cabendo-lhe responder por todos os prejuízos causados ao poder concedente, aos usuários ou a terceiros, sem que a fiscalização exercida pelo órgão competente exclua ou atenua essa responsabilidade.

§ 1º Sem prejuízo da responsabilidade a que se refere este artigo, a concessionária poderá contratar com terceiros o desenvolvimento de atividades inerentes, acessórias ou complementares ao serviço concedido, bem como a implementação de projetos associados. (Vide ADC 57)

§ 2º Os contratos celebrados entre a concessionária e os terceiros a que se refere o parágrafo anterior reger-se-ão pelo direito privado, não se estabelecendo qualquer relação jurídica entre os terceiros e o poder concedente.

§ 3º A execução das atividades contratadas com terceiros pressupõe o cumprimento das normas regulamentares da modalidade do serviço concedido.

Art. 26. É admitida a subconcessão, nos termos previstos no contrato de concessão, desde que expressamente autorizada pelo poder concedente.

§ 1º A outorga de subconcessão será sempre precedida de concorrência.

§ 2º O subconcessionário se sub-rogará todos os direitos e obrigações da subconcedente dentro dos limites da subconcessão.

Art. 27. A transferência de concessão ou do controle societário da concessionária sem prévia anuência do poder concedente implicará a caducidade da concessão.

~~Parágrafo único. Para fins de obtenção da anuência de que trata o caput deste artigo o pretendente deverá:~~

~~I - atender às exigências de capacidade técnica, idoneidade financeira e regularidade jurídica e fiscal necessárias à assunção do serviço; e~~

~~II - comprometer-se a cumprir todas as cláusulas do contrato em vigor.~~

§ 1º Para fins de obtenção da anuência de que trata o caput deste artigo, o pretendente deverá: (Renumerado do parágrafo único pela Lei nº 11.196, de 2005)

I - atender às exigências de capacidade técnica, idoneidade financeira e regularidade jurídica e fiscal necessárias à assunção do serviço; e

II - comprometer-se a cumprir todas as cláusulas do contrato em vigor.

~~§ 2º Nas condições estabelecidas no contrato de concessão, o poder concedente autorizará a assunção do controle da concessionária por seus financiadores para promover sua reestruturação financeira e assegurar a continuidade da prestação dos serviços. (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)~~

~~§ 3º Na hipótese prevista no § 2º deste artigo, o poder concedente exigirá dos financiadores que atendam às exigências de regularidade jurídica e fiscal, podendo alterar ou dispensar os demais requisitos previstos no § 1º, inciso I deste artigo. (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)~~

~~§ 4º A assunção do controle autorizada na forma do § 2º deste artigo não alterará as obrigações da concessionária e de seus controladores ante ao poder concedente. (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)~~

§ 2º (Revogado). (Redação dada pela Lei nº 13.097, de 2015)

§ 3º (Revogado). (Redação dada pela Lei nº 13.097, de 2015)

§ 4º (Revogado). (Redação dada pela Lei nº 13.097, de 2015)

Art. 27-A. Nas condições estabelecidas no contrato de concessão, o poder concedente autorizará a assunção do controle ou da administração temporária da concessionária por seus financiadores e garantidores com quem não mantenha vínculo societário direto, para promover sua reestruturação

financeira e assegurar a continuidade da prestação dos serviços. (Incluído pela Lei nº 13.097, de 2015)

§ 1º Na hipótese prevista no **caput**, o poder concedente exigirá dos financiadores e dos garantidores que atendam às exigências de regularidade jurídica e fiscal, podendo alterar ou dispensar os demais requisitos previstos no inciso I do parágrafo único do art. 27. (Incluído pela Lei nº 13.097, de 2015)

§ 2º A assunção do controle ou da administração temporária autorizadas na forma do *caput* deste artigo não alterará as obrigações da concessionária e de seus controladores para com terceiros, poder concedente e usuários dos serviços públicos. (Incluído pela Lei nº 13.097, de 2015)

§ 3º Configura-se o controle da concessionária, para os fins dispostos no *caput* deste artigo, a propriedade resolúvel de ações ou quotas por seus financiadores e garantidores que atendam os requisitos do art. 116 da Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. (Incluído pela Lei nº 13.097, de 2015)

§ 4º Configura-se a administração temporária da concessionária por seus financiadores e garantidores quando, sem a transferência da propriedade de ações ou quotas, forem outorgados os seguintes poderes: (Incluído pela Lei nº 13.097, de 2015)

I - indicar os membros do Conselho de Administração, a serem eleitos em Assembleia Geral pelos acionistas, nas sociedades regidas pela Lei 6.404, de 15 de dezembro de 1976; ou administradores, a serem eleitos pelos quotistas, nas demais sociedades; (Incluído pela Lei nº 13.097, de 2015)

II - indicar os membros do Conselho Fiscal, a serem eleitos pelos acionistas ou quotistas controladores em Assembleia Geral; (Incluído pela Lei nº 13.097, de 2015)

III - exercer poder de veto sobre qualquer proposta submetida à votação dos acionistas ou quotistas da concessionária, que representem, ou possam representar, prejuízos aos fins previstos no **caput** deste artigo; (Incluído pela Lei nº 13.097, de 2015)

IV - outros poderes necessários ao alcance dos fins previstos no *caput* deste artigo. (Incluído pela Lei nº 13.097, de 2015)

§ 5º A administração temporária autorizada na forma deste artigo não acarretará responsabilidade aos financiadores e garantidores em relação à tributação, encargos, ônus, sanções, obrigações ou compromissos com terceiros, inclusive com o poder concedente ou empregados. (Incluído pela Lei nº 13.097, de 2015)

§ 6º O Poder Concedente disciplinará sobre o prazo da administração temporária. (Incluído pela Lei nº 13.097, de 2015)

Art. 28. Nos contratos de financiamento, as concessionárias poderão oferecer em garantia os direitos emergentes da concessão, até o limite que não comprometa a operacionalização e a continuidade da prestação do serviço.

Parágrafo único. Os casos em que o organismo financiador for instituição financeira pública, deverão ser exigidas outras garantias da concessionária para viabilização do financiamento. (Revogado pela Lei nº 9.074, de 1995)

Art. 28-A. Para garantir contratos de mútuo de longo prazo, destinados a investimentos relacionados a contratos de concessão, em qualquer de suas modalidades, as concessionárias poderão ceder ao mutuante, em caráter fiduciário, parcela de seus créditos operacionais futuros, observadas as seguintes condições: (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

I - o contrato de cessão dos créditos deverá ser registrado em Cartório de Títulos e Documentos para ter eficácia perante terceiros;

II - sem prejuízo do disposto no inciso I do caput deste artigo, a cessão do crédito não terá eficácia em relação ao Poder Público concedente senão quando for este formalmente notificado; (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

III - os créditos futuros cedidos nos termos deste artigo serão constituídos sob a titularidade do mutuante, independentemente de qualquer formalidade adicional; (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

IV - o mutuante poderá indicar instituição financeira para efetuar a cobrança e receber os pagamentos dos créditos cedidos ou permitir que a concessionária o faça, na qualidade de representante e depositária; (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

V - na hipótese de ter sido indicada instituição financeira, conforme previsto no inciso IV do caput deste artigo, fica a concessionária obrigada a apresentar a essa os créditos para cobrança; (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

VI - os pagamentos dos créditos cedidos deverão ser depositados pela concessionária ou pela instituição encarregada da cobrança em conta corrente bancária vinculada ao contrato de mútuo; (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

VII - a instituição financeira depositária deverá transferir os valores recebidos ao mutuante à medida que as obrigações do contrato de mútuo tornarem-se exigíveis; e (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

VIII - o contrato de cessão disporá sobre a devolução à concessionária dos recursos excedentes, sendo vedada a retenção do saldo após o adimplemento integral do contrato. (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

Parágrafo único. Para os fins deste artigo, serão considerados contratos de longo prazo aqueles cujas obrigações tenham prazo médio de vencimento superior a 5 (cinco) anos. (Incluído pela Lei nº 11.196, de 2005)

## **Capítulo VII DOS ENCARGOS DO PODER CONCEDENTE**

Art. 29. Incumbe ao poder concedente:

I - regulamentar o serviço concedido e fiscalizar permanentemente a sua prestação;

II - aplicar as penalidades regulamentares e contratuais;

III - intervir na prestação do serviço, nos casos e condições previstos em lei;

IV - extinguir a concessão, nos casos previstos nesta Lei e na forma prevista no contrato;

V - homologar reajustes e proceder à revisão das tarifas na forma desta Lei, das normas pertinentes e do contrato;

VI - cumprir e fazer cumprir as disposições regulamentares do serviço e as cláusulas contratuais da concessão;

VII - zelar pela boa qualidade do serviço, receber, apurar e solucionar queixas e reclamações dos usuários, que serão cientificados, em até trinta dias, das providências tomadas;

VIII - declarar de utilidade pública os bens necessários à execução do serviço ou obra pública, promovendo as desapropriações, diretamente ou mediante outorga de poderes à concessionária, caso em que será desta a responsabilidade pelas indenizações cabíveis;

IX - declarar de necessidade ou utilidade pública, para fins de instituição de servidão administrativa, os bens necessários à execução de serviço ou obra pública, promovendo-a diretamente ou mediante outorga de poderes à concessionária, caso em que será desta a responsabilidade pelas indenizações cabíveis;

X - estimular o aumento da qualidade, produtividade, preservação do meio-ambiente e conservação;

XI - incentivar a competitividade; e

XII - estimular a formação de associações de usuários para defesa de interesses relativos ao serviço.

Art. 30. No exercício da fiscalização, o poder concedente terá acesso aos dados relativos à administração, contabilidade, recursos técnicos, econômicos e financeiros da concessionária.

Parágrafo único. A fiscalização do serviço será feita por intermédio de órgão técnico do poder concedente ou por entidade com ele conveniada, e, periodicamente, conforme previsto em norma regulamentar, por comissão composta de representantes do poder concedente, da concessionária e dos usuários.

## **Capítulo VIII DOS ENCARGOS DA CONCESSIONÁRIA**

Art. 31. Incumbe à concessionária:

I - prestar serviço adequado, na forma prevista nesta Lei, nas normas técnicas aplicáveis e no contrato;

II - manter em dia o inventário e o registro dos bens vinculados à concessão;

III - prestar contas da gestão do serviço ao poder concedente e aos usuários, nos termos definidos no contrato;

IV - cumprir e fazer cumprir as normas do serviço e as cláusulas contratuais da concessão;

V - permitir aos encarregados da fiscalização livre acesso, em qualquer época, às obras, aos equipamentos e às instalações integrantes do serviço, bem como a seus registros contábeis;

VI - promover as desapropriações e constituir servidões autorizadas pelo poder concedente, conforme previsto no edital e no contrato;

VII - zelar pela integridade dos bens vinculados à prestação do serviço, bem como segurá-los adequadamente; e

VIII - captar, aplicar e gerir os recursos financeiros necessários à prestação do serviço.

Parágrafo único. As contratações, inclusive de mão-de-obra, feitas pela concessionária serão regidas pelas disposições de direito privado e pela legislação trabalhista, não se estabelecendo qualquer relação entre os terceiros contratados pela concessionária e o poder concedente.

## **Capítulo IX DA INTERVENÇÃO**

Art. 32. O poder concedente poderá intervir na concessão, com o fim de assegurar a adequação na prestação do serviço, bem como o fiel cumprimento das normas contratuais, regulamentares e legais pertinentes.

Parágrafo único. A intervenção far-se-á por decreto do poder concedente, que conterà a designação do interventor, o prazo da intervenção e os objetivos e limites da medida.

Art. 33. Declarada a intervenção, o poder concedente deverá, no prazo de trinta dias, instaurar procedimento administrativo para comprovar as causas determinantes da medida e apurar responsabilidades, assegurado o direito de ampla defesa.

§ 1º Se ficar comprovado que a intervenção não observou os pressupostos legais e regulamentares será declarada sua nulidade, devendo o serviço ser imediatamente devolvido à concessionária, sem prejuízo de seu direito à indenização.

§ 2º O procedimento administrativo a que se refere o *caput* deste artigo deverá ser concluído no prazo de até cento e oitenta dias, sob pena de considerar-se inválida a intervenção.

Art. 34. Cessada a intervenção, se não for extinta a concessão, a administração do serviço será devolvida à concessionária, precedida de prestação de contas pelo interventor, que responderá pelos atos praticados durante a sua gestão.

## **Capítulo X DA EXTINÇÃO DA CONCESSÃO**

Art. 35. Extingue-se a concessão por:

I - advento do termo contratual; (Regulamento)

II - encampação;

III - caducidade;

IV - rescisão;

V - anulação; e

VI - falência ou extinção da empresa concessionária e falecimento ou incapacidade do titular, no caso de empresa individual.

§ 1º Extinta a concessão, retornam ao poder concedente todos os bens reversíveis, direitos e privilégios transferidos ao concessionário conforme previsto no edital e estabelecido no contrato.

§ 2º Extinta a concessão, haverá a imediata assunção do serviço pelo poder concedente, procedendo-se aos levantamentos, avaliações e liquidações necessários.

§ 3º A assunção do serviço autoriza a ocupação das instalações e a utilização, pelo poder concedente, de todos os bens reversíveis.

§ 4º Nos casos previstos nos incisos I e II deste artigo, o poder concedente, antecipando-se à extinção da concessão, procederá aos levantamentos e avaliações necessários à determinação dos montantes da indenização que será devida à concessionária, na forma dos arts. 36 e 37 desta Lei.

Art. 36. A reversão no advento do termo contratual far-se-á com a indenização das parcelas dos investimentos vinculados a bens reversíveis, ainda não amortizados ou depreciados, que tenham sido realizados com o objetivo de garantir a continuidade e atualidade do serviço concedido.

Art. 37. Considera-se encampação a retomada do serviço pelo poder concedente durante o prazo da concessão, por motivo de interesse público, mediante lei autorizativa específica e após prévio pagamento da indenização, na forma do artigo anterior.

Art. 38. A inexecução total ou parcial do contrato acarretará, a critério do poder concedente, a declaração de caducidade da concessão ou a aplicação das sanções contratuais, respeitadas as disposições deste artigo, do art. 27, e as normas convencionadas entre as partes.

§ 1º A caducidade da concessão poderá ser declarada pelo poder concedente quando:

I - o serviço estiver sendo prestado de forma inadequada ou deficiente, tendo por base as normas, critérios, indicadores e parâmetros definidores da qualidade do serviço;

II - a concessionária descumprir cláusulas contratuais ou disposições legais ou regulamentares concernentes à concessão;

III - a concessionária paralisar o serviço ou concorrer para tanto, ressalvadas as hipóteses decorrentes de caso fortuito ou força maior;

IV - a concessionária perder as condições econômicas, técnicas ou operacionais para manter a adequada prestação do serviço concedido;

V - a concessionária não cumprir as penalidades impostas por infrações, nos devidos prazos;

VI - a concessionária não atender a intimação do poder concedente no sentido de regularizar a prestação do serviço; e

VII - a concessionária for condenada em sentença transitada em julgado por sonegação de tributos, inclusive contribuições sociais.

~~VII – a concessionária não atender a intimação do poder concedente para, em cento e oitenta dias, apresentar a documentação relativa a regularidade fiscal, no curso da concessão, na forma do art. 29 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. (Redação dada pela Medida Provisória nº 577, de 2012)~~

VII - a concessionária não atender a intimação do poder concedente para, em 180 (cento e oitenta) dias, apresentar a documentação relativa a regularidade fiscal, no curso da concessão, na forma do art. 29 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. (Redação dada pela Lei nº 12.767, de 2012)

§ 2º A declaração da caducidade da concessão deverá ser precedida da verificação da inadimplência da concessionária em processo administrativo, assegurado o direito de ampla defesa.

§ 3º Não será instaurado processo administrativo de inadimplência antes de comunicados à concessionária, detalhadamente, os descumprimentos contratuais referidos no § 1º deste artigo, dando-lhe um prazo para corrigir as falhas e transgressões apontadas e para o enquadramento, nos termos contratuais.

§ 4º Instaurado o processo administrativo e comprovada a inadimplência, a caducidade será declarada por decreto do poder concedente, independentemente de indenização prévia, calculada no decurso do processo.

§ 5º A indenização de que trata o parágrafo anterior, será devida na forma do art. 36 desta Lei e do contrato, descontado o valor das multas contratuais e dos danos causados pela concessionária.

§ 6º Declarada a caducidade, não resultará para o poder concedente qualquer espécie de responsabilidade em relação aos encargos, ônus, obrigações ou compromissos com terceiros ou com empregados da concessionária.

Art. 39. O contrato de concessão poderá ser rescindido por iniciativa da concessionária, no caso de descumprimento das normas contratuais pelo poder concedente, mediante ação judicial especialmente intentada para esse fim.

Parágrafo único. Na hipótese prevista no *caput* deste artigo, os serviços prestados pela concessionária não poderão ser interrompidos ou paralisados, até a decisão judicial transitada em julgado.

## **Capítulo XI DAS PERMISSÕES**

Art. 40. A permissão de serviço público será formalizada mediante contrato de adesão, que observará os termos desta Lei, das demais normas pertinentes e do edital de licitação, inclusive quanto à precariedade e à revogabilidade unilateral do contrato pelo poder concedente.

Parágrafo único. Aplica-se às permissões o disposto nesta Lei.

## Capítulo XII

### DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 41. O disposto nesta Lei não se aplica à concessão, permissão e autorização para o serviço de radiodifusão sonora e de sons e imagens.

Art. 42. As concessões de serviço público outorgadas anteriormente à entrada em vigor desta Lei consideram-se válidas pelo prazo fixado no contrato ou no ato de outorga, observado o disposto no art. 43 desta Lei. (Vide Lei nº 9.074, de 1995)

~~§ 1º Vencido o prazo da concessão, o poder concedente procederá a sua licitação, nos termos desta Lei.~~

§ 1º Vencido o prazo mencionado no contrato ou ato de outorga, o serviço poderá ser prestado por órgão ou entidade do poder concedente, ou delegado a terceiros, mediante novo contrato. (Redação dada pela Lei nº 11.445, de 2007). (Vigência) (Vide ADIN 4058)

§ 2º As concessões em caráter precário, as que estiverem com prazo vencido e as que estiverem em vigor por prazo indeterminado, inclusive por força de legislação anterior, permanecerão válidas pelo prazo necessário à realização dos levantamentos e avaliações indispensáveis à organização das licitações que precederão a outorga das concessões que as substituirão, prazo esse que não será inferior a 24 (vinte e quatro) meses.

§ 3º As concessões a que se refere o § 2º deste artigo, inclusive as que não possuam instrumento que as formalize ou que possuam cláusula que preveja prorrogação, terão validade máxima até o dia 31 de dezembro de 2010, desde que, até o dia 30 de junho de 2009, tenham sido cumpridas, cumulativamente, as seguintes condições: (Incluído pela Lei nº 11.445, de 2007). (Vigência)

I - levantamento mais amplo e retroativo possível dos elementos físicos constituintes da infra-estrutura de bens reversíveis e dos dados financeiros, contábeis e comerciais relativos à prestação dos serviços, em dimensão necessária e suficiente para a realização do cálculo de eventual indenização relativa aos investimentos ainda não amortizados pelas receitas emergentes da concessão, observadas as disposições legais e contratuais que regulavam a prestação do serviço ou a ela aplicáveis nos 20 (vinte) anos anteriores ao da publicação desta Lei; (Incluído pela Lei nº 11.445, de 2007). (Vigência)

II - celebração de acordo entre o poder concedente e o concessionário sobre os critérios e a forma de indenização de eventuais créditos remanescentes de investimentos ainda não amortizados ou depreciados, apurados a partir dos levantamentos referidos no inciso I deste parágrafo e auditados por instituição especializada escolhida de comum acordo pelas partes; e (Incluído pela Lei nº 11.445, de 2007). (Vigência)

III - publicação na imprensa oficial de ato formal de autoridade do poder concedente, autorizando a prestação precária dos serviços por prazo de até 6 (seis) meses, renovável até 31 de dezembro de 2008, mediante comprovação

do cumprimento do disposto nos incisos I e II deste parágrafo. (Incluído pela Lei nº 11.445, de 2007). (Vigência)

§ 4º Não ocorrendo o acordo previsto no inciso II do § 3º deste artigo, o cálculo da indenização de investimentos será feito com base nos critérios previstos no instrumento de concessão antes celebrado ou, na omissão deste, por avaliação de seu valor econômico ou reavaliação patrimonial, depreciação e amortização de ativos imobilizados definidos pelas legislações fiscal e das sociedades por ações, efetuada por empresa de auditoria independente escolhida de comum acordo pelas partes. (Incluído pela Lei nº 11.445, de 2007). (Vigência)

§ 5º No caso do § 4º deste artigo, o pagamento de eventual indenização será realizado, mediante garantia real, por meio de 4 (quatro) parcelas anuais, iguais e sucessivas, da parte ainda não amortizada de investimentos e de outras indenizações relacionadas à prestação dos serviços, realizados com capital próprio do concessionário ou de seu controlador, ou originários de operações de financiamento, ou obtidos mediante emissão de ações, debêntures e outros títulos mobiliários, com a primeira parcela paga até o último dia útil do exercício financeiro em que ocorrer a reversão. (Incluído pela Lei nº 11.445, de 2007). (Vigência)

§ 6º Ocorrendo acordo, poderá a indenização de que trata o § 5º deste artigo ser paga mediante receitas de novo contrato que venha a disciplinar a prestação do serviço. (Incluído pela Lei nº 11.445, de 2007). (Vigência)

Art. 43. Ficam extintas todas as concessões de serviços públicos outorgadas sem licitação na vigência da Constituição de 1988. (Vide Lei nº 9.074, de 1995)

Parágrafo único. Ficam também extintas todas as concessões outorgadas sem licitação anteriormente à Constituição de 1988, cujas obras ou serviços não tenham sido iniciados ou que se encontrem paralisados quando da entrada em vigor desta Lei.

Art. 44. As concessionárias que tiverem obras que se encontrem atrasadas, na data da publicação desta Lei, apresentarão ao poder concedente, dentro de cento e oitenta dias, plano efetivo de conclusão das obras. (Vide Lei nº 9.074, de 1995)

Parágrafo único. Caso a concessionária não apresente o plano a que se refere este artigo ou se este plano não oferecer condições efetivas para o término da obra, o poder concedente poderá declarar extinta a concessão, relativa a essa obra.

Art. 45. Nas hipóteses de que tratam os arts. 43 e 44 desta Lei, o poder concedente indenizará as obras e serviços realizados somente no caso e com os recursos da nova licitação.

Parágrafo único. A licitação de que trata o *caput* deste artigo deverá, obrigatoriamente, levar em conta, para fins de avaliação, o estágio das obras paralisadas ou atrasadas, de modo a permitir a utilização do critério de julgamento estabelecido no inciso III do art. 15 desta Lei.

Art. 46. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 47. Revogam-se as disposições em contrário.

Brasília, 13 de fevereiro de 1995; 174<sup>º</sup> da Independência e 107<sup>º</sup> da República.

Este texto não substitui o publicado no DOU de 14.2.1995 e republicado em 28.9.1998

### 18.3 QUESTÕES

1. Reproduzir os artigos da Constituição Brasileira que se referem à prestação do serviço de transporte público urbano.
2. Quais os capítulos da Lei nº 8.987, de 13/02/1995?
3. Qual a diferença entre concessão e permissão no serviço de transporte público urbano?
4. O que a Lei nº 8.987 estabelece como serviço de transporte público adequado?
5. Quais são os direitos e as obrigações dos usuários do transporte público?
6. Quais critérios podem ser empregados no julgamento de uma licitação para concessão de um serviço de transporte público urbano?
7. Quais os encargos das prefeituras municipais no caso do serviço de transporte público urbano?
8. E os das empresas concessionárias ou permissionárias?
9. Em que condições o poder público municipal pode realizar intervenção em uma empresa concessionária ou permissionária de transporte público urbano?



## 19.1 INTRODUÇÃO

O planejamento e a gestão (regulamentação, administração, fiscalização e programação da operação) do transporte público coletivo urbano devem ser realizados pelo governo municipal, pois o transporte coletivo tem, direta ou indiretamente, grande impacto na qualidade de vida da população e no meio ambiente natural e construído.

O transporte público coletivo influi na qualidade de vida dos usuários do sistema, na eficiência da infraestrutura pública, na segurança viária, na fluidez do trânsito, no uso do espaço público (calçadas e praças), nas atividades econômicas (comércio e indústria), na alocação de recursos públicos, na geração de empregos, na aparência da cidade etc.

Com relação ao meio ambiente natural e construído, o transporte público tem influência direta ou indireta em todas as formas de poluição (atmosférica, sonora, visual, por vibrações etc.) e no consumo de materiais não renováveis e não recicláveis.

A falta de planejamento e gestão prejudica a eficiência e a qualidade do transporte coletivo, a qualidade de vida da comunidade e o meio ambiente natural e construído.

São reflexos da ineficiência no transporte coletivo: sobreoferta de serviços, utilização de veículos de tamanho inadequado, falta de prioridade nas vias, disputa por passageiros nas ruas etc.

O comprometimento da qualidade se manifesta através do atendimento precário nas regiões com menor densidade populacional e nos períodos de menor demanda, lotação exagerada dos veículos nos períodos de pico, unidades velhas e em mau estado de conservação, falta de comodidade nos pontos de parada etc.

O prejuízo para a qualidade de vida da comunidade se manifesta no agravamento dos congestionamentos e acidentes de trânsito, no uso inadequado de calçadas e praças, na ocupação e uso desordenado do solo etc.

A falta de regulamentação e fiscalização do transporte público pode levar à competição predatória entre operadores, provocando a desordem econômica e legal do sistema: baixa remuneração do serviço, descumprimento da legislação trabalhista no que se refere à jornada de trabalho e pagamento dos

encargos sociais, veículos velhos e mal conservados por falta de renovação e manutenção da frota, não recolhimento de impostos e taxas, pagamento de salários e benefícios não compatíveis aos trabalhadores do setor etc.

O controle do sistema também é vital para que haja justiça social e sustentabilidade econômica, através da fixação de valores justos para as tarifas: nem elevados que prejudiquem os usuários nem baixos que comprometam a qualidade do sistema no curto, médio ou longo prazos. Esse controle também é importante na definição de valores justos para os subsídios, nos casos em que são concedidos.

Independentemente de a operação do transporte público ser realizada por empresas privadas ou públicas, as atividades de planejamento e gestão por parte do poder público são muito importantes para salvaguardar os interesses dos usuários, da comunidade, dos trabalhadores do setor e dos empresários do ramo.

Legalmente, no Brasil, o planejamento e a gestão do sistema de transporte público urbano são atividades de responsabilidade dos municípios.

A experiência mostra que as empresas privadas são as mais indicadas para a realização de serviços de transporte público urbano, cabendo ao governo realizar o planejamento e a gestão do sistema. Em geral, o serviço é delegado às empresas privadas sob regime de concessão ou permissão.

A principal vantagem da empresa privada é o aproveitamento adequado dos recursos humanos e materiais, que tem reflexo direto no custo e, portanto, na eficiência do serviço de transporte público coletivo (produção de viagens).

As empresas privadas têm administração mais ágil e flexível, bem como política de ações com continuidade no tempo. Ao contrário, as empresas públicas, em razão dos mecanismos legais de controle, são lentas nas suas ações, rígidas no seu comportamento e não têm política de ações com continuidade no tempo devido às mudanças no comando.

Por outro lado, considerando que as empresas de transporte apresentam economia de escala no aproveitamento dos recursos humanos e materiais, bem como na aquisição dos recursos materiais (veículos e insumos), é importante que o tamanho das empresas seja adequado para usufruir dos benefícios da economia de escala.

No entanto, como a atenção das empresas privadas é centrada, sobretudo, no resultado econômico do serviço (maximização do lucro), é necessário que o governo estabeleça regras e normas de operação e fiscalize o cumprimento das mesmas, a fim de garantir a oferta de um serviço de boa qualidade com tarifa justa para os usuários e os empresários.

## 19.2 PLANEJAMENTO

O planejamento do sistema de transporte público coletivo deve ser realizado em conjunto com o planejamento urbano (ocupação e uso do solo, sistema viário e de trânsito, localização dos serviços públicos etc.), pois é necessário contemplar, no planejamento das cidades, dois importantes aspectos que afetam diretamente a qualidade de vida da população: a acessibilidade e a mobilidade.

A acessibilidade diz respeito à facilidade de acesso aos locais onde se desenvolvem as diversas atividades, o que depende, sobretudo, da proximidade entre esses locais e a moradia das pessoas ou a rede de transporte coletivo (a princípio, quanto mais próximo, mais acessível).

A mobilidade está associada à facilidade de deslocamento das pessoas para acessar as diversas atividades, o que depende das características do sistema de transporte urbano (infraestrutura viária, sistema de circulação do trânsito, transporte coletivo, transporte semipúblico etc.).

O planejamento do transporte público envolve os três níveis convencionais de planejamento: estratégico, tático e operacional.

O nível estratégico trata da definição dos modos de transporte público coletivo que serão utilizados, da localização geral dos traçados das rotas e das estações/terminais etc.

No nível tático, o planejamento contempla a escolha do tipo de veículo, a definição dos itinerários das linhas, a seleção dos locais onde serão implantadas as estações/terminais, a definição do sistema de bilhetagem a ser empregado, a forma de integração tarifária etc.

O nível operacional corresponde à programação da operação: número de coletivos a ser utilizado em cada linha nos diversos dias e períodos, horários ou intervalos entre veículos etc. Em geral, essa atividade é desenvolvida no nível de gestão do sistema em conjunto com as empresas operadoras, mas com supervisão da área de planejamento.

## 19.3 GESTÃO

A gestão do sistema de transporte público urbano envolve a realização das atividades de regulamentação, administração, programação da operação e fiscalização. A seguir são relacionadas as principais ações desenvolvidas em cada um desses grupos.

## Regulamentação

A regulamentação consiste no estabelecimento das normas gerais e específicas de realização do serviço de transporte público urbano. Na regulamentação são definidos os procedimentos relativos ao processo de concessão/permissão, fiscalização, punição das empresas infratoras, política tarifária (método de cálculo da tarifa, valor e forma de subsídio) etc.

## Administração

A administração do sistema de transporte público consiste na realização das seguintes principais atividades:

- ◆ Gerenciamento das estações, terminais e pontos de parada: localização dos pontos de parada e dos pontos terminais onde são controlados os horários das linhas, sinalização das paradas, colocação de abrigos e bancos nas paradas principais, operação das estações e terminais, manutenção e limpeza das paradas, estações e terminais etc.
- ◆ Gerenciamento da infraestrutura: cadastro das vias utilizadas pelo transporte público e do estado das mesmas no que concerne às condições de conservação, sinalização etc., bem como o acionamento dos órgãos competentes para a correção dos problemas.
- ◆ Gerenciamento do sistema de informação e comunicação com os usuários: disponibilização de aplicativos para celular com os itinerários e horários das linhas nos diversos pontos de parada e estações/terminais, colocação de placas com os números e nomes das linhas e, quando pertinente, intervalos entre atendimentos ou horários de passagem nos pontos de parada, distribuição de folhetos com os horários e traçados das linhas, operação do sistema de atendimento pessoal e por telefone para fornecer informações e receber sugestões e reclamações, divulgação de informações através dos meios de comunicação etc.
- ◆ Gerenciamento da base de dados: coleta, atualização e sistematização das informações sobre a oferta e a demanda do sistema – mapa da rede de linhas, mapa com a localização das paradas e terminais, características da frota, itinerários das linhas, estado das ruas utilizadas pelos veículos de transporte coletivo (estado da superfície de rolamento, sinalização etc.), quilometragem percorrida, horários e intervalos entre atendimentos (frequência), número de passageiros, preços dos insumos, custos, tarifas etc.
- ◆ Gerenciamento da exploração de publicidade: definição do tipo de publicidade permitido nos coletivos, estações, terminais, paradas, folhetos etc., arrecadação do pagamento dos anunciantes etc.

- ◆ Gerenciamento dos programas de educação dos usuários e capacitação do pessoal do organismo de gestão, bem como das empresas operadoras (sobretudo motoristas).
- ◆ Gerenciamento dos custos e tarifas: acompanhamento do consumo dos diversos insumos, acompanhamento dos custos dos insumos, cálculo dos custos de operação, controle do valor das tarifas etc.
- ◆ Gerenciamento da arrecadação e da câmara de compensação tarifária, quando pertinente.

## Programação operacional

A programação operacional corresponde ao nível de planejamento operacional e trata das seguintes principais tarefas:

- ◆ Estabelecimento dos intervalos entre atendimentos ou horários de partidas dos terminais de cada linha.
- ◆ Definição da frota a ser utilizada em cada linha nos diferentes dias da semana e períodos do dia.
- ◆ Definição do início e fim da jornada de trabalho das operações diurna e noturna etc.

## Fiscalização

A fiscalização envolve as seguintes principais tarefas:

- ◆ Fiscalização da frota: realização de revista periódica completa das condições dos coletivos, envolvendo a verificação do chassi, carroceria, parte mecânica (freios, suspensão, rodas etc.), parte elétrica (cabos, luzes etc.), nível de emissão de contaminantes, nível de ruído do motor etc.
- ◆ Fiscalização da operação: verificação do cumprimento dos intervalos entre atendimentos ou horários de passagem (em geral automatizados nas cidades maiores), estado de limpeza e aparência das unidades, velocidades desenvolvidas pelos motoristas (automatizados nos ônibus mais modernos), tratamento oferecido pelos motoristas e cobradores aos usuários, verificação do estado físico dos motoristas e cobradores (sobretudo presença de álcool ou drogas), checagem do nível de emissão de contaminantes e ruído dos coletivos etc.
- ◆ Aplicação de sanções (penalidades) às empresas que não cumprirem as determinações do órgão gestor e que são identificadas pela fiscalização. Os tipos de penalidades devem estar claramente explicitados no contrato de prestação de serviço das empresas concessionárias ou permissionárias para evitar ao máximo as pendências jurídicas. No caso

de falhas graves, até mesmo o cancelamento do contrato de concessão ou permissão da empresa operadora deve estar previsto.

## 19.4 ORGANIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO E DA GESTÃO

A forma de organização e o tamanho do órgão planejador e gestor do transporte público urbano dependem, basicamente, do tamanho da cidade e da importância do transporte público na mesma.

Nas cidades maiores, deve haver uma Secretaria Municipal de Mobilidade (Transporte), com os seus diversos departamentos, para cuidar do trânsito, do transporte público, do transporte semipúblico (táxis, mototáxis, transporte fretado de escolares e funcionários de empresas etc.) etc.

Nas cidades menores, muitas vezes os departamentos ligados à área de mobilidade funcionam dentro da Secretaria de Obras, ou outra secretaria.

A Secretaria Municipal de Mobilidade (Transportes) deve ter uma equipe de engenheiros, técnicos especializados, pessoal administrativo, advogados etc. para desempenhar adequadamente a sua função. O número de funcionários depende fundamentalmente do porte da cidade.

## 19.5 OPERAÇÃO

Em essência, a operação do transporte público coletivo urbano envolve, basicamente, a condução dos veículos pelos itinerários das linhas nos horários programados, com paradas para embarque e desembarque de passageiros nas paradas (pontos e terminais/estações), a cobrança pelo serviço, que pode ser realizada no interior dos coletivos ou na entrada das estações, e a venda de bilhetes.

Contudo, para que essas tarefas sejam efetivadas, as empresas operadoras necessitam realizar um conjunto amplo de atividades nas áreas de administração, manutenção e operação.

Na área administrativa são realizadas as seguintes principais atividades: elaboração da escala e horários de trabalho dos funcionários, preparação da folha de pagamentos, contratação e demissão de funcionários, controle da receita, contabilidade, compras, pagamentos, controle financeiro, controle do patrimônio, recebimento e envio de correspondência, relações externas etc.

No setor de manutenção são desenvolvidas as seguintes principais atividades: conserto dos veículos que apresentam defeitos (manutenção corretiva), revisão periódica dos veículos (manutenção preventiva), abastecimento, lubrificação e limpeza diária dos veículos etc.

Na divisão de operação são realizadas as seguintes principais atividades: definição da programação operacional de cada linha nos diversos dias e pe-

ríodos, alocação dos veículos às linhas, venda de bilhetes/viagens, implementação de ações no caso de ocorrência de acidentes e incidentes durante a operação, fiscalização e controle do tráfego, controle estatístico do transporte etc.

Normalmente, o sistema de venda de bilhetes/viagens no transporte coletivo é realizado pelas próprias empresas operadoras. Em muitas cidades, no entanto, a receita é depositada em uma conta especial fiscalizada pelo poder público, para ser posteriormente distribuída entre as empresas operadoras de maneira justa (Câmara de Compensação Tarifária).

Uma solução bastante inovadora foi introduzida no sistema Transmilenio de Bogotá, Colômbia, e, posteriormente, em outras cidades. O sistema de venda de bilhetes/viagens é de responsabilidade de uma empresa especializada independente, de natureza privada, utilizando sistema de bilhetagem inteligente e com fiscalização total da empresa pública gestora do sistema. Os valores arrecadados são depositados em uma conta especial controlada pela empresa gestora. As empresas operadoras do transporte são remuneradas por quilômetro rodado, e a empresa arrecadadora, pelos serviços prestados.

Duas são as justificativas para essa estratégia. Primeiro, com o pagamento por quilômetro se remunera de forma justa as empresas operadoras e se elimina a competição irracional nas ruas na disputa por passageiros (problema grave em muitas cidades onde o transporte coletivo não é organizado). Segundo, o sistema de venda de bilhetes/viagens é mais eficiente quando realizado por empresa especializada.

## 19.6 QUESTÕES

1. Por que o planejamento e a gestão do transporte público urbano devem ser realizados pelo poder público e a operação pela iniciativa privada?
2. De que esfera de governo é a responsabilidade pelo planejamento e gestão do serviço de transporte público urbano no Brasil?
3. Quais as ações empreendidas nos três níveis de planejamento do transporte público urbano?
4. Quais os quatro grupos de atividades que compõem a gestão do transporte público? Quais as ações empreendidas em cada um deles?
5. Como são realizadas as atividades de planejamento e gestão do transporte público nas grandes e nas pequenas cidades?
6. No que consiste, em essência, a operação do sistema de transporte coletivo urbano?

7. Quais as principais atividades desenvolvidas nas diversas áreas de trabalho das empresas de transporte coletivo urbano?
8. No que consiste a Câmara de Compensação Tarifária?
9. Quais os motivos que levaram o sistema Transmilenio de Bogotá, Colômbia, a utilizar uma empresa independente para realizar a arrecadação do transporte coletivo urbano?

## 20.1 TIPOS DE EMPRESAS OPERADORAS

Empresa é a denominação dada a qualquer organização que realiza atividade econômica, ou seja, a produção de bens ou serviços.

Basicamente, as empresas podem ser de três tipos: pública, privada e mista (capital público e privado).

No Brasil, algumas empresas operadoras do transporte público urbano sobre trilhos (metrô, VLT, bonde e trem urbano) são públicas e outras privadas; a maioria das empresas operadoras de ônibus são privadas.

A experiência mostra que as empresas privadas são as mais indicadas para a realização de serviços de transporte público urbano, cabendo ao governo municipal realizar o planejamento e a gestão do sistema. O serviço é, em geral, delegado às empresas privadas sob regime de concessão ou permissão.

A principal vantagem da empresa privada é a eficiência. No entanto, como a atenção das empresas privadas é centrada, sobretudo, no resultado econômico do serviço (maximização do lucro), é necessário que o governo estabeleça regras e normas de operação e fiscalize o cumprimento das mesmas, a fim de garantir a oferta de um serviço de boa qualidade com uma tarifa que gere rentabilidade do capital das empresas operadoras dentro dos padrões normais do mercado.

## 20.2 ATIVIDADES ESSENCIAIS NAS EMPRESAS OPERADORAS

As atividades essenciais realizadas nas empresas operadoras de transporte coletivo, visando ao êxito empresarial e operacional (adequada rentabilidade do capital e oferta de um serviço de boa qualidade) são: planejamento, organização, direção/execução e supervisão/controle. Em seguida, essas atividades são descritas mais detalhadamente.

### Planejamento

O planejamento envolve a definição dos objetivos e das metas da empresa e a formulação das políticas e dos procedimentos para alcançá-los.

Nessa atividade podem ser identificados três níveis de ações: estratégico, tático e operacional.

No nível estratégico são estabelecidas as políticas gerais e definidos os objetivos a serem alcançados.

O plano tático envolve o desenvolvimento das estratégias e dos planos para alcançar os objetivos pretendidos. São atividades típicas desta etapa a execução de planos e projetos de engenharia ou de outra natureza, o dimensionamento de recursos humanos e materiais, o desenvolvimento de normas e procedimentos, a redefinição de programas de capacitação e treinamento de pessoal etc.

O nível operacional trata da efetiva implementação dos planos e dos projetos, com o acompanhamento dos mesmos para ajustar o real ao planejado, corrigindo as falhas observadas e fazendo as adequações necessárias.

## **Organização**

A organização corresponde à estrutura da empresa, envolvendo as atividades de cada posto de trabalho, as linhas de autoridade, as responsabilidades atribuídas a cada integrante, o fluxo de informações etc.

A forma de organização de uma empresa é representada por um organograma funcional: um desenho esquemático que mostra a divisão do trabalho na empresa e as relações entre os superiores e os subordinados.

A forma mais comum de organização encontrada nas empresas de transporte público urbano é a piramidal, seguindo a hierarquia: conselho de acionistas – presidente – diretores – chefes de departamento – chefes de seção (divisão) – trabalhadores. Essa organização não necessariamente precisa ser rígida, podendo ter um perfil mais matricial com mais flexibilidade no contato entre os diversos membros.

## **Direção e execução**

A direção e a execução tratam da efetiva produção de bens ou serviços. Tem por base a relação superior–subordinado em todos os níveis de autoridade.

Na execução é que se destacam os meios para realizar o serviço: trabalhadores com capacitação e treinamento, equipamentos, ferramentas e instalações adequadas, normas e procedimentos de trabalho etc. Outros fatores relevantes para o êxito na realização do trabalho são: liderança, motivação e boa comunicação dos diretores e dos chefes.

## **Supervisão e controle**

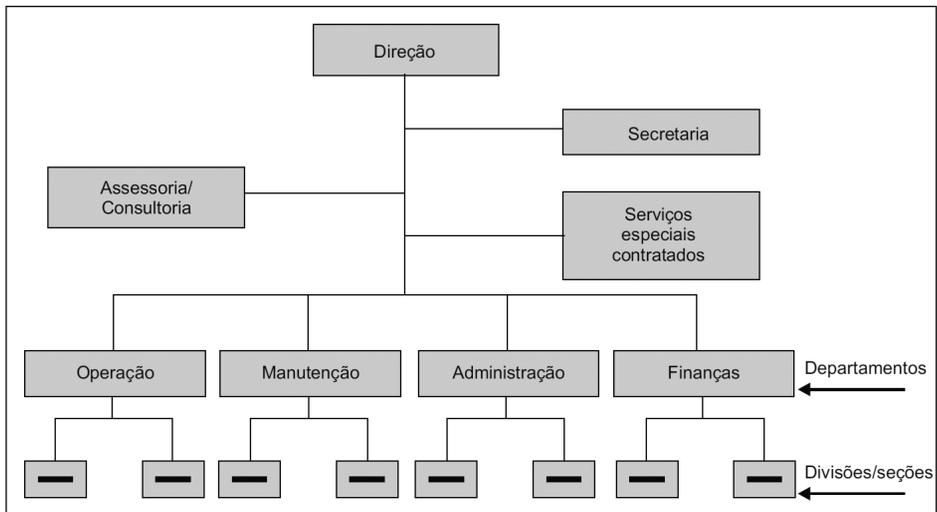
A supervisão e o controle visam garantir o cumprimento adequado do trabalho programado, contemplando o controle das atividades, a identificação

de problemas e a definição de correções e ajustes, não só para corrigir os eventuais problemas que surgem durante o processo produtivo, como também para aprimorar a eficiência e a qualidade do trabalho.

### 20.3 ORGANIZAÇÃO DAS EMPRESAS OPERADORAS

Em geral, a organização das empresas prestadoras de serviços de transporte coletivo urbano segue os princípios de Taylor, resultando em um modelo piramidal cuja estrutura é baseada em uma hierarquia de autoridade bem definida. Essa organização não necessariamente precisa ser rígida, podendo ter um perfil mais matricial com mais flexibilidade no contato entre os diversos membros. A distribuição das atividades de comando leva à criação de departamentos e seções (divisões) para racionalização do trabalho.

A Figura 20.1 mostra o organograma típico de uma empresa que realiza serviços de transporte coletivo urbano.



**Figura 20.1** Organograma típico das empresas de ônibus urbano.

Os quatro departamentos básicos das empresas são: operação, manutenção, finanças e administração. Esses departamentos, por sua vez, são divididos em seções (divisões).

Em geral, as empresas também contam com assessorias especializadas nas áreas jurídica, de engenharia e de comunicação/relações públicas.

Além disso, é comum as empresas contratarem serviços especializados, como auditoria, capacitação e treinamento de pessoal, consultoria especializada, projetos e estudos diversos etc.

Uma divisão essencial na empresa é a secretaria, que atende diretamente à direção. A secretaria controla a agenda dos diretores, marca reuniões e outros eventos, é responsável pela redação da correspondência etc.

Esse modelo de organização se aplica às empresas de porte, havendo algumas variações de empresa para empresa. As empresas menores têm uma estrutura mais enxuta, com a fusão de seções (divisões) ou até mesmo de departamentos. Nas empresas muito pequenas, todas as funções de comando estão, normalmente, centradas em uma pessoa: o presidente ou o gerente. A contabilidade é em geral realizada por pessoa ou empresa externa.

A seguir são descritas as principais atividades desenvolvidas em cada um dos departamentos das empresas de transporte.

### **Departamento de operação**

O departamento de operação é responsável por realizar a produção do transporte de passageiros.

Esse departamento é constituído, em geral, pelas seguintes divisões (seções): técnico-administrativa e tráfego.

Na divisão técnico-administrativa são realizadas as seguintes principais atividades: definição da programação operacional de cada linha (intervalo entre atendimentos nos diversos períodos dos diferentes dias típicos: dia útil, sábado, domingo e feriado), determinação da quantidade e tipo de veículo a ser alocado em cada linha, elaboração das tabelas dos horários a serem cumpridos pelos coletivos nos pontos terminais das linhas, elaboração da escala de pessoal, preparação dos modelos de informes a serem utilizados por fiscais, motoristas e cobradores para relatar acidentes e incidentes, controle da ocorrência de acidentes e incidentes durante a operação, medição dos serviços realizados, controle estatístico do transporte, comunicação à seção de pessoal sobre faltas e incidentes com funcionários etc.

A divisão de tráfego engloba o trabalho dos fiscais e dos operadores (motoristas e cobradores). Os motoristas e os cobradores é que efetivamente fazem o serviço de transporte dos passageiros. A tarefa dos fiscais é realizar a supervisão e o controle da operação, no que diz respeito ao cumprimento da programação operacional e comportamento dos operadores. Também é de responsabilidade dos fiscais tomar as providências necessárias no caso de incidentes e acidentes durante a operação e emitir os relatórios correspondentes.

### **Departamento de manutenção**

A manutenção é o serviço que visa colocar a frota de veículos à disposição da operação. Essa atividade pode ser realizada em oficinas próprias (sistema

mais comum) ou de terceiros, ou ainda uma parte dos serviços em oficina própria e os serviços mais especializados em oficinas externas.

O departamento de manutenção compreende, normalmente, as seguintes seções (divisões): técnico-administrativa, almoxarifado, ferramentaria, mecânica, elétrica, borracharia, funilaria e pintura, lavagem e lubrificação e abastecimento.

A seção técnico-administrativa elabora os planos de manutenção preventiva, realiza os controles da manutenção preventiva e corretiva, controla a durabilidade dos componentes (pneus, peças e acessórios etc.) e o consumo de insumos (combustível, lubrificantes etc.), emite as ordens de serviço, acompanha a realização dos serviços, fiscaliza o trabalho dos funcionários, realiza a inspeção na entrada dos veículos na garagem, controla os defeitos apresentados pelos coletivos etc.

O almoxarifado controla o estoque de peças, acessórios e materiais diversos, fornece componentes aos funcionários quando solicitados, solicita a compra de novos componentes quando o estoque atinge o ponto crítico, etc.

O setor de ferramentaria controla o uso dos equipamentos e das ferramentas no trabalho de manutenção, fornecendo-os aos trabalhadores quando solicitados e recebendo-os de volta após a execução do trabalho. Em geral, somente as ferramentas e os equipamentos mais sofisticados são controlados ficando os demais sob responsabilidade direta do próprio trabalhador.

A divisão mecânica cuida da manutenção dos sistemas mecânicos dos veículos: motor, transmissão, suspensão, direção etc.

A seção elétrica é responsável pela manutenção dos componentes elétricos e eletrônicos: faróis e luzes em geral, ignição, bateria etc.

A divisão de borracharia cuida de pneus, câmaras e protetores. Conserta pneus furados, substitui pneus com desgaste excessivo, faz o rodízio de pneus etc.

A seção de funilaria e pintura é responsável pela substituição ou pelo desamassamento das partes batidas, pelos serviços de pintura, conserto de portas, janelas, bancos, revestimentos etc.

A divisão de lavagem e lubrificação providencia a limpeza externa e interna dos coletivos e a lubrificação dos componentes que exigem tal ação.

A seção de abastecimento cuida da colocação de combustível nos veículos e do preenchimento dos respectivos controles.

## **Departamento de finanças**

O departamento de finanças engloba as seguintes seções: tesouraria, contabilidade, compras, pagadoria e controle financeiro.

A tesouraria cuida do controle de arrecadação. Nessa divisão, é recebida, conferida e registrada a fêria diária que dá entrada nos coletivos e nos guichês de venda de viagens, bem como é realizado o controle das compras de viagens com cartões de crédito ou outra forma de pagamento (incluindo o vale-transporte). Também é de responsabilidade da tesouraria controlar a entrada e a saída de passes/viagens e vales-transportes e conferir a marcação das catracas de controle de acesso nos coletivos e estações/terminais. Outra atividade da tesouraria é o depósito do dinheiro nos bancos.

A seção de contabilidade cuida do registro de todas as despesas e receitas da empresa e do arquivamento das notas fiscais e demais documentos comprobatórios de receitas e despesas. Também é de sua responsabilidade fazer os balancetes econômico-financeiros, preparar os comprovantes de ganhos anuais dos funcionários para efeito de declaração do imposto de renda, preencher os documentos para recolhimento de tributos etc.

A divisão de compras tem por função principal receber os pedidos de aquisição de materiais (peças, acessórios, material de consumo, móveis etc.) e da contratação de serviços externos (manutenção dos prédios, consertos em geral etc.), fazer as tomadas de preço ou licitações, negociar com fornecedores para obter melhores preços e prazos de pagamento, fiscalizar o efetivo recebimento dos materiais e serviços contratados, enviar à seção de pagadoria a ordem de liberação de pagamentos etc.

A seção de pagadoria prepara e entrega os cheques de pagamentos, faz ordens de pagamento etc. visando saldar os compromissos financeiros da empresa com os funcionários, empresas fornecedoras, governos (impostos e taxas) etc.

A divisão financeira busca manter o equilíbrio entre a receita e a despesa, assim como prever o fluxo de investimentos. Assim, é de sua responsabilidade cuidar do controle do dinheiro e das aplicações financeiras, fazendo a provisão de fundos para o pagamento do 13º salário, a compra de veículos para a renovação e ampliação da frota etc. Para isso, mantém um fluxo permanente de informações com a tesouraria, a seção de compras, a divisão de pagadoria e a direção da empresa.

## **Departamento de administração**

O departamento de administração engloba a seção de pessoal e a seção de serviços gerais.

É função da divisão de pessoal: controlar as faltas dos empregados, fazer o controle das horas trabalhadas, elaborar a folha de pagamentos, contratar e demitir funcionários, preparar e efetivar os acertos trabalhistas, acompanhar

os processos sobre reclamações trabalhistas, implementar programas de capacitação de pessoal etc.

A seção de serviços gerais cuida do controle do patrimônio, dos serviços de limpeza e manutenção, da escala de porteiros, guardas, telefonistas, atendentes etc., do recebimento e envio de correspondência etc.

## 20.4 DIMENSIONAMENTO DA FROTA E DE PESSOAL

### Dimensionamento da frota

A programação operacional do transporte coletivo nos vários períodos de cada dia típico (dia útil, sábado, domingo e feriado) depende da demanda existente em cada período. Uma vez conhecida a demanda, é definida a oferta: intervalo entre atendimentos em cada linha nos diversos períodos dos dias típicos e quantidade e tipo de veículos correspondente. Somando-se os veículos necessários em cada linha nos horários de pico obtém-se a frota máxima a ser colocada em operação nos períodos críticos.

A frota total necessária de uma empresa ou unidade de operação (garagem) é igual à frota máxima em operação nos períodos de pico, mais a frota reserva da operação, mais a frota em manutenção.

A frota reserva da operação refere-se aos coletivos que permanecem estacionados nas estações/terminais ou em outros locais estratégicos, prontos para entrar em serviço caso ocorra problema com um veículo que está em operação (acidente, incidente, atraso excessivo etc.). A frota reserva é, em geral, da ordem de 2% a 3% da frota máxima em operação nos picos.

A frota em manutenção diz respeito aos veículos que permanecem na garagem durante o dia para fazer manutenção preventiva (revisão) ou corretiva, e que, portanto, não podem ser colocados em operação. Essa frota é, geralmente, da ordem de 8% a 12% da frota máxima em operação nos picos.

Dessa forma, pode-se dizer que a frota total deve ser cerca de 10% a 15% superior à frota máxima em operação nos picos, o que significa que a frota fora de operação (frota reserva e em manutenção) situa-se, usualmente, entre 9% e 13% da frota total.

Esses valores dependem da idade dos veículos (quanto mais novos, menor a frequência de defeitos), do comportamento dos motoristas (direção cuidadosa reduz o índice de ocorrência de defeitos), da qualidade da manutenção (quanto melhor a manutenção, menor a incidência de defeitos nos coletivos quando estão em operação) etc.

## Dimensionamento dos recursos humanos

A quantidade de pessoal necessária nos vários setores de trabalho pode ser estimada a partir dos índices usuais de utilização da mão de obra em relação à quantidade total de veículos da frota. Evidentemente, esses valores dependem da legislação e do acordo trabalhista em vigor, da quantidade extra de veículos colocados em operação nos horários de pico etc.

Na Tabela 20.1 estão reproduzidos os valores normalmente observados nas empresas de transporte coletivo urbano brasileiras.

**Tabela 20.1** Valores típicos dos índices de utilização da mão de obra.

<b>Categoria profissional</b>	<b>Valores típicos</b>
Motoristas e cobradores (func./veíc.)	1,8-2,8*
Fiscais e despachantes (func./veíc.)	0,1-0,4*
Pessoal para a manutenção (func./veíc.)	0,5-0,9
Pessoal para a administração (func./veíc.)	0,05-0,20
Total (func./veíc.)	Sem cobrador = 2,45-4,30* Com cobrador = 4,25-7,10*

\* Depende do número de turnos de trabalho, da quantidade de coletivos extras colocados em operação nos períodos de pico, do número de dias de trabalho entre os dias de descanso etc.

## 20.5 LOCALIZAÇÃO, ARRANJO FÍSICO E DIMENSIONAMENTO DA GARAGEM

A garagem de uma empresa de ônibus deve estar localizada o mais próximo possível da região de operação, a fim de minimizar a quilometragem ociosa da frota nos deslocamentos garagem–linhas, no início da jornada de trabalho pela manhã e no final à noite, bem como em outros casos: troca de veículos devido a defeito, ida e volta dos veículos extras que operam somente nos períodos de pico etc.

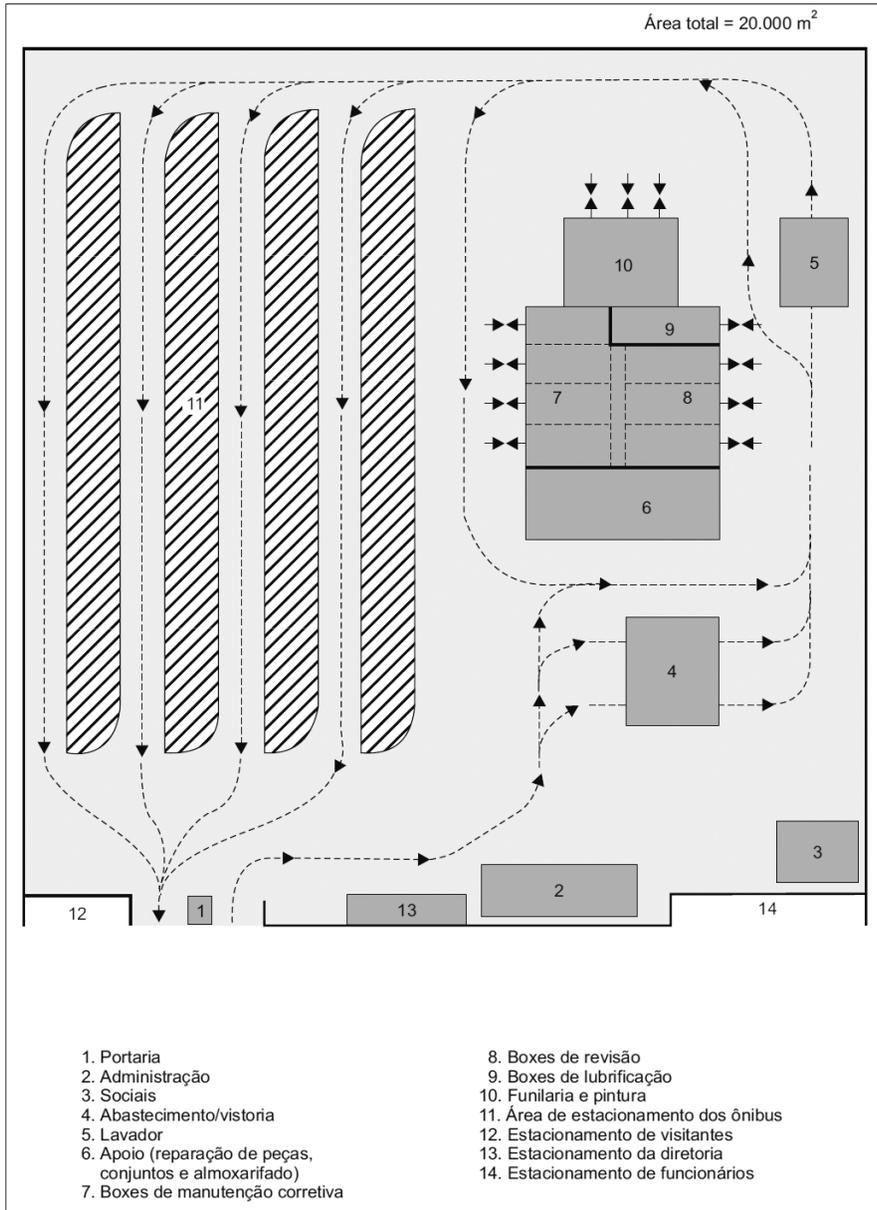
A garagem de uma empresa de ônibus urbano deve ter áreas cobertas para a oficina, o almoxarifado, o prédio administrativo etc., bem como área descoberta para o estacionamento dos carros de reserva durante o dia e, durante a noite, para toda a frota.

Na Figura 20.2 é mostrado o exemplo de um esquema de garagem para 100 ônibus.

Na garagem devem ser previstas áreas para administração, oficina, estacionamento, abastecimento, vistoria e outras atividades, sendo recomendável uma área bruta total de cerca de 200 m<sup>2</sup>/ônibus.

O número aproximado de boxes necessários para cada atividade e o total da oficina, preconizado por MBB (1987), é reproduzido na Tabela 20.2.

No caso de empresas que realizam reforma dos ônibus, é necessário acrescentar mais boxes para essa atividade.



**Figura 20.2** Exemplo de esquema de garagem para 100 ônibus. Fonte: MBB (1987).

**Tabela 20.2** Número aproximado de boxes necessários em condições normais.

<b>Boxes/frota</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>
Revisão	2	3	4	5
Lubrificação	1	1	2	2
Manutenção corretiva	2	4	7	9
Funilaria e pintura	2	3	4	5
Lavagem externa	1	1	1	1
Total	8	12	18	22
% em relação à frota	18	12	12	11

Fonte: MBB (1987).

A manutenção noturna permite reduzir o número total de ônibus na frota, apresentando, contudo, maior custo de mão de obra devido ao trabalho noturno. A maioria das empresas operadoras realiza a manutenção pesada durante o dia.

## 20.6 A VISÃO DOS USUÁRIOS SOBRE A EMPRESA DE ÔNIBUS

Os elementos vitais que norteiam a relação entre o usuário (cliente) e a empresa são os operadores (motoristas, cobradores e fiscais) e os ônibus. O motivo é simples: o usuário vê a empresa por intermédio dos operadores e dos ônibus – os elementos com os quais tem contato direto.

Para os usuários, os operadores representam as empresas, uma vez que são as pessoas com as quais se relacionam. Portanto, o comportamento dos operadores tem grande importância no que se refere à imagem das empresas e, por conseguinte, do sistema de transporte público coletivo urbano.

Assim, é necessário investir permanentemente na capacitação dos operadores, a fim de que os motoristas tenham condições de dirigir com habilidade e precaução e que motoristas, cobradores e fiscais tratem com atenção e respeito os usuários – os quais são clientes do sistema, clientes das empresas e clientes dos próprios operadores, pois são eles que indiretamente pagam seus salários.

Também relevante é a aparência dos operadores. O uso de uniforme limpo, bem como de barba e cabelo aparados, expressa profissionalismo e higiene, contribuindo para uma boa imagem da empresa junto aos usuários e à sociedade.

A aparência e a comodidade dos ônibus são dois outros pontos que os usuários consideram relevantes na avaliação das empresas operadoras. Dessa forma, é importante que os ônibus tenham uma aparência moderna e agradável, estejam sempre limpos e bem conservados e tenham tecnologia que

proporcione comodidade aos passageiros quando estão viajando sentados ou em pé, se locomovendo no corredor, embarcando e desembarcando. Por isso, são fatores importantes a limpeza dos ônibus, o visual externo e interno, a altura dos degraus, a largura dos corredores etc.

## 20.7 QUESTÕES

1. Quais os tipos básicos de empresas que realizam serviços de transporte público urbano?
2. Qual o tipo de empresa mais indicado? Por quê?
3. Quais as atividades essenciais nas empresas operadoras do transporte público urbano?
4. Elaborar um organograma típico da organização de uma empresa de transporte público urbano, com todos os departamentos e seções (divisões).
5. Quais as principais atividades desenvolvidas em cada seção (divisão) dos vários departamentos de uma empresa de transporte público urbano?
6. Uma empresa deve colocar em operação, no período de pico, uma frota de 110 ônibus. Estimar a frota total necessária e, em seguida, dimensionar o número total de funcionários, o número de empregados por categoria profissional, a área total da garagem e o número de boxes para execução dos serviços de manutenção. Esboçar um arranjo físico (layout) para a garagem e a oficina dessa empresa.
7. Quais os elementos por meio dos quais os usuários avaliam as empresas de transporte público urbano? Por quê?



## 21.1 TRANSPORTE X QUALIDADE E EFICIÊNCIA DAS CIDADES

As cidades são concentrações de múltiplas atividades humanas: residencial, comercial, industrial, educacional, cultural, governamental, recreativa, esportiva, médica etc. Esse complexo sistema de atividades somente pode funcionar com a existência de vários serviços: suprimento de água e alimentos, transporte, comunicação, saúde, educação, segurança etc.

O enfoque clássico do urbanismo considera que as cidades têm quatro funções básicas: habitação, trabalho, lazer e circulação (transporte).

Em analogia ao sistema de artérias e veias que leva o sangue às diversas partes do corpo, o transporte pode ser considerado o sistema circulatório das cidades, pois é por meio dele que as pessoas e os produtos podem chegar aos diferentes locais. Sem um transporte adequado, fica comprometida a mobilidade da população (facilidade de acesso às várias partes da cidade).

Os principais objetivos do governo de uma cidade são: proporcionar qualidade de vida para a população, prover e operar com eficiência a infraestrutura e os serviços públicos, promover justiça social e preservar o ambiente natural e construído.

Nesse sentido, dois pontos vitais são:

- ◆ Proporcionar transporte a um custo moderado que seja amigável com as pessoas de todas as idades e classes sociais e o meio ambiente natural e construído.
- ◆ Construir cidades nas quais o transporte tenha um custo moderado e seja amigável com as pessoas de todas as idades e classes sociais e o meio ambiente natural e construído.

De maneira mais direta, a questão a ser respondida é a seguinte: que tipo de cidade se deseja? Uma cidade para uso intenso do carro, com o transporte público e os modos não motorizados (a pé e de bicicleta) colocados em segundo plano (*car cities*), ou uma cidade onde haja valorização do transporte público, dos pedestres e da bicicleta, e o carro seja menos utilizado (*transit and walking cities*).

Quando se fala de menor utilização do carro, isso não significa impor qualquer tipo de restrição à posse desse tipo de veículo, que constitui uma aspira-

ção legítima das pessoas, uma vez que contribui para uma melhor qualidade de vida – prova incontestante disso é que a taxa de motorização aumenta com o desenvolvimento econômico e social. O que se defende é uma menor utilização do carro nas viagens urbanas habituais, seja por motivo de trabalho, estudo, lazer, compras etc., com o propósito de reduzir os impactos negativos do uso massivo do carro: congestionamentos, poluição (atmosférica, sonora e visual), grande número de acidentes de trânsito etc. – fatos comuns nas cidades de maior porte.

A experiência mostra que as cidades construídas para o uso massivo do carro (*car cities*), como é o caso da maioria das cidades americanas, apresentam um meio urbano desumano e de baixa eficiência. Ao contrário, nas cidades onde o transporte público e o pedestre são valorizados e o carro é usado menos intensamente (*transit and walking cities*), como acontece na maioria das cidades da Europa, o ambiente urbano é mais humano e mais eficiente.

As cidades da Europa são, em geral, mais humanas, mais voltadas para o ser humano, graças ao transporte público e às áreas exclusivas para pedestres na região central. São cidades que têm identidade própria; ao contrário da maioria das cidades americanas, que são todas iguais, com um grande número de vias expressas e grandes áreas de estacionamento, congestionamentos de automóveis, inexistência de áreas centrais para pedestres etc.

A excessiva dependência do carro e a deterioração das grandes cidades em virtude do congestionamento e de outros impactos negativos é o que Elmer Johnson denomina (transcrito de Vuchic, 2000): “colisão entre cidades e carros”.

Nas metrópoles em geral, há ineficiência econômica, deterioração ambiental e qualidade de vida insatisfatória. Parte considerável desses problemas advém das ineficiências e dos impactos negativos do sistema de transporte urbano, e isso tem levado à decadência de muitas cidades grandes.

As cidades devem ter lugares públicos atrativos e preservar o meio ambiente. Uma das características das cidades com qualidade de vida é a possibilidade de caminhar e passear por lugares agradáveis.

Manter áreas centrais saudáveis (com comércio forte, dinâmico e grande concentração de pessoas) é fundamental no tocante à qualidade de vida nas cidades. Isso é conseguido com espaços públicos centrais só para pedestres e um transporte público adequado. Quanto mais uma cidade depende do carro, mais provável que as áreas centrais se deteriore. Chicago, Los Angeles e outras cidades americanas têm, hoje, os seus centros deteriorados, com cortiços, prédios velhos e sujos, lixo nas ruas, crime, vandalismo etc.

Como as cidades devem ser voltadas para o homem, o sistema de transporte urbano deve valorizar os modos que permitem o contato com outras pessoas e a natureza. Nesse sentido, é preciso priorizar os modos públicos e o trânsito de pedestres e de bicicleta, sem impedir o uso racional do carro, pois a excessiva supressão do tráfego de automóveis prejudica a alta mobilidade pessoal proporcionada por essa modalidade e, em consequência, as suas inúmeras contribuições às atividades econômicas, comerciais, sociais, culturais e recreativas. Por oferecer grande mobilidade, o carro multiplica as oportunidades de moradia, emprego, estudo etc.

O transporte urbano não pode ser um sistema unimodal, com base em um único modo. O caminho para um transporte urbano adequado está em um sistema balanceado: sistema multimodal integrado, também denominado de sistema intermodal, com os diversos modos utilizados de maneira racional e integrados entre si.

Mesmo nas metrópoles, o transporte balanceado proporciona um ambiente para seres humanos e não para carros. Isso é conseguido com o incentivo ao uso do transporte público e aos modos não motorizados (a pé e de bicicleta) e desincentivo ou restrição ao uso do carro. O transporte público, coordenado com o trânsito de pedestres e o uso racional do carro, é o que confere às grandes cidades um caráter humano. O caminho, portanto, é a diversidade dos modos com estímulo ao transporte público.

As cidades que são economicamente fortes, socialmente saudáveis e com boa qualidade de vida contam com um sistema de transporte multimodal integrado que inclui extensivo e eficiente transporte público.

Nas cidades grandes, com um sistema de transporte adequado, viajar com transporte público é, na maior parte das vezes, mais conveniente do que viajar de carro.

O transporte público é fundamental nas cidades, não apenas do ponto de vista da eficiência econômica e da qualidade de vida, mas também pelo seu importante papel na promoção da justiça social. O transporte público representa o único modo de transporte que torna possível às grandes cidades ter características humanas.

A dicotomia entre o interesse individual e o interesse coletivo também existe no transporte urbano, podendo ser colocada da seguinte forma: o ser humano deve trocar a conveniência individual de usar o carro sem limites pelo objetivo social de ter uma cidade habitável.

A crise do transporte urbano – aumento do congestionamento de automóveis, deterioração do transporte público e negligência aos pedestres e ciclistas – só pode ser revertida com mudanças na política de transporte, na elaboração de planos eficazes e na mudança de hábitos da população.

O cerne do problema do transporte urbano está na má política (voltada para o curto prazo) e na má organização. Em muitas cidades, o transporte público é considerado um negócio privado, sendo desprezado o seu papel na vitalidade e conformação das cidades.

A política de transporte urbano tem grande influência nas características da cidade, na qualidade de vida da população e no tipo de sociedade. Em uma comunidade onde predominam o transporte público, o contato com outras pessoas é mais frequente e, portanto, é mais desenvolvido o lado humano da vida. No caso do uso massivo do carro, não há contato entre as pessoas, o que leva ao isolamento e ao desconhecimento da realidade do próximo.

O uso intensivo do carro enfraquece as relações sociais, induz à alienação em relação aos problemas da comunidade, provoca a deterioração das cidades do ponto de vista humano, incluindo a segregação dos grupos sociais, traz mais poluição e maior necessidade de investimento em infraestrutura etc.

O uso de transporte público faz com que as pessoas vizinhas se encontrem e se conheçam, facilitando o desenvolvimento do espírito comunitário. De acordo com Weyrich e Lind (transcrito de Vuchic, 2000): “Historicamente, o transporte público ajuda a criar um espírito comunitário, enquanto o carro ajuda a solapá-lo”.

De acordo com Vuchic (2000), Dallas, Los Angeles e outras cidades americanas se tornaram, física e socialmente, diferentes tipos de assentamentos humanos em relação às cidades com grande e direta interação humana e vida social. Nessas cidades, é praticamente impossível caminhar devido às grandes distâncias, à ausência de calçadas atrativas, à necessidade de atravessar vias largas, à quebra de unidades de vizinhança, às extensas áreas de estacionamento etc. Adolescentes, turistas, idosos e outras categorias sofrem em cidades desse tipo, pois dependem do transporte público e esse é de má qualidade, uma vez que foram cidades construídas para o automóvel. Esse fenômeno é denominado de *car-based cities* ou *los-angelization of cities*.

Sobre os modos de transporte público, vale mencionar que os modos sobre trilhos exercem maior atração sobre as pessoas e maior impacto positivo sobre o uso do solo. Primeiro, pela melhor qualidade. Segundo, pelo caráter de longo prazo – a sensação na população é que veio para ficar, ao contrário das linhas de ônibus autônomos, que podem ter os seus itinerários facilmente alterados. Com os ônibus elétricos ocorre algo parecido com os modos sobre trilhos, em razão da rede elétrica.

Esse fenômeno também ocorre com linhas troncais operadas com ônibus autônomos em canaletas e bilhetagem nas estações dispostas ao longo do

percurso, pois, além da melhor qualidade, a população tem consciência de que se trata de solução de longo prazo.

A utilização massiva do carro leva a cidades pouco densas e com áreas centrais deterioradas; uma utilização intensa do transporte público conduz a cidades mais densas e com áreas centrais dinâmicas.

Cidades muito espaçadas prejudicam a eficiência da economia de aglomeração (atividades econômicas e sociais). Nas cidades espraiadas, é maior o custo da infraestrutura e do transporte e excessivo o consumo de terra e energia, além da existência de segregação social. Alto consumo de terra urbana prejudica a agricultura e a manutenção de áreas de preservação ambiental.

Dessa forma, como a estrutura e a distribuição do transporte têm grande influência na forma de ocupação do solo e, portanto, na eficiência econômica das cidades e na qualidade de vida da população, é de grande importância o planejamento adequado do sistema de transporte para disciplinar o uso do solo. Em particular, do transporte público, que deve ser utilizado como elemento estruturador das cidades.

Em vista da importância econômica e social do transporte urbano, seu planejamento é uma das principais tarefas de responsabilidade do poder público municipal. Nessa tarefa devem estar sempre presentes os seguintes aspectos:

- ◆ Segurança: reduzido número de acidentes, sobretudo acidentes graves.
- ◆ Conforto: viagens rápidas e confortáveis, sobretudo no transporte coletivo, que é o modo que deve ter total preferência no trânsito.
- ◆ Justiça social: mobilidade adequada para todas as classes sociais, sobretudo por meio de um transporte público com boa qualidade e baixa tarifa (se necessário subsidiada) e valorização dos modos não motorizados (a pé e bicicleta).
- ◆ Democracia: disponível para as pessoas de todas as idades (crianças, jovens, adultos e idosos) e para as pessoas com deficiência.
- ◆ Meio ambiente: preservação do meio ambiente natural e construído para garantir qualidade de vida no presente e no futuro, o que significa prioridade para o pedestre, a bicicleta e o transporte coletivo.
- ◆ Economia: soluções que não exigem recursos financeiros excessivos.
- ◆ Estética: harmonia da infraestrutura de transporte com o meio urbano e atenção para que as instalações e os veículos de transporte tenham aparência agradável.

Nas cidades dos países menos desenvolvidos, o transporte coletivo é essencial para prover, às pessoas de baixa renda, idosos, deficientes e adolescentes, uma mobilidade adequada, proporcionando dignidade e qualidade

de vida. Um transporte coletivo barato, ou mesmo gratuito, e de qualidade é sinônimo de liberdade, uma vez que facilita o acesso a todas as partes da cidade e, em consequência, a todos os serviços e atividades públicas e privadas.

## 21.2 OCUPAÇÃO DO ESPAÇO NA ÁREA CENTRAL DAS CIDADES

Na área central das cidades maiores existe, em geral, grande concentração de atividades comerciais e de prestação de serviços que dá origem a um movimento intenso de veículos e pedestres. Em razão disso, é grande a competição pelo uso do espaço público disponível entre as edificações (rua mais calçada), o qual, em geral, se mostra insuficiente para atender a todos os interesses.

Se o uso desse espaço não for disciplinado, a disputa entre os vários grupos envolvidos pode levar ao caos: pedestres aglomerados em calçadas estreitas e/ou obstruídas por mercadorias expostas por comerciantes estabelecidos e ambulantes – situação que muitas vezes obriga os pedestres a caminhar ao longo da beirada das vias; usuários do transporte coletivo espremidos nos pontos de parada disputando espaço com pedestres e mercadorias expostas, às vezes em calçadas estreitas que não permitem a colocação de abrigos e bancos para sentar; congestionamentos de veículos nas vias; coletivos acumulados em grandes filas; proliferação de ambulantes usando espaço nas calçadas e prejudicando os pedestres; comerciantes estabelecidos utilizando espaço nas calçadas para expor suas mercadorias, também prejudicando os pedestres etc.

Em vista disso, um desafio para os governos municipais é definir o uso adequado do espaço público na região central das cidades, atendendo tanto quanto possível aos desejos dos diversos grupos de atores, mas preservando o interesse coletivo – o que não se constitui em tarefa fácil, pois as aspirações dos diversos grupos são, em geral, antagônicas.

Os usuários de automóveis querem que as vias sejam largas para que o número de faixas de rolamento e a quantidade de vagas de estacionamento sejam os maiores possíveis. Assim, em tese, o usuário de carro é prejudicado com a existência de faixas exclusivas para os coletivos e para as bicicletas (ciclofaixas ou ciclovias), bem como com canteiros centrais largos e com vias só para pedestres (calçadões).

Os pedestres querem calçadas largas, regulares e desobstruídas para poderem se locomover sem aglomerações, vias não largas para poderem atravessar com segurança e canteiros centrais nas vias de maior largura para usarem como refúgio nas travessias. Também querem ruas exclusivas para pedestres (calçadões) nos trechos de vias com movimento muito intenso de pessoas.

Os usuários do transporte coletivo querem calçadas largas nos pontos de parada, para que possam esperar os coletivos sem conflito com o fluxo de pedestres e para que, nesses locais, possam ser colocados abrigos com bancos para sentar.

Os ciclistas desejam faixas exclusivas (ciclofaixas ou ciclovias) e estacionamentos para as bicicletas, preferencialmente cobertos.

Os comerciantes estabelecidos querem facilidade para o cliente chegar aos seus estabelecimentos, ou seja, desejam: vias largas com grande número de faixas de rolamento e de vagas de estacionamento, estacionamento farto e próximo para veículos e bicicletas, calçadas largas para que os pedestres possam se movimentar com comodidade e pontos de parada dos coletivos nas imediações. Também, em alguns casos, desejam utilizar a parte da calçada contígua à loja para expor mercadorias e a não concorrência de comércio ambulante nas proximidades.

Os ambulantes querem tudo o que os comerciantes estabelecidos desejam, além de poderem se instalar sem restrições nas calçadas com maior movimento de pedestres.

A sociedade (comunidade) quer segurança e conforto para todos e uma utilização organizada do espaço público. Ainda mais: que esse espaço seja esteticamente agradável, respeitado e cuidado. Essa aspiração não está restrita apenas às calçadas, ela se estende às praças e outros logradouros públicos.

Se não bastassem os conflitos de interesses entre os diversos grupos, vale observar que uma mesma pessoa pertence, geralmente, a grupos distintos. O pedestre, por exemplo, é o indivíduo que chegou de automóvel ou de coletivo, podendo também ser comerciante estabelecido ou ambulante, além de membro da sociedade.

Sob a ótica da qualidade de vida, eficiência urbana, equidade social e democracia, é essencial que as cidades tenham área central com comércio forte e praças e outros logradouros públicos atrativos e de fácil acesso por todos os modos de transporte, para que toda a comunidade possa desfrutar das vantagens da economia de escala e variedade do comércio central e dos prazeres e ensinamentos da convivência com aglomerações de pessoas de diferentes níveis sociais.

Encontrar a melhor solução para o problema da mobilidade na área central das grandes cidades e da acessibilidade à mesma constitui um grande desafio para os governos municipais. Nessa tarefa, não se pode importar soluções, pois cada cidade tem suas características peculiares que necessitam ser respeitadas para que a solução seja a mais adequada para a sua comunidade. No processo de encontrar e implantar a solução mais adequada, três pontos são

vitais: vontade política, participação da comunidade e apoio de especialistas em urbanismo e transporte.

As observações colocadas a seguir expressam a tendência atual no planejamento urbano.

O transporte público, o pedestre e a bicicleta devem ter prioridade na utilização do espaço público na região central das grandes cidades. As calçadas devem ser largas, regulares e bem cuidadas para que os pedestres tenham segurança e conforto. As estações de transporte público e os pontos de parada devem oferecer segurança e comodidade aos usuários. Devem ser previstas faixas e estacionamentos adequados para as bicicletas.

Os usuários dos carros devem ser incentivados a utilizar o transporte público, sobretudo nas grandes cidades, mediante a cobrança de pedágio para acesso por carro à região central, proibição da circulação de parte da frota em dias alternados (sobretudo nos horários de pico) ou mesmo proibição de acesso por carro às áreas mais críticas. Paralelamente, também se pode implementar uma política de redução de vagas e aumento do preço de estacionamento. Contudo, é preciso cuidado para não diminuir demais o número de viagens por carro à zona central, pois isso faz com que as pessoas de maior renda busquem outros lugares para comprar – o que leva à deterioração e degradação do centro devido à redução do fluxo de dinheiro para o comércio.

As praças e os outros logradouros públicos devem ser esteticamente agradáveis e bem cuidados.

Considerando que espaço público não pode, sob hipótese alguma, ser privatizado, deve ser proibida a colocação de mercadorias e painéis de propaganda nas calçadas.

O comércio ambulante deve ser bastante restrito e localizado em praças ou outros logradouros públicos, de modo a não prejudicar o trânsito de pedestres. Mais: precisa ficar restrito a produtos de pequeno valor, pois não deve competir com o comércio estabelecido e preferencialmente ser realizado por pessoas deficientes – para as quais essa atividade pode representar a única oportunidade de trabalho.

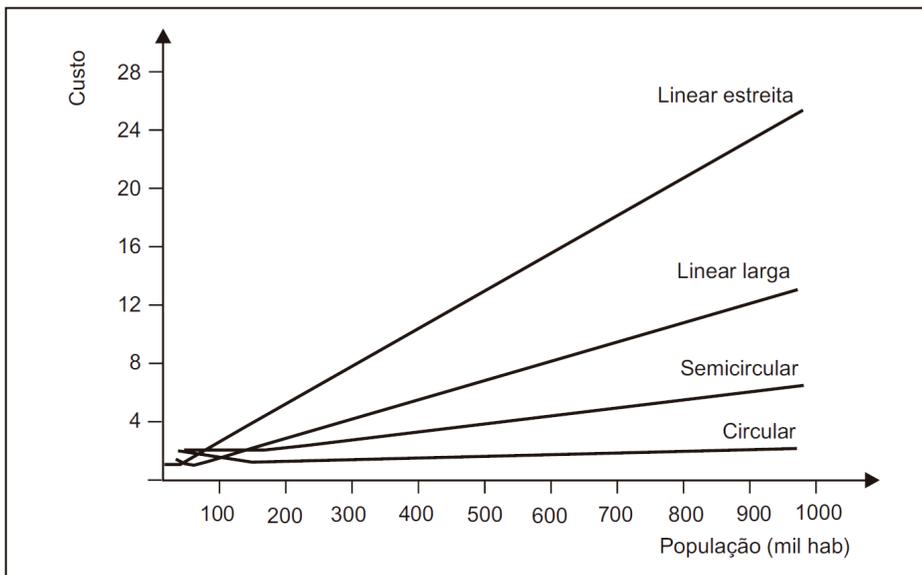
### **21.3 O CUSTO DO TRANSPORTE PÚBLICO E A OCUPAÇÃO DO SOLO**

Os principais fatores relacionados com a ocupação do solo que afetam o custo do transporte público urbano são: forma e tamanho da cidade e densidade populacional.

Como os diversos fatores que afetam o custo do transporte coletivo são bastante variáveis de cidade para cidade, a influência individual de cada um deles no custo do transporte público somente pode ser avaliada com base em modelos matemáticos teóricos. Os resultados aqui apresentados foram obtidos por Ferraz (1990), utilizando o modelo Transco desenvolvido pelo autor, com base nas três seguintes principais hipóteses: rede de ônibus constituída de rotas radiais independentes com abertura em forma de anel nas extremidades, zona central de comércio e serviços localizada no centro geométrico da cidade e região central sendo o principal polo de atração de viagens. Por se tratar de um modelo teórico simplificado da realidade, os resultados obtidos expressam apenas tendências.

### Forma e porte da cidade

A influência da forma da cidade no custo relativo do transporte público em função da população da cidade é mostrada na Figura 21.1.



**Figura 21.1** Custo do transporte coletivo x população para diferentes formatos de cidade. Fonte: Ferraz (1990).

A cidade com formato circular é a mais econômica, e a linear, a menos econômica, sendo o problema mais crítico quanto mais estreita a largura da faixa de ocupação. O custo na forma semicircular situa-se entre os custos na circular e na linear. O motivo das diferenças nos custos é o valor da distância média das viagens: menor na cidade circular em relação às outras, sobretudo em relação à linear estreita.

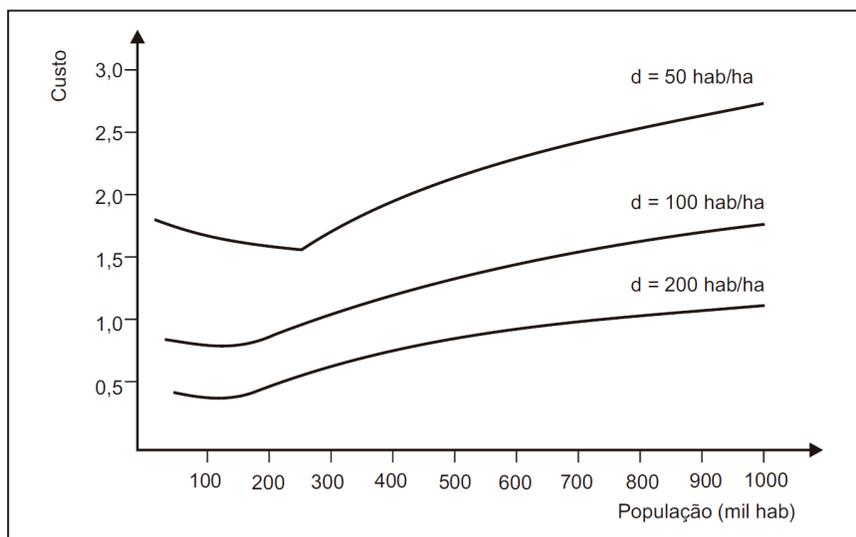
Outro aspecto relevante: qualquer que seja a forma do núcleo urbano, o custo do transporte público por habitante cresce com o aumento do porte (população ou tamanho da cidade), pois as distâncias das viagens aumentam.

Admitindo, para efeito de comparação, uma população de 500 mil habitantes, obtêm-se os seguintes valores aproximados de custo relativo em função da forma da cidade: circular = 2 (valor de referência), semicircular = 4 (2 vezes maior), linear larga = 7 (3,5 vezes maior) e linear estreita = 13 (6,5 vezes maior).

O custo do transporte coletivo e, por similaridade, do transporte individual é um dos fatores que leva os núcleos urbanos a apresentarem, grosso modo, formato circular. Essa também é uma das razões pelas quais as aglomerações urbanas lineares muito compridas (desenho comum nas cidades praianas) apresentam diversos centros de comércio e serviços não muito distantes entre si – é como se a cidade linear fosse desagregada em pequenas cidades independentes. Nesse caso, pode-se dizer que as economias de escala advindas da centralização das atividades não compensam o custo do transporte a grandes distâncias. Na realidade, esse fenômeno também ocorre nas cidades maiores qualquer que seja o seu formato.

## Densidade populacional

Os reflexos da densidade populacional no custo relativo do transporte coletivo urbano, para vários portes de cidade (população), são mostrados na Figura 21.2, para o caso das cidades circulares.



**Figura 21.2** Custo do transporte coletivo x população nas cidades circulares para diferentes densidades populacionais. *Fonte:* Ferraz (1990).

Como se pode observar, quanto menor a densidade populacional, maior o custo do transporte coletivo, pois o tamanho da cidade aumenta e, em consequência, cresce a distância média de transporte.

Tomando como referência para comparação uma cidade circular com população de 500 mil habitantes, os seguintes valores relativos de custo do transporte coletivo são obtidos: custo = 0,8 (valor de referência) para densidade de 200 hab./ha, 1,4 para 100 hab./ha (1,75 vez maior) e 2,2 para 50 hab./ha (2,75 vezes maior).

Nas cidades com outros formatos, as diferenças observadas são ainda maiores.

Com base nesses valores, é possível avaliar o quão negativo é o impacto no custo do transporte público da ociosidade na ocupação do solo urbano. Glebas e terrenos vazios nas cidades acarretam baixas densidades populacionais e, assim, elevam o custo do transporte público coletivo e do transporte em geral, prejudicando a eficiência econômica da cidade com ônus para toda a população.

## 21.4 O TEMPO DE VIAGEM E A OCUPAÇÃO DO SOLO

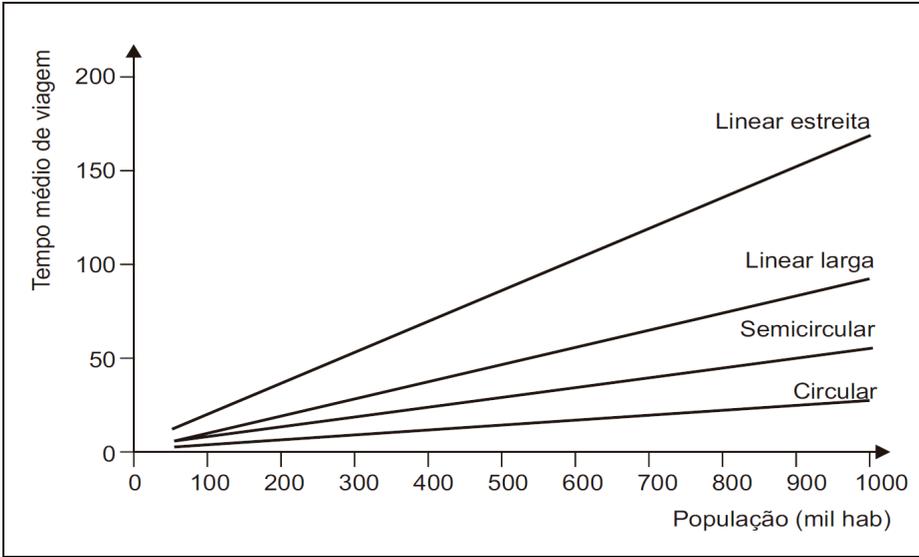
Para ilustrar a influência da forma e da densidade de ocupação do solo no tempo de viagem por transporte público, são apresentados os resultados obtidos por Macedo (1991) utilizando o modelo teórico denominado Temco, cujas hipóteses são as mesmas do modelo Transco citadas anteriormente. Também nesse caso, por se tratar de um modelo teórico simplificado os resultados expressam apenas tendências.

A Figura 21.3 mostra a influência do formato da cidade no tempo de viagem por ônibus, enquanto a Figura 21.4 apresenta a influência da densidade populacional no tempo de viagem para o caso das cidades com formato circular.

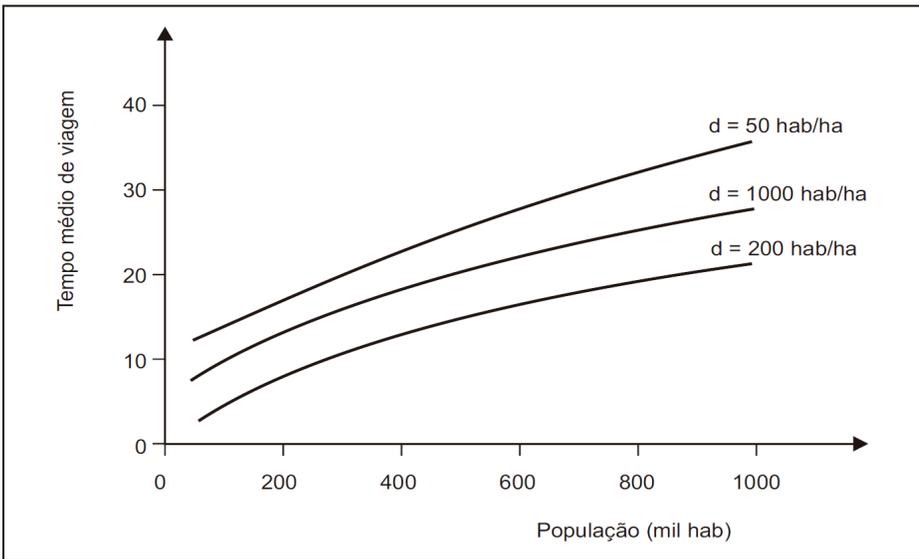
Como se pode observar na Figura 21.3, o tempo de viagem é maior nas cidades com formato linear em relação às cidades circulares e semicirculares, devido à maior distância das viagens.

Supondo, para efeito de comparação, uma população de 500 mil habitantes, obtêm-se os seguintes valores aproximados do tempo relativo em função do formato da cidade: circular = 20 (valor de referência), semicircular = 35 (1,75 vez maior), linear larga = 50 (2,5 vezes maior) e linear estreita = 80 (4 vezes maior).

A Figura 21.4 mostra que, quanto menor a densidade populacional, maior o tempo de viagem. A razão é, novamente, o aumento da distância de transporte.



**Figura 21.3** Tempo de viagem no transporte coletivo x população para diferentes formatos de cidade. *Fonte:* Macedo (1991).



**Figura 21.4** Tempo de viagem no transporte coletivo x população nas cidades circulares para diferentes densidades populacionais. *Fonte:* Macedo (1991).

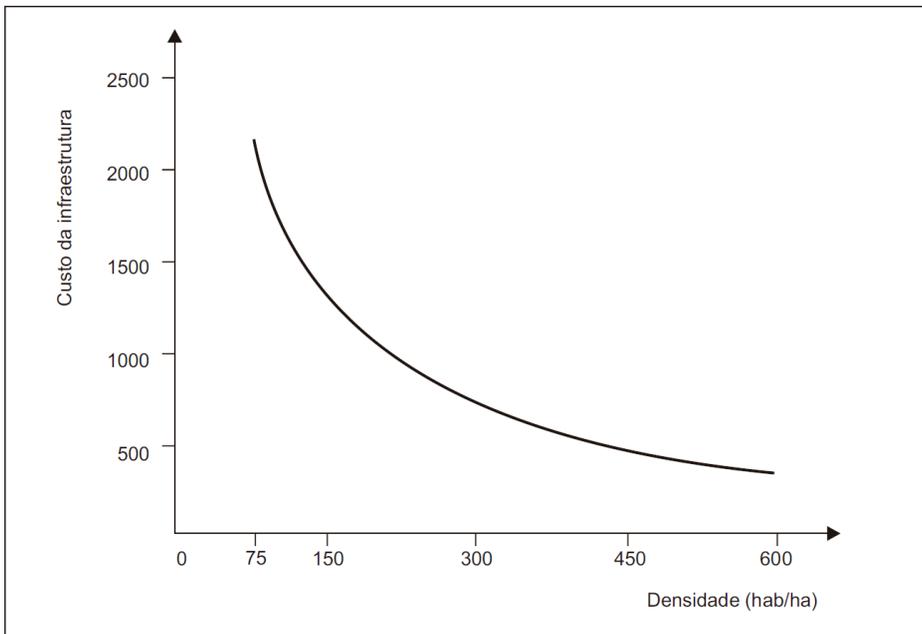
Tomando por referência uma cidade circular com população de 500 mil habitantes, são obtidos os seguintes valores relativos do tempo de viagem por transporte coletivo: tempo de viagem = 15 (valor de referência) para uma

densidade de 200 hab./ha, 21 para 100 hab./ha (1,4 vez maior) e 27 para 50 hab./ha (1,8 vez maior).

Esses valores mostram que o crescimento desordenado das cidades implica maiores tempos de viagem por transporte público, prejudicando os usuários.

## 21.5 O CUSTO DA INFRAESTRUTURA E A OCUPAÇÃO DO SOLO

A densidade de ocupação do solo não influi apenas no custo e no tempo de viagem por transporte público, mas também apresenta grande impacto no custo da infraestrutura dos outros serviços públicos, como ilustra a Figura 21.5, apresentada por Silva (1990) e construída com base no trabalho de Mascaró (1979).



**Figura 21.5** Custos de infraestrutura x densidade. *Fonte:* Silva (1990), com dados de Mascaró (1979).

Para efeito de comparação, considere os seguintes casos: densidade bruta de 50 hab./ha (comum nas cidades brasileiras), 100 hab./ha (valor obtido sem verticalização das construções, mas com ocupação de todos os lotes) e 200 hab./ha (valor associado a uma ocupação sem vazios e com alguma verticalização). Os custos totais aproximados da infraestrutura associados a cada um desses valores são, grosso modo, de: 1.000 US\$/hab. (valor de referência) para 200 hab./ha, 1.500 US\$/hab. (1,5 vez maior) para 100 hab./ha e 3.000 US\$/hab. (3 vezes maior) para uma densidade de 50 hab./ha.

Como visto, é grande o prejuízo que o crescimento desordenado traz para a eficiência econômica das cidades, comprometendo a sustentabilidade econômica com justiça social.

## 21.6 AS CARACTERÍSTICAS DA CIDADE E O TIPO DE TRANSPORTE PÚBLICO

O sistema de transporte público coletivo urbano mais indicado, considerando o binômio qualidade e eficiência, depende das características da cidade.

As principais características dos núcleos urbanos da cidade que influem na definição do tipo de sistema de transporte público são: tamanho, forma, grau de descentralização das atividades e índice de utilização do transporte público. A seguir são comentados, de forma sucinta, cada um desses aspectos.

### Forma

Nas cidades com formato circular, ocorre grande dispersão da demanda ao longo dos vários eixos radiais de transporte, havendo viabilização do emprego de modos de transporte de maior capacidade (sobre trilhos ou pneus) somente quando a população da cidade atinge valores altos.

Nas cidades lineares, ao contrário, há grande concentração da demanda ao longo da maior dimensão, o que leva à viabilização do emprego de modos de transporte de maior capacidade para menores valores da população.

### Grau de descentralização das atividades

O grau de descentralização das atividades comerciais e de prestação de serviços também influi de maneira decisiva no tipo de sistema de transporte público.

Nas cidades com grande concentração de comércio e serviços na área central, a rede de transporte deve ser constituída de linhas radiais e diametrais. No caso da existência de um processo de descentralização avançado, é necessário complementar a rede de rotas radiais e diametrais com rotas circulares e tangenciais, a fim de reduzir a necessidade de transbordo entre veículos e diminuir os tempos de viagem.

Nas cidades muito descentralizadas pode ser viável o emprego de uma rede de transporte público em grelha ou malha, ou de um sistema de linhas tronco ligando as estações (terminais) implantadas nos principais polos comerciais, complementado com linhas alimentadoras e linhas comuns.

## Índice de utilização do transporte público

Sendo baixo o índice de utilização do transporte público, as demandas são pequenas e um sistema de ônibus ou bonde comum, mesmo nas cidades maiores, atende adequadamente à necessidade da população.

Se, ao contrário, o índice de utilização do transporte público é grande, as demandas são elevadas, necessitando de modos de transporte público de maior capacidade: BRT, VLT, metrô, trem urbano, ônibus articulados ou biarticulados operando em canaletas etc.

O índice de utilização do transporte público depende, principalmente, dos quatro seguintes fatores:

- ◆ Desenvolvimento socioeconômico – quanto maior a renda da população, maior a frota de veículos particulares por habitante e, em geral, maior o número de viagens por automóvel e motocicleta e menor a utilização do transporte público.
- ◆ Qualidade e preço do sistema de transporte público – quanto menor o preço e melhor a qualidade, maior a utilização do transporte coletivo.
- ◆ Ações de restrição ao uso do carro – a existência de restrições ao uso do carro, como, por exemplo, a proibição de circulação de parte da frota nos horários de pico ou em alguns dias da semana, cobrança de pedágio para acesso à região central, custo elevado de estacionamento etc. aumentam o uso do transporte público.
- ◆ Cultura/conscientização – a cultura/conscientização da população da importância para a comunidade de usar menos o carro e mais o transporte público e semipúblico, sobretudo nas viagens por motivo de trabalho e estudo, aumenta a utilização do transporte coletivo.

## Tamanho

O tamanho da cidade é o principal fator que influi no tipo de sistema de transporte coletivo. A seguir são colocadas, em linhas gerais, as características do sistema de transporte coletivo indicado para distintas classes de cidades classificadas quanto ao tamanho (os valores da população foram adotados). Essas observações valem, sobretudo, para as cidades brasileiras.

### Cidades com população de até 400 mil habitantes

Mesmo com a grande descentralização das cidades, fenômeno que tem sido observado no Brasil e em muitos outros países, a região central continua sendo o principal polo de atração das viagens por transporte coletivo. Apenas para exemplificar, em uma cidade de porte médio do Estado de São Paulo,

há 30 anos a região central de comércio e serviços atraía cerca de 75% das viagens por transporte coletivo; atualmente, atrai aproximadamente 25%.

Mesmo com a forte descentralização, nas cidades com população de até 400 mil habitantes, a rede de transporte coletivo é, em geral, constituída de linhas radiais e/ou diametrais operadas com micro-ônibus e/ou ônibus normal ligando as diversas regiões com a área comercial central, que continua sendo o principal polo de atração de viagens. Em algumas delas, para evitar a necessidade de transbordo na área central são também operadas linhas tangenciais nos horários de pico, ligando bairros populares densos com outros polos de atração de viagens, como shopping centers, região com concentração de serviços de saúde (hospitais, laboratórios e consultórios), distritos industriais, universidades etc.

A vantagem da rede constituída de linhas radiais/diametrais é que há concentração da demanda em um número menor de linhas, tornando viável o emprego de frequências maiores (intervalos entre atendimentos menores) – um quesito relevante no tocante à qualidade e eficiência do serviço. Esse desenho da rede tem o inconveniente de levar à necessidade de grande número de transbordos, que, quando realizado em local adequado e com integração tarifária, é relativamente bem aceito pelos usuários. Na rede radial também é, em geral, maior a eficiência do serviço.

Com as linhas radiais e diametrais são garantidas viagens diretas (sem necessidade de transbordo) entre todas as regiões da cidade e a área central. Também não é necessário transbordo nas viagens entre regiões atendidas pela mesma linha, daí a vantagem das linhas diametrais em relação às radiais.

A integração física entre as linhas é, comumente, proporcionada por um terminal (local abrigado com bancos para sentar, banheiros, bebedouros de água etc.) na área central, pelo qual passam todas as linhas. Nesse local ocorre a maior parte dos transbordos, pela passagem de todas as linhas e pela comodidade oferecida. No terminal central, também é comum realizar o controle dos horários dos ônibus nas diversas linhas; em muitas cidades, esse controle é realizado em pontos extremos nos bairros.

O controle do pagamento da passagem é, normalmente, realizado com bilhetagem eletrônica que utiliza validadores (microprocessadores) e cartões inteligentes, visando a maior agilidade nas operações de embarque, controle total da arrecadação e da operação e obtenção automática de informações sobre a oferta e a demanda.

A bilhetagem eletrônica também proporciona integração tarifária. Como as informações do horário de utilização do primeiro coletivo ficam armazenadas, as viagens subsequentes realizadas dentro de um intervalo de tempo prefixado não são cobradas (não são debitados valores do cartão). Isso per-

mite que a transferência de um veículo para outro, sem novo pagamento, seja realizada em qualquer lugar.

Em algumas cidades, o terminal central é “fechado”, com o passageiro pagando a passagem na entrada do mesmo e o embarque sendo realizado pela porta de desembarque (após a catraca). Com isso, também fica viabilizada a integração tarifária, pois o passageiro que desce de um ônibus dentro do terminal faz o reembarque em outro pela porta de desembarque, portanto, sem necessidade de pagar novamente.

Nas cidades com até 100 mil habitantes, é possível, muitas vezes, utilizar integração sincronizada no tempo. Isso implica planejar o desenho da rede de linhas, os itinerários das mesmas e a programação da operação, de maneira que coletivos de todas as linhas cheguem mais ou menos nos mesmos horários ao terminal central, permanecendo aí cerca de 5 a 10 minutos e partindo no horário programado. Com isso, os usuários realizam transbordo sem praticamente nenhuma espera.

### **Cidades com população entre 400 e 800 mil habitantes**

Também nas cidades com população entre 400 e 800 mil habitantes, o fenômeno da descentralização das atividades tem sido marcante.

Nessas cidades, a rede de transporte coletivo é mais complexa, sendo constituída de linhas radiais, diametrais, circulares e tangenciais. Dependendo da demanda na linha, são utilizados micro-ônibus, ônibus comum ou mesmo ônibus articulado.

As linhas circulares e tangenciais, operando em todo o período ou nos horários de pico, ligam bairros populares densos com outros polos de atração de viagens (shopping centers), região com concentração de serviços de saúde (hospitais, laboratórios e consultórios), distritos industriais, universidades etc. Essas linhas são utilizadas para reduzir os tempos de viagem, minimizar a necessidade de transbordo dos passageiros na área central e evitar o acúmulo de ônibus na mesma.

Comumente, a integração física é proporcionada pela existência de um ou mais terminais na região central, pelos quais devem passar as linhas radiais e diametrais, e com a implantação de miniterminais (de maior ou menor porte, dependendo da situação) nos locais de cruzamentos, fora da área central, entre as linhas, sobretudo das radiais e diametrais com as circulares e tangenciais.

Com relação ao sistema de bilhetagem e às integrações física e tarifária, valem as mesmas considerações feitas para o caso das cidades com até 400 mil habitantes.

Nesse porte de cidade é comum o emprego de faixas exclusivas ou preferenciais para os ônibus nas vias situadas na região central, medida que às vezes também é empregada nas vias de ligação onde há grande concentração de coletivos (corredores de ônibus).

Nos horários de pico da manhã e da tarde, é usual, para reduzir o tempo de viagem e aumentar a eficiência na utilização da frota, utilizar linhas especiais com viagens expressas (sem parada intermediária), ligando regiões distantes com a área central, e/ou semiexpressas (com algumas paradas intermediárias), com a volta vazia no sentido de menor demanda.

Nos bairros com baixa ocupação, ou com acesso difícil por razões topográficas ou viárias, ou com vias não pavimentadas, pode haver atendimento com linhas alimentadoras de linhas principais, operadas com micro-ônibus ou mesmo vans. Na maioria dos casos, esse transporte pode ser realizado gratuitamente.

### **Cidades com população acima de 800 mil habitantes**

Nas cidades com população acima de 800 mil habitantes, também é utilizada uma rede de transporte coletivo constituída de linhas radiais, diametrais, circulares e tangenciais. Sobre esse desenho de linhas, valem as mesmas considerações feitas para o caso das cidades com população entre 400 e 800 mil habitantes.

Como nessas cidades já existe, em geral, grande superposição de linhas em alguns corredores (por força da configuração viária), é indicado o emprego de linhas troncais operadas com tecnologias diferenciadas (metrô, VLT, BRT, ônibus articulado ou biarticulado em faixas exclusivas segregadas etc.). Nas linhas troncais, em geral as paradas são feitas em terminais/estações fechadas, com a bilhetagem sendo realizada fora dos veículos, nas entradas das estações, para agilizar as operações de embarque e desembarque.

Normalmente, a demanda de passageiros é concentrada nas linhas troncais, mediante o emprego de linhas alimentadoras operadas por ônibus comum ou micro-ônibus. A integração física é feita em estações/terminais apropriados.

Com relação ao sistema de bilhetagem e às integrações física e tarifária, valem as mesmas considerações feitas para o caso das cidades com até 400 mil habitantes.

Nas linhas troncais e em linhas independentes de grande demanda, são geralmente utilizadas, sobretudo nos horários de pico, viagens expressas e/ou semiexpressas, que nas linhas troncais necessitam de faixa de ultrapassagem nas estações.

Também para esse porte de cidades, nos bairros com baixa ocupação, ou com acesso difícil por razões topográficas ou viárias, ou com vias não

pavimentadas, pode haver atendimento com linhas alimentadoras de linhas principais, operadas com micro-ônibus ou mesmo peruas. Muitas vezes, esse transporte pode ser realizado gratuitamente.

Nas grandes cidades, para atrair os usuários do transporte individual, é indicado implementar grandes áreas de estacionamento para carros, motocicletas e bicicletas (a preço baixo ou mesmo gratuito) junto às estações (terminais) das linhas troncais, para incentivar a integração transporte individual-transporte público, evitando, assim, que muitos veículos utilizados no transporte individual necessitem ir até a região central congestionada.

## 21.7 TEMAS CORRELATOS

### A Agenda 2030 da ONU

A Agenda 2030 da ONU (Organização das Nações Unidas) é um plano global para que se conceba um mundo melhor para todos os povos e nações até o ano de 2030. A Assembleia Geral das Nações Unidas, realizada em Nova York, em setembro de 2015, com a participação de 193 estados-membros, estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Vale reproduzir aqui o Objetivo 11 da Agenda 2030, que trata da questão das cidades. Em particular, o transporte urbano e o transporte público são referidos no item 11.2.

### **Objetivo 11 da Agenda da 2030 da ONU: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.**

**11.1** Até 2030, garantir o acesso de todos à habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas.

**11.2** Até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos.

**11.3** Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países.

**11.4** Fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo.

**11.5** Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e substancialmente diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto

global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade.

**11.6** Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.

**11.7** Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência.

**11.a** Apoiar relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, periurbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento.

**11.b** Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis.

**11.c** Apoiar os países menos desenvolvidos, inclusive por meio de assistência técnica e financeira, para construções sustentáveis e resilientes, utilizando materiais locais.

## Um enfoque inovador na integração no transporte urbano: o MaaS

Em um contexto mais geral de integração dos modos de transporte, em processo de implementação em diversos países, vale mencionar o surgimento de um novo modelo de negócios, denominado de MaaS (*Mobility as a Service* – Mobilidade como um Serviço), que, com a ajuda da tecnologia, atua no sentido de promover a integração entre os diversos modos de transporte, visando à maior racionalidade no funcionamento do sistema e benefícios aos usuários.

O MaaS é, assim, uma plataforma que integra os diferentes modais e permite a gestão e a comercialização do serviço de transporte. Por meio de aplicativos, os operadores podem oferecer um conjunto de serviços com tarifas predefinidas.

## Avaliação da mobilidade urbana

Diversos métodos de avaliação da qualidade da mobilidade urbana têm sido desenvolvidos com o objetivo de “medir” a qualidade da mobilidade, considerando-se diversos parâmetros, em especial a sustentabilidade. A maioria desses métodos foi criada nos países desenvolvidos.

Esses modelos são extremamente úteis na comparação do desempenho das cidades no tocante à mobilidade, permitindo classificar as que têm maior ou menor êxito em suas políticas de mobilidade. Também, acompanhar/monitorar, ao longo do tempo, a implementação de planos e projetos voltados para a melhoria da mobilidade nos núcleos urbanos.

No Brasil, ficou bastante conhecido e é muito utilizado um método desenvolvido na Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (USP), denominado Índice de Mobilidade Urbana Sustentável – IMUS. O modelo envolve o uso de 87 indicadores; alguns trabalhos posteriores têm buscado simplificar o processo de avaliação da mobilidade urbana, utilizando menor número de indicadores para tornar mais simples sua aplicação.

## 21.8 QUESTÕES

1. Quais as funções básicas das cidades de acordo com o enfoque clássico do urbanismo?
2. Quais os requisitos mínimos para haver justiça social em uma cidade?
3. O que significam *car cities* e *transit and walking cities*? Descrever resumidamente as vantagens das últimas sobre as primeiras.
4. Discorrer sobre a eficiência das cidades e o papel do transporte público nessa questão.
5. Que fenômeno Elmer Johnson denomina de “colisão entre cidades e carros”?
6. No que consiste um sistema de transporte urbano unimodal? E multimodal? E intermodal?
7. O que Weyrich e Lind afirmam sobre o uso do carro e do transporte público?
8. Que aspectos devem necessariamente estar presentes no planejamento do sistema de transporte de uma cidade?
9. Discorrer sobre o uso do solo na área central das cidades maiores.
10. Quais os principais fatores relacionados à ocupação e ao uso do solo que afetam o custo do transporte público por ônibus?
11. Discorrer sobre a influência da forma, do porte e da densidade da cidade no custo do transporte público por ônibus.
12. Comentar sobre a influência da morfologia da cidade no tempo de viagem por transporte público.

13. Explanar sobre a influência da densidade de ocupação do solo no custo da infraestrutura pública de uma cidade.
14. Quais os principais aspectos que afetam o índice de utilização do transporte público em uma cidade?
15. Quais as características do sistema de transporte público urbano nas cidades com até 400 mil habitantes?
16. E naquelas com população entre 400 e 800 mil habitantes?
17. E naquelas com população acima de 800 mil habitantes?
18. Discorrer sobre a Agenda 2030 da ONU.
19. Comentar sobre a ferramenta MaaS.
20. Discorrer sobre a avaliação da qualidade da mobilidade urbana.

# BIBLIOGRAFIA

- ADLER, H. Avaliação econômica dos projetos de transportes: metodologia e exemplos. Editora Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro, 1978.
- AGUIAR, E. M. Análise crítica dos indicadores de eficiência e eficácia propostos para avaliação de sistemas de transporte público urbano. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1985.
- ALEN, W. G.; CESARE, F. O. Transit service evaluation: preliminary identification of variables characterizing level of service. Transportation Research Record 606, pp. 41-47, TRB. Washington, DC, 1976.
- ALTER, C. H. Evaluation of public transit services: the level of service concept. Transportation Research Record 606, pp. 37-40, TRB. Washington, DC, 1976.
- ANTP / SIMOB. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Relatório geral 2018. Maio de 2020.
- ASSIS, M. F. Avaliação do desempenho e adequação de sistemas de transporte público, por ônibus, de cidades de porte médio em relação a sua estrutura urbana. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1987.
- ANTP – Associação Nacional de Transportes Público. SIMOB–Sistema de Informações da Mobilidade Urbana. Relatório Geral 2018. Maio de 2020.
- BAKKER, J. J. Transit operating strategies and levels of service. Transportation Research Record 606, pp. 1-5, TRB. Washington, DC, 1976.
- BELLACICCO, A.; COSSETO, S.; WILSON, A. G. Dynamic models for person transportation and their relationship to urban structure and change. European Journal of Operational Research 31, pp. 209-214. Holland, 1987.
- BOTZOW, H. Level of service concept for evaluating public transport. Transportation Research Record 519, pp. 73-84, TRB. Washington, DC, 1974.
- BRANCO, A. M. Transporte urbano no Brasil. III Congresso Anual da ANTP. Recife, 1981.
- CALVETE, F. J. V. Transportes urbanos. Editora Dossat. Madrid, 1970.
- CARVALHO, C. A. B. Procedimento de otimização de desempenho do transporte coletivo por ônibus. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 1984.
- CET-SP – Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. São Paulo, 1979.
- DAJANI, J. S.; GILBERT, G. Measuring the performance of transit systems. Transportation Planning and Technology, pp. 97-103. London, 1978.
- DAROS, E. J. Qualidade dos serviços em transporte público. Revista dos Transportes Públicos, n. 41, pp. 87-93, ANTP. São Paulo, 1988.
- DI PIERRO, L. F. Estrutura urbana e consumo energético. Escola Politécnica, USP. São Paulo, 1982.

EBTU – EMPRESA BRASILEIRA DOS TRANSPORTES URBANOS. Sistema local de transportes urbanos. Brasília, 1986.

FARIA, C. A. Percepção do usuário com relação às características do nível de serviço do transporte coletivo urbano por ônibus. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1985.

FERRARI, C. Curso de planejamento municipal integrado. 2ª ed. Editora Livraria Pioneira. São Paulo, 1979.

FERRAZ, A. C. P. Transporte público urbano. Notas de aula do curso de pós-graduação em Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1987.

FERRAZ, A. C. P. A qualidade do serviço de transporte coletivo em cidades médias sob a ótica dos usuários. II Encontro Nacional da ANPET, vol. 1, pp. 111-126. São Paulo, 1988.

FERRAZ, A. C. P.; KFOURI, E. V. Transporte coletivo e ocupação do solo na cidade de Araraquara. II Encontro Nacional da ANPET, vol. 1, pp. 127-132. São Paulo, 1988.

FERRAZ, A. C. P. Sobre a eficiência e a eficácia do transporte público nas cidades médias. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1990.

FERRAZ, A. C. P.; ZANELLA, C. Método DETESC para cálculo e gerenciamento da tarifa nas cidades médias e pequenas. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1991.

FERRAZ, A. C. P.; BRASILEIRO, L. A. Sincronização de horários dos ônibus nas cidades médias e pequenas. Revista de Transporte e Tecnologia, n. 8, pp. 96-100, Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1992.

FERRAZ, A. C. P.; XAVIER, A. G.; BARROS, L. A. T. Erros econômicos nos métodos de cálculo de tarifa. Revista dos Transportes Públicos, n. 55, pp. 125-130, ANTP. São Paulo, 1992.

FERRAZ, A. C. P. El método Leones para cálculo de la tarifa de los autobuses urbanos. Logit. León, México, 1998.

FERRAZ, A. C. P.; MARTÍNEZ, M. R. La transformación del transporte público. Revista Ruta 2000, ano 1, n. 3, pp. 30-31, AMIT – Asociación Mexicana de Ingeniería de Transportes A. C. México, DF, 1999.

FERRAZ, A. C. P.; PACHECO, R. L. Calidad total en el transporte público urbano. Revista Ruta 2000, ano 1, n. 2, pp. 28-30, AMIT – Asociación Mexicana de Ingeniería de Transportes A. C. México, DF, 1999.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. Transporte Público Urbano. 2ª edição. São Carlos, Editora Rima, 2004.

FERRAZ, A. C. P. O sistema de trânsito e de transporte público de Araraquara. IX Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte. Em disquete. La Habana, Cuba, 1996.

FERRAZ, A. C. P. Escritos sobre transporte, trânsito e urbanismo. Editora São Francisco. Ribeirão Preto, 1998.

FERREIRA, A. C. M. Tarifação viária urbana: financiando os transportes públicos e resolvendo os congestionamentos. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2004.

FICHTER, D. High-quality, city-wide, transit, with buses. Highway Research Record 459, pp. 40-52, HRB. Washington, DC, 1973.

- FIELDING, G. J.; BLANKENSHIP, D. P.; TARDIFF, T. Consumer attitudes toward public transit. *Transportation Research Record* 563, pp. 22-28, TRB. Washington, DC, 1976.
- FIELDING, G. J.; BABITSKY, T. T.; BRENNER, M. E. Performance evaluation for bus transit. *Transportation Research – A*, vol. 19, n. 1, pp. 73-82. Oxford, 1985.
- FINEP – FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. Aspectos metodológicos para implantação de trólebus em corredores urbanos. Brasil, 1983.
- FIPAI – FUNDAÇÃO PARA O INCREMENTO DA PESQUISA E DO APERFEIÇOAMENTO INDUSTRIAL. Plano de racionalização do sistema de transporte público coletivo de Araraquara. São Carlos, 1987.
- FIPAI – FUNDAÇÃO PARA O INCREMENTO DA PESQUISA E DO APERFEIÇOAMENTO INDUSTRIAL. Plano de racionalização do sistema de transporte público coletivo de Matão. São Carlos, 1995.
- FIPAI – FUNDAÇÃO PARA O INCREMENTO DA PESQUISA E DO APERFEIÇOAMENTO INDUSTRIAL. Plano de racionalização do sistema de transporte público coletivo de São José do Rio Preto. São Carlos, 2021.
- FIPAI – FUNDAÇÃO PARA O INCREMENTO DA PESQUISA E DO APERFEIÇOAMENTO INDUSTRIAL. Plano de racionalização do sistema de transporte público coletivo de Rio Verde. São Carlos, 2021.
- FIPAI – FUNDAÇÃO PARA O INCREMENTO DA PESQUISA E DO APERFEIÇOAMENTO INDUSTRIAL. Plano de racionalização do sistema de transporte público coletivo de diversas cidades. São Carlos, 2022.
- GARGETS, A.; WALLIS, I. Transit service performance assessment in Adelaide. *Transport Reviews* 1, pp. 75-92. London, 1989.
- GEIPOT – EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES. Estudo da demanda de transportes urbanos – Diagnóstico 1981. Brasília, 1985.
- GEIPOT – EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES. Cálculo de tarifas de ônibus urbanos. 2ª ed. Brasília, 1996.
- GEIPOT – EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES. Transportes no Brasil: história e reflexões. Editora Universitária da UFPE. Recife, 2001.
- GRAY, G. E.; HOEL, L. Public transportation: planning, operations and management. Editora Prentice-Hall. New Jersey, 1992.
- HCM (Highway Capacity Manual). TRB, 2000.
- HEATHINGTON, K. W. Application of levels of service and marketing in public transportation planning. *Specialty Conference on Urban Transportation Efficiency*, pp. 177-185, ASCE. New York, 1977.
- HERNÁNDEZ, A. A. La operación de los transportes. México, DF, 1997.
- HUTCHINSON, B. G. Princípios de planejamento de sistemas de transporte. H. O. M. Barros (trad.), Editora Guanabara Dois. Rio de Janeiro, 1979.
- IBAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. *Revista de Administração Municipal*, n. 199. Rio de Janeiro, 1991.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISAS APLICADAS; ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE PÚBLICO. Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público. Relatório-síntese. Brasília, 1998.

ITE – INSTITUTE OF TRAFFIC ENGINEERS. Transportation and traffic engineering handbook. Editora Prentice-Hall. New Jersey, 1976.

JANSON, B. N.; GOROSTIZA, C. Z.; SOWTHWORTH, F. Network performance evaluation model for HOV facilities. *Journal of Transportation Engineering*, vol. 113, n. 4, pp. 381-401. New York, 1987.

KANAFANI, A. On the energy requirements of public transport technologies. *Transportation Planning and Technology*, vol. 9, n. 2, pp. 109-114. London, 1984.

KASOFF, M. J. The quality of service and transit use. *Traffic Quarterly*, vol. XXIV, n. 1, pp. 107-119. New York, 1970.

KAWAMOTO, E. Um novo enfoque do processo de escolha em transporte com tratamento baseado na psicofísica multidimensional. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1987.

KAWAMOTO, E. Custo e nível de serviço no transporte público por ônibus. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1984.

KECK, C. A.; ZERRILLO, R. J.; SCHNEIDER, N. R. Development of multimodal performance measures for transit systems in New York State. *Transportation*, vol. 9, n. 4, pp. 355-367. Amsterdam, 1980.

KUAH, G. K.; PERL, J. The feeder – bus network design problem. *Journal of the operational research society*, vol. 40, n. 8, pp. 751-767. Oxford, 1989.

LEE, D. Transit cost and performance measurement. *Transport Reviews*, vol. 9, n. 2, pp. 147-170. London, 1989.

LIMA, I. M. O. O novo e o velho na gestão da qualidade do transporte urbano. Edipro – Edições Profissionais Ltda. São Paulo, 1996.

MASCARÓ, J. L. Custos de infra-estrutura: um ponto de partida para o desenho econômico urbano. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP. São Paulo, 1979.

MASCARÓ, J. L. A forma urbana e seus custos. SEDUR, pp. 61-68. São Paulo, 1986.

MBB – MERCEDEZ BENZ DO BRASIL S.A. Sistema de transporte coletivo urbano por ônibus – planejamento e operação. São Bernardo do Campo, 1987.

McCROSSON, D. F. Choosing performance indicators for small transit systems. *Transportation Engineering*, vol. 3, pp. 22-26. New York, 1978.

MERINO, E. D.; PERONDI, I. Movilidad sustentable – políticas adoptadas en países desarrollados y su potencial aplicación a la realidad latinoamericana. *Revista Ruta 2000*, ano 1, n. 4, pp. 28-31. AMIT – Asociación Mexicana de Ingeniería de Transportes A. C. México, DF, 1999.

MERLIN, P. Energy savings in transport. *Transportation Planning and Thecnology*, vol. 8, n. 1, pp. 39-52. London, 1983.

MOBILIZE BRASIL. São Paulo, 2023.

MOLINERO, A. R. M.; ARELLANO, L. I. S. Transporte público: planeación, diseño, operación y administración. 2ª ed. Estado de México. México, DF, 1997.

- MORLOK, E. K. Introduction to transportation engineering and planning. Editora McGraw-Hill. New York, 1978.
- NOVAK, H. As cidades do Brasil do futuro. Revista de Administração Municipal, vol. 35, n. 186, pp. 6-20. Rio de Janeiro, 1988.
- NTU – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. 100 anos do transporte urbano no Brasil. Technibus Editora. Brasília, 1997.
- OLIVEIRA, J. A. N. Engenharia econômica: uma abordagem às decisões de investimentos. Editora McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, 1982.
- ORRICO, R. D.; BRASILEIRO, A.; SANTOS, E. M.; ARAGÃO, J. J. G. Ônibus urbano: regulamentação e mercados. Editora LGE. Brasília, 1996.
- PAMPOLHA, V. M. P.; FERRAZ, A. C. P.; SILVA, A. N. R. Sobre a eficiência do serviço de táxis nas cidades médias brasileiras – um estudo de caso. VI Congresso Latinoamericano de Transporte Público, pp. 175-183. San José, Costa Rica, 1993.
- POMERANZ, L. Elaboração e análise de projetos. 2ª ed. Editora Hucitec. São Paulo, 1988.
- PROTRAN ENGENHARIA S/C LTDA. Plano de racionalização do sistema de transporte público de São José do Rio Preto. São Paulo, 1985.
- RODRIGUES, J. C.; NOVAES, A. G. N. Consumo energético no transporte urbano de passageiros. Revista dos Transportes Públicos, n. 19, pp. 21-37, ANTP. São Paulo, 1983.
- SANCHEZ, S. P. Contribuição à análise operacional de redes de transporte coletivo em cidades de porte médio. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1988.
- SARAIVA, M. A cidade e o tráfego – uma abordagem estratégica. Editora Universitária, UFPE. Recife, 2000.
- SCHÉELE, S. A supply model for public transit services. Transportation Research – B, vol. 14, pp. 133-146. Oxford, 1980.
- SIMOB, BNDES, Cooperação Financeira Alemã/Banco KFW e Oficina Consultores. Guia TPC – Orientações para Seleção de Tecnologias e Implementação de Projetos de Transporte Público Coletivo. 1987.
- SHARMA, S. Intraurban transport – optimization through operations research techniques. Traffic Quarterly, vol. XXX, n. 3, pp. 371-390. New York, 1976.
- SILVA, A. N. R. Densidades urbanas econômicas: a influência do transporte público. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1990.
- SILVA, A. N. R.; FERRAZ, A. C. P. Densidades urbanas ´ custos de serviços públicos – análise do caso de São Carlos. Revista de Administração Municipal, vol. 38, n. 199, IBAM. Rio de Janeiro, 1991.
- SILVA, A. N. R. O custo do solo urbano ocioso e uma nova sistemática de tributação da propriedade. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1993.
- SILVA, A. N. R.; DEMARCHI, S. H.; FERRAZ, A. C. P. Integração tarifária no transporte por ônibus: com ou sem terminal? Revista dos Transportes Públicos, n. 63, pp. 89-94, ANTP. São Paulo, 1994.
- SPINELLI, L. B. Padrões de qualidade para o transporte público por ônibus nas cidades de porte médio. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1999.

SPIESS, H.; FLORIAN, M. Optimal strategies: a new assignment model for transit networks. *Transportation Research – B*, vol. 23B, n. 2, pp. 83-102. Oxford, 1989.

TALLEY, W. K.; ANDERSON, P. P. Effectiveness and efficiency in transit performance: a theoretical perspective. *Transportation Research – A*, vol. 15A, n. 6, pp. 431-436. Oxford, 1981.

TALVITIE, A.; DEGHANY, Y. Models for transportation level of service. *Transportation Research – B*, vol. 14B, pp. 87-99. Oxford, 1980.

TOMAZINI, A. R. Productivity, efficiency and quality in urban transportation systems. Lexington Books. Lexington, 1975.

TORRES, I. G. E. Embrión de un nuevo sistema de transporte – el caso de la ciudad de Puebla. *Revista Ruta 2000*, año 1, n. 3, pp. 16-19. AMIT – Asociación Mexicana de Ingeniería de Transportes A. C. México, DF, 1999.

TRANSPORTE MODERNO. Revista número 365. São Paulo, 2001.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway capacity manual. Special Report. Washington, DC, 2000.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Transit capacity and quality of service manual. TCRP Web Document 6. Washington, DC, 1999.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Energy effects, efficiencies and prospects for various modes of transportation. NCHRP, Synthesis 43. Washington, DC, 1977.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Bus route and schedule planning guidelines. NCHRP, Synthesis 69. Washington, DC, 1980.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Transportation planning for small and medium-sized communities. Special Report 187. Washington, DC, 1980.

UAZIRI, M.; DEACON, J. A. Choosing performance indicators for transit decision making. *Transportation Policy and Decision Making*, n. 4, pp. 323-340. Netherlands, 1986.

UTRB – URBAN TRANSPORTATION RESEARCH BRANCH OF TRANSPORT CANADA. The fundamentals of urban transit. Montreal, 1978.

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

VASCONCELLOS, E. A. A cidade, o transporte e o trânsito. Prolivros. São Paulo, 2005.

VAUGHAN, R. Optimum polar networks for an urban bus system with a many-to-many travel demand. *Transportation Research – B*, vol. 20, n. 3, pp. 215-224. Oxford, 1986.

VUCHIC, V. R. Urban public transportation – systems and technology. Editora Prentice-Hall. New Jersey, 1981.

VUCHIC, V. R. Transportation for livable cities. Center for Urban Policy Research. New Jersey, 2000.

WAISMAN, J. Avaliação do desempenho de sistemas de ônibus, em cidades de porte médio, em função de sua produtividade, eficiência operacional e qualidade dos serviços. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1983.

WORMALD, E. S.; OSUNA, E. E. Punto de vista del usuário sobre nivel de servicio. *Revista dos Transportes Públicos*, n. 41, pp. 97-114, ANTP. São Paulo, 1988.







ESTE LIVRO, ENDEREÇADO A ESTUDANTES E  
PROFISSIONAIS, CONTÉM OS PRINCIPAIS  
ASPECTOS RELATIVOS AO TRANSPORTE  
PÚBLICO COLETIVO URBANO.