

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

Planejamento, Energia e Meio Ambiente no Transporte Urbano

Autor: Mauro Donizeti Berni

Orientador: Sergio Valdir Bajay

Curso: em Planejamento de Sistemas Energéticos

Área de Concentração:

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 1998

S.P. - Brasil

UNIDADE BC
 CHAMADA UNICAMP
B457p
48876
16.837102
08/05/02
 PREÇO R\$ 11,00
 DATA 08/05/02
 Nº CPD

CM00167137-3

3 ID 239275

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
 BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

B457p Berni, Mauro Donizeti
 Planejamento, energia e meio ambiente no transporte
 urbano / Mauro Donizeti Berni. --Campinas, SP: [s.n.],
 1998.

Orientador: Sérgio Valdir Bajay.
 Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Transporte urbano. 2. Planejamento urbano 3.
 Energia - Planejamento. 4. Meio ambiente. I. Bajay,
 Sergio Valdir. II. Universidade Estadual de Campinas.
 Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

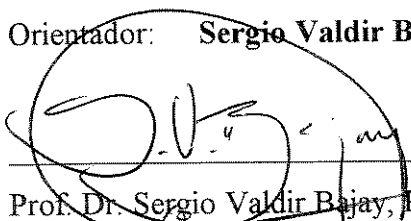
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENERGIA
SCPG-PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

TESE DE DOUTORADO

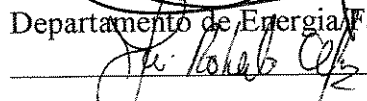
Planejamento, Energia e Meio Ambiente
no Transporte Urbano

Autor: **Mauro Donizeti Berni**

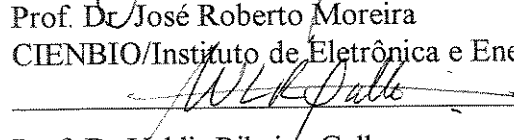
Orientador: **Sergio Valdir Bajay**



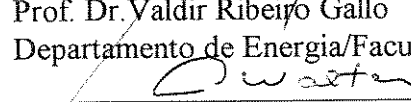
Prof. Dr. Sergio Valdir Bajay, Presidente
Departamento de Energia/Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP



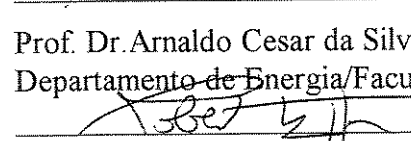
Prof. Dr. José Roberto Moreira
CIENBIO/Instituto de Eletrônica e Energia/USP



Prof. Dr. Valdir Ribeiro Gallo
Departamento de Energia/Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP



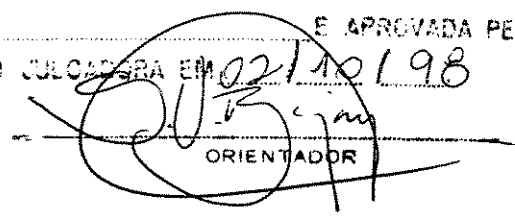
Prof. Dr. Arnaldo Cesar da Silva Walter
Departamento de Energia/Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP



Prof. Dr. Roberto Schaeffer
Programa de Planejamento Energético/COPPE/UFRJ

Campinas, 02 de Outubro de 1998

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Mauro Donizetti
E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 02/10/98


ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Planejamento, Energia e Meio Ambiente no Transporte Urbano

Autor: **Mauro Donizeti Berni**

Orientador: **Sergio Valdir Bajay**

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Sergio Valdir Bajay, orientador e amigo, pelo permanente incentivo, confiança e apoio desde 1990.

A todos os Colegas do Departamento de Energia e em especial, aqueles, do curso de Planejamento de Sistemas Energéticos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta tese.

Ao Prof. Dr. Arnaldo César da Silva Walter que mesmo fora do país, sempre incentivou-me e contribuiu para a realização desta tese e inúmeros outros trabalhos científicos.

Aos Professores Doutores Paulo Barros Correia, Sinclair Mallet Guy-Guerra, Valdir Ribeiro Gallo e Arsênio O. Sevá Filho, pelo apoio e as possibilidades abertas para trabalhos científicos conjuntos.

À FINEP e a Comunidade Econômica Européia pelo financiamento de projeto de pesquisa - contrato n. 4.1040/91-033D. Através deste projeto de pesquisa, tive a oportunidade de ampliar os meus conhecimentos no tema transporte urbano e a elaboração deste trabalho de doutoramento.

Dedicatória

Este trabalho revela o interesse e a preocupação por um transporte urbano mais humano, onde a busca por soluções sustentáveis deve ser o objetivo prioritário. A satisfação de apresentá-lo é dividida com aqueles que permanentemente me incentivaram:

Minha esposa, Gracinha.

Meus filhos, Samuel e Gabriel.

Sempre Queridos.

*Eu te conhecia só de ouvir mas
agora os meus olhos te vêem
(Jó 42,5)*

Resumo

BERNI, Mauro Donizeti, *Planejamento, Energia e Meio Ambiente no Transporte Urbano*, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998, 300 p., Tese (Doutorado)

Este trabalho trata do planejamento no transporte urbano enfatizando as questões energética e ambiental no país e em algumas das mais importantes cidades brasileiras. O setor de transportes possui um elevado potencial de conservação de energia, tendo sido realizados até agora poucos avanços nesta área, principalmente no Brasil. As possibilidades, estratégica e/ou economicamente vantajosas, de substituição de energéticos também são inúmeras. O transporte urbano, dada sua forte inserção na complexa problemática do planejamento urbano, representa o maior desafio, no setor, na busca de sua otimização energética.

A crescente preocupação, no Brasil e no mundo, com um melhor controle ambiental encontra, também, no transporte urbano um problema de difícil solução, devido aos pesados investimentos necessários para:

- viabilizar formas eficientes e pouco poluidoras de transporte coletivo;
- ampliar de forma satisfatória as redes viárias urbanas; e
- instalar equipamentos anti-poluição performantes e/ou utilizar combustíveis "limpos"; e devido às fortes resistências para se: - promover mudanças significativas na ocupação do espaço urbano, frequentemente bastante irracional nas médias e grandes cidades; e - alterar hábitos perdulários no transporte individual de passageiros.

O objetivo desta tese foi da realização de um estudo prospectivo para os próximos quinze anos, utilizando como base cenários de desenvolvimento sobre a possível evolução do planejamento

energético e ambiental do transporte urbano no país, no contexto da evolução prevista nos principais países desenvolvidos e em desenvolvimento. Além do passado recente, são marcos de referência no estudo: 2000 e 2010. Como determinantes principais da evolução do planejamento energético e ambiental do transporte urbano tem-se:

- o tipo de desenvolvimento dos espaços urbanos;
- as facilidades de financiamento para o transporte coletivo e para a construção e ampliação de vias urbanas;
- a legislação sobre a poluição causada por veículos;
- a disponibilidade e preço dos combustíveis factíveis de utilização no transporte urbano e;
- o desenvolvimento tecnológico dos veículos correspondentes.

As projeções da demanda energética e das emissões são feitas com o auxílio de modelos tipos econométrico/uso final. Estes modelos são utilizados nos estudos-de-casos sobre o transporte urbano em seis das maiores cidades brasileiras: Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro. A evolução técnica de automóveis, ônibus e trens urbanos é analisada em termos de competitividade, segurança, consumo específico e emissões de poluentes.

Finalmente, recomendações diversas, quantificadas quando possível e levando em conta especificidades regionais, são feitas com vistas à concretização das trajetórias mais interessantes do ponto de vista de otimização do consumo energético e melhoria do controle ambiental. Estas recomendações são dirigidas, para efeitos de implementação, aos órgãos governamentais, fabricantes de veículos e componentes e empresas de transporte pertinentes.

Palavras Chave

Planejamento Energético, Planejamento Ambiental, Transporte Urbano

Abstract

BERNI, Mauro Donizeti, *Energy Planning and Environment in Urban Transport*, Campinas,: Universidade Estadual de Campinas, 1998. 300 p. Tese (Doutorado)

The present thesis deals with urban transportation planning and, more specifically, with the main factors involved in the evolution of urban transportation energy usage and in environmental planning in Brazil, as a whole, and in some of the more important Brazilian cities. There is a great potential for energy conservation in the transportation sector, but little progress has been made thus far, in this sector, particularly in Brazil. There are innumerable strategic and/or economically interesting possibilities for fuel substitution. Because of its strong presence in the complex issues of urban planning, urban transportation represents a major challenge in the sector, as far as the optimization of energy consumption is concerned. The increasing concern, in Brazil and in the rest of the world, for the reduction of the negative impact of human activities on the environment comes up against the difficult challenge of solving the problem of urban transportation, because of the large investments that are necessary to:

- make feasible effective and low-pollution forms of collective transportation;
- increase, in a satisfactory manner, the urban transportation network; and
- install efficient anti-pollution equipment and/or to use "clean" fuels.

Other factors present are the strong resistance to making significant changes in the often irrational manner in which urban areas in medium and large cities are occupied, and in the wasteful habits dominant today in the individual transportation of passengers, in order to get good returns from these investments.

The objective of this thesis was to carry out a prospective study, for a planning period of fifteen years, based on alternative development scenarios concerning the possible evolution of urban transportation in Brazil, and in particular with regard to the implications on energy consumption and their environmental impact, within the framework of the projected development trends in the main developed and developing countries. Three time frames were used as reference period milestones for the purpose of the forecasting exercises: the recent past to the present, the medium term future up to the year 2000, and the long term future up to the year 2010. The main determining factors of the evolution of urban transportation energy usage and environmental planning are:

- the type of development of the urban areas;
- the facilities for the financing of collective transportation and of the expansion of the urban transportation network and the legislation concerning vehicular pollution;
- the availability and cost of the fuels that can be used for urban transportation; and
- the technological development of the urban transportation vehicles.

The forecasts of the energy demands and of the emissions in urban transportation were made with the help of mixed type econometric and end use models. These models were used in case studies of urban transportation, with emphasis on energy demand and environmental impact, in the following six large Brazilian cities: Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, São Paulo and Rio de Janeiro. The technological evolution of automobiles, buses and urban trains is carefully assessed in this thesis for the aspects of competitiveness, safety, specific fuel consumption and pollutant emission.

Finally, several recommendations are made in this thesis, quantified whenever possible, and taking into account regional characteristics, directed towards the materialization of the most interesting alternatives, in terms of the optimization of energy consumption and the improvement of environmental control. These recommendations are addressed to the proper governmental bodies, vehicle and vehicle component manufacturers, and pertinent transportation companies, for their implementation.

Key Words

Energy Planning, Environmental Planning, Urban Transport

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Índice

Lista de Figuras	xvi
Lista de Tabelas	xvii
Objetivos do trabalho	xxii
Plano de trabalho e as atividades desenvolvidas para atingir-se os objetivos propostos na tese	xxiv
Abrangência da tese e organização do texto final	xxvii

Capítulo 1 - Introdução

1.1 Energia, Meio Ambiente e Planejamento	001
1.2 A Relevância dos Transportes, Planejamento, Energia e Meio Ambiente no Contexto Urbano	006
1.3 Transporte Urbano e as Questões Energética e Ambiental	007
1.4 Perspectiva para o Transporte Público no Brasil	010
1.5 Referências Bibliográficas	011

Capítulo 2 - Evolução e Caracterização dos Principais Sistemas de Transportes Empregados no Transporte Urbano

2.1 Introdução	012
2.2 Os Sistemas de Transportes	013
2.3 Transporte Urbano e os Sistemas de Transporte Rodoviário	017
2.3.1 O Transporte urbano e a indústria montadora de autoveículos	022
2.4 Considerações Finais	032

2.5 Referências Bibliográficas	035
 Capítulo 3 - Transporte Urbano, Urbanização e a Questão Ambiental	
3.1 Introdução	037
3.2 Urbanização e a Questão Institucional	038
3.2.1 Perspectivas da urbanização	040
3.2.1.1 Crescimento vegetativo	040
3.2.1.2 êxodo rural	040
3.2.2 O Transporte urbano pré Constituição de 1988	041
3.2.3 O Transporte urbano pós Constituição de 1988	044
3.3 Transportes Urbanos: Situação atual e perspectivas	052
3.3.1 Dimensão e qualidade dos serviços de ônibus	052
3.3.2 Alternativas complementares ao transporte rodoviário urbano	055
3.3.3 A possível racionalização dos transportes urbanos	057
3.4 Referências Bibliográficas	059
 Capítulo 4 - Planejamento Urbano e do Transporte Urbano no Brasil e no Mundo: Metodologias, Políticas e Resultados	
4.1 Introdução	061
4.2 Planejamento Urbano e do Transporte Urbano	063
4.2.1 Circulação urbano; análise da demanda, da divisão modal e de rotas	064
4.3 A Questão do Planejamento do Transporte Urbano	070
4.3.1 A Questão das tarifas	075
4.3.2 Exemplos de gerenciamento do transporte urbano: Brasil e Mundo	079
4.4 Referências Bibliográficas	085
 Capítulo 5 - Custos e Externalidades Associados ao Transporte Urbano	
5.1 Introdução	086
5.2 Custos e Externalidades do Transporte Urbano	087
5.2.1 Âmbito Mundial	089

5.3 Custos e Externalidades do Transporte Individual	090
5.3.1 Transporte individual e externalidades na RM de São Paulo	092
5.3.2 Transporte individual e externalidades na cidade de Campinas	093
5.4 Considerações Finais	094
5.5 Referências Bibliográficas	095

Capítulo 6 - Planejamento, Combustíveis Alternativos, Desenvolvimento Tecnológico e Legislação no Controle de Emissões de Poluentes no Transporte Urbano

6.1 Introdução	096
6.2 Combustíveis Fósseis e as Emissões de Poluentes no Transporte Urbano	099
6.2.1 As emissões de poluentes e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente	102
6.3 Combustíveis Alternativos	105
6.3.1 Fatores de estímulos e restrições	106
6.3.2 Principais combustíveis alternativos	111
6.3.3 O Transporte urbano frente aos combustíveis alternativos	118
6.4 Desenvolvimento Tecnológico no Transporte Urbano	121
6.5 As Possibilidades de Controle das Emissões de Poluentes via Legislação	129
6.6 Considerações Finais	131
6.7 Referencias Bibliográficas	135

Capítulo 7 - Metodologias para o Planejamento Energético e Ambiental do Transporte Urbano

7.1 Introdução	137
7.2 Exemplo do Método de Análise Hierárquica	138
7.2.1 Breve descrição do Método de Análise Hierárquica e sua aplicação	139
7.3 Exemplo de Programação Multiobjetivo no Planejamento Energético e Ambiental do Transporte Urbano	141
7.3.1 Transporte e emissões de CO ₂	142
7.3.2 Estudo-de-Caso	145
7.3.2.1 Fundamentos teóricos da modelagem	145

7.3.3 Formulação do problema	148
7.3.4 Resultados	151
7.4 Referências Bibliográficas	155

Capítulo 8 - Planejamento Energético e Ambiental do Transporte Urbano: Estudos-de-Casos das Cidades de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro

8.1 Modelagem Econométrica/Usos Finais	157
8.1.1 Cenários de projeção	161
8.1.2 Cenários comuns a todos os estudos-de-casos	162
8.1.3 Modelagem de projeção das emissões e de gases poluentes	174
8.2 Estudo-de-Caso: Salvador, Estado da Bahia	180
8.2.1 Cenários de projeção	182
8.2.2 Modelo de projeção das frotas dos veículos seu uso e sua demanda energética	183
8.2.3 Projeções	187
8.3 Estudo-de-Caso: Curitiba, Estado do Paraná	196
8.3.1 Cenários de projeção	198
8.3.2 Modelo de projeção das frotas dos veículos seu uso e sua demanda energética	200
8.3.3 Projeções	204
8.4 Estudo-de-Caso: Brasília, Distrito Federal	214
8.4.1 Cenários de projeção	215
8.4.2 Modelo de projeção das frotas dos veículos seu uso e sua demanda energética	217
8.4.3 Projeções	221
8.5 Estudo-de-Caso: Campinas, Estado de São Paulo	231
8.5.1 Cenários de projeção	231
8.5.2 Modelo de projeção das frotas dos veículos seu uso e sua demanda energética	234
8.5.3 Projeções	238

8.5.4 Considerações finais	249
8.6 Estudo-de-Caso: São Paulo, Estado de São Paulo	251
8.6.1 Introdução	252
8.6.2 Automóveis - consumo de gasolina e álcool	252
8.6.3 Automóveis - emissões de poluentes	254
8.6.4 Ônibus - frota e consumo de óleo Diesel	256
8.6.5 Ônibus - emissão de poluentes	257
8.7 Estudo-de-Caso: Rio de Janeiro, Estado do Rio de Janeiro	258
8.7.1 Cenários de projeção	259
8.7.2 Modelo de projeção das frotas dos veículos seu uso e sua demanda energética	262
8.7.3 Projeções	265
8.8 Referências Bibliográficas	277
 Capítulo 9 - Conclusões e Recomendações	
9.1 Conclusões	281
9.1.1 A amplitude do trabalho realizado	281
9.1.2 Considerações Gerais	282
9.1.3 A questão ambiental	286
9.1.4 Planejamento e políticas	291
9.1.5 As projeções obtidas nos estudos-de-casos	295
9.2 Recomendações	308

Lista de Figuras

Capítulo 2

Figura 2.1 Maiores produtores mundiais de autoveículos	027
Figura 2.2 Vendas internas de autoveículos	031

Capítulo 6

Figura 6.1 Evolução dos preços do petróleo, gasolina e óleo Diesel no Brasil	109
Figura 6.2 Evolução da necessidade de refino de petróleo	119

Capítulo 7

Figura 7.1 Hierarquia dos impactos ambientais dos ônibus e metrô	140
Figura 7.2 Soluções eficientes no espaço X	147
Figura 7.3 Curva de <i>trade-off</i> no espaço Z	148
Figura 7.4 Trade-off: Custos x Emissões	152

Capítulo 9

Figura 9.1 Evolução do indicador “n. de automóveis/mil habitantes” em 1995 e 2010, nas cidades estudadas neste trabalho, cenário “tendencial”	298
Figura 9.2 Evolução do indicador “n. de automóveis/mil habitantes” em 1995 e 2010, nas cidades estudadas neste trabalho, no cenário “otimista”	299
Figura 9.3 Evolução do indicador “habitantes/ônibus” em 1995 e 2010 nas cidades objeto de estudo, de acordo com o cenário “otimista”	301

Lista de Tabelas

Capítulo 2

Tabela 2.1 Transportes de passageiros no Brasil, por sistema, em %, 1984-1993	013
Tabela 2.2 Tipos de ônibus e capacidade	015
Tabela 2.3 Demanda pelo transporte urbano e interurbano de passageiros, em milhões de pass.km, no Brasil	018
Tabela 2.4 Repartição modal da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, em %	020
Tabela 2.5 Principais frotas mundiais de autoveículos e total mundial, em mil unidades	023
Tabela 2.6 Frota brasileira de autoveículos, segundo DETRAN e ANFAVEA para o ano de 1994, em mil unidades	025
Tabela 2.7 Frota nacional de autoveículos conforme SINDIPEÇAS, em mil unidades	026
Tabela 2.8 Habitantes por autoveículo em alguns países - 1977 e 1993	027
Tabela 2.9 Produção brasileira de autoveículos - 1985 a 1995	028
Tabela 2.10 Produção de autoveículos por tipo de combustível - 1985/95, em %	029

Capítulo 3

Tabela 3.1 Estimativas dos deslocamentos motorizados por dia útil, por modalidade, em cidades com população superior a 100 mil habitantes	049
---	-----

Capítulo 5

Tabela 5.1 Estimativas dos custos externos do transporte urbano na CCE	089
--	-----

Capítulo 6

Tabela 6.1 Emissões no total das emissões de regiões selecionadas, 1990 (%)	101
Tabela 6.2 Tipos de impactos dos principais poluentes gerados em transporte	101
Tabela 6.3 Emissões de CO ₂ por modos de transportes OCDE, em %	102
Tabela 6.4 Custos comparativos entre combustíveis alternativos	110
Tabela 6.5 EUA - Limites de emissão de escapamento, em g/milha	130
Tabela 6.6 Limites de emissão de poluentes automotivos na Califórnia	130
Tabela 6.7 Limites para carros de passageiros com motor a gasolina, em g/km	131
Tabela 6.8 UE - Limites de emissão, em g/km	131
Tabela 6.9 Comparativo da legislação Brasil e EU, em g/kWh	131

Capítulo 7

Tabela 7.1 Emissão de CO ₂ por transporte na OCDE	143
Tabela 7.2 Fator de emissão de CO ₂ por tipo de energético, em t/EP	144
Tabela 7.3 Coeficientes das funções objetivos	151
Tabela 7.4 Constantes das restrições funcionais	152
Tabela 7.5 Frota de veículos no Transporte Urbano	153

Capítulo 8

Tabela 8.1 Fatores de emissão médios para veículos novos com motores ciclo Otto	176
Tabela 8.2 Ônibus - Fatores de emissão médios dos gases de escapamento de motores Diesel, em g/km	179
Tabela 8.3 Dados para o cálculo do fator de emissão do SO _x	180
Tabela 8.4 Emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis a gasolina de Salvador, 1995 e em 2010, em ton/ano	191
Tabela 8.5 Emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis à álcool de Salvador, em 1995 e em 2010, em ton/ano	192
Tabela 8.6 Emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de ônibus da cidade de Salvador, em 1995 e em 2010, em ton/ano	192
Tabela 8.7 Demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para Salvador,	

em 1995 e em 2010, em mil litros/ano	193
Tabela 8.8 Evolução da frota total projetada de automóveis particulares na cidade de Curitiba, 1995/2000/2005/2010	205
Tabela 8.9 Evolução da frota projetada de automóveis particulares à álcool na cidade de Curitiba 1995/2000/2005/2010	206
Tabela 8.10 Evolução da frota projetada de ônibus de Curitiba, 1995/2000/2005/2010, em unidades	206
Tabela 8.11 Emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis a gasolina de Curitiba, 1995 e 2010, em ton/ano	208
Tabela 8.12 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis à álcool de Curitiba, 1995 e 2010, em ton/ano	209
Tabela 8.13 Emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de ônibus de Curitiba, em 1995 e em 2010, em ton/ano	210
Tabela 8.14 Demandas projetadas de gasolina álcool e óleo Diesel para Curitiba, em 1995 e em 2010, em mil litros/ano	214
Tabela 8.15 Evolução da frota total projetada de automóveis particulares na cidade de Brasília, 1995/2000/2005/2010, em unidades	221
Tabela 8.16 Evolução da frota projetada de automóveis particulares à álcool na cidade de Brasília, 1995/2000/2005/2010, em unidades	222
Tabela 8.17 Evolução da frota projetada de ônibus na cidade de Brasília, 1995/2000/2005/2010, em unidades	223
Tabela 8.18 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis a gasolina de Brasília, 1995 e 2010, em ton/ano	225
Tabela 8.19 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis à álcool de Brasília, 1995 e 2010, em ton/ano	225
Tabela 8.20 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de ônibus da cidade de Brasília, 1995 e 2010, em ton/ano	226
Tabela 8.21 Demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para Brasília, em 1995 e em 2010, em mil litros/ano	228
Tabela 8.22 Evolução da frota projetada de ônibus na cidade de Campinas,	

1995/2000/2005/2010, em unidades	240
Tabela 8.23 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis a gasolina de Campinas, 1995 e 2010, em ton/ano	241
Tabela 8.24 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis à álcool de Campinas, 1995/2010, em ton/ano	242
Tabela 8.25 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de ônibus da cidade de Campinas, 1995 e 2010, em ton/ano	243
Tabela 8.26 Demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para Campinas, em 1995 e em 2010, em mil litros/ano	244
Tabela 8.27 Percentual da frota de automóveis por tipo de combustível	254
Tabela 8.28 Demandas projetadas de álcool e gasolina para a cidade de São Paulo, em bilhões litros/ano	255
Tabela 8.29 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento das frotas de automóveis a álcool e gasolina de São Paulo, em 2010, em ton/ano	255
Tabela 8.30 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota de ônibus da cidade de São Paulo, em 2010, em ton/ano	258
Tabela 8.31 Frota projetada de ônibus RMRJ, 1995/2000/2005/2010, em unidades	267
Tabela 8.32 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis a gasolina da RMRJ, 1995 e 2010, em ton/ano	268
Tabela 8.33 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis à álcool da RMRJ, 1995/2010, em ton/ano	269
Tabela 8.34 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de ônibus da cidade da RMRJ, 1995 e 2010, em ton/ano	270
Tabela 8.35 Demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para RMRJ, em 1995 e em 2010, em mil litros/ano	272

Capítulo 9

Tabela 9.1 Frotas projetadas por cidades, em unidades	297
Tabela 9.2 População das cidades estudadas e do país, em habitantes	298
Tabela 9.3 Frotas de ônibus por cidade e sua participação na frota nacional	301

Tabela 9.4 Emissões per-capita de poluentes automotivos, em kg/hab/ano, nas cidades analisadas no trabalho, em 1995, no cenário tendencial	303
Tabela 9.5 Emissões per-capita de poluentes automotivos, em kg/hab/ano, nas cidades analisadas, em 2010, nos cenários “tendencial” e “otimista”	304
Tabela 9.6 Emissões per-capita de poluentes emitidos pelos ônibus urbanos, em kg/hab/ano, nas cidades objeto de estudo no cenário “tendencial, em 1995	305
Tabela 9.7 Emissões per-capita de poluentes emitidos pelos ônibus urbanos em kg/hab/ano, nas cidades estudadas neste trabalho, nos cenários “tendencial” e “otimista”, em 2010	306
Tabela 9.8 Emissões de CO ₂ , por cidade, em toneladas/ano, e em termos de participação relativa, em 1995 e em 2010, por cenários de desenvolvimento	307
Tabela 9.9 Indicadores da demanda energética	308

Objetivos deste trabalho

O setor de transportes possui um elevado potencial de conservação de energia, tendo sido realizados até agora poucos avanços nesta área, principalmente no Brasil. As possibilidades, estratégica e/ou economicamente vantajosas, de substituição de energéticos também são inúmeras. O transporte urbano, dada sua forte inserção na complexa problemática do planejamento urbano, representa o maior desafio, no setor, na busca de sua otimização energética.

A crescente preocupação, no Brasil e no mundo, com um melhor controle ambiental encontra, também, no transporte urbano um problema de difícil solução, devido aos pesados investimentos necessários para viabilizar formas eficientes e pouco poluidoras de transporte coletivo; ampliar de forma satisfatória as redes viárias urbanas e instalar equipamentos anti-poluição performantes e/ou utilizar combustíveis "limpos"; devido às fortes resistências para se promover mudanças significativas na ocupação do espaço urbano, frequentemente bastante irracional nas médias e grandes cidades; bem como alterar hábitos perdulários no transporte individual de passageiros.

O objetivo deste trabalho foi o da realização de um estudo prospectivo para os próximos quinze anos, utilizando como base cenários de desenvolvimento sobre a possível evolução do planejamento energético e ambiental do transporte urbano no país, no contexto da evolução prevista nos principais países desenvolvidos e em desenvolvimento. Para tanto, realizou-se estudos-de-casos enfocando o planejamento urbano e de transportes, energia e meio ambiente de seis das principais cidades brasileiras: Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro, incluindo, o levantamento de indicadores energéticos, ambientais e de capacidade de transporte, os quais além de permitirem o uso de modelos do tipo econométrico/uso final, são instrumentos eficazes para a análise do consumo, para subsidiar o planejamento da oferta e para

identificar potenciais de conservação, e as possibilidades de substituição dos energéticos tradicionais do setor de transportes.

Recomendações diversas, quantificadas quando possível e levando em conta especificidades regionais, foram feitas com vistas à concretização das trajetórias mais interessantes do ponto de vista de otimização do consumo energético e melhoria do controle ambiental. Estas recomendações são dirigidas, para efeitos de implementação, aos órgãos governamentais, fabricantes de veículos e componentes e empresas de transporte pertinentes. Apesar da preocupação maior do estudo ser com o transporte, coletivo e individual, de passageiros, o transporte urbano de carga urbano foi abordado quando da necessidade de um maior esclarecimento. Os custos de combustíveis alternativos e a evolução tecnológica de automóveis, ônibus, trens urbanos, metrô e equipamentos de controle de tráfego para o transporte urbano foi criteriosamente analisada, sob os aspectos de competitividade, segurança, consumo específico e emissão de poluentes.

Plano de trabalho e as atividades desenvolvidas para atingir-se os objetivos propostos na tese

No exercício prospectivo utilizou-se cenários de desenvolvimento para o país, detalhando-se o setor de transporte urbano, tendo-se como " pano de fundo " a evolução provável dos veículos e do transporte urbano a nível mundial. Além do presente, dois outros anos foram marcos de referência no estudo: 2000 e 2010.

Como determinantes principais da evolução do planejamento energético e ambiental do transporte urbano tem-se o tipo de desenvolvimento dos espaços urbanos, as facilidades de financiamento para o transporte coletivo e para a construção e ampliação de vias urbanas, a legislação sobre a poluição causada por veículos, a disponibilidade e preço dos combustíveis factíveis de utilização no transporte urbano e o desenvolvimento tecnológico dos veículos correspondentes. Cada um desses determinantes foi exaustivamente analisado na tese e quando necessário desempenhou um importante papel na montagem dos cenários.

As possibilidades futuras de substituições intermodais, seja entre o transporte individual e coletivo de passageiros, como entre os modos rodoviário, ferroviário e metroviário, foram variáveis equacionadas na tese.

No estudo esta contemplado a determinação dos três principais elementos que afetam a demanda de combustíveis : a evolução do número de veículos, o consumo médio por veículo e a quilometragem média anual, total e por veículo. Outros aspectos que também influenciam a evolução da demanda energética do setor de transporte também foram objeto de estudo, como, por exemplo os fatores que levam à escolha de um determinado meio de transporte, velocidade de deslocamento, formas de dirigir os veículos e sua manutenção, idade média dos veículos,

condições físicas das ruas, vias expressa e rodovias, e a problemática dos congestionamentos nos grandes centros urbanos, entre outros.

De uma forma geral, cada modalidade de transporte urbano foi caracterizada, em um dado momento do horizonte de prospecção, pelos seguintes parâmetros, quando aplicáveis:

- a) Tipologia dos veículos empregados e respectivos componentes principais;
- b) Tamanho das frotas desses veículos;
- c) Distâncias médias percorridas;
- d) Desempenho dos veículos: quilômetros por litro ou km/kwh e outros indicadores básicos de eficiência energética no transporte.

A energia consumida em cada meio de transporte urbano depende do tipo do veículo considerado e de suas características básicas, como, por exemplo o peso, capacidade de transporte, potência do motor, etc. Cada um desses aspectos, quando possível foi analisado em termos da poluição causada, combustíveis utilizados e respectivos consumos e, de forma comparativa através de indicadores de transporte como por exemplo “pass.km” no transporte coletivo nas cidades por habitante urbano.

As projeções da demanda de energéticos e das emissões no transporte urbano, foram feitas, sempre que possível, com o auxílio de modelos de projeção mistos: econométrico/uso final.

As informações e dados necessários ao desenvolvimento deste trabalho foram obtidas através de pesquisa bibliográfica, consultando-se referências nacionais e internacionais, seguida de visitas técnicas e entrevistas junto a fabricantes de veículos e componentes, empresas de transporte, órgãos governamentais, instituições de pesquisa e principalmente junto aos órgãos responsáveis pelo transporte público nas cidades de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro.

As atividades que foram previstas para atingir-se o objetivo estão delineadas a seguir.

- I - Caracterização das várias modalidades de transporte urbano hoje no Brasil;
- II - Determinação das tendências de evolução destas modalidades a nível mundial;
- III - Levantamento da situação atual e perspectivas para o transporte público em termos de uso e ocupação do solo, planejamento urbano e do transporte urbano considerando as questões

energética e ambiental, nas cidades de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro.

IV - Criação de banco de dados em microcomputador, com base na bibliografia consultada e em levantamentos de campo, processamento estatístico destes dados, montagem de séries de indicadores e sua interpretação;

V - Análise da evolução do planejamento de transportes urbanos, no Brasil e no mundo, principalmente no que diz respeito aos aspectos metodológicos, políticas adotadas e resultados auferidos;

VI - Realização de estudos-de-casos sobre planejamento energético e ambiental do transporte urbano nas cidades de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro;

VII - Estudos da legislação concernente à poluição causada por veículos, no Brasil e no mundo;

VIII - Análise da disponibilidade e evolução de preços de combustíveis passíveis de serem empregados, no horizonte de prospecção, nos veículos utilizados no transporte urbano;

IX - Análise das inovações tecnológicas com boas possibilidades de incorporação, em razoável escala, nesses veículos, durante o horizonte de prospecção;

X - Modelagem da demanda energética e da emissão de poluentes nas varias modalidades de transporte urbano, empregando-se quando possível, modelos do tipo misto: econométrico/uso final, incorporando os efeitos das " forças de mercado " e de programas institucionais de conservação e substituição de energéticos e controle ambiental, tanto a nível das cidades enfocadas, quanto do Brasil como um todo;

XI - Elaboração de um conjunto de cenários refletindo possíveis evoluções da realidade técnico-econômica, energética e ambiental do transporte urbano ao nível das cidades enfocadas e do Brasil;

XII - Realização das projeções de demanda energética e das emissões de poluentes, no contêxto dos cenários estabelecidos; e

XIII - Elaboração das conclusões do projeto, junto com as recomendações práticas visando a concretização das melhores opções para o planejamento energético e ambiental do transporte urbano tanto ao nível das cidades enfocadas, quanto do país como um todo, no horizonte de prospecção proposto.

Abrangência da tese e organização do texto final

A busca do desenvolvimento sustentado das cidades colocou definitivamente as questões energética e ambiental como um vínculo a restringir as possibilidades do planejamento urbano. Esta nova visão necessariamente leva à modificação dos atuais sistemas de transportes, que, para as pessoas, privilegiam o transporte individual em detrimento da utilização de transportes públicos. Este estilo de desenvolvimento dos transportes tornou-se inadequado, tanto do ponto de vista das necessidades a serem satisfeitas, pois se negligencia a maioria delas, quanto sob a ótica do uso eficiente de recursos econômicos e energéticos, que na maioria das vezes mostra-se cheio de conseqüências perversas nos planos econômico, social e ambiental.

Neste contexto, tendo-se como objetivo final analisar a importância da execução do planejamento urbano e do transporte urbano de uma forma integrada, contemplando as questões energética e ambiental, optou-se na tese por uma abordagem abrangente, que parte das questões mais gerais e avança, na medida do possível, para os aspectos mais particulares do tema, chegando-se à elaboração de estudos-de-casos e as conclusões e recomendações. Desta forma, analisa-se no contexto do transporte urbano: as questões energética e ambiental; os principais sistemas/modos de transporte passíveis de uso; as relações entre o transporte urbano, a evolução do espaço urbano e as políticas governamentais pertinentes; os principais determinantes da evolução do planejamento energético e ambiental como o desenvolvimento tecnológico dos veículos automotores, a legislação sobre a poluição causada por veículos disponibilidade e preço dos combustíveis factíveis de utilização, o desenvolvimento dos espaços urbanos e as facilidades de financiamentos para o transporte público e para a construção e ampliação de vias urbanas e as possibilidades de substituições intermodais; as principais metodologias disponíveis para o planejamento do transporte urbano e, finalmente, à luz destas informações e dados, segue-se, a

execução de estudos-de-casos enfocando o planejamento energético e ambiental do urbano, para seis das maiores cidades brasileiras. A tese esta estruturada em nove (9) capítulos, os quais podem ser divididos em cinco partes:

1. A **primeira** delas, envolve os **capítulos 1 e 2**. O capítulo 1 mostra a relevância estratégica do setor de transportes e, em particular, do transporte urbano para o desenvolvimento econômico, bem como sua relação com as questões energética e ambiental e a atividade de planejamento. No capítulo 2, é feito o detalhamento e a caracterização dos principais sistemas/modos de transporte empregados no transporte urbano no Brasil e mundo.
2. A **segunda** parte do trabalho, compreende os **capítulos 3 e 4**. No capítulo 3, procurou-se analisar, a evolução do espaço urbano e as suas relações com o transporte urbano no Brasil e no mundo. No capítulo 4, analisa-se, a evolução do planejamento do transporte urbano no Brasil e no Mundo.
3. Na **terceira** parte do trabalho, compreendendo o **capítulo 5**, procura-se mostrar os custos e as externalidades decorrente do uso intensivo do transporte individual no Brasil e Mundo.
4. A **quarta** parte do trabalho, compreende os **capítulos 6 e 7**. No capítulo 6, procurou-se analisar a legislação e os impactos ambientais dos veículos automotores utilizados no transporte urbano, fazendo-se considerações sobre o importante papel do planejamento, dos custos e disponibilidade dos combustíveis alternativos e do desenvolvimento tecnológico para o controle de emissões no transporte urbano. No capítulo 7, mostra-se o uso de novas metodologias para o planejamento energético e ambiental do transporte urbano, caso das técnicas multicriteriais para a tomada de decisão.
5. A **quinta** parte deste trabalho envolve os **capítulos 8 e 9**. No capítulo 8, realiza-se para as cidades de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro, estudos-de-casos enfocando planejamento, transporte urbano, energia e meio ambiente, a partir do uso de cenários de desenvolvimento e de modelagem econométrica/uso final para consumo energético e emissões de poluentes, tendo em vista as possibilidades de intermodalidade e a entrada de combustíveis alternativos no transporte urbano. O horizonte de planejamento adotado foi o ano 2010. Finalmente, o capítulo 9, trata das conclusões gerais e recomendações pertinentes ao tema estudado: planejamento energético e ambiental no transporte urbano, tanto para o país quanto para as cidades enfocadas nos estudos-de-casos, de uma forma comparada.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Energia, Meio Ambiente e Planejamento

A Terra já sofreu enormes mudanças qualitativas em sua atmosfera nos últimos 3 bilhões de anos. Pesquisadores acreditam que quando do começo da vida na Terra, a atmosfera era constituída apenas pôr nitrogênio, amônia, hidrogênio, monóxido de carbono e vapor d'água, não havendo oxigênio livre. A produção de oxigênio pela fotossíntese e sua difusão pela atmosfera só teve lugar milhares de anos depois. Este fato possibilitou grandes mudanças geoquímicas na Terra, que levaram à expansão e ao desenvolvimento da vida. A partir de então, foi possível a existência de sistemas vivos mais complexos e maiores.

Apesar das alterações progressivas no meio ambiente da Terra, o conceito de ecosfera, que contempla a biosfera, a litosfera, a hidrosfera e a atmosfera, tem-se mantido, como um sistema dinâmico, integrado e auto-regulado. Por outro lado, a ampliação do conceito de ecosfera através da introdução da Teoria de Gaia¹, mostra também, que a rápida e significativa interferência do homem no meio físico, vêm alterando o balanço global dos componentes essenciais a vida na Terra. Fato, que pode ser verificado, na medida em que cidades se formavam, começou-se a produção de efluentes - sólidos, líquidos e gasosos. Estes efluentes foram e são gerados em volumes crescentes, resultado principalmente do crescimento populacional das cidades, com o agravante de praticamente inexistir um tratamento adequado. Com isto, verifica-se uma acelerado

processo de degradação ambiental e, conseqüentemente, alterando a qualidade de vida das populações urbanas.

A produção de efluentes, começa a ser problemática já partir do século XIV, com o uso do carvão mineral e sendo intensificado com o processo de Revolução Industrial iniciado em fins do século XIX. Todavia, até a Segunda Guerra Mundial nada se fez para um maior controle sobre a geração de poluentes, não obstante inúmeros problemas ambientais verificados até aquela data e, em especial ligados a poluição atmosférica².

A partir da descoberta do petróleo em meados do século XIX, observa-se um grande movimento de substituição do carvão mineral, sobretudo em processos industriais e em transportes. Em decorrência deste movimento de substituição outros tipos de poluentes passam a estar presente na atmosfera. Este fato aumentou o número de fontes de poluição e, conseqüentemente os volumes de poluentes emitidos, refletindo-se em uma diminuição na qualidade de vida, sobretudo nos grandes centros urbanos. Apesar do problema da poluição atmosférica ter-se acirrado, o seu efetivo controle e a conscientização dos seus males, inicia-se a partir dos episódios de Donora/EUA e Londres. No caso de Donora, ocorrido em outubro de 1948 comprovou-se que 5.910 pessoas ficaram doentes e 20 pessoas morreram em função da poluição atmosférica. Similarmente, em Londres de 1952, aproximadamente 4000 pessoas morreram, em poucos dias, em decorrência de um aumento de sete vezes na concentração de dióxido de enxofre e da duplicação da concentração de monóxido de carbono (Fernandes, 1992).

Qualquer fonte de poluição tem grande importância para o equilíbrio dos ecossistemas da Terra. Entretanto, dependendo das atividades desenvolvidas em determinadas áreas, as fontes de poluição podem assumir pesos diferenciados. Certamente, serão críticas quando próximas as populações, como é caso da poluição atmosférica nos centros urbanos, onde verificam-se efeitos negativos imediatos, sobretudo se coadjuvado com condições meteorológicas e topográficas desfavoráveis em termos de dispersão dos poluentes.

Na atualidade, as altas concentrações populacionais e as taxas de motorização fazem com que o transporte no âmbito urbano e sua dependência praticamente integral dos derivados de

¹ Gaia, nome dado pelos gregos em sua visão holística à deusa da Terra. De acordo com a Teoria de Gaia, os organismos vivos não somente se adaptam ao ambiente físico, mas também exercem influência sobre ele, controlando o ambiente geoquímico

² Por exemplo, Glasgow, Escócia, 1909, onde acredita-se que ocorreram mortes relacionados ao "smog" (Fernandes, 1992).

petróleo, assuma uma importância fundamental na interferência dos ecossistemas urbanos. O uso de derivados de petróleo em transporte urbano, sempre foi um fator decisivo na poluição atmosférica dos centros urbanos.

A conscientização de toda a problemática ambiental decorrente dos transportes urbanos, vem influenciando alterações nas formas de produção econômica, de consumo e uso de recursos energéticos e condicionado a busca de estratégias de desenvolvimento sustentável. O tipo de combustível empregado e as condições de seu uso determinam a qualidade do ar nas comunidades. A diminuição da poluição em centros urbanos pode ser possível através da racionalização das fontes de energia e do controle rígido na utilização dos combustíveis, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis ambientalmente mais sustentáveis.

O transporte urbano e as questões energética e ambiental, guardam interessantes relações com o planejamento urbano, os interesses difusos e os distintos agentes que convivem nas cidades. O transporte urbano sendo uma questão de grande complexidade, exige uma maior diversidade de abordagens no devido equacionamento econômico, energético e ambiental. É oportuno citar que esta tese procurou examinar as possibilidades concretas de no âmbito da administração pública se efetivar ações de planejamento e gestão para o uso racional dos recursos energéticos, ambientais e econômicos nos sistemas de transporte urbano visando o desenvolvimento sustentável. Neste sentido, procurou-se um maior entendimento nos objetivos delineados na Agenda 21³, e, nos entendimentos multilaterais discutidos na Terceira Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática, em Kyoto, dezembro de 1997, bem como na pauta preparativa para a Quarta Conferência a ser realizada em Buenos Aires, em novembro de 1998, quando entre outros aspectos discutir-se-á os “Mecanismos de Desenvolvimento Limpo”, ou seja, “Regras de Mercado” para o clima. Para tanto, buscou-se apresentar de uma forma sucinta algumas das principais formas de se evitar ou reduzir os impactos ambientais causados pelos sistemas de

³ A Agenda 21 é um documento assinado entre os governos de 170 países, que se reuniram na Conferência Mundial do Meio Ambiente realizada no Rio de Janeiro em 1992, com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável no mundo a partir do século 21. Isto significa que cada um dos signatários, dentro dos prazos definidos, adotará um conjunto de atitudes e procedimentos incorporados às suas várias políticas da administração pública, visando melhorar a qualidade de vida na Terra. No seu capítulo XXVIII, a Agenda 21 esclarece que, sem o compromisso de cada municipalidade, não será possível alcançar os objetivos firmados no documento. Cada cidade está convocada a criar, com plena participação de seus cidadãos, uma estratégia local própria para o desenvolvimento sustentável. No mundo, cerca de 1000 cidades já realizaram seu planejamento participativo dentro da visão da Agenda 21. No Brasil, este planejamento vem acontecendo em Angra dos Reis, Belo Horizonte, Vitória, Santos, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre (ANTP, 1997).

transportes, e em especial aqueles oriundos do transporte urbano e relacionados com a poluição atmosférica, a saber:

(a) **Planejamento Integrado:** Buscar integrar uso e ocupação do solo, transportes e meio ambiente, através da transparência na gestão e sobretudo na sintonia dos planos de desenvolvimento urbano com os interesses das populações e agentes envolvidos, visando uma ocupação urbana compatível entre o estoque imobiliário disponível e a capacidade dos sistemas de transportes e trânsito; adoção quando possível de pedágio urbano, rodízio de veículos e restrições a construção de edifícios garagens em áreas centrais; uso de uma política de revitalização dos centros de comércio, entre outros.

(b) **Custos e Externalidades:** A minimização dos custos e externalidades do transporte urbano, e em especial do transporte individual pode viabilizar financeiramente a expansão do transporte coletivo de grande capacidade, através dos custos evitados com a diminuição do risco de acidentes; redução dos tempos de viagem; diminuição dos congestionamentos, ruídos, consumo de combustíveis e das emissões de poluentes atmosféricos;

(c) **Uso de Combustíveis Alternativos:** O uso de combustíveis alternativos, mais sustentáveis ambientalmente que os derivados de petróleo, como a eletricidade, gás natural e álcool, entre outros. Além disso, tem-se os combustíveis reformulados e no caso do óleo Diesel, Portaria n. 9/1996 do Departamento Nacional de Combustíveis, determina que os municípios integrantes de regiões metropolitanas no país, devem obrigatoriamente utilizar o óleo Diesel Metropolitano ou C, que possui teor máximo de enxofre de 0,3 por cento. Portanto, necessário se faz melhorias na gestão dos transporte urbano em regiões metropolitanas;

(d) **Promoção da Intermodalidade:** Através da implantação de sistemas de transporte coletivo em superfície em vias segregadas, operadas por veículos modernos e de grande capacidade, com alto grau de automação, integrados aos diversos modos de transporte urbano, resultando em uma rede de transporte público de qualidade e deslocando o transporte individual através do uso do automóvel;

(e) **Controle das Emissões Veiculares:** Fazer cumprir os limites preestabelecidos por legislação⁴, tanto para os veículos ciclo Otto - monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC) e os óxidos de nitrogênio (NOx), esses dois últimos precursores da formação do ozônio (O₃) na atmosfera -, quanto para os veículos ciclo Diesel - material particulado (MP) (fumaça preta), os óxidos de enxofre (SOx) e óxidos de nitrogênio (NOx)-.

(f) **Uso de Novas Tecnologias;** e

(g) **Uso de Novos Instrumentos de Planejamento e Gestão** que proporcionem uma equidade no administrar recursos energéticos, ambientais e econômicos, visando a promoção do consenso para a concepção estratégica das relações, a identificação de problemas e a formulação de objetivos visando um consumo otimizado desses mesmos recursos. Neste contexto, inserem-se desde os Estudos de Avaliação de Impactos⁵, passando pelo uso de metodologias matemáticas com novas abordagens ambientais, como mostrado nesta tese, chegando até as metodologias desenvolvidas pela chamada Economia Ecológica(SMA, 1997)⁶.

⁴ No caso dos veículos ciclo Diesel, tem-se a disposição a norma NBR 6016 que determina os procedimentos para a fiscalização das emissões de particulados ou fumaça preta. Além daquela norma, tem-se a Lei Estadual n. 997/76 que fornece as bases para as chamadas operações "Caça Fumaça" "Inverno". Outros dispositivos de controle para emissões de particulados são também previstos no regulamento do Código Nacional de Trânsito (artigo 89, inciso 30, alínea "a" e na Resolução n. 510/77 do Conselho nacional de Trânsito (CONTRAN). Adicionalmente, recente determinação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a Portaria n. 85/96 prevê ainda os mesmos procedimentos e limites de emissão de particulados para fiscalização e autofiscalização de rotina das frotas de veículos ciclo Diesel de transporte de passageiros e carga. No caso do veículos ciclo Otto a gasolina e álcool, os limites de emissões foram preestabelecidos, em 1986 pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). Além disto, através da Resolução n. 809/95 do CONTRAN, passará a vigorar a obrigatoriedade de controle generalizado das emissões, a partir de 1998. De acordo com aquela Resolução, todos os veículos deverão passar por vistoria, na qual serão verificados os níveis de emissões de poluentes, com a proibição de circulação para os veículos que excederem os limites legais.

⁵ Os relatórios de Impacto Ambiental tornaram-se obrigatórios através da Resolução 0001/86, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que instituiu a necessidade de elaboração e apresentação de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de atividades consideradas modificadoras do meio ambiente, que direta e indiretamente afetem a saúde e a segurança do bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e as qualidades dos recursos ambientais.

⁶ Ver Por um Transporte Sustentável - Documento de Discussão Pública, pp.84. Secretaria de Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo.

1.2 A Relevância dos Transportes, Planejamento, Energia e Meio Ambiente no Contexto Urbano

É consenso nos meios técnicos e econômicos a importância estratégica do setor de transportes para o desenvolvimento de qualquer país. O seu perfeito funcionamento além de promover a circulação racional de bens e pessoas, produz efeitos que se assemelham aos dos setores de produção e se disseminam alavancando toda a economia. Por outro lado, os condicionantes globais de evolução de todo o sistema econômico afetam sobremaneira a dinamização do setor transportes, imprimindo a este um ritmo de atividade necessariamente compatível com aqueles prevalentes na economia como um todo.

O setor de transportes e o transporte urbano, em particular, além do importante papel dentro da estrutura sócio-econômica de quase todos os países do mundo e dos indicativos de que a alteração desse quadro não deverá ocorrer, a curto e médio prazos, possui um elevado potencial de conservação de energia e amplas possibilidades de substituição de energéticos, tendo sido realizados até agora poucos avanços nestas áreas, principalmente no Brasil. Especificamente, o transporte urbano, dada sua forte inserção na complexa problemática do planejamento urbano aliado à crescente preocupação, no Brasil e no mundo, com um melhor controle ambiental, vêm requerendo ações objetivas de planejamento e gestão visando a sua otimização tanto energética quanto ambiental.

Ao analisar-se o transporte urbano nas grandes cidades, verifica-se que, de uma forma geral as ações de planejamento não tem trazido resultados positivos tanto para o transporte urbano quanto para a qualidade de vida nas cidades. Isto resulta da premissa errônea de que os problemas oriundos do transporte urbano é uma consequência do desenvolvimento econômico, restando aos planejadores somente a elaboração e a implementação de medidas que apenas amenizam temporariamente os problemas de uso do solo, congestionamentos e da poluição atmosférica.

O planejamento urbano e do transporte urbano nas últimas décadas favoreceram a dispersão urbana e o transporte individual cuja circulação prejudica o transporte coletivo e seus usuários, tendo-se ainda o agravante do contínuo aumento dos níveis de emissões de poluentes. O aumento dos níveis de emissões resulta da grande expansão da indústria automobilística e das

frotas, notadamente de automóveis, que apesar das melhorias no consumo energético, nas vias e na gestão do tráfego, tanto a circulação quanto a poluição ambiental atinge uma situação crítica com tendências de agravamento, caso não se busquem soluções que extrapolem as ações que contemplem apenas o planejamento urbano e o transporte urbano. Já não basta tomar medidas restritivas ao uso do automóvel para melhor equilibrar a oferta e a demanda no espaço viário e controlar os níveis de emissões.

No mesmo sistema viário transitam caminhões, ônibus e automóveis de diferentes tamanhos, com diferentes acelerações e velocidades, uns superlotados e outros com sobra de espaço. Negligencia-se a opção de transporte público coletivo, a partir do fornecimento de infraestrutura para o transporte individual, levando a uma completa descentralização e deterioração dos centros urbanos, contribuindo decisivamente para a destruição da estrutura física das cidades. Por exemplo, em Los Angeles, 60% do centro são ocupados por ruas, avenidas, garagens e pátios de estacionamento. De uma forma geral, nas cidades cerca de 40% dos espaços são reservados ao transporte individual compreendendo ruas, avenidas, garagens, estacionamentos, oficinas e postos de abastecimento, entre outros. As soluções para os graves problemas urbanos passa necessariamente por uma reorientação dos transportes públicos, através do uso de instrumentos de planejamento e gestão que redundem em ações efetivas contemplando o uso do solo, transportes, energia e meio ambiente. Não existe antagonismo entre a expansão dos transportes e a questão ambiental. O desenvolvimento sustentável das cidades é plenamente factível a partir de uma visão conseqüente de planejamento urbano, integrando as necessidades energéticas, a defesa do meio ambiente, uso do solo e a qualidade de vida.

1.3 Transporte Urbano e as Questões Energética e Ambiental

No Brasil, além das crescentes dificuldades de circulação dos auto-veículos nas grandes cidades e dos impactos ambientais relacionados às emissões de poluentes, por ora, ainda relativizado em sua importância, têm na limitação da estrutura de oferta de derivados de petróleo, uma provável restrição à expansão das frotas de autoveículos. Este quadro ficou agravado com a implantação do “Plano Real”, em julho de 1994, na medida em que verificou-se um barateamento relativo dos preços dos combustíveis e a explosão da demanda por veículos importados, resultado

da valorização da moeda nacional frente ao dólar e da diminuição de tarifas alfandegárias. Além disso, medidas governamentais de fomento à indústria automobilística nacional alavancaram a produção e a venda de automóveis, notadamente os chamados básicos “populares”, fato que certamente têm contribuído pelo aumento do caos da circulação nos principais centros urbanos do país.

A chamada "crise energética", identificada, a partir de 1973, com a diminuição da oferta e elevação dos preços do petróleo, afetou, indistintamente, tanto países desenvolvidos quanto países em vias de desenvolvimento. Ao contrário dos países industrializados, que anteriormente à crise energética já apresentavam uma estrutura demográfica estável e uma infra-estrutura urbano-industrial virtualmente implantada, os países em desenvolvimento, particularmente o Brasil, tinham tudo por se fazer, apresentando elevadas taxas de crescimento populacional, território em processo de organização e um intenso processo de urbanização decorrente do empenho para a instalação de sua infra-estrutura produtiva, o que por si só, já caracteriza uma situação de grande demanda energética. Enquanto os primeiros se beneficiaram de um conjuntura energética favorável para a montagem de toda a sua infra-estrutura urbano-industrial, os últimos tiveram que dispendir vultosos recursos para financiar o crescimento e o desenvolvimento econômico, após 1973. Os padrões de consumo de energia, tanto no Brasil quanto nos países industrializados, até a crise, podem ser considerados como uma resposta economicamente racional ao acesso fácil e barato às fontes energéticas, principalmente o petróleo. Daí se entende que, de uma forma geral, as políticas energéticas se limitavam a atender, em tempo hábil, a oferta da energia necessária à satisfação da demanda. Com o advento da crise, este fato passou a ser alvo de críticas, na medida em que estudos comparativos entre países mostraram que pode haver notáveis variações entre os níveis de consumo de energia sem que exista, necessariamente, diferenças substanciais nos padrões de vida. Diante desse novo quadro mundial, pode-se identificar que, além dos requisitos energéticos necessários para sustentar o crescimento e o desenvolvimento dos países, existia um problema de desperdício que poderia ser enfrentado, por exemplo, através de modificações no comportamento dos consumidores de energia. Ou seja, os países poderiam encontrar uma nova e mais eficiente curva de demanda energética para a economia, capaz de conciliar a elevação contínua do padrão de vida da população com um nível de consumo sensivelmente menor e ambientalmente sustentável.

Entre os setores econômicos, sem dúvida, o de transportes desponta como aquele em que ações de planejamento e gestão podem levar a uma mudança de hábitos e a uma maior eficiência e racionalização do consumo energético, com reflexos extremamente positivos ao meio ambiente e a economia dos países. De uma forma geral, na maioria dos países, os transportes são responsáveis por mais de 50% do consumo de derivados de petróleo. O consumo de derivados de petróleo em transportes nos países industrializados representa quase 60% do consumo total desse energético. Deste total, aproximadamente 50% é consumido no modo rodoviário. No Brasil, o consumo de derivados de petróleo em transportes tem historicamente representado quase 50% do consumo total desse insumo, sendo que, deste total, mais de 85% é canalizado para o modo rodoviário.

No consumo final energético verifica-se que para o ano de 1996, o setor de transportes foi o responsável pelo consumo de aproximadamente 22% de todas as fontes comerciais de energia, por cerca de 49% dos derivados de petróleo e por praticamente 100 por cento do álcool etílico e anidro (MME, 1997). Internamente no setor, os combustíveis derivados do petróleo - óleo Diesel, gasolina automotiva, querosene de aviação e óleo combustível - respondem por 83% das necessidades diretas de energia; o álcool anidro e hidratado, atende cerca de 16% do consumo direto de energia. Eletricidade responde por apenas 0,8% enquanto, o gás natural, o carvão e a lenha são responsáveis pelo restante de 0,2%. Atualmente o Brasil importa cerca da metade do petróleo consumido internamente. Entre os derivados de petróleo, o óleo Diesel é o que comanda as necessidades nacionais do produto, com aproximadamente 34% do volume refinado e cerca de aproximadamente 43% do consumo de derivados, crescendo a uma taxa média anual de 3,2% no período 1979 a 1996. Saliente-se o agravante de que, não existem, atualmente, combustíveis sucedâneos e economicamente viáveis, para substituir ao menos uma parcela substancial de óleo Diesel nos motores da frota nacional de ônibus, caminhões e veículos comerciais leves. O óleo Diesel é o derivado de petróleo de mais crítico suprimento no setor dos transportes, uma vez que é o mais consumido; sua participação na estrutura de refino é bastante inferior à sua participação na composição da demanda de derivados, e é ele que comanda a necessidade de importação de petróleo. Além disso o país vem sistematicamente importando óleo Diesel nos últimos anos. Em 1996 importou-se de óleo Diesel o equivalente a 19 por cento da produção interna, que foi da ordem de 23 mil tEP. Observe-se que entre 1979 e 1996, enquanto o consumo final de óleo Diesel cresceu a uma taxa média de 3,2%, o Produto Interno Bruto-PIB- crescia a uma taxa média anual

de 2,3% no mesmo período. A tendência histórica entre o consumo de óleo Diesel e a atividade econômica naquele período mostra que para cada 1% de crescimento do PIB, ocorre um aumento de aproximadamente 1,4% no consumo de óleo Diesel.

Considerando-se a questão ambiental e a atual estrutura de oferta, está evidente a necessidade de otimização do consumo energético no setor de transportes, sobretudo em um cenário de expansão do crescimento econômico do país. Portanto, está clara a necessidade de se buscar alternativas visando garantir o suprimento de óleo Diesel nos próximos anos, visto que, em princípio, existe um grande espaço para o equacionamento dos problemas do excedente de gasolina e da expansão da capacidade de produção de álcool, com um melhor planejamento da oferta e uma certa atuação sobre o mercado.

Diante desse quadro e da constatação do elevado potencial de conservação de energia no setor de transportes, área em que poucos avanços tem sido realizados no país, vislumbra-se que o uso adequado de ações de planejamento e gestão dos transportes e, em especial no transporte urbano venha a favorecer uma maior penetração de combustíveis alternativos e da intermodalidade. Além disso, a crescente preocupação, no Brasil e no mundo, com um melhor controle ambiental é outra variável a alavancar a busca de um transporte urbano sustentável.

1.4 Perspectiva para o Transporte Público no Brasil

A crise do atual modelo urbano e as mudanças políticas, sociais e econômicas em escala mundial requerem uma reordenação das formas atuais de organização do transporte público. O cenário presente na maioria das cidades brasileiras é o de congestionamentos, queda de mobilidade e da acessibilidade, degradação das condições ambientais e altos índices de acidentes de trânsito, fatores que acabam gerando deseconomias para a sociedade e até agravando o chamado “custo Brasil”.

Os custos deste modelo inadequado de transporte urbano são socialmente inaceitáveis e constituem importante obstáculo estratégico. Os grandes centros urbanos do país, cresceram favorecendo o transporte individual via adaptação e ampliação do sistema viário. Paralelamente, os sistemas de transporte público permaneceram insuficientes para atender à demanda sempre crescente. Mais de 75% da população brasileira reside em áreas urbanas, com a sua maioria

dependendo do transporte público para os seus deslocamentos. Isto é feito em condições extremamente inadequadas pelo desconforto, pelos congestionamentos e acidentes. No médio e longo prazos as dificuldades nos deslocamentos de pessoas e de bens, aliadas aos acidentes de trânsito e à poluição atmosférica, deverão agravar-se, com as perspectivas de aumento da urbanização e crescimento econômico. Os problemas, custos e deseconomias aumentarão nos grandes centros urbanos, inclusive, em cidades médias.

A relevância destes impactos negativos requer com urgência uma reestruturação do atual modelo de transportes das cidades, de forma a executar um planejamento integrado, relacionando planejamento e transporte urbano, energia e meio ambiente, objetivando garantir-se uma melhor distribuição de oportunidades de deslocamento e uma maior eficiência geral. Neste caso, o transporte público, certamente transformar-se-a na espinha dorsal do sistema de transportes, devidamente integrado em suas várias modalidades: ônibus, metrô, trem, táxis e automóveis, refletindo-se em um balanceamento dos vários modos, otimizando a eficiência geral do sistema e garantindo condições adequadas de deslocamento e qualidade ambiental.

1.5 Referências Bibliográficas

- ANTP, Associação Nacional do Transportes Públicos, *Transporte Humano: Cidades com Qualidade de Vida*, São Paulo, Brasil, 1997, 312 pp.
- Fernandes, E.S.L., *A Política Brasileira de Combustíveis Automotivos e a Poluição Atmosférica: O Caso dos Veículos Leves com ciclo Otto*, Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, 1992, 154 pp.
- MME, Ministério das Minas e Energia, *Balanço Energético Nacional*, BEN, ano base 1996, 1997.
- SMA, Secretaria de Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo, *Por um Transporte Sustentável - Documento de Discussão Pública*, São Paulo, Brasil, 1997, 227 pp.

Capítulo 2

Evolução e Caracterização dos Principais Sistemas de Transportes Empregados no Transporte Urbano

2.1 Introdução

O setor de transportes, mesmo sendo caracterizado por ser uma atividade meio, produz efeitos que se assemelham ao dos setores de produção, disseminando-se em todos os níveis da sociedade. Em consequência, as ações no setor de transportes devem pautar-se por uma estreita correspondência com os objetivos e diretrizes das políticas de desenvolvimento econômico e social. Neste sentido, o setor de transportes pode desempenhar um papel relevante na promoção do desenvolvimento, mediante a realização de investimentos que propiciem a redução dos custos internos de colocação de produtos agrícolas e industriais nos mercados consumidores finais, e facilitem a locomoção das pessoas, permitindo melhorias da qualidade de vida nos centros urbanos. A tabela 2.1 mostra a composição percentual dos transportes de passageiros no Brasil para o período 1984 a 1993. O transporte rodoviário responde por cerca de 95% da movimentação interurbana de passageiros e por quase 60% do total de movimentação de cargas no país. Em termos de transporte urbano, tem a maior participação no transporte de passageiros, sendo que o ônibus é o principal veículo utilizado.

2.2 Os Sistemas de Transportes

No Brasil encontra-se em pleno uso os sistemas de transporte aéreo, dutoviário, aquaviário - cabotagem e hidroviário-, metroviário, ferroviário e rodoviário. Avanços tecnológicos trouxeram novos meios de transporte, como os monotrilhos, e levaram ao aprimoramento técnico dos sistemas já consagrados, como os metrô subterrâneos e de superfície. Cada sistema de transporte possui qualidades intrínsecas, tornando-o mais indicado para determinadas situações, face aos tipo de carga, volumes de tráfego, condições topográficas, etc.

Tabela 2.1 Transportes de passageiros no Brasil, por sistema, em %, 1984-1993

Ano	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Aéreo	2,0	2,1	2,7	2,5	2,3	2,5	2,4	2,3	1,8	1,8
Ferrovário	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,1	2,1	1,6	1,4
Hidroviário	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metroviário	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5
Rodoviário	94,3	94,4	93,9	94,3	94,7	04,4	94,8	94,9	96,0	96,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: ANFAVEA, 1995

A escolha de um sistema de transporte para uso no âmbito urbano, portanto, requer um planejamento cuidadoso considerando as várias alternativas disponíveis de veículos e equipamentos em cada sistema de transporte, e das suas relações com a questão ambiental, possibilidades intermodais, dispêndio energético, flexibilidade, velocidade, custos, confiabilidade e segurança.

Além disso, é fundamental considerar que o transporte urbano de passageiros possui um elevado conteúdo social e está, intimamente ligado aos limites de sua área de influência e uso. Esta premissa, levou ao nível institucional a que a Constituição promulgada em 1988 tratasse as questões do transporte urbano como competência de Estados e Municípios, cabendo à União apenas a elaboração de diretrizes para o seu desenvolvimento.

Entre os sistemas de transporte utilizados nas áreas urbanas das cidades brasileiras, verifica-se a existência de vários meios de locomoção, diferenciados não só pelo tipo de equipamentos/veículos, como também, pelo nível do serviço, grau ou nível de segregação, e métodos construtivos das linhas.

No tocante à capacidade de transporte, que se refere ao número de passageiros transportados por hora e sentido, pode-se ter a seguinte classificação (Mouette, 1993) :

(i) Baixa capacidade, até 15.000 passageiros/hora/sentido; (ii) Média capacidade, de 15.000 a 30.000 passageiros/hora/sentido; e (iii) Alta capacidade, acima de 30.000 passageiros/hora/sentido.

(a) Sistema rodoviário

No sistema de transporte rodoviário urbano, além do automóvel, caracterizado por ser um meio de locomoção individual, encontra-se, ainda, outros cinco tipos de veículos de transporte, a saber: (i) trolebus simples; (ii) trolebus articulado; (iii) ônibus simples convencional; (iv) ônibus padron; e (v) ônibus articulado.

Cada um destes cinco meios de transporte rodoviário coletivo pode ter sua utilização em três graus de segregação:

(i) tráfego compartilhado, situação em que não há segregação. A via pública é ocupada pelos veículos de transporte coletivo e individual em igualdade de condições;

(ii) faixa privativa: situação em que uma das faixas da via pública se destina ao tráfego exclusivo de veículos de transporte coletivo, podendo haver ou não barreiras físicas para efetivar a separação; e

(iii) via exclusiva, situação em que todas as faixas da via pública se destinam exclusivamente ao tráfego de veículos de transporte coletivo.

Os níveis de segregação implicam em diferentes velocidades médias de operação, portanto, em diferentes capacidades de transporte de pessoas.

O sistema rodoviário urbano tem nos ônibus sua principal alternativa tecnológica. Os ônibus além da flexibilidade operacional possui inúmeras opções de diversificação, tendo-se desde micro-ônibus com capacidade média de 15 passageiros por veículo até o articulado comportando 125 passageiros por veículo (Tabela 2.2). Os micro-ônibus tem, via de regra, sua utilização

restrita ao transporte de aluguel e em pequenos percursos, enquanto nos sistemas rodoviários urbanos o ônibus comum e padron é a alternativa tecnológica mais utilizada. Entre as principais razões para a grande penetração desta alternativa tecnológica destacam-se o menor investimento, flexibilidade de itinerário, rapidez, possibilita fácil expansão de trajeto, facilidade de implantação e atendimento de demandas de baixa e média capacidade. Além disso, ocupa menor espaço no sistema viário, podendo ser operado mais facilmente com outros combustíveis que não o óleo Diesel.

Tabela 2.2 Tipos de ônibus e capacidade

Tipos	Capacidade		
	Sentados	De pé	Total
Microônibus	17-20	18-30	35-50
2 andares	55-75	0-20	60-95
Comum/Padron	20-40	60-75	80-115
Articulado	40-50	115-125	125-175

Fonte: Mouette, 1993

(b) Sistema ferroviário

O sistema de transporte ferroviário urbano efetua o transporte de pessoas sobre trilhos. Utiliza-se normalmente de uma rede aérea de eletricidade, e, em menor escala, locomotivas a Diesel. Os trens subúrbio de São Paulo, são um bom exemplo. A sua capacidade de transporte é superior às tecnologias utilizadas em sistemas de transporte rodoviário urbano, podendo ser ampliada ou não em função do número de carros em cada composição.

Até a promulgação da Constituição de 1988, a União desempenhou a função de principal operadora das ferrovias metropolitanas e regionais, considerando-se como metropolitanos os serviços de maiores frequências e movimentação de passageiros, e, como regionais os demais. No momento os sistemas ferroviários estão em um contínuo processo de privatização.

(c) Sistema metroviário

O sistema de transporte metroviário desliza sobre trilhos e utiliza como tração a eletricidade, em rede térrea. Este sistema pode ser diferenciado pelos vários métodos construtivos da linha, como, por exemplo:

- (i) linha de superfície: é o metrô em nível. Exige normalmente um grande número de desapropriações, e causa altos custos sociais, associados aos transtornos da construção e ao efeito barreira causado pela linha, seccionando o meio urbano;
- (ii) linha “cut and cover”: também denominado trincheira, é o método construtivo de escavação a partir da superfície para a execução do túnel;
- (iii) linha “shield”: é o metrô construído em túnel feito por escavação mecânica, através de uma perfuratriz rotativa, com a contenção do solo realizada pela colocação de anéis, metálicos ou não. Este método minimiza os transtornos na superfície pelo fato de não ocupar o solo urbano. Todavia, apresenta um custo de construção bastante alto. O metrô da cidade de São Paulo teve a grande maioria de suas linhas abertas utilizando este método;
- (iv) linha elevada: é o metrô em via elevada que dispõe o leito ferroviário sobre viadutos. Este método foi utilizado em alguns quilômetros de linha do metrô da cidade de São Paulo. Comparativamente à linha “shield”, este tipo de linha apresenta um menor custo, com a vantagem de ter a característica de superfície sem seccionar o meio urbano;
- (v) linha austríaca: é caracterizada pela execução subterrânea do túnel, sem a utilização da máquina “shield”. Normalmente este serviço é executado por máquinas de terraplanagem, aplicando-se a seguir uma camada fina de concreto para impedir colapso das paredes; e
- (vi) linha leve: é também denominada de metrô leve. É uma modalidade de transporte coletivo semelhante ao metrô de superfície, porém mais simplificado, com maiores limitações de capacidade. O veículo se assemelha ao trolebus moderno articulado, com tração elétrica alimentada por rede aérea. Este modo de transporte também pode ter diferentes níveis de segregação.

(d) Sistema aquaviário

No sistema aquaviário distingue-se duas formas de transporte - a navegação marítima ou de cabotagem, ao longo da costa brasileira e a hidroviária, com a utilização de rios em direção ao

interior do país. Ambas as formas são utilizadas para o transporte de passageiros e cargas, com participações no contexto nacional dos transportes ainda marginais.

(e) Sistema dutoviário

O transporte dutoviário teve o seu uso incrementado nos últimos anos e, atualmente, cerca de 3% das cargas movimentadas dentro do Brasil utilizam este sistema de transporte, o qual, para certos graneis, é, via de regra, o sistema mais econômico de movimentação. No Brasil, os dutos são empregados para transportar petróleo e seus derivados, gás, graneis sólidos, como o sal gema, minério de ferro e concentrados de fosfato. No início dos anos 90, a rede de oleodutos tinha uma extensão de aproximadamente 4 mil quilômetros, a de mineradutos próxima de 600 quilômetros e a de gasodutos em torno de 900 quilômetros. A rede de gasodutos deverá sofrer um grande incremento em sua extensão com a construção do gasoduto ligando a Bolívia ao Brasil.

(f) Sistema aéreo

O transporte aéreo tem pouca representatividade no transporte de cargas, movimentando em torno de 0,2% do total de mercadorias transportadas no país. No transporte de passageiros o sistema aéreo é responsável por aproximadamente 2,5% do total de passageiros transportados no país. Saliente-se o grande crescimento do uso deste sistema nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, através principalmente de helicópteros. Por exemplo, em São Paulo, já existe linha regular ligando os aeroportos de Congonhas e Guarulhos. Além disso é crescente, sobretudo no Estado de São Paulo o transporte de passageiros em direção as maiores cidades do interior do estado, bem como com o estabelecimento de linhas regulares destas com as principais capitais do país. As cidades de Campinas e de Ribeirão Preto são os dois maiores exemplos.

2.3 Transporte Urbano e os Sistemas de Transporte Rodoviário

A característica fundamental dos transporte urbanos é a de ser o transporte de carga totalmente dominado pelo sistema rodoviário, através de caminhões, e o de passageiros, por automóveis e ônibus, em detrimento do transporte ferroviário e de outras modalidades.

O transporte rodoviário urbano de passageiros é constituído basicamente por dois segmentos, e em cada um se encontra a presença de meios individuais e meios coletivos de locomoção: o transporte de passageiros no interior dos centros urbanos, e esse transporte entre centros urbanos e regiões. Os principais veículos no transporte urbano motorizado são os automóveis, as motocicletas e ciclomotores, os ônibus, os troleibus, os trens de subúrbio e os trens de metrô. O transporte urbano de passageiros concentra mais de 90% da demanda total de passageiros do país, conforme pode ser observado na tabela 2.3.

Historicamente, a partir da década de cinquenta, decide-se investir maciçamente no transporte rodoviário no país, para suprir as necessidades de transporte dos centros urbanos e do tecido industrial em forte expansão. As outras modalidades de transporte, particularmente a ferroviária, não estavam conseguindo suprir estas necessidades. O transporte ferroviário, por exemplo, foi estruturado principalmente em função dos interesses da economia agrária exportadora, caracterizando-se como um agrupamento de redes locais isoladas, dotadas de diferentes bitolas, engates e freios. Esta situação difere totalmente daquela observada nos EUA e Europa, onde o sistema ferroviário foi montado para servir uma economia urbana, industrial e voltada para o mercado interno. Naqueles países, o sistema rodoviário entrou como um complemento à outros sistema de transporte, já bem desenvolvidos.

Tabela 2.3 Demanda pelo transporte urbano e interurbano de passageiros, em milhões de pass . km, no Brasil

Ano	Transporte urbano	Transporte interurbano
1974	180.374	19.475
1980	398.964	34.976
1986	506.963	45.858
1992	715.446	61.009

Fonte: GEIPOT/MT, 1989 e Bajay et al, 1991

O desenvolvimento do parque industrial, geralmente localizado na periferia dos centros urbanos, aliado às maiores possibilidades de emprego, de educação, de acesso às inovações que ocorreram rapidamente na sociedade brasileira, provocou um acentuado processo de urbanização.

Na década de 40, apenas cerca de 31% da população vivia em cidades. Esta proporção evolui para aproximadamente 55% na década de 70, atingindo no primeiro quinquênio da década de 90 um patamar de quase 80%, para uma população total de aproximadamente 150 milhões de habitantes.

Além do crescimento populacional, a implantação da indústria automobilística foi outro fator de relevância na modificação da estrutura urbana e do transporte urbano do país. Em 1956 organizou-se o Grupo Executivo da Indústria Automobilística, sendo aprovados projetos para a instalação de empresas voltadas para a fabricação de veículos automotores. Os reflexos sobre as principais áreas urbanas foram imediatos. Já em 1957, quase 30 mil veículos saíram das linhas de produção das montadoras para as ruas.

Com o advento da indústria automobilística, no Brasil, alterou-se os hábitos da população urbana com relação aos sistemas de transporte. Até então, os bondes predominavam nos transportes públicos das médias e grandes cidades. A medida que os automóveis em circulação começaram a aumentar, a administração pública equivocadamente implementa ações de planejamento urbano que restringe a operação dos sistemas de transporte público em benefício do sistema rodoviário individual, através do automóvel, alterando a repartição modal e contribuindo para que os sistemas de transporte público fossem, ao longo do tempo, perdendo a sua importância, com o agravante de que estes entram num processo contínuo de deterioração. Com esta política, à medida que aumentava a atratividade pelo transporte individual, as suas vantagens começaram a serem superadas pelos acréscimos de tempo de viagem, proveniente dos congestionamentos, levando a maiores consumos de combustível e afetando a qualidade dos serviços públicos de transporte - como, por exemplo a livre circulação de ônibus - e, consequentemente incrementando os níveis de emissões de poluentes.

Diante deste quadro, paulatinamente o sistema rodoviário e ferroviário de transportes coletivos entraram em uma fase de constante deterioração, tanto pela falta de investimentos, quanto pela pouca atenção devotada a esta atividade. Os reflexos foram a elevação nos tempos de viagem e aumentos nos níveis de ruído, poluição e de acidentes, entre outros efeitos negativos. Para exemplificar este aspecto, basta se observar a crescente penetração do sistema rodoviário no transporte urbano da região metropolitana do Rio de Janeiro. De acordo com a tabela 2.4, o sistema rodoviário urbano representado por ônibus e sobretudo, pelos automóveis, aumentam

continuamente suas participações no transporte de passageiros. Em contrapartida verifica-se um substancial decréscimo da demanda pelo sistema ferroviário.

Tabela 2.4 Repartição modal da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, em %

Meio de transporte	1930	1940	1950	1960	1970
Trem	13,2	8,1	15,8	18,1	9,3
Bonde	79,6	74,8	55,2	30,6	-
Barco	2,0	2,1	2,2	2,9	2,6
Ônibus	5,2	15,0	20,5	37,8	67,9
Automóvel	-	-	6,3	10,6	20,2

Fonte: Mello, 1984

Por outro lado, a atual tendência de urbanização e metropolização levará a uma distribuição em que 80% da população será urbana e 20% rural, até o fim desta década. As regiões metropolitanas deverão concentrar cerca de 35% da população nacional. Neste ritmo de urbanização, a adoção, já iniciada de medidas que resultem em uma diminuição dos motivos da migração, poderá levar a um relativo equilíbrio entre as metrópoles e a rede de cidades médias e grandes de sua região contígua, criando eventuais pólos de equilíbrio. No Estado de São Paulo, por exemplo, já se verificam as seguintes conurbações: (i) Campinas, Sumaré, Valinhos e Paulínea; (ii) São José dos Campos, Taubaté e Jacareí; (iii) Sorocaba e Votorantim; (iv) Santos, Guarujá e São Vicente; e (v) Jundiaí, Várzea Paulista e Campo Limpo.

Elevar e, até mesmo manter a qualidade de vida nos grandes centros urbanos dependerá de profundas alterações institucionais e financeiras, como também de ações de planejamento e operacionalização das questões relacionadas ao transporte de passageiros e a discussão da predominância do sistema rodoviário no âmbito urbano.

Na atualidade, aos problemas básicos relacionados ao transporte urbano, postergados na década passada, agregam-se aqueles relacionados ao suprimento energético, à questão ecológica, que extrapola o simples equacionamento da poluição do ar, o uso mais racional do solo, e a otimização da intermodalidade e da capacitação tecnológica operacional e construtiva de sistemas de transporte ambientalmente mais sustentáveis que o rodoviário.

Finalmente, tem-se os trolebus e os táxis como modos de transporte rodoviário utilizados no transporte urbano.

Os troleibus, excetuando a cidade de São de Paulo, que minimamente vem mantendo seu sistema de trolebus, inclusive com linhas em faixa exclusiva e via segregada, a situação deste sistema no país é de total abandono. O trolebus é um veículo de transporte urbano de passageiros apropriado a corredores de demanda consolidada de 2000 a 10000 passageiros por hora, por sentido. Utiliza energia elétrica como combustível, e é considerado um veículo "limpo", pela ausência de emissões gasosas ao meio ambiente e pelo pouco ruído e vibrações produzidas. Comparativamente ao ônibus Diesel, apresenta uma durabilidade de 3 a 4 vezes superior, permite maior velocidade e desempenho em rampas, exige maior investimento, tem menor mobilidade, e por ter características técnicas específicas, não permite outra utilização que não seja a do transporte coletivo de passageiros. A tendência desfavorável para as modalidades eletrificadas de transporte público, caso dos sistemas de trolebus, deve-se sobretudo ao baixo custo do petróleo. Neste sentido, os acréscimos de demanda verificados, face à crescente urbanização foram predominantemente absorvidos pelos ônibus Diesel, mesmo em corredores de tráfego denso. Além do combustível barato impulsionando o uso de ônibus Diesel, estes, têm a seu favor o baixo investimento inicial, dispensa a instalação de redes elétricas e de subestações alimentadoras, possuindo maiores facilidades de deslocamento, de mudanças de itinerários e de ampliação da frota.

O serviço de táxis é considerado como complementar no transporte urbano, pois serve apenas a uma parcela muito pequena da população sendo utilizado, via de regra, de uma forma não sistemática pelos seus usuários. Entretanto, este sistema não pode, no entanto, ser considerada sem importância dentro do panorama dos transportes urbanos brasileiros. Considerando-se a evolução do número de táxis concomitantemente com a população, tendo como ano base 1976, pode-se estimar que em todo o país exista cerca de 250 mil táxis, a maioria nas regiões metropolitanas. Em 1976, de acordo com o Cadastro Nacional de Veículos e Proprietários/SERPRO, existiam no país mais de 160 mil táxis, sendo que as regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro detinham respectivamente, 25% e 12,5% desta frota. Em seguida, Recife detinha 4,4 %, Belo Horizonte 3,8%, Salvador 3,6%, Porto Alegre 3,5%, Curitiba 1,7% e o restante estava dividido entre as demais cidades do país.

2.3.1 O Transporte Urbano e a indústria montadora de autoveículos

Com a implantação da indústria automobilística no país em 1957, o sistema rodoviário e o transporte urbano são alavancados tendo-se como principal premissa a necessidade de atendimento a forte expansão industrial e a tendência de aumento da urbanização do país. Neste contexto, os sistemas de bondes, trolebus e o ferroviário não conseguiriam ter agilidade e menores custos comparativamente ao sistema rodoviário, tendo em vista suprir as necessidades de transportes urbanos e interurbanos de bens e pessoas, resultado do processo de industrialização. A grande argumentação era de que, além dos custos, menores, no sistema rodoviário, os demais sistemas e sobretudo o ferroviário tinha sido estruturado em função dos interesses da economia agrária exportadora no início do século, caracterizando-se como um agrupamento de redes locais isoladas, dotadas de diferentes bitolas, engates e freios, portanto, não poderia dar sustentação adequada a expansão econômica do país.

Do final da década de 50 até 1997 a indústria automobilística, excetuando alguns anos na década de 80, apresentou resultados crescentes de produção. Paralelamente, também se verificou uma grande evolução no índice de urbanização e motorização do país. Por conta da crescente motorização do país, também se observa neste período um aumento sem igual dos problemas urbanos, como o aumento dos congestionamentos, emissão de poluentes e uma contínua degradação da qualidade de vida, sobretudo nos grandes centros urbanos.

A indústria brasileira de veículos automotores comemorou em 1997 quarenta anos de existência formal. Neste período, o Brasil deixou de ser um mero importador para se transformar em um dos maiores fabricante e exportador do mundo, com uma capacidade instalada de mais de dois milhões de unidades por ano. A indústria automobilística é responsável por cerca de 11% do Produto Interno Bruto - PIB - do país, gerando aproximadamente 700 mil empregos diretos e indiretos.

Conforme Ferro et alii (1996), o potencial de incremento da produção e das vendas de autoveículos no mercado interno nos próximos anos é bastante elevada, mesmo em um conjuntura de acirrada concorrência externa. Em contínua evolução, o mercado brasileiro pode chegar ao ano 2000 com a capacidade de absorver 2,5 milhões de veículos novos dos quais 2 milhões de

produção local e 500 mil importados. Para que isso ocorra, são condições necessárias permanente estabilidade econômica, disponibilidade de crédito e forte atuação governamental estimulando a produção.

Crescimento da frota

De acordo com dados da ANFAVEA (1995), a frota mundial de autoveículos evoluiu de 487.957 mil unidades em 1985 para 610.103 mil unidades em 1993, o que representa um crescimento médio de 2,8% ao ano. De acordo com a tabela 2.5, pode-se verificar três grupos distintos de países em termos do crescimento das frotas de autoveículos.

Tabela 2.5 Principais frotas mundiais de autoveículos e total mundial, em mil unidades

País	1985	1987	1989	1991	1993	1985/93 (% a.a.)
EUA	171.691	179.044	187.261	188.372	194.036	1,5
Japão	46.157	49.902	55.093	59.915	63.362	4,0
Alemanha	27.822	30.105	32.067	38.504	41.450	5,1
Itália	23.324	24.716	26.382	30.721	32.346	4,2
França	24.366	24.854	27.758	28.830	29.450	2,4
Reino Unido	19.303	23.018	25.673	26.429	27.006	4,3
CEI-ex URSS	20.000	21.700	22.075	24.500	23.405	2,0
Canadá	14.267	14.715	16.270	26.805	17.190	2,4
Espanha	10.884	12.130	13.737	15.152	16.300	5,2
Brasil	11.937	12.407	12.922	13.205	13.547	1,6
México	7.410	7.786	9.015	10.700	11.897	6,1
Total Mundial	487.957	515.386	556.931	593.108	610.103	2,8

Fonte: Elaborado com base na ANFAVEA(1995)

O primeiro englobando Brasil e Estados Unidos com um crescimento médio anual das frotas menor que o crescimento médio da frota mundial, respectivamente, 1,6% e 1,5% ao ano. Um segundo grupo de países, compreendendo França, CEI e Canadá, apresentam taxas médias anuais de crescimento das frotas muito próximo ao da frota mundial de autoveículos.

Finalmente o terceiro grupo, compreendendo Japão, Alemanha, Itália, Reino Unido, Espanha e o México, apresentam-se com taxas médias anuais de crescimento de suas frotas substancialmente superiores aos da frota mundial. Neste grupo de países é relevante destacar que no Japão, Alemanha, Itália, Reino Unido e Espanha, não se observa os graves problemas de transporte urbano como congestionamentos e emissões de poluentes verificados no México. O Brasil em 1993, possuía a 10⁰ frota do mundo em tamanho.

Controvérsias sobre a frota brasileira de autoveículos

O Governo Federal não publica estatísticas oficiais desde 1985. De 1949 a 1972 essa responsabilidade era do IBGE. A partir de 1974, a tarefa passou para o DNER e começou a ser executada através de um convênio com o SERPRO. Foi criado, então, o Cadastro Nacional de Veículos e Proprietários-CPV-. Com a mudança, não foram apurados os dados de 1973. Com a desativação do CPV em 1986, o SERPRO deixou de publicar a frota nacional de veículos. Essa situação, de completa desinformação sobre a frota nacional de autoveículos, perdura até hoje, gerando especulações sobre o assunto e dificultando o planejamento na área de transportes. Em 1984, o Ministério da Justiça criou, no DENATRAN, o Registro Nacional de Veículos Automotores-RENAVAM-, preocupado com o crescente roubo de veículos. A intenção do DENATRAN era consolidar as informações do IPVA que substituiu a Tarifa Rodoviária Única - TRU- em 1984, processadas pelos Estados. No entanto, a falta de recursos e o não preparo dos Estados para operar um sistema informatizado de grande porte impediram o projeto de sair do papel.

A frota de automóveis, comerciais leves, caminhões, ônibus e motos registrada nos DETRANs do país é quase 53% maior que a divulgada pela ANFAVEA, enquanto no caso dos automóveis a diferença é da ordem de 38% (Tabela 2.6).

É interessante observar que considerando-se os dados do DETRAN o índice de motorização do país estaria muito próximo daquele encontrado para a Argentina. Tendo-se como base uma população de 150 milhões de habitantes, ter-se-ia para o Brasil um índice de motorização da ordem 6,4 habitantes/veículo. De acordo com a ANFAVEA (1995) a Argentina possui um índice de motorização de 5,2 habitantes/veículo, enquanto este indicador para o Brasil seria de 11,2 habitantes/veículo. Outro aspecto que merece ser observado no tocante à frota

nacional de autoveículos é que a ANFAVEA, em todas as negociações com o Governo Federal consubstanciado nos últimos anos pelos três Acordos Setoriais e na MP 1073/95, pleiteou benefícios de financiamento e tributação, com vistas a aumentar o mercado no longo prazo com base no índice de motorização de 11,2 habitantes/veículo.

Tabela 2.6 Frota brasileira de autoveículos, segundo DETRAN e ANFAVEA para o ano de 1994, em mil unidades

Orgãos	Total	Automóveis
DETRAN	23.401	16.634
ANFAVEA	15.340	12.024

Obs:

1. Os dados acima são projeções dos órgãos citados, tendo-se como base o ano de 1994, uma vez que, o DETRAN ainda tem consolidado os dados de 1995.
2. Total inclui: automóveis, comerciais leves, caminhões, ônibus e motos

Fonte: O Estado de S. Paulo, (1996)

Com relação aos dados do DETRAN deve ser salientado que este órgão simplesmente registra os licenciamentos não considerando o sucateamento da frota, todavia, os autoveículos que deixam de ser licenciados pelas mais diferentes razões - acidentes, roubos, etc. - não são computados. Além do DETRAN e da ANFAVEA, o Sindicato Nacional da Indústria de Componentes-SINDIPEÇAS-, representante da indústria de autopeças realiza projeções e cálculos da frota nacional de autoveículos, desde 1986 quando o Governo Federal parou de fazer a contagem com a extinção do GEIPOT.

Para o ano de 1995, cálculo do SINDIPEÇAS utilizando um índice de sucateamento de 3,5% ao ano, chegou a uma frota total de autoveículos no país da ordem 16.093 mil autoveículos, sendo deste total 12.665 mil automóveis. Neste caso, considerando-se também 150 milhões de habitantes no país, chegar-se-ia a um índice de motorização de 9,3 habitantes/veículo, inferior ao da ANFAVEA (1995). A tabela 2.7 mostra os dados consolidados pelo SINDIPEÇAS para a frota nacional de autoveículos desagregada em automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus, no período de 1990 e 1995.

De acordo com o Conselho Nacional de Trânsito-CONTRAN-, ligado ao DENATRAN, o levantamento do real tamanho da frota nacional de autoveículos somente deverá ocorrer no ano 2000, quando todos os veículos terão sido vistoriados para a obtenção do licenciamento, conforme disposto na resolução 809 do CONTRAN, publicado no Diário Oficial de 22 de dezembro de 1995. A resolução 809 estabelece as normas gerais sobre vistoria de veículos automotores. Esta vistoria, além de possibilitar o levantamento do tamanho da frota permitirá verificar-se a idade desta frota e o seu estado de conservação. Segundo a Resolução, a princípio serão vistoriados os autoveículos do governo, em 1998 os ônibus, caminhões e táxis e, a partir de 1999 serão feitas as avaliações do autoveículos com mais de dez anos. A aprovação do autoveículo será atestada por selo de segurança que deverá estar colado no parabrisa dianteiro do autoveículo.

Tabela 2.7 Frota nacional de autoveículos conforme o SINDIPEÇAS, em mil unidades

Tipo	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Automóveis	10.678	10.649	11.169	11.613	12.123	12.655
Comerciais leves	1.725	1.771	1.806	1.877	1.952	2.042
Caminhões	1.199	1.201	1.187	1.182	1.184	1.201
Ônibus	166	177	185	188	192	195
Total	13.768	14.098	14.347	14.860	15.451	16.093

Fonte: O Estado de S.Paulo, (1996)

Produção

O Brasil ocupa o 9º lugar mundial na produção de veículos automotores e pertence ao grupo de países cuja produção ultrapassa um milhão de unidades (figura 2.1). O mercado de veículos automotores no Brasil apresenta um elevado potencial de crescimento, já que a relação habitantes por veículo, não obstante, as inúmeras controvérsias existentes ainda é muito elevada, quando comparada aos valores dos países desenvolvidos (Tabela 2.8).

Em que pese o elevado crescimento do número de habitantes, que chegou a atingir taxas médias anuais próximas de 3,0%, a produção de autoveículos modificou o grau de motorização da população, refletindo-se sobretudo nos grandes centros urbanos com o ritmo acelerado da

urbanização do país. De um índice de motorização de 36,4 habitantes/veículo em 1971, atingiu cerca de 14,5 em 1977 e 12,7 habitantes/veículo ao fim da década de 80. Esta relação diminuiu ao longo dos anos 90, atingindo 11,2 habitantes/veículo em 1993 (ANFAVEA, 1995).

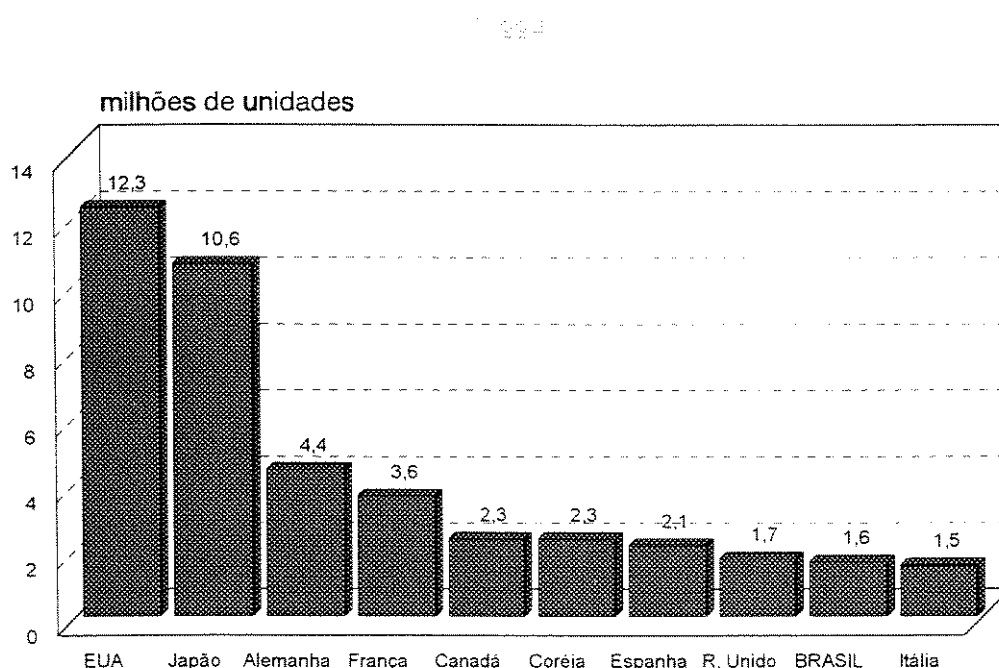
Tabela 2.8 Habitantes por autoveículo em alguns países - 1977 e 1993

Ano\País	Brasil	Argentina	Espanha	Japão	França	Alemanha	Itália	EUA
1977	14,5	6,9	5,1	3,6	2,7	2,8	3,2	1,5
1993	11,2	5,2	2,4	2,0	2,0	1,9	1,8	1,3

Fonte: ANFAVEA, 1995

A tabela 2.9 apresenta a produção brasileira de autoveículos que podem ser utilizados no transporte rodoviário urbano de carga e passageiros, no período 1985 a 1995. Observe-se a forte oscilação da produção brasileira de autoveículos nos anos 80, sobretudo nos casos dos automóveis e caminhões.

Maiores Produtores Mundiais de Autoveículos



Fonte: ANFAVEA, 1995

Figura 2.1 Maiores produtores mundiais de autoveículos

Dois fatores devem ser considerados como explanatórios para tal efeito: as próprias oscilações do ritmo de atividade da economia do país naqueles anos, e a forte influência do mercado externo, para o qual a indústria automobilística dedicou atenção especial na década, que igualmente sofreu grandes oscilações notadamente no biênio 1988/89. Ainda no período 1985 a 1989, o “modismo”, garante um crescimento continuado da produção de comerciais leves, enquanto no caso dos ônibus, a recuperação tarifária ocorrida na época, acaba promovendo um relativo aumento na sua produção, todavia menos acentuada que nos comerciais leves.

No período 1990 a 1995, observa-se uma grande expansão da produção de autoveículos no país, resultado da grande expansão da produção de automóveis e comerciais leves. A produção de caminhões apesar das oscilações, acaba elevando-se a partir de 1993. No tocante aos ônibus, neste período, apresentou um crescimento da produção que em termos médio foi bem similar ao de 1985 a 1989. Finalmente, com relação aos dados da tabela 2.9 deve ser salientado que com a reversão do quadro recessivo que acompanhou a indústria montadora nos anos 90 e 91, foi revertido nos anos seguintes, todavia, mais uma vez através de ações de fomento que priorizaram o transporte individual.

Tabela 2.9 Produção brasileira de autoveículos - 1985 a 1995

Ano	Automóveis	Comerciais leves	Caminhões	Ônibus	Total geral
1985	759.141	134.413	64.769	8.385	966.708
1986	815.152	145.418	84.544	11.218	1.056.332
1987	683.380	148.847	74.205	13.639	920.071
1988	782.411	196.108	71.810	18.427	1.068.756
1989	730.992	205.008	62.699	14.553	1.013.252
1990	663.084	184.754	51.597	15.031	914.466
1991	705.303	182.609	49.295	23.012	960.219
1992	815.959	201.591	32.025	24.286	1.073.861
1993	1.100.278	224.387	47.876	18.894	1.391.435
1994	1.248.773	251.044	64.137	17.435	1.581.389
1995	1.302.782	240.494	70.646	21.647	1.635.569

Fonte: ANFAVEA, 1995 e ANFAVEA Boletim n. 116

Desagregando percentualmente a produção brasileira de autoveículos por tipo de combustível, verifica-se um aumento continuado da produção de automóveis à gasolina a partir de 1985 e, a consequente diminuição progressiva da produção dos automóveis a álcool. Esta mesma evolução é observada para os comerciais leves em termos da gasolina e álcool. No caso da participação do óleo Diesel nos comerciais leves, verifica-se que a mesma ficou praticamente constante entre 1985 e 1995. Os caminhões e os ônibus tiveram suas produções totalmente dieselizada em 1995. A tabela 2.10, mostra a evolução da produção dos autoveículos por tipo de combustível, no período 1985 a 1995.

Tabela 2.10 Produção de autoveículos por tipo de combustível - 1985/95, em %

Ano	Automóveis			Comerciais leves			Caminhões e ônibus		
	Gasolina	Álcool	Diesel	Gasolina	Álcool	Diesel	Gasolina	Álcool	Diesel
1985	23,9	75,5	0,6	17,0	49,7	33,3	0,1	2,6	97,3
1986	23,5	76,0	0,5	19,1	53,5	27,4	0,6	1,5	97,9
1987	39,7	56,8	3,5	23,7	48,2	28,1	1,2	0,6	98,2
1988	36,9	63,0	0,1	28,3	38,9	32,8	0,3	0,1	99,6
1989	52,4	47,3	0,3	35,6	25,7	38,7	0,3	0,0	99,7
1990	89,1	10,8	0,1	60,0	6,3	33,7	0,5	-	99,5
1991	81,6	18,3	0,1	55,3	12,1	32,6	0,2	-	99,8
1992	79,4	20,0	0,6	50,1	15,0	34,9	0,5	-	99,5
1993	78,5	20,7	0,8	46,7	16,5	36,8	0,2	-	99,8
1994	89,8	9,6	0,6	55,1	9,0	35,9	0,1	-	99,9
1995	95,0	4,4	0,6	62,0	3,0	35,0	-	-	100,0

Fonte: ANFAVEA, 1995 e ANFAVEA Boletim n. 116

A participação dos autoveículos a álcool atingiu o seu maior percentual em 1986. Depois a produção deste tipo de autoveículo decresceu consideravelmente. As principais razões para que isto viesse a ocorrer relacionam-se com o deslocamento da cana de açúcar para a produção de açúcar para exportação e a consequente crise de abastecimento de 1991. Mais recentemente, o

programa de automóveis populares, contribuiu para um maior deslocamento do álcool como combustível. Dos autoveículos populares somente o Fusca e a Kombi possuem motores a álcool. Além disso, com a diminuição entre as faixas de preço entre a gasolina e o álcool aliado a um maior uso de tecnologia em motores a gasolina, em alguns casos tornou o autoveículo a gasolina mais econômico, apesar do menor preço do álcool.

A revitalização do Programa do Álcool-PROÁLCOOL- vem sendo discutida ao nível do Governo Federal a partir do estabelecimento do chamado “imposto ecológico” sobre o preço final da gasolina. Com este novo imposto que teria sua aplicação somente a partir de 1998, ter-se-ia a liberalização total dos preços da gasolina e do álcool e a extinção da “conta álcool” administrada pela PETROBRÁS. Este imposto arrecadaria os recursos que integram a “conta álcool”, que consome anualmente aproximadamente US\$ 1,4 bilhão para manter o preço do álcool em patamar menor do que a gasolina (Folha de S.Paulo, 24/02 e 06/03/1996).

No tocante a produção nacional de motocicletas e ciclomotores apresentou ao longo dos anos 70 substanciais taxas médias anuais de crescimento. Entre 1975 e 1985 a produção nacional destes autoveículos cresceu a uma taxa média de 40% ao ano. De uma produção de 5.220 unidades em 1975 atingiu-se 161.378 unidades em 1985 (ABRACICLO, 1990). Na segunda metade da década de 80 a produção média anual esteve pouco acima daquela verificada em 1985. Nos anos 80, diferentemente da indústria automobilística, que buscou o mercado externo para o enfrentamento da crise econômica do país, a indústria de motocicletas e ciclomotores conseguiu através da expansão dos consórcios manter o seu ritmo de produção.

Na década de 90, a produção nacional de autoveículos de duas rodas tem se expandido, todavia, com taxas bem menores do que aquelas verificadas nos anos 70, resultado de uma política de diversificação de produtos e agregação tecnológica tendo em vista competir no mercado interno com as motocicletas e ciclomotores importados. As principais empresas que compõe a indústria nacional de autoveículos de duas rodas são a Honda, a Yamaha, a Agrale e a Vespa.

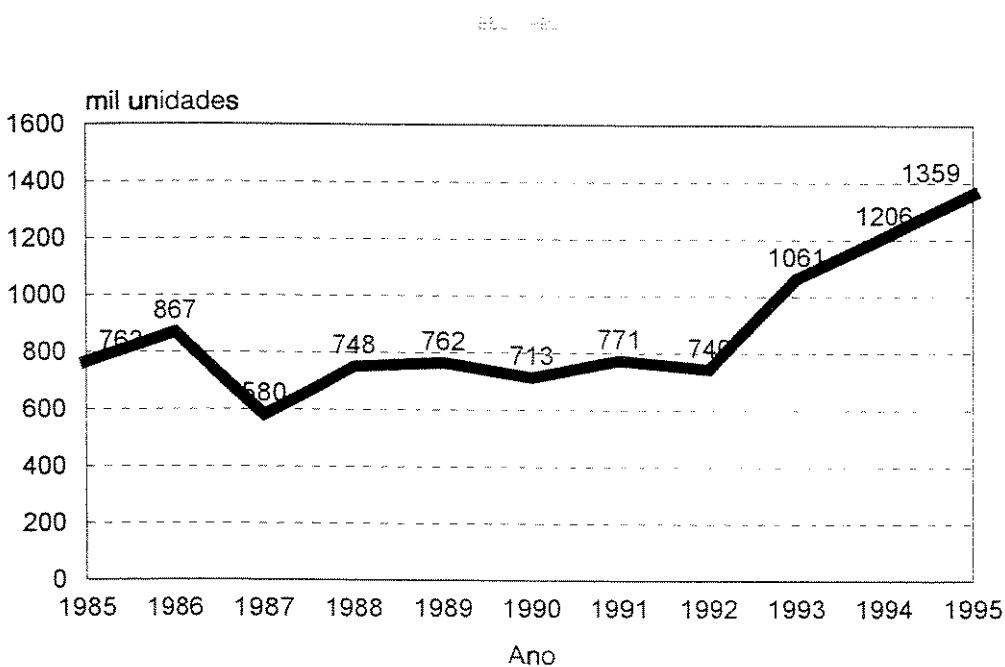
Vendas

A participação dos autoveículos importados no total das vendas do mercado interno cresceu entre 1993 e 1995. Em 1993 foram comercializados 79.9 mil unidades, em 1994, cerca 193.1 mil unidades e em 1995, atingiu-se a marca de 400.6 mil unidades, significando uma

elevação da participação dos autoveículos importados no total das vendas domésticas naqueles anos de respectivamente, 7%, 13,8% e 24,2%. A tendência ora colocada é de estabilização em torno da quantidade importada em 1995, em face dos problemas oriundos da balança comercial. Quanto as vendas no mercado interno de produção nacional, a indústria projeta um consumo interno de 2 milhões de veículos no ano 2000. A figura 2.2 ilustra as vendas no período de 1985 a 1995. Se a tendência de crescimento de 12,8% ao ano, observada nos anos nos últimos três anos for mantida, o consumo interno de 2 milhões de autoveículos previsto pelo setor automobilístico poderá ser atingido antes do ano 2000.

Finalmente, no tocante ao mercado interno de motocicletas e ciclomotores sempre esteve comprador, mesmo no final da década de 80 e início dos anos 90, não obstante a crise econômica que estava passando o país. Atualmente, o mercado interno vêm se expandindo a uma taxa semelhante ao da indústria automobilística, em torno de 11% ao ano.

Vendas internas de autoveículos nacionais



Fonte: ANFAVEA, (1995)

Figura 2.2 Vendas internas de autoveículos

2.4 Considerações Finais

Conhecidos os principais sistemas de transportes que podem ser empregados no transporte urbano e a constatação da grande representatividade do sistema rodoviário no transporte de pessoas e as perspectivas das grandes dificuldades para a mudança deste quadro antes do próximo século, podem ser melhor percebidos os reais desafios que necessariamente devem estar contemplados nas atividades relacionadas ao planejamento e a gestão do transporte urbano do país.

Entre estes desafios destacam-se a adequação e a implementação de políticas governamentais que não fomentem ainda mais o transporte individual, bem como reflitam-se em alterações no atual modelo de transporte urbano, com os órgãos governamentais responsáveis pelos transportes, urbanização, energia e meio ambiente, buscando o equacionamento do conflito de interesses existentes entre os fabricantes de autoveículos, os produtores de combustível, da população frente à necessidade de se buscar um transporte urbano sustentável.

Avançar no sentido de se buscar uma reorientação do transporte urbano do país, significa em última instância, levar a cabo a execução de um planejamento amplo, contemplando questões que vão desde o uso e ocupação do solo, escolha de sistemas de transportes adequados à demanda e mais sustentáveis social, economicamente e ambientalmente, reorientação da atual matriz energética do transporte urbano considerando a questão ambiental e o entendimento dos principais fatores que acabam determinando a demanda e a oferta do transporte urbano individual.

No tocante aos fatores que influenciam a demanda de veículos automotores, cabe salientar que os mesmos são múltiplos e complexos. Sua importância relativa pode variar consideravelmente entre os tipos de autoveículos, entre grupos sócio-econômicos e de um país para outro. Além disso, os efeitos de alguns destes fatores se fazem sentir a curto prazo, como por exemplo, as facilidades creditícias, que recentemente possibilitou que mais de 50% da produção nacional de automóveis contemplasse o segmento dos chamados “carros populares”. Enquanto outros possuem uma incidência perceptível mais a longo prazo, como os planos de uso e ocupação do solo e atitudes gerais quanto à posse de automóveis.

É evidente que é do crescimento demográfico que depende, a longo prazo, a expansão da demanda de autoveículos rodoviários.

Um importante crescimento da participação feminina em diversos países da OCDE, após 1950, explica parcialmente o crescimento recente da motorização. Esta tendência, junto com o crescimento de renda das famílias, estimulou a demanda pelo segundo veículo familiar. Além disso, a diminuição no tamanho das famílias neste fim de século e o aumento provável da porcentagem de pessoas vivendo sozinhas em residências e apartamentos, devem também estimular a utilização de transporte individual nas grandes cidades (OCDE, 1983).

A renda disponível constitui um dos principais fatores que determinam a demanda a longo prazo e, portanto, é fundamental levá-la em conta na tentativa de se prever a evolução da posse de veículos pelas famílias ou indivíduos.

Nos países desenvolvidos, constatou-se uma diminuição, ao longo dos últimos 20 anos, da elasticidade-renda da demanda de automóveis. Tal evidência se deve ao fato que a posse de veículos por família diminui à medida que se aproxima da taxa de saturação. É fundamental se levar em conta este efeito nos modelos de projeção baseados sobre a evolução da renda, a fim de se evitar uma superestimação da demanda de automóveis (Les Transports Terrestres, Recherche et Développement , 1989).

O preço de um automóvel e seu custo de utilização constituem importantes fatores determinantes de sua demanda. No entanto, o seu custo de utilização, sobretudo os componentes ligados à quilometragem, como o custo do combustível e o custo de manutenção, pouco incidem sobre a posse de um veículo e, por conseguinte, sobre a sua demanda a curto prazo. Em uma situação de aplicação efetiva de um “imposto ecológico” sobre o preço dos combustíveis, possivelmente ter-se-ia alterações no uso de na demanda por novos automóveis.

Pesquisas de preços, ao consumidor, de automóveis no âmbito dos países da Comunidade Econômica Européia, constatou que os países onde estes preços são mais elevados são também onde a demanda de veículos tem crescido menos, e vice-versa.

As facilidades creditícias também podem influenciar os preços dos veículos novos e, conseqüentemente, sua demanda. As condições dos empréstimos, como, por exemplo, o período de amortização, também podem ser relevantes, na medida que podem atenuar a resistência dos consumidores a aumentos do preço dos veículos. De uma maneira geral, as facilidades creditícias podem ser um importante fator, sobretudo no curto prazo.

A diferença de preços entre automóveis novos e usados também incide sobre a demanda de automóveis novos. Por exemplo, enquanto em termos relativos o preço dos automóveis novos tende a aumentar em função do uso de novas tecnologias e da instalação de novos dispositivos de segurança, o valor de revenda dos automóveis antigos tendem a diminuir, por causa da aceleração de sua obsolescência.

A importância e a qualidade do sistema de transportes públicos parece ter uma incidência tão forte sobre a taxa de posse de automóveis como o nível de urbanização. Por exemplo, em uma conjuntura de contínua degradação da qualidade dos serviços de transporte público, como se tem observado recentemente em algumas cidades brasileiras, acaba refletindo-se em uma maior taxa de posse de automóveis e agravando os problemas de engarrafamentos, poluição e o aumento das dificuldades de estacionamento que frequentemente se encontra.

A questão de uso e ocupação do solo com a redistribuição de habitantes das zonas centrais das cidades em direção a zonas urbanas de densidade média possibilita a expansão da taxa de posse de automóveis. Todavia, neste caso, pode-se ter o agravante de que com as restrições financeiras e aquelas ligadas à utilização do solo, que pesam sobre o desenvolvimento da infraestrutura rodoviária, podem vir agravar os problemas de tráfego nas novas zonas de habitação e limitar, por conseguinte, o crescimento da posse de automóveis, a médio e longo prazos. No Brasil, a aceleração do êxodo rural e o conseqüente aumento da urbanização e a falta de transportes públicos, em que pese, os grandes “bolsões” de miséria existentes nas grandes cidades, certamente contribuiu para o aumento da taxa de posse de automóveis.

De uma forma geral, as exigências das sociedades em termos de proteção ambiental e segurança dos veículos terão uma incidência notável sobre os tipos de veículos e sistemas de transporte que deverão ser utilizados no transporte urbano, no médio e longo prazos. Além disso, a demanda por automóveis, a médio prazo, também pode ser influenciada pela orientação da política de transportes, notadamente no que se refere à distribuição modal, entre transporte rodoviário, ferroviário, aquaviário e aéreo. Fatores psicológicos, de natureza cultural, também afetam a decisão de se possuir um automóvel ou adquirir um mais novo. Entre eles, pode-se destacar o desejo de se salvaguardar a privacidade, a busca de prestígio e a vontade de se deslocar mais rapidamente.

De uma forma geral, deve-se sempre considerar que uma reorientação no atual modelo de transporte urbano, fundamentalmente baseado no transporte individual, certamente encontrará grandes barreiras políticas e econômicas, dada a enorme importância relativa que o automóvel ocupa na sociedade moderna, fazendo parte da vida cotidiana.

Finalmente, deve-se mencionar alguns fatores que podem afetar a oferta de automóveis, destacando-se as “forças independentes do mercado” e as “forças de mercado”. As forças “independentes do mercado” consistem, sobretudo nas legislações e regulamentações governamentais que se aplicam à utilização de veículos automotores, nos seus aspectos energético, de segurança e de impacto ambiental. Pode-se mencionar, à guisa de exemplo, as seguintes leis americanas: o “National Highways Traffic Act”, promulgada em 1966, e o “Clean Air Act”, promulgado em 1990. Em termos de “forças de mercado”, tem-se os grandes aumentos de preço do petróleo em 1973 e 1979, que ocasionaram importantes aumentos no preço real da gasolina. A curto prazo, isto produziu reduções no número de quilômetros percorridos. A reação a médio prazo dos fabricantes foi a de construir veículos mais eficientes em termos de consumo de combustível. Normalmente, esta evolução tem sido decidida pelos próprios fabricantes, a fim de fomentar a demanda. Na indústria automobilística, novas tecnologias tem sido desenvolvidas e continuarão a sê-lo, notadamente nos campos da engenharia do produto e dos processos de fabricação, observando-se, inclusive, avanços em outros ramos industriais, de forma a garantir seus interesses e a sua própria sobrevivência no longo prazo.

2.5 Referências Bibliográficas

- ABRACICLO - Associação Nacional dos Produtores de Motocicletas e Ciclomotores -, *Anuário Estatístico*, vários anos.
- ANFAVEA, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, *Anuário Estatístico*, 1995.
- ANFAVEA, “*Boletim Mensal*”, janeiro, n.116, 1996.

- Bajay, S.V., Walter, A.C.S., Cruz, G.M.M., Berni, M.D.; *Estudo Prospectivo Sobre a Evolução dos Veículos Automotores*, Trabalho de pesquisa entre UNICAMP e Equipamentos Clark Ltda, Dezembro, 1991.
- Folha de S.Paulo*, 24/02/1996, pp.2.1
- Folha de S.Paulo*, 06/03/1996, pp.2.1
- Ferro, J.R. e Cruci, A., “Visões Sobre o Futuro da Indústria Automobilística Brasileira”, In: *Revista de Administração de Empresas-RAE*, EAESP/FGV, v.2, n.5, pp. 32 a 38, Fevereiro, 1996
- GEIPOT/MT, Ministério dos Transportes, *Anuário Estatístico-Sinopse*, 1993.
- Les Transports Terrestres, Recherche et Développement 1990/94.In: *La documentation Française*, Paris, France, 1989.
- Mello, J.C., *Transportes e Desenvolvimento Econômico*, EBTU. Brasília, Distrito Federal, 1984.
- Mouette, D.; “*Utilização do Método de Análise Hierárquica no Processo de Tomada de Decisão no Planejamento de Transporte Urbano: Uma Análise Voltada aos Impactos Ambientais*”, Tese de Mestrado, FEE, UNICAMP, Agosto, 1993.
- OCDE, “*Perspectives a long terme de l’industrie automobile mondiale*”, Paris, France, 1983.
- O Estado de S. Paulo*, 25/02/1996, pp.B3

Capítulo 3

Transporte Urbano, Urbanização e a Questão Institucional

3.1 Introdução

Historicamente, o processo de urbanização do Brasil inicia-se com Portugal dividindo as terras descobertas em capitanias hereditárias, visando, através da iniciativa privada, colonizá-lo e explorá-lo. Com o fracasso desse sistema, o governo português acabou criando o sistema de Governo Geral, cuja principal função seria fundar cidades na colônia. A primeira cidade fundada no Brasil, segundo historiadores, parece ter sido Igarapé em Pernambuco, em 1530. Entre as muitas outras que surgiram com os governos gerais destacam-se Salvador em 1549, São Paulo em 1554 e o Rio de Janeiro em 1565. Ressalte-se que Salvador viria a expandir-se como grande cidade, tendo em vista à sua origem militar também. A essa época a grande maioria das cidades desenvolviam-se próximas ao litoral, tinha pouca importância política ou econômica, na medida em que a sociedade era tipicamente rural. Todavia, era um instrumento de conquista, de dominação militar e econômica sobre a colônia. Em um segundo momento, verifica-se a fundação de cidades no interior da colônia e a partir de aldeamentos indígenas. O maior exemplo é o caso da cidade de São Paulo. Os ciclos do açúcar e da mineração e do café também viria fomentar fortemente o surgimento de várias cidades pelo interior da colônia. Os excedentes proporcionados pelo ciclo do café, aliado ao cracking de 1929 que viria abalar profundamente a economia cafeeira, foi um dos principais fatores a alavancar a industrialização no país, a partir da década de 30. Em consequência observa-se uma enorme expansão das áreas urbanas, sobretudo daquelas situadas

nas regiões Sul e Sudeste. O processo de urbanização se acentuou após a II Guerra Mundial quando a industrialização adquiriu novo e vigoroso impulso.

Nesta nova realidade urbano-industrial, tem-se os ensaios das primeiras atividades e estudos sobre a evolução do espaço urbano e transportes no Brasil. Especificamente, em relação à evolução do espaço urbano, a rigor, o primeiro plano urbanístico elaborado em bases científicas foi o planejamento urbano para a construção da cidade de Brasília. Ressalte-se, que após Brasília, muitos escritórios especializados em planejamento regional e urbano surgiram no país, executando planos de renovação e extensão urbanas para distritos ou cidades e grandes conjuntos residenciais.

3.2 Urbanização e a Questão Institucional

O núcleo urbano e as redes de transporte surgem da necessidade humana de realizar atividades no espaço urbano, propiciando o desenvolvimento e facilitando a participação nas atividades econômicas e levando a uma melhoria nas condições de vida da população. O entendimento das relações que ocorrem no espaço urbano é fundamental para a implantação de uma rede de transporte. A configuração espacial do núcleo urbano define as necessidades de transporte - demandas - e o tipo do sistema de transporte requerido - rodoviário, ferroviário e metroviário, entre outros. Os padrões de uso do solo é condicionado fundamentalmente pelo processo de crescimento econômico, cujos reflexos na elevação renda e/ou concentração de renda permite uma maior acessibilidade ao transporte individual em detrimento do coletivo. A compreensão das íntimas relações entre o transporte urbano e a urbanização, possibilita a execução de ações de planejamento que podem minimizar os impactos negativos sociais, econômicos e ambientais, nos núcleos urbanos.

A experiência dos países desenvolvidos mostra que entre outros fatores a elevação dos níveis de renda real, principalmente nas áreas urbanas, favorece um crescimento significativo da frota de veículos. Em decorrência, verifica-se uma evolução do nível social e ocorre uma maior participação dos habitantes urbanos no consumo de bens duráveis, alargando de forma significativa o número de pessoas possuidoras de automóveis, provocando situações críticas de congestionamento nas áreas urbanas.

No Brasil, a partir do pós-guerra houve uma queda acentuada na participação do transporte público relativamente ao total das viagens urbanas, suburbanas e interurbanas no âmbito das mais importantes áreas metropolitanas do país, na medida em que as entidades operadoras não puderam, via de regra, adaptar a qualidade dos seus serviços à evolução social dos seus usuários. A utilização cada vez mais generalizada do transporte individual contou a seu favor, além das deficiências dos serviços públicos, com políticas de investimentos, baseadas na implantação de vias expressas, vias elevadas, anéis rodoviários e facilidades de estacionamento nos espaços intra-urbanos. A implantação de tais facilidades para o transporte privado atuou, entretanto, como uma faca de dois gumes, na medida em que, ao lado do alívio temporário da circulação, aumentou a atração sobre novos veículos. Estes passaram a demandar os espaços intra-urbanos e as zonas centrais de negócios, criando problemas adicionais de circulação e estacionamento. Provando que as medidas de alargamento de ruas, construção de vias elevadas, etc., tinham efeito meramente paliativo sobre os problemas de circulação urbana, além dos aspectos não menos graves de poluição e degradação dos ambientes urbanos. Mesmo que muito aquém das necessidades reais, as autoridades responsáveis direta ou indiretamente pelo transporte começam reestruturar as bases das políticas de investimentos e operação dos serviços de transporte público especialmente o de massa, visando torná-lo mais atraente para o usuário e adequado ao espaço urbano.

Desta forma, a ênfase na implantação de vias expressas, vias elevadas, facilidades de estacionamento, etc., passou a ceder lugar à preocupação com a articulação das etapas de viagens feitas através de diferentes modalidades de transporte, principalmente a integração das etapas feitas pelo transporte individual com aquelas que, por razões de conforto, segurança e pontualidade, poderiam ser substituídas vantajosamente pelo transporte público. Ressurgia, assim, os grandes investimentos na construção ou melhoria dos sistemas de pré-metrô, metrô e trânsito rodoviário rápido. Nos países desenvolvidos ou não, as políticas de transporte dentro do espaço urbano passaram a objetivar um equilíbrio mais adequado entre os sistemas de atendimento público e individual, principalmente no âmbito das grandes aglomerações metropolitanas. No Brasil, esta nova abordagem para o transporte urbano e o espaço urbano resultou, em um grande número de áreas metropolitanas e a implantação de sistemas de trânsito rápido com áreas de estacionamento estrategicamente localizadas, melhor coordenação regional das obras de infraestrutura viária, como vias expressas, acessos e contornos .

Em termos de Brasil, é interessante assinalar que, apesar de toda a expansão recente da indústria de autoveículos, o índice de motorização do país ainda é baixo, se comparado com os países desenvolvidos. Acontece, entretanto, que a frota de veículos, embora diminuta em termos absolutos no Brasil, é muito concentrada espacialmente, especialmente no Centro-Sul do país, devido ao próprio processo de industrialização. Cabe lembrar que no Brasil, apesar da extensão da sua malha rodoviária de longa distância, grande parte do tráfego nas estradas de rodagem é originado ou tem seu destino em um número reduzido de áreas metropolitanas.

Outro aspecto que vale ser lembrado é o próprio ritmo de expansão das metrópoles do país, relativamente àquele ocorrido nos países desenvolvidos. A menor taxa de crescimento médio anual da população nas áreas metropolitanas brasileiras é muito maior que as taxas observadas, em mesmo período, para a maioria das metrópoles da Europa e América do Norte. Isto significa que, somente a taxa de crescimento populacional requer para as cidades brasileiras níveis de investimento em infra-estrutura consideravelmente superiores, independente das soluções escolhidas para o transporte e de uma política racional de uso e ocupação do espaço urbano.

3.2.1 Perspectivas da urbanização

3.2.1.1 Crescimento vegetativo

Várias fontes independentes confirmam a queda ampla e generalizada da fecundidade no Brasil. Essa queda, iniciada na década de 60, persistiu na década de 70 e se acentuou ainda mais na década de 80. Na década de 70, a redução atingiu mais as áreas urbanas e as regiões Sul e Sudeste. Na primeira metade dos anos 80, ela se ampliou, alcançando as demais regiões do país e a área rural, nas regiões Norte e Nordeste e nos grupos sociais de renda mais baixa. A experiência histórica internacional sugere que, uma vez iniciado o processo de queda da fecundidade, este acaba atingindo a maioria dos espaços geográficos e camadas sociais.

3.2.1.2 Êxodo rural

Conforme tem sido fartamente documentado na literatura, o processo de modernização agrícola, intensificado a partir de meados da década de 60, provocou uma forte concentração da terra. Uma consequência notável desta transformação foi a expulsão de quase 30 milhões de

peessoas das áreas rurais entre 1960 e 1980. Os pequenos produtores - fossem eles proprietários, posseiros ou arrendatários - foram os mais afetados. Imaginava-se que esse processo continuaria inalterado na década de 80, mas os resultados do Censo Agropecuário de 1985 causaram alguma surpresa. Politicamente, o período pós 85 é marcado por uma forte ofensiva dos setores rurais mais conservadores em todos os níveis, o fracasso da reforma agrária e a retomada da modernização e de uma relativa elevação dos preços da terra. O conjunto desses processos deve significar uma nova retração das alternativas para a pequena produção até a virada do século, favorecendo a criação de “bolsões” de miséria nos grandes centros urbanos e a luta pela definição da efetiva reforma agrária (Martine et alii, 1990).

3.2.2 O Transporte urbano pré Constituição de 1988

Da Constituição de 1988 surgiu uma questão institucional de grande importância, que diz respeito aos limites legais de atuação das três esferas de governo no transporte urbano. Até então o Governo Federal atuara nessa área, desconhecendo as fronteiras estaduais e municipais, pois na prática a Federação não existia. A dependência financeira, em razão da centralização de recursos, alijou os municípios das decisões sobre política de transporte urbano para o país e os condicionou a uma dependência técnica profunda relativamente a planejamento e controle da operação dos serviços locais, sobretudo após meados da década de setenta (Lima, 1991).

Até meados dos anos setenta, as preocupações e responsabilidades relacionadas com o transporte urbano eram restritas praticamente aos governos municipais, com o envolvimento dos governos federais e estaduais restrito ao financiamento parcial de determinados projetos rodoviários por intermédio do Departamento Nacional de Estradas de Rodagens - DNER - ou dos Departamentos Estaduais - DERs -, além de esporádicas intervenções nos sistemas de transporte suburbano.

Com a formulação do II Plano Nacional de Desenvolvimento - 1974/79 - II PND -, o governo federal passou, pela primeira vez, a dar atenção explícita aos problemas urbanos em geral e, em particular, aos relacionados com as carências no transporte. Uma série de medidas de ordem institucional foram adotadas, com vistas ao necessário suporte à implementação dos objetivos do II PND. Nesse período foram criados a Empresa Brasileira de Transportes Urbanos - EBTU - e o

Fundo Nacional de Desenvolvimento dos Transportes Urbanos - FDTU -, este como subconta do Fundo Nacional do Desenvolvimento Urbano - FNDU. Perseguindo o objetivo de implementar um sistema nacional de planejamento para o transporte urbano nas principais aglomerações brasileira, a EBTU se deparou com uma série de graves e complexos problemas de ordens política, jurídica, institucional e financeira.

Por outro lado, há que se destacar que os recursos canalizados pela EBTU para as entidades estaduais e municipais obedeciam a critério alocativo, baseado no interesse em projetos específicos e cobertos por convênios estabelecidos de forma compartimentalizada e casuística, ou seja, embora os conceitos, programas e prioridades freqüentemente claros nos diz respeito à retórica oficial, a atividade de financiamento era errática e sem critérios e regras duradouras de relacionamento entre o governo federal e os estados e municípios (Barat, 1991). Este aspecto, certamente foi um dos grandes responsáveis pela limitação da ação da EBTU, uma vez que a provisão de recursos de forma descontínua e unilateral impediu a implementação de projetos e medidas de longo alcance, tanto em termos sociais quanto em termos de retornos econômicos.

De uma forma geral, foi nas décadas de 70 e 80 que verificou-se uma profunda ingerência do Governo Federal nas questões relativas aos transportes urbanos. Esta ingerência inicia-se a partir da profunda centralização de recursos nos anos 70 e culmina com a Promulgação da Constituição de 1988, quando novas bases institucionais e financeiras fortalecem, sobretudo os municípios. Todavia, ainda ficando em aberto a questão da identificação dos limites de atuação de cada esfera de governo à luz dessa nova realidade institucional.

Nos anos que precederam à crise do petróleo de 1973, os parâmetros de avaliação de investimentos em transporte diziam respeito à simples provisão de capacidade viária de forma a manter em níveis aceitáveis os tempos de percursos dos deslocamentos urbanos. Assim, até meados da década, muitos foram os investimentos feitos com o simples intuito de ampliar a capacidade das vias e assegurar uma livre e indiscriminada circulação de automóveis e de veículos coletivos (Lima, 1991). A partir de 1975 teve início uma fase, ainda dentro do primeiro momento citado, em que o governo federal entendeu que havia necessidade de racionalizar a circulação urbana, optando por promover a implantação de faixas exclusivas para ônibus, operações de embarque e desembarque mais racionais e cruzamentos mais seguros e fáceis. Com o agravamento do crise energética, a partir do segundo choque do petróleo, em 1979, tomaram-se iniciativas

dirigidas à conservação de energia, como o Programa de Transportes Alternativos par Economia de Combustíveis - PTAEC -, que tinha por objetivo intensificar o uso de modalidades de transporte urbano de maior eficiência energética. O Programa Nacional do Alcool - PROÁLCOOL era implementado à essa época, todavia era dirigido somente ao transporte individual e para o deslocamento da gasolina, visando minimizar os dispêndios com as importações de petróleo. No PTAEC, foram incluídas a elevação da capacidade dos ônibus e a expansão ou implantação de sistemas eletrificados. Os serviços metroviários e ferroviários metropolitanos, bem com a operação de tróleibus foram beneficiados. Destaque-se nesse período, a modernização dos trens de subúrbio de Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte e Recife, sendo os três últimos financiados com recursos externos. Além disso, foi implantado o Programa Nacional de Tróleibus, que beneficiou cidades como São Paulo, Recife, Ribeirão Preto e Santos.

O terceiro momento caracterizou-se por medidas que envolviam elevação da eficiência operacional e redução dos custos e tarifas, incluindo-se os programas de fortalecimento dos órgãos de gerência, mediante treinamento de técnicos e concessão de recursos para a estruturação material e institucional dos órgãos, treinamento de empresários, motoristas e cobradores, elaboração de manuais de orientação para o planejamento, controle operacional e cálculo de custos e tarifas. O transporte urbano no país não teve por parte do governo federal, ao longo dos anos 70 e 80, o mesmo tratamento financeiro dado ao transporte rodoviário interurbano.

Haja visto que dentro da montagem da estrutura financeira de suporte ao setor de transportes como um todo, enquanto o transporte rodoviário interurbano vinha recebendo recursos desde fins da década de 60, o transporte coletivo urbano, somente a partir de 1976 com 18,1 % do Imposto único sobre Lubrificantes e Combustíveis Líquidos e Gasosos - IULCLG -, 14% da Taxa Rodoviária única - TRU, 69% do Adicional do IULCLG e 100% do Adicional da TRU (Lima, 1991). Entretanto, a partir de 1982, os transportes coletivos urbanos deixam de receber parcelas do IULCLG e da TRU. A base de financiamento do transporte coletivo urbano passou a ser o empréstimo externo, que de acordo com Lima (1991), se eleva consideravelmente a partir de 1979. A EBTU, entre 1979 e 1984, teve na sua receita global a elevação de 4,4% para 60,5%, da participação de fontes de recursos externos, provocando uma pressão do pagamento do serviço da dívida sobre os escassos recursos disponíveis. Em 1988, a Constituição viria modificar o perfil de centralização de recursos e decisões na esfera federal, coincidindo com o esgotamento

do padrão de financiamento da política de transportes. Com a nova política tributária, os poderes locais, representados por estados e municípios adquiriram autonomia no que se refere à gerência do transporte urbano local, e à União foi reservada a competência de instituir diretrizes e legislar sobre a política nacional de transporte e trânsito.

3.2.3 O Transporte urbano pós Constituição de 1988

A constituição de 1988 trouxe em seus dispositivos mecanismos de descentralização administrativa e financeira que permitirão, paulatinamente, resgatar a autonomia municipal e o engajamento efetivo das prefeituras municipais na promoção do desenvolvimento nacional. Além da reforma tributária que, ao reduzir as receitas da União, aumentou as dos estados e, principalmente, dos municípios, a nova carta elevou os municípios à condição de membros da Federação. Ao mesmo tempo, deu-lhes, além da competência para tratar das questões de seu particular interesse, a incumbência de promover, em conjunto com a União e com os estados, os serviços de educação, saúde, assistência social, proteção ao meio ambiente, ao patrimônio histórico e cultural, ao turismo e às microempresas (Souza, 1990). É de competência exclusiva da União definir diretrizes gerais para o desenvolvimento urbano, inclusive sobre habitação, saneamento básico e transportes. A regulamentação desse princípio deverá se constituir na base para a formulação da política urbana nacional e servirá para ajustá-la às políticas globais e setoriais de desenvolvimento, incluindo a ordenação do território e o desenvolvimento regional. Estabelece a Constituição que, no âmbito da legislação concorrente, a competência da União limitar-se-á a estabelecer normas gerais. É de competência da União legislar, privativamente, sobre desapropriação. Explicitamente, a Constituição de 1988 reservou aos Estados competência para legislar concorrentemente sobre o direito urbanístico; instituir regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microregiões; e promover programas habitacionais e de saneamento básico com os demais níveis de governo. Além de tratar dos assuntos de sua competência privada, ou seja, legislação de interesse social, prestação de serviços públicos, controle do uso do solo e, das competências comuns com os demais níveis de governo, compreendendo a promoção de programas habitacionais e de saneamento, educação, saúde e cultura, a Constituição determina que, a partir das diretrizes gerais formuladas pela União, a política urbana é, por excelência,

matéria de competência municipal. O instrumento básico da política de desenvolvimento urbano é o plano diretor, obrigatório para as cidades com mais de 20 mil habitantes.

Ao contrário da centralização ocorrida no passado, a nova constituição optou por uma hiperdescentralização ao delegar aos municípios a maior parcela de responsabilidade pela implantação da política urbana. Após a Constituição de 1988, a principal iniciativa do Governo Federal em termos do estabelecimento de diretrizes gerais para o setor de transportes esta inserida no chamado Plano Plurianual 1991-1995. As diretrizes e os objetivos gerais de política do Governo Federal para o setor de transportes, estabelecidos para o Plano Plurianual 1991-95, objetivavam a estruturação de um sistema nacional de transporte integrado e coordenado, e atendessem as necessidades econômicas, sociais e geopolíticas do país sob o menor custo possível e com uma adequada repartição modal, compatível com as solicitações do mercado (SNT/MINFRA, 1990). Sob tal ótica, dever-se-ia buscar a racionalização operacional dos sistemas de transportes, desenvolvendo o transporte intermodal como opção natural dos usuários, quando se apresentar de menor custo final e mais adequado às características da demanda e às especificidades regionais. Da mesma forma, deveria ser estimulada a participação da iniciativa privada na exploração e ampliação dos serviços de infra-estrutura do setor de transportes, considerando-se como uma alternativa factível e desprovida de condicionantes ideológicos, respeitados, porém, os interesses dos usuários e assegurada a supervisão dessas atividades pelo Poder Público. Em contrapartida, deveriam serem empreendidas revisões dos mecanismos de financiamento do setor de transportes, envolvendo uma adequada redistribuição das competências e responsabilidades no âmbito dos sistemas de transporte federal, estadual e municipal, as quais iriam contribuir para uma melhor operacionalidade do conjunto. Também, todas as diretrizes e os objetivos de política para o setor de transportes estariam firmemente sedimentados em pressupostos que privilegiassem o correto inter-relacionamento de suas atividades com os imperativos de preservação do meio ambiente.

Os resultados práticos e efetivos do Plano Plurianual 1991-1995, não alcançaram os objetivos propostos, pelo contrário, os sistemas de transporte objeto de fomento do Plano, apresentam-se atualmente, em uma pior situação, do que aquela verificada por ocasião da elaboração do Plano. As principais razões para o malogro do Plano, deveu-se a fundamentalmente ao caos institucional dos órgãos responsáveis pelo desenvolvimento urbano do país, fato que veio agravar-se ainda mais no Governo Collor, com a extinção de alguns destes órgãos.

Entre 1964 e 1973, a política urbana esteve entregue ao Ministério do Interior - MINTER -, responsável pelas atividades do Banco Nacional de Habitação - BNH -, do Serviço Federal de Habitação e Urbanismo - SERFHAU e dos órgãos de desenvolvimento regional. Com a extinção do SERFHAU e a criação da Comissão Nacional de Regiões Metropolitanas e Política Urbana - CNPU -, em 1974, a formulação da política urbana e a implantação dos programas objetivando a organização espacial do território ficaram sob a responsabilidade da SEPLAN/PR. A Empresa Brasileira de Transportes Urbanos - EBTU -, criada em 1975, esteve vinculada ao Ministério dos Transportes e atuava setorialmente, apesar da integração buscada pelos encarregados da formulação e implantação da política urbana. O MINTER, nesse período, manteve em sua estrutura o BNH e os órgãos regionais.

Em 1979, a CNPU foi transformada no Conselho Nacional de Desenvolvimento Urbano - CNDU e transferida para o MINTER, colocando juntos os diversos órgãos ligados ao desenvolvimento urbano e regional, com exceção da EBTU. A criação da Secretaria Especial de Meio Ambiente - SEMA - e do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA -, nesta época, também subordinados ao MINTER, completou o elenco de órgãos responsáveis pelo urbano, regional e meio ambiente.

Com a instalação do Governo da Nova República, em 1985, foi criado o Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - MDU -, que recebeu do MINTER o CNDU, a SEMA, o CONAMA, o Departamento Nacional de Obras e Saneamento - DNOS - e o BNH. Em janeiro de 1986 a EBTU passou para a esfera do MDU. Em fevereiro daquele mesmo ano o DNOS passou a ser vinculado ao Programa Nacional de Irrigação. Em novembro de 1986 o BNH foi incorporado pela Caixa Econômica Federal - CEF, subordinada ao Ministério da Fazenda. Em 1987 o MDU foi transformado no Ministério da Habitação, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - MHU -, passando a CEF para sua área de competência - definição das políticas de habitação, saneamento e desenvolvimento urbano, com exceção do controle monetário, exercido pelo Banco Central. Os demais órgãos e funções do MDU permaneceram no novo ministério.

O MHU, por sua vez, foi reformulado em setembro de 1988, passando a se chamar Ministério da Habitação e Bem-Estar Social - MBES -. Com o novo arranjo institucional, a EBTU foi devolvida para o Ministério dos Transportes, o CNDU, a SEMA e o CONAMA foram para o MINTER. O MBES ficou com a CEF e recebeu os seguintes órgãos: Secretaria Especial de Ação

Comunitária - SEAC, encarregada de implantar o Programa de Mutirões Habitacionais e anteriormente ligada à Presidência da República; Coordenadoria para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência - CORDE, Legião Brasileira de Assistência - LBA e Fundação Nacional do Bem-Estar do Menor - FUNABEM. O MBES manteve as funções do MHU, exceto as exercidas pelo CNDU, CONAMA e SEMA, e recebeu a coordenação da política de assistência social. Todas as secretarias do MHU, exceto aquelas ligadas ao CNDU - habitação, saneamento e transportes -, permaneceram no MBES. O decreto que criou o MBES transferiu a formulação da política nacional de saneamento, executado pela CEF/Plano Nacional de Saneamento- PLANASA -, para o Ministério da Saúde.

No início de 1989, por meio da Medida Provisória n. 29, que não foi aprovada pelo Congresso, sendo reeditada como Medida Provisória n.39, de 15-01-89, o MBES foi extinto através da Lei no 7739, de 16/03/1985 e promulgada pelo Presidente da República. Extinto o MBES, todos os seus órgãos passaram para o MINTER. Fatos sucessivos como a mudança do MINTER para o Ministério da Infra-estrutura - MINFRA - e a extinção de órgãos ligados ao desenvolvimento urbano, no Governo Collor, impediram a implementação de inúmeras ações direcionadas ao desenvolvimento urbano, e especial ao setor de transportes.

No atual Governo de Fernando Henrique Cardoso, ainda é grande a desorganização dos órgãos federais ligados ao desenvolvimento urbano. A reorganização administrativa destes órgãos não tem sido meta prioritária por parte do atual governo. Fato preocupante, uma vez que, o país parece ter retomado o crescimento com a estabilização econômica, necessitando portanto, estar apto a atender às demandas por transporte de pessoas e bens, nesta nova situação.

Na hipótese de um reordenamento institucional dos órgãos ligados ao desenvolvimento urbano, não se deve perder de vista a necessidade de integração dos órgãos federais como um todo, e não apenas dentro de uma área específica de atuação, objetivando não reproduzir erros do passado recente. As relações com os estados e os municípios também devem ser consideradas, tendo em vista as competências de todas as esferas governamentais. Especificamente, com relação ao desenvolvimento urbano, o reordenamento terá que observar, em primeiro lugar, a necessidade desta área ficar acoplada às funções de desenvolvimento regional e meio ambiente. Todos os órgãos da administração indireta, ligados a essas questões, como CNDU, EBTU, IBAMA e superintendências regionais, devem ser vinculadas a um ministério específico. O CNDU

reformulado, e com poderes deliberativos, contando com a representação dos órgãos federais, de entidades representativas ligadas ao desenvolvimento urbano e regional e da sociedade, deve considerar a descentralização da política urbana para os municípios e a importante participação que deverão ter os estados, responsáveis pela prestação de importantes serviços urbanos.

3.3 Transportes urbanos: Situação atual e perspectivas

Na maioria das cidades brasileiras os transportes urbanos vêm mostrando acentuadas deficiências, incluindo congestionamentos, elevação dos tempos de deslocamento, baixos níveis de qualidade dos veículos públicos e elevados dispêndios com o transporte para grande parte da população, em relação à sua renda. Administrativamente, a situação também apresenta problemas. Esse transporte é, primordialmente, um assunto de âmbito municipal.

No entanto, poucos municípios possuem quadros de recursos humanos adequadamente preparados para as tarefas de gerenciamento, havendo, ainda, restrições financeiras para o bom desempenho. Em parte como reação aos choques dos preços do petróleo, as principais intervenções do governo federal no sistema de transporte urbano foram marcadas pela concentração de recursos em sistemas sobre trilhos. Foram implantadas as linhas metroviárias em São Paulo e no Rio de Janeiro, a custos da ordem de US\$ 80 milhões/km; investiram-se recursos no aumento da capacidade e do padrão de segurança dos trens de subúrbio dessas cidades; implantaram-se os metrô de superfície de Porto Alegre e Recife e iniciou-se a construção do metrô de superfície de Belo Horizonte.

Não obstante a importância da conclusão destas obras ferroviárias, deve-se reconhecer que a maior parte da população urbana, cerca de 60%, continuará a utilizar ônibus nos seus deslocamentos motorizados. Portanto, os sistemas de ônibus também exigem melhoramentos substanciais na infra-estrutura das vias e no seu gerenciamento. Importante, também, é o fato de que os deslocamentos a pé são complementos obrigatórios à utilização dos transportes públicos, o que exige abrigos, calçadas e outras obras de circulação para maior conforto e segurança dos pedestres.

O Brasil possui 117 centros urbanos com mais de 100 mil habitantes, englobando aproximadamente 60 milhões dos mais de 100 milhões de habitantes das cidades brasileiras.

Embora, ao nível do país, não haja dados sobre o número de deslocamentos ou sua repartição entre as diversas modalidades de transportes, é possível estimar sua magnitude. Tomando-se por base dados de Wright e Sant'Anna (1990), como um fator de mobilidade de 1,5 deslocamentos motorizados por pessoa por dia, obtém-se a estimativa de 90 milhões de viagens urbanas diárias, apenas nas cidades com mais de 100 mil habitantes. Admitindo uma porcentagem de deslocamentos motorizados realizados por automóvel da ordem de 32%, ter-se-á o equivalente a 28,8 milhões de deslocamentos diários. Como entre 3% e 6% utilizam taxis, caminhões, lotações e ciclomotores, sobram 55,8 milhões para ônibus, trens e metrô. Os trens de superfície - incluindo os de São Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Belo Horizonte e Recife, e os numericamente inexpressivos trens de Salvador, Maceió, Natal, João Pessoa e Fortaleza, dificilmente, detêm juntos, mais de 3 milhões de viagens diárias. Os metrô de São Paulo e Rio de Janeiro, juntos, registram 2,6 milhões de viagens/dia. Restam, portanto, 50,2 milhões de deslocamentos diários por ônibus, ou seja, mais de 50% do total de viagens motorizadas diárias. A tabela 3.1 mostra estes resultados.

Tabela 3.1 Estimativas dos deslocamentos motorizados por dia útil, por modalidade, em cidades com população superior a 100 mil habitantes

Modo	Milhões de viagens por dia útil	%
Automóveis	28,8	32
Trens e metrô	5,6	6
Ônibus	50,2	56
Outros	5,4	6
Total	90,0	100

Fonte: Wright e Sant'anna, (1990)

Ainda de acordo com dados de Wright e Sant'anna (1990), seria conservadora a porcentagem de viagens atribuída aos ônibus urbanos, uma vez que, estimativas da Confederação Nacional de Transportes Terrestres - CNTT -, para o ano de 1985, apresentava a estimativa de 65 milhões de passageiros/dia transportados por ônibus, em todas as capitais brasileiras e nas cidades com população superior a 90 mil habitantes. Alternativamente, tomando-se por base uma frota de

66 mil ônibus urbanos existentes no país, em 1985 e supondo que o seu crescimento da frota nos cinco anos subsequentes foi igual ao número de ônibus de reserva em 1985 e que, entre 800 e 1200 passageiros são transportados por ônibus por dia, obtém-se estimativas no intervalo de 52,8 a 79,2 milhões de passageiros/dia.

Os dados apresentados realçam a predominância de dois modos de transporte: o ônibus e o carro particular, que juntos, são responsáveis por quase 90% dos deslocamentos motorizados. Esse fato é duplamente preocupante, tendo em vista que esses dois modos, sob as atuais condições de uso, apresentam numerosas externalidades negativas, destacando-se o automóvel como causa principal de acidentes e congestionamentos e co-responsável, com o ônibus, pela poluição sonora e do ar.

Os ônibus, utilizados em mais da metade das viagens urbanas motorizadas, têm como complemento dois deslocamentos a pé, que chegam a distâncias superiores a mil metros, e situam-se frequentemente na faixa de 400 a 500 metros. Grande parte dessas viagens é do tipo casa-trabalho e ocorre nas horas de pico. A maioria do ônibus urbanos ainda é formada por chassis de caminhões encarroçados, com baixo nível de conforto, alto nível de ruído e emissões de fumaça escura, indicativos de falta de regulação ou manutenção.

Considerando, então, uma estimativa conservadora e apenas as cidades com população superior a 100 mil habitantes, a modalidade "ônibus" transporta entre nove e dez vezes mais pessoas do que os sistemas ferroviário e metroviário. Embora esse fato em nada diminua a importância dos sistemas ferroviários em corredores específicos e dos metrô, é inegável que qualquer melhoria que se pretenda nas condições de transporte em benefício da população urbana brasileira, incluirá, a melhoria dos sistemas de ônibus. Isso se aplica, inclusive, ao crescimento futuro, visto que o número absoluto de novos passageiros urbanos deverá aumentar mais do que a capacidade de atendimento por ferrovia, mesmo sob hipóteses muito otimistas quanto à expansão dos serviços ferroviários urbanos. É desejável diminuir a participação do automóvel nos deslocamentos urbanos e encorajar o aumento nos índices de ocupação dos automóveis que continuarem a circular, especialmente nos picos, pois atualmente a média é de apenas 1,5 ocupante por veículo. A melhoria das condições de circulação de ônibus e pedestres é caminho obrigatório para a estratégia de reduzir a porcentagem de deslocamentos feitos por automóvel. É necessário oferecer alternativas de boa qualidade para persuadir os atuais usuários de automóveis a utilizar o

transporte coletivo em parte dos seus deslocamentos. A importância do ônibus no Brasil decorre da elevada porcentagem de pessoas que a modalidade transporta atualmente, bem como das dificuldades econômicas e políticas de aumentar a oferta de serviços ferroviários e metroviários nas magnitudes necessárias para inverter esse quadro. Ao contrário de muitas cidades européias que cresceram ao longo das linhas férreas, as cidades brasileiras espalharam-se em função de ruas e avenidas, e hoje apresentam dificuldades muito grandes de inserção de novas ferrovias e metrô no espaço urbano. Esse fato limita o número de corredores que possam vir a ser servidos por ferrovias convencionais de superfície ou metrô, sem que haja necessidade de vultosas indenizações.

Wright (1986), estudando a qualidade do desempenho das modalidades de transporte empregadas no âmbito urbano - a pé, bicicleta, automóvel e veículo público, chega às seguintes constatações:

- (i) Os veículos públicos têm um bom desempenho com relação às características que afetam o bem estar da coletividade; porém, apresentam deficiências graves em relação às características que afetam o bem-estar do usuário propriamente dito; e
- (ii) Do ponto de vista do bem-estar coletivo, o automóvel apresenta uma longa lista de inconvenientes, entre eles: menor capacidade de transporte entre todas as modalidades, em relação a vias e estacionamentos; ineficiência energética; elevados custos de construção, manutenção e administração da infra-estrutura; maior possibilidade de acidentes; vulnerabilidade quanto à disponibilidade e custo de petróleo e álcool; poluição, ruído e degradação do ambiente urbano. Entretanto, do ponto de vista individual, o automóvel oferece a usuários de rendas mais elevadas numerosas vantagens como conforto, possibilidade de viajar sozinho ou com companheiros selecionados; flexibilidade de rotas e horários; facilidades de transportar compras e outros objetos e menor tempo gasto nos deslocamentos.

A relação de causa e efeito entre as vantagens individuais e as desvantagens coletivas do uso do automóvel faz com que os indivíduos, ao utilizar este modo de transporte, percam essas vantagens, parcial ou totalmente, dependendo da quantidade de veículos. Isto acontece porque, com o aumento do uso do carro particular, as externalidades negativas se tornam mais pronunciadas.

O ônibus tem capacidade de transporte aproximadamente seis vezes maior que o automóvel, quando opera em vias urbanas de tráfego misto. Sua capacidade pode ser, ainda, quadruplicada se operar em vias expressas. Ademais, a maioria desses ganhos pode ser obtida com vias semi-expressas, ou seja, admitindo-se um número razoável de paradas e cruzamentos nos corredores.

Várias metrópoles brasileiras já contam com corredores de ônibus, entre eles o 9 de julho-Santo Amaro, em São Paulo, com operação simultânea de ônibus e trolebus. Campinas, possui o “corredor” das Amoreiras. Curitiba conta com sistemas mais amplos de corredores, com ruas no centro para uso exclusivo de ônibus e pedestres.

No tocante aos pedestres, as imprescindíveis ações a favor dos mesmos incluem a implantação de grande número de calçadas e a substituição de estacionamentos paralelos às guias das ruas por áreas de pedestres, estreitando-se o espaço disponível para veículos particulares. É preciso também transformar outros estacionamentos, ruas e “mares de asfalto” em pequenas praças e calçadas, integrados a um sistema de abrigos, terminais de ônibus e serviços para pedestres. O objetivo é oferecer ao usuário dos transportes coletivos um ambiente seguro, agradável e funcional. Assim, procura-se fazer com que o usuário possa descer do ônibus e caminhar ao seu destino sem conflitos com veículos motorizados, tendo à sua disposição telefones públicos, bancas de jornal, pontos de venda de café e lanches, bancos para descanso e abrigos para a eventualidade de intempéries (Wright e Sant’anna, 1990).

No tocante aos projetos ciclovitários implantados no Brasil, vale salientar os mesmos tem sido limitados na sua concepção e abrangência - somente lazer - e, raramente passando de um trecho isolado, nas poucas cidades que deram alguma atenção à bicicleta. Isso contrasta com a experiência européia, pois em cidades como Hamburgo a rede ciclovitária é tão extensa que são vendidos mapas para orientar os ciclistas.

3.3.1 Dimensão e qualidade dos serviços de ônibus

A maioria dos itinerários resulta de fatores históricos ligados principalmente à divisão das rotas entre empresas, não havendo ligação entre rota e desejo do usuário. Na maioria das cidades brasileiras, o usuário precisa realizar transbordos, utilizando duas ou três conduções e fazendo

longos e perigosos deslocamentos a pé para chegar ao destino. A soma dos gastos com as tarifas pagas é, em geral, muito superior ao que seria a tarefa para um ônibus que fosse direto da origem ao destino. A racionalização dos serviços, com implantação de corredores de ônibus e para pedestres, oferece possibilidades de reduzir a distância do percurso médio e o número médio de conduções entre quaisquer pontos da grande maioria das cidades brasileiras.

Em rotas adequadamente definidas, preferencialmente com base em pesquisas de origem e destino, é possível eliminar grande parte dos transbordos na maioria das cidades brasileiras.

A necessidade de expandir os serviços de ônibus nos próximos anos faz prever que, sob as atuais condições de operação, a demanda por veículos poderá superar a capacidade de produção dos atuais fabricantes, entre 22 mil e 25 mil ônibus. Na hipótese do estabelecimento de uma política de melhorias substanciais do transporte público rodoviário, é necessário buscar-se a expansão da capacidade de produção de ônibus no país. Uma vez que, conforme Wright e Sant'anna (1990), aumentos simulados na produção, considerando tendência histórica, embora substanciais, não chegam a eliminar a elevação da idade média da frota total de ônibus do país. Para este caso, os autores indicam como opções a expansão da capacidade dos atuais fabricantes, como a Marcopolo, Nielsen, bem como a utilização de firmas não tradicionais, que detêm a tecnologia necessária, incluindo a Cobrasma, Mafersa e Santa Matilde.

Está implícita em todas as medidas para a melhoria do serviço de transporte coletivo a tese de que o transporte não somente deve ser de boa qualidade, mas os aspectos auxiliares desse serviço devem ter tratamento igualmente destacado. Observa-se nessa afirmação uma semelhança com o marketing que empresas particulares fazem de outros bens e serviços, em que freqüentemente se aprimora mais a embalagem, a conveniência e a qualidade do atendimento do que o próprio produto oferecido. Essa filosofia, contrasta com o lamentável estado de operação dos ônibus no Brasil, orientada para oferecer um serviço mínimo, de má qualidade, sob a hipótese, auto-realizável, de que o usuário jamais irá utilizá-lo se tiver outras alternativas.

Esse antimarketing dos transportes públicos deriva de alguns problemas como: a uniformização de tarifas, a divisão geográfica do mercado em rotas ou áreas, por acordos entre empresas, eliminando os incentivos para que essas mesmas empresas oferecessem melhores serviços no esforço de captar uma parcela maior dos usuários habituais dos ônibus e atrair novos usuários, e a excessiva preocupação com a tarifa, calculada normalmente como "custos médios mais 12% de

lucro", o que, em geral, tende a desencorajar a renovação da frota e a melhoria da qualidade do serviço. Estes problemas levam a discussão pela sociedade da questão privatização versus estatização dos ônibus urbanos.

A controvérsia "privatização versus estatização" tem-se resumido, no caso dos transportes públicos brasileiros, à questão da propriedade e da operação dos ônibus e oficinas, visto que os trens, metrô, trolebus e os modos de menor expressão tendem a ser deficitários, assim, quase que obrigatoriamente, de propriedade do Estado.

A questão de quem detém o certificado do registro dos veículos, se prefeitura ou empresário particular, parece ser inteiramente secundária. Na verdade existe a necessidade premente da eficiência e melhoria da qualidade do serviço prestado à população, seja o município o gerenciador do sistema público operado mediante permissões dadas a empresários particulares ou ainda, o próprio município manter o sistema global.

A Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP efetuou uma pesquisa de opinião pública em regiões metropolitanas brasileiras, com base na seguinte pergunta: " Por quem deve ser feito o transporte por ônibus ? " Embora haja algumas variações, aproximadamente metade dos usuários preferem a existência simultânea de empresas públicas e particulares. Um sexto posiciona-se a favor da existência de apenas empresas privadas; um quinto, apenas empresas públicas. O restante não opinou.

As interpretações das preferências dos usuários são muitas. Uma delas é a de que o público desconfia do monopólio dos serviços de ônibus, seja ele estatal ou particular.

Se a empresa pública for mal operada, pode-se apelar para a expansão dos serviços das empresas particulares; se estas cometerem abusos, o órgão público detém um certo "poder de fogo": ele pode suprir parte das necessidades com seus próprios veículos e possui experiência que lhe permite intervir nas empresas particulares de maneira não desastrosa. A existência de um padrão de comparação pode ser também um estímulo para a manutenção da eficiência nas empresas públicas e da qualidade dos serviços nas empresas particulares.

A favor dessa interpretação está o fato de que o sistema de concessões existentes na maioria das cidades reduz a competição entre as empresas privadas aos níveis mínimos. Cada empresa possui linhas ou áreas de atuação exclusiva e, no conjunto, agem em conluio sob a forma de sindicatos patronais. A existência simultânea de empresas públicas e privadas transforma o

monopólio em “duopólio”, e, como há certa divergência de interesses entre a empresa pública e o sindicato dos empresários, melhora a posição dos usuários. A posição dos empregados das empresas particulares também melhora, por terem como ponto de referência, durante as negociações de salários e tarifas, as condições de salário e trabalho, geralmente melhores, da empresa pública.

Por outro lado, os empregados da empresa pública não podem fazer reivindicações descabidas como poderiam sem a presença das empresas particulares. Isso é um freio contra o aumento de salários e encargos - que chegam a representar mais da metade do custo operacional do transporte -, já que seus salários não devem ser demasiadamente superiores aos dos empregados das empresas particulares.

Uma abordagem diferente do problema da propriedade dos veículos e sua operação encontra-se em Araraquara, SP, e em Curitiba. No primeiro caso, por ocasião da criação da empresa de troleibus, que já desativada fundamentalmente face aos custos da eletricidade, criou-se uma sociedade anônima em que as ações ordinárias no sistema de trolebus eram pulverizadas entre membros e entidades da comunidade araraquarense, e as ações preferenciais eram da prefeitura. Esta detinha o poder de “polícia”, através da gerência do sistema de transporte público, mas não o poder administrativo, sendo o sistema operado e conservado como uma empresa particular. No segundo caso, a Prefeitura de Curitiba recebe das empresas operadoras o percentual da tarifa paga pelo usuário correspondente à parcela para renovação da frota, contida na planilha de cálculo dos custos utilizada para estabelecer a tarifa. Esses recursos são investidos em ônibus novos, que compõem a “frota pública”. Esses ônibus, no entanto, são operados pelas mesmas empresas particulares que há tempos respondem pelo transporte público de Curitiba. A fiscalização da conservação da frota é exercida pelos fabricantes dos ônibus.

3.3.2 Alternativas complementares ao transporte rodoviário urbano

O elevado custo dos sistemas ferroviários convencionais e a dificuldade de inseri-los no espaço urbano constituem obstáculos consideráveis à sua implantação. Quanto à capacidade, os sistemas ferroviários não são necessários até que se atinjam fluxos superiores à faixa de 30 a 35 mil passageiros/h/sentido em um único corredor, sem que haja corredores alternativos disponíveis.

Existem alguns desenvolvimentos tecnológicos que poderão, eventualmente, tornar mais factíveis futuros investimentos em sistemas ferroviários. Uma alternativa é a utilização de composições menores, tracionadas por motores Diesel, do tipo utilizado em caminhões pesados, como os da Scania e da Volvo. Essas modificações reduziriam consideravelmente os pesos e custos do material rodante e permitiriam usar menores raios de curvatura, trazendo alguma economia nos custos de construção. Tais sistemas, em desenvolvimento, por exemplo na Argentina, não teriam a mesma capacidade de transporte dos sistemas ferroviários mais pesados. Porém, para corredores não muito densos em tráfego, apresentam vantagens em relação a esses sistemas.

Uma outra alternativa, em uso na França e no Chile, é o metrô sobre pneus, utilizado, inclusive, para aumentar a capacidade mediante uma melhor aceleração.

Uma terceira alternativa tecnológica é o uso do motor de indução linear. Em vez dos pesados motores elétricos "ovais" hoje existentes, esses novos motores são "horizontais", afixados ao piso dos vagões, movimentados por magnetismo mediante atração e repulsão entre o carro e a própria via permanente. Isso permite uma considerável redução na altura e no peso dos vagões, diminuindo de 5,70 m para 3,85 m o diâmetro da seção de túneis, por exemplo. Outras vantagens incluem : triplicação da capacidade de subir rampas, menor raio mínimo de curvatura e menor consumo de energia.

A quarta alternativa, tecnologicamente bem mais complexa, é a utilização de indução linear com levitação magnética, o que dispensa o peso representado pelas rodas dos carros e pelo sistema de suspensão. Uma das vantagens do sistema de levitação magnética é a possibilidade de se obter "hipervelocidades" entre 300 e 500 km/h. Esse fator é irrelevante no transporte urbano, pelos limites aceitáveis de aceleração e desaceleração entre estações espaçadas de 700 em 700 metros, limites estes ditados pela segurança e conforto dos passageiros. Há vários anos em teste no Japão e na Alemanha, a levitação magnética ainda é insuficientemente conhecida, quanto ao desempenho em situações reais de transporte urbano e aos custos de implantação e operação. Sabe-se apenas que, seja o sistema de suspensão na forma de carros convencionais ou de levitação magnética, a indução linear reduziria significativamente os custos dos aspectos convencionais de construção civil e de operação.

O monotrilho sobreposto consiste de um veículo com tração pneumática e motor elétrico, que anda sobre uma via de concreto com fios de energização. O veículo é mantido sobre a viga pela pressão de rodas adicionais, que agem no sentido lateral. Assim, suas características são praticamente idênticas às de um trolebus em via exclusiva. Possui a vantagem de ocupar pouco espaço ao nível do chão, e a desvantagem do custo elevado, estimado em US\$ 20 milhões/km, ou seja, seis vezes mais que o trolebus do corredor 9 de julho-Santo Amaro, e 12 a 20 vezes o custo de um corredor de ônibus. A grande maioria dos monotrilhos existentes é utilizada como uma espécie de "atração adicional" em parques de diversões ou exposições mundiais, havendo apenas dois em situação de transporte urbano - um entre o aeroporto e o centro de Tóquio e o outro em Kitakyushu, cidade de 1 milhão de habitantes, excessivamente dependente do automóvel. Outros estão sendo planejados no Japão (Wright e Sant'anna, 1990).

3.3.3 A possível racionalização dos transportes urbanos

Para a racionalização dos sistemas de transportes urbanos são necessárias medidas de circulação geral, como a eliminação de "pontos negros", sinalização e organização do trânsito, associadas à pedestrianização e à ampla reformulação do transporte coletivo; definição de novas rotas, com supressão das rotas ineficientes; orientação adequada para os usuários; fixação dos parâmetros de operação; uso de novos combustíveis e tecnologias rodoviárias - trólebus -, adequada utilização da frota, com obrigatoriedade do uso de tacógrafos e sua efetiva fiscalização; e, sobretudo, programação dos investimentos a médio e longo prazos em infra-estrutura viária, obras e equipamentos complementares. Cada cidade média e grande precisa realizar um planejamento contínuo de transportes urbanos, adaptado às suas peculiaridades (Wright e Sant'anna, 1990).

Os picos de demanda e espaços de ociosidade dos veículos podem ser atenuados se forem escalonados os horários de comércio, bancos, escolas e repartições públicas, diminuindo-se substancialmente os custos do sistema e o grau de congestionamento nos horários de pico.

No tocante à operação de ônibus, esta apresenta significativas desvantagens para o meio ambiente, destacando-se a poluição sonora e do ar. Há diversas medidas, possíveis de serem tomadas para diminuir estas externalidades negativas, algumas exigindo apenas bom

gerenciamento, enquanto outras exigem alguns investimentos ou mudanças em políticas federais. Conforme Wright e Santanna (1990), entre estas medidas destacam-se as medidas gerenciais:

(i) Regulagem de motores: um motor Diesel que produz "fumaça" quando esta mal regulado ou precisando de reparos. Os órgãos de gerência podem controlar esse problema "in loco", mediante o uso de cartões de controle, além de inspeções periódicas. A definição de parâmetros de consumo de combustível, como ocorre em Campina Grande, e seu controle junto às empresas operadoras são fortes estímulos à regulagem dos motores.

(ii) Manutenção e regulagem de freios: freqüentemente os freios produzem mais ruído que os motores, causando desconforto aos usuários e assinalando uma condição de insegurança do veículo. Recomendam-se, além das inspeções periódicas, verificações por amostragem efetuadas sem aviso nos locais de início das rotas.

(iii) Uso e fiscalização de tacógrafos: nos discos de papel do tacógrafo gravam-se informações sobre as rotações do motor, mudanças de velocidade e vibrações anormais. Uma adequada fiscalização por amostragem permite eliminar a "buzina a Diesel" - acelerações do motor com o veículo parado para apressar passageiros ou por impaciência do motorista -, bem como freadas e arrancadas violentas nas paradas. Obtém-se, assim, ganhos em termos de ruído e combustível e maior conforto para os passageiros. O adequado treinamento de motoristas tem resultado em reduções no uso da "buzina a Diesel" e em outros fatores de desconforto em Campina Grande e em outras cidades onde esses procedimentos foram implantados.

(iv) Canos de escape altos: muitos ônibus possuem canos de escape baixos, que despejam gases a menos de um metro do chão. Isso concentra a poluição ao nível da circulação de pedestres, motoristas, usuários de coletivos e outros residentes urbanos. A utilização de canos que despejam gases na altura do teto dos veículos facilitaria sua dispersão.

(v) Controle de ruído: motocicletas indevidamente modificadas são os principais agressores, seguidos por ônibus antigos, especialmente aqueles com canos de descarga ou freios defeituosos. O uso de decibelímetros e a aplicação de multas pesadas podem reduzir substancialmente esse problema.

Além das medidas gerenciais, tem-se também aquelas que exigem investimentos ou mudanças em políticas federais, cabendo destacar:

- (i) Os ônibus "Padron" oferecem níveis menores de ruído, além de vantagens de conforto e capacidade, e devem progressivamente ser adotados nos corredores de maior fluxo, onde for factível, e nos itinerários em que se mostrarem adequados.
- (ii) A substituição de motores Diesel por motores elétricos, em trolebus, traz substanciais ganhos ao meio ambiente e deve ser encorajada sempre que financeiramente viável. Nesse sentido, é recomendável a concentração desses investimentos nos corredores de maior movimento, onde o problema ambiental é mais grave. Infelizmente, o Governo Federal atualmente penaliza esse uso de energia elétrica nos transportes, ao estender a eles a cobrança da tarifa horosazonal. Embora essa medida se justifique em outros setores onde é possível utilizar menos energia nas horas de ponta, os transportes não tem essa flexibilidade; ao contrário, sua maior exigência de energia ocorre obrigatoriamente nestas horas. Em razão do pequeno consumo dos transportes no conjunto da demanda de energia elétrica, bem como dos benefícios que se uso proporciona à coletividade na forma de redução de externalidades negativas, urge rever essa política, sob pena de inviabilizar financeiramente novos investimentos em troleibus e trens elétricos e onerar aqueles existentes.
- (iii) Outra fonte de energia pouco poluente é o gás natural, já tecnicamente viável para uso em um número significativo de ônibus em inúmeras cidades. Urge direcionar o uso de gás para os corredores de ônibus com problemas graves de poluição de ar, como no caso do Rio de Janeiro e em São Paulo.

3.4 Referências Bibliográficas

- Barat, J., *Transporte e Energia no Brasil : Estudo do caso da Região Metropolitana de São Paulo*, Editora Bertrand Brasil, 1991, 143 pp.
- Camerano, A.M., Beltrão, K. e Neupert, R. Século XXI: A quantas andar a população brasileira ? In: *Para a Década de 90 : Prioridades e Perspectivas de Políticas Públicas: População, Emprego, Desenvolvimento Urbano e Regional*, vol III, Brasília, IPEA/IPLAN, 1990. pp.1-36.
- Lima, I.M.O., Texto para discussão no 20, *Transport Urbano : As Responsabilidades do Governo Federal e a Autonomia Municipal*, Instituto de Planejamento/IPLAN, agosto/1991.

- Martine, G. *A evolução da estrutura de produção agropecuária: algumas notas preliminares*. Brasília, OIT/PNUD/IPLAN/IPEA, 1987.
- Martine, G., Beltrão, K., Camerano, A.M. e Neupert, R. A urbanização no Brasil: retrospectiva, componentes e perspectiva. In: *Para Década de 90: Prioridades e Perspectivas de Políticas Públicas: População, Emprego, Desenvolvimento Urbano e Regional*. vol III, Brasília, IPLAN/IPEA, 1990, p. 99-159.
- Muller, C.C. Censos Agropecuários. *Agroanalysis*. 11(6): 8-21, Rio de Janeiro, junho de 1987.
- SNT/MINFRA, Diagnóstico e Prognóstico do Setor de Transportes, Secretaria Nacional dos Transportes, Ministério da Infra-estrutura, dezembro/1990, mimeo 30 páginas.
- Souza, E.B. Desenvolvimento urbano na década de 90. In: *Para a Década de 90: Prioridades e Perspectivas de Políticas Públicas*, Vol.3: População, Emprego, Desenvolvimento Urbano e Regional. Brasília, IPLAN/IPEA, 1990, p. 201-223
- Wright, C.L. A economia política dos acidentes de trânsito. *Revista dos Transportes ANTP*, 8 (31) : 7-37, março/1986.
- Wright, C.L. & Sant'anna, J.A. Transportes urbanos na década de 90 : In: *Para a Década de 90: Prioridades e Perspectivas de Políticas Públicas: População, Emprego, Desenvolvimento Urbano e Regional*. v.3, Brasília, IPEA, 1990, p. 225-274.
- Veja Revista*, abril, 1995.

CAPÍTULO 4

Planejamento urbano e do Transporte Urbano no Brasil e no Mundo: Metodologias, Políticas e Resultados

4.1 Introdução

As mudanças de atitudes do ser humano em relação ao ambiente, à forma de vida e ao seu próprio comportamento, são os principais aspectos que norteiam o planejamento⁷. Nesse sentido, a sua evolução está estreitamente ligada ao dinamismo e à evolução dos conceitos de ambiente, forma de vida e comportamento humano. Desde que o homem começou a viver em comunidades, estabeleceu formas de organização dos agrupamentos em função dos interesses do momento. As civilizações antigas estabeleciam prioridades, em torno das quais se construíam cidades. A água, a religião e o lazer, podiam ser a origem da organização de uma cidade, ou, ainda, a segurança ou a alimentação determinavam a forma, constituição e organização do aglomerado.

A partir do início do presente século, com o desenvolvimento acelerado das cidades, conceitos novos se incorporaram rapidamente ao planejamento urbano. Conforme Sant'anna (1992), as chaves do urbanismo se encontram em quatro funções: habitar, trabalhar, recrear e circular. Ainda de acordo com este autor, as atividades relacionadas ao planejamento urbano devem determinar a estrutura de cada uma dessas funções e fixar a sua respectiva posição no conjunto da

⁷ Em um sentido amplo, Planejamento é o método de aplicação, contínuo e permanente, destinado a resolver, racionalmente, os problemas que afetam uma sociedade situada em um determinado espaço, em uma determinada época, através de uma previsão ordenada, capaz de antecipar suas conseqüências. Pode-se afirmar, também, que é um processo de ordenação e previsão para se conseguir, mediante a fixação de objetivos e por meio de uma ação racional, a utilização ótima dos recursos de uma sociedade em época determinada.

cidade. Planejar a cidade passa a ser mais que simplesmente ordenar, embelezar e sanear. A cidade passa a ser vista pelas suas funções próprias e o planejamento incorpora as funções econômicas e sociais das aglomerações e, mais recentemente, a questão ambiental.

A nível local, a cidade deve ser considerada como um lugar econômico privilegiado, como um verdadeiro agente econômico, com seu patrimônio, suas funções e finalidades econômicas, poder de decisão e uma lógica própria de ação. É um mercado de bens e de serviços, que interage com outros agentes econômicos. São objetivos do planejamento urbano estudar e prever o crescimento eficaz das cidades, estudar os custos econômicos, financeiros e sociais deste crescimento, as relações entre a urbanização ordenada e a produtividade econômica em seu conjunto, a economicidade dos tamanhos das áreas urbanizadas e a saturação econômica dos grandes centros urbanos, entre outros.

Em termos de aplicabilidade, o grande desafio do planejamento urbano, em qualquer escalão de governo - municipal, estadual ou federal -, é fornecer soluções otimizadas para as questões urbanas, com o devido dinamismo, dado, freqüentemente, estilo de vida das populações urbanas muda mais depressa que as estruturas urbanas. Por exemplo, a motorização da população urbana não tem sido acompanhada, de um modo geral, por uma correspondente ampliação e organização do sistema viário, originando-se desse assincronismo sérios problemas urbanos, como os congestionamentos de trânsito e a disseminação das favelas.

O desenvolvimento de uma metodologia de planejamento de transporte iniciou-se com estudo da região metropolitana de Detroit, EUA, em 1953, sendo expandida à cidade de Chicago no final da década de cinquenta. Os modelos desenvolvidos na década de sessenta eram baseados em uma metodologia matemática voltados a uma política rodoviarista, ao desenvolvimento da rede viária e à capacidade de expansão da cidade. Nos anos setenta houve uma maior preocupação com o aproveitamento da malha urbana existente e com o limite de crescimento da cidade. Prioriza-se a acessibilidade no meio urbano e surgem as primeiras inquietações com a qualidade de vida. Já nos anos 80 inicia-se a preocupação com o meio ambiente, levando ao estudo dos impactos negativos produzidos pelo tráfego. Paralelamente, tem-se, mudanças e inovações tecnológicas e o aprimoramento da malha urbana, com o planejamento de transporte urbano tomando um caráter multidimensional.

A maior abrangência do planejamento urbano e do transporte urbano é um reflexo do crescimento da conscientização da população, ao final da década de sessenta, em relação à degradação ambiental e aos problemas sociais decorrentes. O primeiro grande passo dada em direção à proteção ambiental foi nos EUA em 1969. O Congresso decreta leis através da “National Environmental Policy Act of 1969” que determina os objetivos e princípios da política ambiental americana. Para o cumprimento das leis desenvolveram-se procedimentos administrativos que viabilizassem a elaboração dos estudos e a apresentação dos resultados. Criou-se o “Environmental Impact Statement-EIS” que contém o resumo dos estudos de previsão e avaliação dos impactos. Na década de setenta surge, na Europa, o conceito de Avaliação dos Impactos Ambientais - AIA-, similar ao EIS e que é adotado no mundo todo. A partir de 1975 alguns organismos internacionais como a Organização para Cooperação Econômica Européia -OCDE-, a Comissão da Comunidade Européia - ECC e alguns órgãos da ONU introduzem o AIA em seus programas com a finalidade de avaliar os impactos ambientais que afetariam outros países além do executor do projeto. No Brasil, a avaliação dos Impactos Ambientais -AIA- foi instituída pela lei de Política Nacional do Meio Ambiente, em 1981, e regulamentada em 1983 através de um decreto que vinculou sua utilização aos sistemas de licenciamento de atividades poluidoras ou modificadoras do meio ambiente. Em 1986, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) aprovou as diretrizes básicas dos estudos de impactos ambientais e da apresentação do Relatório de Impactos Ambientais -RIMA -, cabendo às entidades do meio ambiente estabelecer as normas e diretrizes complementares à resolução (Mouette, 1993).

4.2 Planejamento Urbano e do Transporte Urbano

Na cidade antiga, o sistema viário era organizado de modo a permitir o ir e vir, o transporte de mercadorias e o trânsito de animais. O tráfego, embora incipiente, era organizado segundo as necessidades e exigências locais. Além da construção de vias e sua pavimentação, blocos de pedra eram estrategicamente colocados no início de algumas vias para impedir a circulação de carroças, destinando aquela via somente aos pedestres. Fundamentalmente, as cidades eram organizadas em função do sistema viário existente, onde o transporte acontecia.

Com o processo de urbanização do final do século passado e início do século XX, alavancado sobretudo a partir da Revolução Industrial, a movimentação de pessoas já era considerável em várias cidades do mundo. A primeira rede de transporte urbano de massa surgiu em Londres em 1863. Com o advento do veículo de tração elétrica em Berlim, em 1879, surge o transporte urbano sobre trilhos. Com o desenvolvimento industrial e o êxodo rural, as cidades crescem concomitantemente com a necessidade de transportes. No início do século XX surgem os primeiros metrô em diversas cidades. Os bondes viriam em seguida. Com o desenvolvimento dos motores de combustão interna, os veículos sobre pneus passam a ser a opção mais simples. A via pública passa a ser do veículo a motor, e a cidade organizada, embelezada e saneada do início do século tem que providenciar vias urbanas para o automóvel.

A partir da década de 50, os países desenvolvidos, com ações de planejamento, conseguem uma relativa estabilização da população urbana, em relação à população total. Em decorrência, as cidades passam a ter um crescimento relativamente controlado, permitindo que os metrô, os sistemas viários e as redes de transportes, como um todo, tenham, também, o seu desenvolvimento administrado. O planejamento urbano é preparado em função de uma demanda existente e uma previsão segura dos volumes de viagens no futuro. Dimensiona-se as vias para atender a um tráfego previsto de veículos e busca-se a minimização dos custos dos transportes, através do investimento em melhorias da infra-estrutura, tecnologia e organização da operação.

4.2.1 Circulação urbana; análise da demanda, da divisão modal e de rotas

O tamanho máximo de uma cidade é uma função da tecnologia, principalmente da Engenharia Sanitária e dos Transportes. Haja visto, que não pudesse o homem tratar, convenientemente e economicamente, grandes volumes de água e esgotos e, transportar-se a si e às coisas, não se teria as condições mínimas indispensáveis para o crescimento das cidades. Nos primeiros tempos da Revolução Industrial, as cidades se apresentavam pequenas e compactas, e de elevada densidade demográfica. Nessa época os operários residiam nas proximidades de seus locais de trabalho. Com o desenvolvimento dos transportes, passam a residir distantes das fábricas e as cidades começam a expandir-se horizontalmente.

O sistema de transporte coletivo permitiu que as cidades crescessem ao longo de suas vias, ficando espaços entre as mesmas. De onde decorre a forma clássica de "estrela" de todas as grandes cidades do mundo. Com o advento do automóvel, inicia-se a ocupação dos espaços vazios entre as pontas das "estrelas", mais próximos à área central. Surgem, assim, os primeiros bairros nitidamente residenciais das cidades modernas.

Nas cidades já existentes, o conhecimento do sistema viário, em seus mínimos detalhes, é de primordial importância no estabelecimento do zoneamento. São as vias principais e os acidentes naturais - rios, lagos, etc. - que delimitam as unidades de vizinhança, setores e distritos. Além disso, as diferentes formas de ocupação do solo, seja ele comercial, residencial, industrial ou institucional, tem uma capacidade diferente de gerar ou atrair viagens. Assim, qualquer estudo de trânsito de uma cidade desvinculado do conhecimento de sua setorização, certamente não produzirá bons resultados. Da mesma forma, no planejamento do zoneamento, os múltiplos usos do espaço urbano serão determinados pelo estabelecimento de um correto sistema viário⁸. Por exemplo, a localização inadequada de zonas residenciais, em relação às zonas de trabalho, pode provocar uma desnecessária movimentação de pessoas e, conseqüentemente, de veículos. Para este caso, pesquisas do tipo "Origem-Destino" são fundamentais para o planejamento.

Existem inúmeras classificações para o trânsito, de acordo com o critério adotado. Se o critério é o peso dos veículos - tonelagem -, o trânsito pode ser classificado como pesado, médio e leve. No caso do critério ser a velocidade, ele pode ser classificado como lento ou rápido.

Por outro lado, o trânsito também pode ser medido através de sua intensidade, definida como sendo o número de veículos que passa por uma determinada seção da via urbana, na unidade de tempo, por exemplo por hora. Segundo Ferrari (1986), a capacidade de trânsito de uma via urbana a ser projetada é levantada em função da intensidade de fluxo prevista - demanda -, tendo-se em conta o nível de serviço que se pretende. Dessa forma, uma vez estimada a demanda de trânsito, o passo seguinte, normalmente, é se escolher o nível de serviço desejável, para finalmente se planejar e se dimensionar a via urbana - número de vias, geometria, etc.

⁸ O sistema viário é composto, fundamentalmente, de: (i) vias urbanas principais: são aquelas de maior capacidade de vazão, definidoras do zoneamento urbano e que, por isso, constituem, em seu conjunto, objetivo primeiro do Plano Diretor de qualquer cidade; (ii) perimetral central ou anel central: via que contorna a área central da cidade; (iii) perimetral dos bairros; (iv) perimetral rodoviária ou anel rodoviário; geralmente contorna a área urbanizada da cidade; (v) radiais ou eixos centro-bairros; e avenidas parques, que geralmente acompanham os fundos dos vales.

Quando uma via urbana atinge uma intensidade de fluxo superior à capacidade de trânsito para a qual foi projetada, a velocidade média de tráfego cai e surgem os congestionamentos; vê-se, então, diminuído o nível de serviço da via. Na prática, o nível de serviço pode ser medido em função da velocidade ou tempo gasto para se percorrer um determinado trecho de via ou, então, pela relação entre a atual intensidade de fluxo de determinada via e a sua capacidade projetada.

Entre as várias formas de cálculo da capacidade de vias urbanas, destaca-se o método da intensidade de saturação⁹, definido pelo maior número de veículos que, na unidade de tempo, pode passar por uma intersecção, durante um intervalo de tempo, estando o acesso congestionado e o sinal verde.

No tocante a avaliação da demanda por transporte urbano, sua avaliação compreende estudos da situação atual e da situação futura deste transporte. Além disso, principalmente no caso brasileiro, deve-se ter o pressuposto básico dos diferentes hábitos e características dos deslocamentos das pessoas, face às diferentes formas de ocupação de solo urbano e da existência de regiões com níveis desiguais de desenvolvimento, entre outros fatores.

Um bom conhecimento da situação atual, requer a divisão¹⁰ da área de estudo em zonas ou setores. Cada zona deve ter seu centróide¹¹ determinado, porque as viagens, nos estudos de origem e destino, se definem como sendo percursos entre dois pontos i e j quaisquer da área de pesquisa. O ponto em que se inicia o percurso chama-se origem da viagem e o ponto final do percurso chama-se destino da viagem. Assim, cada destino atingido encerra uma viagem.

A viagem pode considerar o percurso de uma pessoa ou de um veículo. No caso de se estudar a viabilidade de transportes coletivos, considera-se as viagens de passageiros, enquanto nos estudos para o dimensionamento da rede viária, considera-se as viagens de veículos - automóveis, caminhões, ônibus, etc.

⁹ Método utilizado pelo Road Research Laboratory, UK. Para maiores detalhes vide Ferrari, op.cit., pp 474.

¹⁰ Esta divisão deverá conter o maior número possível de zonas ou setores, em benefício de uma maior exatidão dos trabalhos. Além disso, tendo em vista agilizar e facilitar os trabalhos, deve-se aproveitar a divisão já executada por órgãos estatísticos; as zonas das áreas mais populosas devem ser menores que as menos populosas, bem como que as zonas sejam homogêneas, tanto quanto possível, em relação aos usos do solo, renda média per capita, densidade demográfica, etc.

¹¹ O centróide não é necessariamente o centro geográfico da zona: é o baricentro demográfico da zona, no caso de zonas residenciais, ou é o ponto em que se centralizam as atividades da zona, nos demais casos.

As viagens podem ser classificadas segundo seus motivos : viagens ao lar, viagens ao trabalho, viagens de recreação, viagens de estudos, viagens de compras e viagens de negócios, entre outras.

Um outro aspecto a ser considerado no estudo das viagens entre zonas é o levantamento do chamado fator de expansão¹². Este indicador fornece, a partir de uma análise parcial do número de viagens de uma zona, o número total de viagens na zona considerada.

Deve-se, então, buscar a tabulação de dados como, por exemplo, o número de viagens por motivo e modo de transporte, o número de viagens por zona de residência e por tempo de percurso, o número de viagens por pessoa por dia, o número de pessoas por domicílio, o número de viagens por domicílio, o número de transbordos, entre outros (Ferrari, 1986). Conhecidos os principais parâmetros relacionados à situação atual do trânsito, pode-se elaborar diversas matrizes de origem e destino, de acordo, por exemplo, com o tipo de veículo e o motivo da viagem. Desta forma, conhecido o panorama atual do trânsito, através das viagens realizadas - “atração¹³” e “geração¹⁴” em cada zona -, pode-se estimar a demanda futura por viagens. De uma forma geral, os modelos mais utilizados para o cálculo da capacidade futura de atração e geração de viagens são os modelos de regressão estatística (Hutchinson, 1974). Uma vez determinado o número de viagens em cada zona, torna-se necessário relacionar a cada origem de uma viagem seu correspondente destino. Isto é realizado a partir da matriz origem/destino atual, do cálculo da capacidade de geração e atração de viagens futuras e, do uso de modelos de distribuição, estocásticos ou não. Os modelos de distribuição determinam as viagens futuras entre duas zonas i e j , quaisquer, possibilitando a montagem da matriz origem/destino futura.

Os modelos de distribuição utilizam equações algébricas que estabelecem relações entre as viagens, atraídas ou geradas, atuais e as futuras. Estes modelos podem ser do tipo “fator de crescimento”, “gravitacional”, “oportunidades”, ou “programação linear” (Ver Hutchinson, 1974 e Ferrari, 1986). Uma vez determinada a matriz origem/destino - viagens futuras da zona i a j e de j a i -, é necessário a definição de dois aspectos extremamente relevantes sobre as viagens. O primeiro diz respeito ao modo como realizar-se-ão as viagens, em termos de sua distribuição entre

¹² O fator de expansão é resultante da divisão da população de uma zona ou setor pelo número total de pessoas residentes nos domicílios da amostra pesquisada.

¹³ “Atração” é o número de viagens que tem destino em uma zona.

¹⁴ “Geração” é o número de viagens geradas por uma zona, ou seja, é o número de viagens que tem origem nessa zona.

veículos particulares e coletivos e, dentro do transporte coletivo, a distribuição das viagens entre ônibus, metrô, trens, etc. Tendo-se determinado a demanda por transporte público em cada um dos modos disponíveis, a segunda questão tem a ver com a escolha das melhores rotas.

A divisão modal das viagens pode ser feita através de dois tipos de modelos. Nos modelos de divisão modal a "priori" a análise modal é feita antes da distribuição das viagens, enquanto modelos de divisão modal a "posteriori" a análise modal é feita posteriormente à distribuição das viagens. Ressalte-se que, com a utilização desses modelos, consegue-se estudar explicitamente a divisão da demanda dos transportes entre os meios públicos e privados (Ver Hutchinson, 1974).

Os modelos de distribuição modal procuram distribuir o volume de viagens em função de fatores que podem determinar a escolha de um ou outro meio de transporte. Entre os principais fatores que podem influenciar na escolha de um determinado meio de transporte urbano destacam-se o tempo de viagem, o custo do transporte, o nível do serviço, no caso do transporte público, a renda do passageiro, o motivo da viagem, a distância a ser percorrida, a hora da viagem e o destino, entre outros. Estes fatores apresentam pesos diferentes na escolha do modo de transporte, em diferentes regiões. A título de exemplificação, descreve-se, a seguir, de uma forma sucinta, algumas características dos fatores em questão:

(i) Relação entre o tempo de viagem em veículo público e o tempo de viagem em veículo privado. No cômputo do tempo da viagem devem ser incluídos, além do tempo do veículo em marcha, os tempos de espera, de paradas, de atrasos face aos congestionamentos, entre outros. A partir desse levantamento, pode-se determinar por exemplo, até qual valor o tempo de uma viagem em transporte público compete com o privado.

(ii) Relação de custos entre o transporte público e o privado - custo do transporte público/custo do transporte privado = R . Nesse caso, é necessário definir-se "a priori", qual é o custo real do transporte - combustível, estacionamento, pedágio, etc. Em um estudo sobre um grupo de cidades americanas (Ferrari, 1986), verificou que, para uma relação de custos $R \leq 0,5$, 65% ou mais das viagens são realizadas em transporte público. Através de regressão estatística, montou-se uma curva % de viagens em transportes públicos versus relação de custos. A regressão obtida foi do tipo $Y = a \cdot X^{-b}$.

(iii) Nível de serviço. Este é um indicador de difícil mensuração. No entanto, um serviço de transporte público eficiente, ou seja, sem esperas demoradas, com capacidade suficiente e que

exija caminhadas curtas, tenderá a atrair a preferência de quem necessita de transportes urbanos. Uma das formas que os técnicos utilizam para o levantamento do nível de serviço, é através da relação: tempo suplementar¹⁵ no transporte público\ tempo suplementar no transporte privado.

(iv) O nível de renda do usuário de transporte urbano exerce um duplo efeito sobre a demanda. Primeiro pelo fato de que, quando a renda aumenta, aumenta também a atração pela utilização de veículo privado, significando um aumento do nível de motorização da sociedade. Em segundo lugar, a demanda cresce por que as possibilidades de escolha do usuário aumentam.

(v) A distância percorrida em uma viagem esta diretamente relacionada com os fatores tempo e custo do transporte. Nesse sentido, a distância, além de influir na escolha de transporte privado ou público, leva à preferência por determinados meios de transporte público. Na tentativa de se mensurar este fator, tem-se utilizado o chamado Índice de Acessibilidade (Ver Hutchinson, 1974).

De acordo com estudos realizados para algumas das principais cidades do mundo, a escolha do modo de transporte público, em geral, tem obedecido ao seguinte critério: ônibus para distâncias mais curtas, e metrô e trens suburbanos para as distâncias maiores. Hutchinson (1974), apresenta aplicações de modelos de partição modal, considerando as escolhas dos passageiros, para a cidade de Toronto, no Canadá e, para a região de Milwaukee, nos EUA.

Conhecidos os principais fatores que influem na situação presente de distribuição das viagens entre os vários meios de transporte urbano, pode-se determinar a provável rede futura de transporte, através de modelos matemáticos e de métodos empíricos. Além dos fatores mencionados, tais modelos também buscam especificar as prováveis características demográficas e sócio-econômicas futuras de cada zona que está sendo estudada. Entre os vários modelos matemáticos disponíveis para este tipo de estudo, pode-se destacar os modelos de Kain, de Warner e de Adams. De uma forma geral, estes modelos apresentam resultados satisfatórios somente para os casos para os quais foram elaborados. Quando aplicados a outras situações, podem apresentar distorções (Ferrari, 1986).

Conhecida a distribuição de viagens para cada meio de transporte urbano, deve-se determinar as rotas de cada um desses meios, a partir de uma rede viária preestabelecida ou preexistente.

¹⁵ Define-se tempo suplementar como sendo o tempo de viagem gasto fora do veículo em que esta se realizou: tempo de espera do veículo, o tempo gasto na caminhada para se pegar o veículo, o tempo de estacionamento do veículo, etc.

A partir da escolha da rota ou itinerário, procede-se ao carregamento das vias, isto é, atribui-se a cada trecho das vias a intensidade de trânsito¹⁶ - densidade de fluxo - projetada. Se estes trechos comportarem o carregamento, o estudo da demanda de trânsito, ou o planejamento do sistema viário, estão concluídos. Caso contrário, ou um novo itinerário é escolhido, repetindo-se o processo até que o resultado seja satisfatório, ou, então, serviços e obras deverão ser projetados para aumentar a capacidade de vazão efetiva das vias, como, por exemplo, alargamentos, eliminação de cruzamentos e colocação de semáforos sincronizados. Entre os principais métodos utilizados para se determinar rotas pode-se destacar: o “método do tudo ou nada”, o “método dos caminhos alternativos” e os “modelos de equilíbrio” (De Cea et al, 1990).

Finalmente, vale salientar a existência de modelos do uso do solo, cabendo destacar o Modelo de Lowry. O modelo de Lowry foi experimentado pela primeira vez na a Região Metropolitana de Pittsburg, Pennsylvania, EUA, em 1964. O desenvolvimento e a aplicação deste modelo, na arquitetura moderna, constituiu-se em um marco na história da ciência da modelagem urbana. Adaptações da versão inicial do modelo Lowry têm sido utilizadas desde a sua criação. Os objetivos do modelo de Lowry se relacionam com os aspectos ligados à estrutura espacial e às repercussões que sobre ela podem exercer as decisões políticas no campo infra-estrutural e econômico. Mais recentemente, tem-se incorporado aos modelo de Lowry o princípio da integração espacial, que procura expressar, de modo aproximado as "forças de mercado" que atuam na sociedade. A utilização de modelos de uso do solo permite se estimar o eventual uso do solo associado à demanda de viagens, em uma determinada área ou região urbana. Tais modelos se caracterizam por requerem poucas informações exógenas à modelagem, com a vantagem de facilmente captarem as alterações de políticas de desenvolvimento (Hutchinson, 1974).

4.3 A Questão do Planejamento do Transporte Urbano

Até a década de 40, países em desenvolvimento, caso do Brasil, acompanharam os desenvolvidos em relação à organização de suas cidades e seus sistemas de transporte. Nos anos vinte e trinta, os sistemas de transporte urbano das maiores cidades brasileiras nada deixavam a

¹⁶ Vale salientar que a intensidade varia durante as estações do ano, durante os dias de semana e durante as horas do dia. O conhecimento dessas variações de intensidade do trânsito interessa sobretudo aos estudos sobre a rentabilidade dos investimentos em transporte urbano.

desejar aos da Europa. O processo de urbanização e a industrialização do país, no entanto, alavancou mudanças abruptas neste quadro.

Em 1958, o Seminário de Técnicos e Funcionários em Planejamento Urbano, realizado em Bogotá, na sua Carta dos Andes, lançou um conjunto de orientações para o planejamento nos países latino- americanos, destacando os mais graves problemas das cidades como sendo o crescimento urbano descontrolado, ocasionando o surgimento de grandes áreas carentes de serviços públicos elementares, transportes coletivos, bem como equipamentos sociais de saúde, ensino e recreação, além do crescimento das dificuldades de administração e manutenção de tais serviços, completados com a grande carência de habitações, com o surgimento de favelas em processo contínuo. No sentido de enfrentar tais problemas, a referida carta recomendava a constituição de empresas públicas de caráter regional ou metropolitano para prover, coordenar, manter e administrar os serviços que as comunidades demandavam, enfrentando a realidade de seus custos e fixando tarifas para estes serviços, compatíveis com o poder econômico da população, eliminando-se vícios de conceder serviços totalmente gratuitos, o que poderia levar à insolvência de qualquer solução que viesse a ser adotada. Por outro lado, dever-se-ia utilizar de forma energética as prerrogativas das autoridades constituídas, no sentido de se implementar ações que restringissem o uso indevido do solo e de forma especulativa. Dessa forma, estaria se limitando, para o bem de toda a comunidade, futuras áreas urbanizáveis em função da disponibilidade imediata de dotação de serviços públicos, como, por exemplo, os serviços de transporte.

Em fins da década de 60, com a crescente urbanização e industrialização do país, estudiosos já previam as grandes dificuldades que estavam paulatinamente surgindo, bem como as diferenças substanciais nas ações de planejamento urbano, entre países em desenvolvimento e os desenvolvidos. À essa época, a Europa já apresentava uma urbanização consolidada, com taxas anuais de crescimento da população urbana em torno de 2% ou menos, enquanto países como o Brasil detinha taxas acima de 4,5% anuais, chegando até aos 5,5%, caso da Região Metropolitana de São Paulo. Com taxas desta magnitude, as demandas por transportes se tornaram cada vez mais crescentes. Por outro lado, a necessidade de atendimento a essa demanda, conflitante com a escassez de recursos, passou a requerer um esforço cada vez maior de minimização dos custos de transporte. Com as necessidades cada vez maiores, os estudos se tornaram cada vez mais

específicos e restritos, deixando de lado os planos integrados de médio e longo prazos, em favor de soluções imediatas de problemas correntes. Na década de 80, grande parcela do esforço do planejamento de transporte no Brasil, foi alocado no sentido de se obter reduções de custos e tarifas, ou no sentido de atender às demandas cada vez maiores. Neste período surge no contexto do planejamento urbano, a idéia da “Teoria do Não Transporte”, cuja principal premissa era buscar soluções para os problemas de transporte das cidades, via reduções drásticas das necessidades de transporte no dia a dia, como por exemplo o uso das telecomunicações e descentralização das atividades urbanas (Pereira, 1998) . Não obstante todas as discussões sobre esta nova postura para o planejamento urbano na década de 80, de uma forma geral, nos anos que se seguiram continuou-se a resolver problemas pontuais do transporte urbano, sem uma maior integração e sem uma visão de longo prazo. Tal situação decorreu, entre outros fatores, devido ao fato das expansões das cidades serem feitas normalmente atendendo aos interesses da especulação imobiliária e do capital privado, mais flexível e disponível que os recursos públicos.

Já é de ampla aceitação que o planejamento de transportes em países em desenvolvimento, caso do Brasil, deve ser focado de forma diferenciada dos países desenvolvidos, tanto pela reduzida capacidade de investimento dos primeiros quanto pelo diferente processo de urbanização. No caso brasileiro, e sobretudo a partir da segunda metade da década de 90, o planejamento do transporte urbano integrado ao planejamento urbano, tem sido motivo de incessantes buscas de soluções alternativas, tanto por parte dos dirigentes e técnicos do setor, como por parte setores afins.

No Brasil, entidades como a Associação Nacional dos Transportes Públicos-ANTP e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada-IPEA, ao visualizarem o agravamento dos problemas dos transportes urbanos nos anos 90, sugeriram alternativas tendo em vista minimizar os problemas futuros. A ANTP, por exemplo, além do Projeto Transporte Humano, lançado em junho de 1996, a anos vêm preconizando inúmeras recomendações objetivando o redirecionamento das formas tradicionais de planejamento de transporte urbano. Entre estas recomendações cabe destacar:

- (i) Buscar soluções urbanas globais que enfatizem mais as relações sistemáticas, que o comportamento do transporte isolado;

- (ii) Romper radicalmente com as práticas usuais que reproduzem o atual modelo de produção de mais transporte como solução para os problemas dos transportes urbanos, investindo no “Não Transporte;
- (iii) Promover um reordenamento profundo das atividades urbanas, ocupando os espaços vazios e descentralizando as atividades econômicas e serviços, de forma a permitir a redução das distâncias, dos tempos de deslocamento e incrementar a autonomia de cada região;
- (iv) Priorizar os modos de transportes a pé e a bicicleta, garantindo o conforto e a segurança de circulação.
- (v) Recompôr o espaço urbano, partindo da redução do tráfego de passagem e criando espaço de convívio, onde a população possa voltar a se apropriar do espaço que foi privatizado pelo uso indiscriminado do automóvel;
- (vi) Priorizar o transporte coletivo em relação ao automóvel, cuja circulação deve sofrer restrições. O transporte coletivo deve ter um padrão de serviços que se constitua em uma alternativa de fato ao transporte individual;
- (vii) Romper com a atual política tarifária do transporte coletivo, onde o usuário paga todos os custos do serviço. Alterar a lógica "do paga quem utiliza para paga quem se beneficia". Assim, o setor produtivo e os proprietários de imóveis urbanos e de automóveis devem participar do pagamento do serviço de transporte coletivo;
- (viii) Desenvolver ações para substituição dos combustíveis atuais por fontes alternativas menos poluentes e para redução dos níveis de ruído dos transportes urbanos; e
- (ix) Romper com a compartimentação das administrações como forma de evitar ações setoriais e buscar soluções globais para as cidades.

Por seu turno, o IPEA também têm proposto inúmeras formas de ações objetivando minimizar os graves problemas econômicos, sociais e ambientais do transporte urbano, do país. Para tanto, por exemplo, este órgão propõe a adoção de medidas simples, diretas e eficazes, com a vantagem de que a implementação seria de baixo custo. Entre estas, pode-se destacar:

- (i) a criação de corredores exclusivos e semi-exclusivos de ônibus;
- (ii) a pedestrianização de áreas de grande movimento e medidas complementares de segurança de tráfegos em outras áreas;
- (iii) a utilização e fiscalização de tacógrafos em todos os veículos coletivos;

- (iv) serviços simples de informações aos usuários;
- (v) racionalização dos itinerários;
- (vi) uso de tipos mais adequados de veículos;
- (vii) racionalização do planejamento urbano nas interfaces com o sistema viário e demanda de transportes coletivos; e
- (viii) competência dos órgãos locais de gerência.

No Brasil, os acentuados diferenciais de renda e graus diferenciados de desenvolvimento urbano obrigam a que o planejamento dos transportes deve não só considerar os aspectos puramente técnicos, como também os diferentes hábitos das pessoas e as características dos deslocamentos efetuados em cada centro urbano, face à diversa qualidade dos diferentes modos de transporte colocados à disposição das pessoas, em cada centro urbano, em particular. Por conseguinte, a demanda e a oferta de transportes urbanos decorrem da necessidade de se proporcionar a integração física e social das múltiplas atividades exercidas diariamente pelas pessoas, nos centros urbanos. Estas atividades exigem deslocamentos ou viagens sucessivas para satisfazer as necessidades básicas de produção, consumo, educação e lazer, entre outros. A oferta está ligada à disponibilidade de equipamentos rodantes, recursos operacionais/sistemas de transporte e infra-estrutura viária urbana, de forma a permitir a integração físico-funcional das atividades das pessoas nos centros urbanos. Em termos quantitativos, a oferta pode ser expressa pela capacidade de escoamento, por parte da infra-estrutura viária, de uma certa quantidade de veículos e pessoas, por unidade de tempo, nos sentidos de maior fluxo; pela capacidade da indústria fornecedora de equipamentos de transporte de atendimento das quantidades demandadas, tanto para a expansão do mercado quanto para a renovação da frota; e pela capacidade de transporte da frota dos veículos, geralmente medida em termos de quantidade de lugares oferecidos nas horas de pico, no caso de veículos de passageiros, e tonelagem, no caso de veículos de carga. A demanda pelo transporte de passageiros no meio urbano pode ser expressa numericamente pela quantidade de viagens que as pessoas realizam diariamente entre dois pontos - origem e destino, com um propósito ou motivo específico e utilizando-se de algum modo de transporte. Assim, o motivo, a variação temporal, a localização geográfica e o modo de transporte constituem os principais fatores caracterizadores de uma viagem e, conseqüentemente, da própria demanda. Em adição às principais características da demanda por transporte urbano, torna-se

necessário ressaltar a existência de outros fatores que podem influenciar e condicionar fortemente o planejamento dos transportes urbanos. Entre os mais significativos, destacam-se:

- (i) fatores de natureza sócio-econômica, como por exemplo a estrutura social da população, renda média, tipo de jornada de trabalho e nível de escolaridade;
- (ii) fatores de natureza físico-espacial e temporal, como, por exemplo, a distribuição geográfica das principais atividades industriais, comerciais e de serviços em cada centro urbano, tempos de viagem e acessibilidade aos centros polarizadores de atividades econômicas;
- (iii) fatores de natureza subjetiva, como, por exemplo, o conforto oferecido e duração das viagens, opções de rotas ou itinerários, necessidade de baldeações intermodais;
- (iv) fatores de natureza psicológica, como, por exemplo, o conforto, facilidade e prestígio do uso do automóvel;
- (v) fatores de natureza técnica e operacional dos serviços públicos, como, por exemplo, a qualidade do material rodante, frequência e qualidade dos serviços oferecidos; e
- (vi) fatores de natureza institucional, como a legislação vigente quanto à circulação e estacionamento dos veículos, formas de exploração dos serviços de transporte e a fixação de tarifas.

4.3.1 A questão das tarifas

Até o final do século passado, tanto na Europa quanto no Brasil, os transportes urbanos, geralmente tróleis sobre trilhos com tração animal, se caracterizavam por serem privados e possuírem tarifas controladas pelo poder público.

Em geral, empresas do tipo sociedade por ações conseguiam a concessão exclusiva dos serviços de transportes de passageiros e carga em uma determinada área urbana. Os investimentos totais eram de responsabilidade da empresa concessionária e as tarifas eram tais que cobriam os custos operacionais e remuneravam o capital investido com a distribuição de lucros através de dividendos. As tarifas eram ditadas pelo mercado e, apesar das concessões, as empresas e os empreendimentos do setor de transportes passavam por várias mãos, tinham problemas financeiros e de gerência, chegando à falência (Sant'anna, 1992).

No Brasil, já no começo deste século, com o surgimento dos bondes elétricos, os serviços foram passando para as empresas concessionárias de energia elétrica e os contratos de concessão começaram a apresentar detalhes de proteção empresarial, com cláusulas de remuneração mínima do capital e distribuições de dividendos mínimos com vinculação de tarifa compatível (Sant'anna, 1992).

De uma forma geral, até os anos trinta tarifas relativamente altas mantiveram o transporte sobre trilhos, não obstante o início da concorrência dos ônibus, que embora ainda precários, podiam competir através de sua flexibilidade na circulação e no menor investimento, resultando tarifas mais baratas.

Nos anos 40 e, sobretudo, a partir do início da década de 50, os ônibus ganham as ruas e, na busca de menores tarifas, começam as simplificações. As linhas vão para onde há demanda; começam a aumentar os subsídios internos ou cruzados, com a eliminação dos seccionamentos e a unificação das tarifas em cada linha e, depois, em cada área. Essas unificações de tarifas foram, na verdade, a primeira tentativa de se alterar a estrutura urbana, pois a partir daí, as distâncias das viagens só se mediam pelo tempo dispendido no percurso e não pelo seu preço, ainda mais porque o investimento no sistema viário era responsabilidade só do governo¹⁷.

Até a década de 70, a unificação das tarifas estimulou a expansão acelerada das cidades.

A implementação da unificação tarifária permitiu as extensões de linhas, e o transporte urbano começou a estimular a expansão das fronteiras das cidades. O interesse privado levou ao desenvolvimento de áreas isoladas das cidades, encarecendo o transporte público em benefício de alguns poucos investidores. O planejamento urbano voltado para a expansão territorial das cidades não levou, e ainda não leva em consideração, as distâncias e as necessidades de deslocamento, pois, com as tarifas unificadas, os aumentos de custos são para todo o sistema e, portanto, não são percebidos de uma forma isolada.

Além disso, de acordo com Sant'anna (1992), em diversas cidades brasileiras existem atualmente bairros nobres servidos por linhas com muito mais conforto que a média da cidade, com uma tarifa idêntica à das piores linhas. Existem, também, os distritos industriais e áreas semelhantes, onde as linhas de ônibus existem para atender, fundamentalmente, atividades produtivas, que poderia arcar com os ônus de transporte; estas atividades, todavia, acabam se

beneficiando do sistema tarifário unificado. De uma forma geral, o que se verifica hoje no Brasil é que, o usuário de mais baixa renda acaba subsidiando aqueles de uma renda mais elevada.

Assim, face à contínua deterioração dos níveis de serviço e a conseqüente elevação dos custos de transporte frente à renda da maioria da população, os governos, em suas três esferas de decisão, buscaram investir em programas visando melhorias do sistema viário, aprimoramento do planejamento e da gerência dos serviços, redução dos custos operacionais e das tarifas, e economia de combustíveis. Esta nova política para os transportes urbanos teve como seu maior sustentáculo a criação da Empresa Brasileira de Transportes Urbanos, na década de 70. Entretanto, a desvinculação do planejamento urbano, como um todo, do planejamento do transporte urbano, fez com que as reduções de custos operacionais, obtidas através desses programas, se transformassem em novas ampliações de linhas para atender as novas expansões urbanas.

Nesse contexto, para se manter e se aperfeiçoar a política de tarifas acessíveis a populações de baixa renda e se atender áreas e regiões de difícil acesso, surgiram as chamadas "câmaras de compensação".

Conforme Sant'anna (1992), as câmaras de compensação surgiram com o objetivo claro de manter e estimular linhas em áreas carentes através da arrecadação proveniente de linhas de outras ruas da cidade, e, daí, propiciar uma forma de se interferir no ordenamento urbano. Saliente-se que as câmaras de compensação constituíram a saída mais fácil e imediata para este problema, pois a sua solução só dependia do sistema de transportes, em termos de gerenciamento e operação.

As câmaras de compensação ficaram restritas ao problema econômico-financeiro das empresas, visando apenas determinar os custos operacionais e a remuneração das concessionárias pelo quilômetro rodado, fugindo, assim, da sua proposta inicial, que seria a de se utilizar as câmaras como uma estrutura organizacional para viabilizar uma política tarifária coesa e fazer com que beneficiários indiretos e não usuários também pagassem pelo transporte, através de arrecadações externas ao sistema.

Com a falência das câmaras de compensação em seus objetivos iniciais, rapidamente afloraram-se, novamente, os problemas dos custos e das tarifas altas, uma vez que os governos se

¹⁷ Na caso dos trólebus - início do século -, a construção e manutenção das linhas era de responsabilidade das concessionárias.

viram incapazes de subsidiar diretamente os transporte público através da injeção constante e freqüente de recursos para cobrir os déficits das câmaras de compensação.

Desta forma, voltou-se a discutir a idéia da participação do sistema produtivo, principal beneficiário dos serviços de transporte públicos, no financiamento do sistema de transportes, uma vez que, mesmo com as câmaras de compensação e a tarifa unificada, a expansão dos serviços, face ao modelo de crescimento das cidades, acabava pressionando as tarifas, elevando o seu valor a níveis insuportáveis para a população de baixa renda, que começa a deslocar-se a pé para ir ao trabalho e outros afazeres.

Nesse sentido, baseado no sistema francês do "versement transport"¹⁸, criado em 1971, o governo federal criou o "vale-transporte"¹⁹. As concessionárias deram amplo apoio à criação do vale transporte, pois, por um lado ter-se-ia a antecipação de receitas, em uma época de processo inflacionário continuado e, por outro, se poderia buscar uma recomposição das tarifas.

Sant'anna (1992) afirma que, com o vale-transporte, começava-se no Brasil, embora debilmente, a encarar-se o transporte como um insumo do processo produtivo, e não só como um produto em si.

Na atualidade, frente à total incapacidade dos governos em investir em sistemas de transportes, para, ao menos, atenuar a demanda crescente, reabriu-se a discussão sobre o reordenamento dos transportes através da racionalização dos itinerários, uso de faixas exclusivas e a necessidade do planejamento dos transportes estar contemplado no planejamento urbano. Nesse sentido, questiona-se a necessidade de se projetar sistemas para o atendimento de demandas futuras geradas pelo expansionismo especulativo das cidades; os planos diretores também começam a adquirir uma real importância na reorganização dos transportes e no planejamento das cidades.

Por outro lado, na medida em que se tenha um plano diretor de desenvolvimento compatível com as diretrizes para os transportes, já existe uma capacitação de gerenciamento que permite pensar-se em tarifas diferenciadas por área e, até, por linhas ou grupos de linhas. Estes planos poderiam indicar as áreas que, no mínimo, teriam que arcar com seus próprios custos de

¹⁸ Na França, os empregadores pagam um percentual da folha de pagamento para o transporte urbano, através do "versement transport".

¹⁹ O vale transporte é a passagem do transporte coletivo para o trabalhador ir e voltar do trabalho, adquirida antecipadamente pelo empregador, que participa financeiramente no que exceder a 6% do salário do trabalhador.

transporte, ou até contribuir socialmente com a redução das tarifas de linhas que servem áreas carentes. Por exemplo, áreas de renda média mais alta e estritamente residenciais podem ser servidas por linhas com tarifas mais altas, pois, além de geralmente terem um nível de serviço muito melhor, na maior parte das vezes os usuários são empregados dos moradores da área e gozam do benefício do vale-transporte, ou são estudantes, que via de regra gozam de descontos. Um outro exemplo é proporcionado por linhas de transporte coletivo que atendem áreas comerciais e industriais. Nestas, é comum uma incidência muito grande de vale-transporte; assim, tarifas maiores nessas áreas levam a uma maior participação do setor produtivo no financiamento do sistema de transporte (Sant'anna, 1992)

Finalmente, pode-se destacar uma proposta de Sant'anna (1992), que envolve uma majoração das tarifas nos horários de pico. Nesse caso, parte-se da premissa que nos horários de pico somente ocorrem viagens do e para o trabalho e, portanto, cobertas pelo vale-transporte. Além da estrutura produtiva estar financiando o transporte, se espera alterações em horários de funcionamento de instituições e nos hábitos individuais.

4.3.2 Exemplos de gerenciamento do transporte urbano: Brasil e Mundo

Nos últimos anos verificou-se uma evolução sem precedentes no transporte rodoviário urbano brasileiro. Tal evolução está representada fundamentalmente por um maior uso do planejamento nos transportes, cujos reflexos verificam-se na adoção de faixas e vias exclusivas, programas de racionalização de corredores, e sistemas de operação tronco-alimentadores, com a integração físico tarifária com outros meios de transporte.

Entretanto, apesar destes avanços, ainda persistem algumas questões básicas, as quais, uma vez resolvidas, poderão propiciar melhorias significativas nos transportes urbanos. A principal destas questões é a falta de definição das formas de exploração dos serviços, quer pela iniciativa privada, como pelo poder municipal. Esta questão recebeu uma grande ênfase por ocasião das eleições municipais de 1988. Na sequência, nos municípios em que optou-se pela gestão pública, apesar de melhorias nos transportes, verificou-se a existência de grandes deficiências no gerenciamento do sistema pelo poder público, diferentemente do que ocorria com a iniciativa privada.

Um melhor entendimento desta questão pode ser obtido a partir da análise de algumas experiências internacionais bem sucedidas, envolvendo um poder público muito mais atuante que o brasileiro e coletividades participativas, mesmo quando a operação é predominante ou totalmente privada.

Segundo Aquino(1991), a oposição entre o setor público e o setor privado parece cada vez menos pertinente, na medida em que o debate se volta para a questão relativa ao grau de intervenção pública que permitiria atender aos objetivos sociais do transporte, tendo assegurada a eficácia da produção dos serviços. Não existe registro de casos em que o poder público não exerça qualquer tipo de interferência sobre a atividade de transporte. As diversas maneiras pelas quais há tal intervenção é que variam significativamente de um país para outro, podendo a mesma ocorrer nos campos da regulamentação, fiscal, econômico ou operacional.

As exigências sobre a qualidade do serviço têm por contrapartida a garantia de uma remuneração "justa" aos operadores do sistema, o que se traduz na política tarifária e nos reajustes periódicos da tarifa, estabelecidos em função da evolução dos custos de produção. Geralmente, há a garantia de uma rentabilidade mínima, podendo, eventualmente, haver subsídios.

Ainda segundo Aquino, na quase totalidade dos países as tarifas são fixadas pelos poderes públicos e constituem o instrumento mais forte do poder regulador do Estado, para conciliar interesses antagônicos. O esquema ultra-liberal de Santiago do Chile é uma excessão, sem grande sucesso, pois a liberação das tarifas resultou num dos níveis mais elevados de tarifa da América Latina.

Apesar de se reconhecer que a questão dos transporte públicos depende de cada país ou região em particular, de suas tradições, estruturas administrativas, natureza do serviço e, principalmente, da sua evolução histórica, comenta-se, a seguir alguns aspectos relacionados ao transporte público em alguns países, os quais podem, eventualmente se tornar balisadores para o futuro dos transportes públicos no Brasil, sobretudo no modo rodoviário e seus aspectos de financiamento. Independentemente das características de cada experiência internacional, o fundamental, hoje, nos transporte públicos é a decisão de que não se deve limitar aos usuários a contrapartida dos custos do transporte público, mas sim que estes devem ser estendidos também aos beneficiários indiretos de sua implantação e operação.

(i) Nos Estados Unidos

Nos Estados Unidos o poder central delega aos estados grande liberdade para organizar e financiar seus transportes públicos, existindo uma grande variedade de dispositivos fiscais para o financiamento dos transportes públicos urbanos e suburbanos. Não existe uma legislação nacional que priorize os transportes como um dos principais serviços públicos. Na maior parte dos estados são as coletividades territoriais que dão cobertura aos transportes locais. O Governo Federal pode intervir, através de fundos rodoviários, ou ainda por intermédio de taxas sobre combustíveis e veículos, mas a tendência atual é se reduzir progressivamente a importância destas intervenções.

Os estados americanos possuem cinco grandes sistemas de taxaço - sobre as vendas, propriedade, salários, receitas e veículos -, e várias taxas indiretas. Eles podem autorizar organismos específicos, por exemplo no setor de transporte, a alocar uma parcela destas taxas a um objetivo definido, onde transportes públicos é um deles. Os estados fixam a taxaço máxima e as atribuições, para evitar abusos. O modo de financiamento mais comum, a nível fiscal, é obtido com a taxaço sobre as vendas. Em cerca de 30 estados já foi criada esta taxa, variando entre 3% e 6%, sendo que a parte alocada aos transportes varia entre 0,5% e 1,5%.

(ii) Na França

A legislação francesa de 1982 dispõe que o financiamento do transporte público regular é assegurado pelos usuários, pelas coletividades públicas e por outros beneficiários públicos e privados, mesmo sem serem usuários dos serviços, que podem ser chamados a financiar até a infra-estrutura de transportes.

Na prática, a alocação financeira varia entre os modos de transporte. A autoridade organizadora fixa localmente as condições de operação e os dispositivos necessários para assegurar o equilíbrio operacional. Em contrato são especificadas as ligações, frequência e material a ser usado.

A tarifa utilizada pelo operador é fixada pela autoridade local. São estipuladas as obrigações do operador, como tarifas reduzidas, gratuidades e linhas deficitárias impostas, que são reembolsadas na faixa de 70% a 80% da perda de receita. A abordagem se aproxima de um modelo de economia de mercado, mas, na prática, fica limitada por tarifas fixadas em valores inferiores aos de equilíbrio, por questões de política econômica e social nacional. Assim, as autoridades locais devem propiciar as condições para se atingir o equilíbrio da operação, pois se assume que os usuários não podem pagar sozinhos os custos das viagens que efetuam.

Em função deste aspecto, uma lei autorizou aos municípios criar uma taxa vinculada aos transportes, relacionada à massa salarial de cada empresa, pública ou privada, com mais de dez empregados. Cabe ao prefeito e à câmara de vereadores decidir sobre a oportunidade de associar não-usuários ao financiamento dos transportes públicos. A lei fixa a taxa máxima desta contribuição, que já foi instituída em 110 municípios. Em Paris esta taxa máxima é de 2%, ela é 1,5% em aglomerações que têm rede de metrô ou de VLT e ela varia entre 0,5% e 1% nas cidades que tenham de 30 mil a 100 mil habitantes. Esta taxação incentivou fortemente os municípios a praticar, voluntariamente, o desenvolvimento dos transportes urbanos coletivos.

(iii) Na Inglaterra

A desregulamentação dos transportes públicos ingleses vêm ocorrendo paulatinamente, sobretudo nas cidades do interior. Londres ainda tem o seu transporte público sob controle oficial.

De um modo geral, o transporte urbano nas cidades inglesas era explorado em regime de monopólio ou, pelo menos, com predominância de empresas públicas. As críticas ao sistema vigente antes da desregulamentação giravam em torno de problemas ligados à eficiência operacional, atribuídos à ausência da competição; contudo, vigoravam instrumentos de disciplinamento e controle da atividade.

A decisão de desregulamentar os transportes públicos coletivos por ônibus atendeu a estudos realizados sobre a matéria, mas também veio no bojo de uma política econômica geral de liberalização do governo inglês. Ela foi institucionalizada pelo "1985 Transport Act", tendo por objetivo principal se alcançar uma maior eficácia no transporte, pelo estímulo à competição entre operadores.

As medidas introduzidas por esta nova política podem ser resumidas em duas grandes regras:

- (i) O sistema de concessão tradicional foi abolido, podendo o operador fornecer hoje, em uma base comercial, todos os serviços que julgue oportunos; e
- (ii) As autoridades locais têm a possibilidade de subvencionar os serviços deficitários se isto for julgado desejável. No entanto, mesmo neste caso, requer-se concorrências públicas e não se admite subsídios cruzados.

Desta forma, estabeleceu-se nas cidades inglesas, à exceção de Londres, um novo sistema onde coexistem redes de serviços comerciais, integrados, em média, por cerca de 80% daqueles

anteriormente prestados, e de serviços subvencionados, implantados através de licitações, e que visam atender zonas de baixa rentabilidade ou mesmo faixas de horários de demanda reduzida em linhas da rede comercial, mediante condições que incluem o subsídio direto ou indireto na operação.

Após a desregulamentação, o aumento do número de operadores não tem se revelado expressivo, a não ser no caso específico de Manchester, e, em algumas cidades, as situações de monopólio persistiram. Contudo, alegam os técnicos que as operadoras têm tido que enfrentar concorrência e a entrada de uma nova empresa de transporte passou a ser encarada como uma possibilidade real, o que vêm contribuindo para melhorias operacionais e cuidado com a fixação dos preços. Por outro lado, observou-se uma tendência de substituição de ônibus de maior capacidade por microônibus, com um aumento da frequência dos serviços, além da introdução de serviços expressos, com um menor número de paradas.

A tarifa, de um modo geral, subiu, com elevações maiores em Manchester. A demanda, por seu turno, caiu, o que tem sido atribuído ao menos parcialmente, à falta de informação do usuário sobre os percursos dos operadores, que podem ser mudados com maior flexibilidade. Detectou-se, então, a necessidade de criação de um sistema adequado de informações para comunicação ao usuário, o qual, os governos municipais vêm tentando suprir.

Desta forma, o financiamento dos transportes públicos ingleses mudou radicalmente após a desregulamentação de 1985. Atualmente, a subvenção a uma rede de transportes é ilegal. As autoridades locais podem somente subvencionar serviços isolados ou pequenos grupos de serviços. Para evitar que as subvenções gerem ineficiências ou distorções na competição, só podem ser usadas após um procedimento adjudicatório. Neste caso, as autoridades locais especificam os serviços, seus custos e tarifas, e os operadores privados efetuam suas propostas, recebendo a concessão aquele que solicitar o menor montante de subsídios.

Os subsídios direcionados aos idosos e deficientes continuaram, submetidos a uma regulamentação precisa, e com fontes de recursos no orçamento público ou nos acordos com os operadores privados.

Por último, dois aspectos devem ser mencionados. O primeiro diz respeito aos subsídios para o transporte de passageiros pelo sistema ferroviário, que não foram modificados, apesar da desregulamentação dos transportes. E segundo que, no geral, os subsídios não foram totalmente

suprimidos dos transportes públicos ingleses; apenas ocorreram modificações, tendo em vista melhorar a eficácia dos sistemas de transporte e não prejudicar a competição entre os operadores privados.

(iv) No Chile

Até o fim da década de 70, o transporte coletivo urbano em Santiago era explorado, em sua maior parte, por uma empresa pública cuja importância foi se reduzindo em função do agravamento de sua situação econômico-financeira, caindo sua frota de mais de 1000 ônibus para apenas 150 durante aquela década, levando a uma completa deterioração dos níveis de serviço prestados à população. A decisão de liberar o setor de transportes no Chile dos controles exercidos pelo Estado ocorreu a partir da implementação da política de liberalização da economia. Decorreu, daí um programa de progressiva redução da interferência estatal, que partiu do fechamento da operadora de Santiago em 1979, e chegou à eliminação de todos os controles sobre o setor, em 1988, passando pela liberdade tarifária implantada desde 1984.

A estrutura empresarial no setor é composta quase que exclusivamente de micro empresários. Em 1991 existia uma relação de 1,3 ônibus por operador com uma tendência ao aumento da frota, sobretudo através de microônibus. Os controles oficiais se restringem à restrições de licenciamento por idade da frota, que foram introduzidas recentemente e atingem veículos com mais de 21 anos, vistorias semestrais e controle de emissões. Com relação a este último, é feita uma avaliação trimestralmente, devido aos graves problemas de poluição em Santiago. Um pressuposto básico da atual política de transportes públicos no Chile era a de que, pela livre concorrência entre operadores privados, seria alcançado um nível de maior eficiência no sistema. Ocorre que, com a saída do Estado de todas as atividades ligadas ao transporte, inclusive em relação à sua regulamentação, criou-se um poder paralelo, que veio assumir o comando das decisões de caráter econômico, segundo regras de seu interesse. Esse poder é representado pelas associações gremiais que ditam a política de acesso à atividade e a tarifação, criando, entre outras consequências, restrições à entrada de novos operadores e impondo níveis tarifários que são, em média, 2,5 vezes os praticados nas principais cidades brasileiras.

As características atuais do sistema de ônibus no Chile e, sobretudo, em Santiago, mostram que, embora hajam aspectos positivos para o usuário, em termos de frequências elevadas e uma maior densificação de itinerários, não tem havido perspectivas de melhorias de padrão

tecnológico, nem garantias de atendimento adequado à zonas periféricas, onde residem pessoas de menor renda. Apesar destes problemas, a questão dos transportes públicos em Santiago não é uma das maiores preocupações da população, talvez pela experiência anterior, na fase pré-liberalização, quando, segundo especialistas, a lotação elevada dos ônibus e os elevados tempos de espera eram uma característica marcante da operação do sistema. Em outras cidades chilenas, a experiência de liberalização parece ter sido melhor sucedida, em termos de ter se atingido uma maior competitividade entre os operadores, acarretando tarifas menos elevadas. Pode-se ressaltar o caso do transporte urbano de Valparaíso, onde o perfil de operadores mostra empresas melhor organizadas e tarifas mais razoáveis.

4.4 Referências Bibliográficas

- Aquino, W. " Experiência internacional nos transportes públicos" In: *Revista Via Urbana*, Ano I, n.3, Dezembro, 1991, pp 26 a 29.
- De Cea, J., Chapleau, Madituc, R., Analisis comparativo de tres modelos de asignacion a redes de transporte publico basados en el concepto de ruta, In : *Apuntes de Ingenieria*, no 39, PUC de Chile, dezembro, 1990, pp. 5-19.
- Ferrari, C., *Urbanismo, Curso de Planejamento municipal integrado*, Pioneira Editora, 5 edição, 1986.
- Hutchinson, B.G., *Principles of Urban Transport Systems Planning*, Scripta Book Company, Washington,D.C., McGraw-Hill Book Company, 1974.
- Mouette, D., *Utilização do Método de Análise Hierárquica no Processo de Tomada de Decisão no Planejamento de Transporte Urbano: Uma análise Voltada aos Impactos Ambientais*, Tese de Mestrado, FEE, UNICAMP, agosto, 1993, 192pp.
- Pereira, W.A .A .; Tendências observadas para os próximos anos, In: *Revista dos Transportes Públicos*, ANTP, n. 80, ano 20, III trimestre, 1998.
- Sant'anna, J.A. Reordenamento Urbano pelo Transporte, In: *Revista dos Transportes Públicos*, ANTP, n. 55, ano 14, II trimestre, 1992.

CAPÍTULO 5

Custos e Externalidades Associados ao Transporte Urbano

5.1 Introdução

O núcleo urbano e as redes de transporte surgem da necessidade humana de realizar atividades no espaço urbano, propiciando o desenvolvimento e facilitando a participação nas atividades econômicas. Viver e trabalhar nas grandes cidades se torna cada vez mais difícil, devido à crescente dificuldade de deslocar-se dentro delas. Paradoxalmente, o transporte, que facilitou a vida do homem e o desenvolvimento dos grandes centros, hoje ameaça a vida humana nas cidades.

De uma forma geral, ações de planejamento do transporte urbano foram ineficazes e mal aplicadas, sobretudo em grandes centros urbanos de países em desenvolvimento, gerando grandes prejuízos sociais, congestionamentos, fragmentação das cidades e perda da qualidade ambiental.

Além disso, e especificamente no caso do transporte urbano, estes efeitos foram agravados pela aplicação de uma abordagem tradicional de planejamento, onde por exemplo estudo de volumes de tráfego existentes, eram extrapolados para o futuro, a partir de valores de crescimento estimado e favorecendo simplesmente a ampliação do sistema viário.

O conceito de controle dos fluxos pelo disciplinamento do uso do solo estava ausente nos projetos de melhorias do transporte urbano. As soluções visavam, prioritariamente, dar acessibilidade ao volume de tráfego de transporte individual.

Os reflexos desta situação podem ser verificados através do crescimento dos custos e externalidades do transporte urbano, destacando-se o aumento substancial da falta de mobilidade e a contínua perda da qualidade ambiental dos grandes centros urbanos.

5.2 Custos e Externalidades do Transporte Urbano

Nos últimos anos, verifica-se que paulatinamente tem surgido uma nova visão sobre as melhores formas de execução do planejamento e gestão do transporte urbano. Neste sentido, muito tem contribuído as pressões de cunho ambientalista que já se disseminam por toda a sociedade. Aos poucos tem crescido, entre aqueles envolvidos com propostas de instrumentos de planejamento e gestão do transporte urbano, o conceito de que o transporte não se destina apenas ao deslocamento de pessoas e carga, mas também à organização espacial de todas as atividades dentro das cidades. No entanto, o planejamento de uso e ocupação do solo tem dificultado a passagem desse novo conceito para a prática, pois aquele considera apenas aspectos econômicos de oportunidades de investimentos nas decisões de uso e ocupação do solo. Este é um dos principais motivos pelos quais tem-se a elevação dos custos e externalidades do transporte urbano, visto que a infra-estrutura e a operação de sistemas de transportes tem efeitos que podem beneficiar ou prejudicar a busca do transporte urbano sustentável.

Além dos custos de operação dos sistemas de transporte, existem os custos relacionados à infra-estrutura e aqueles relacionados com as externalidades ambientais e sociais.

As externalidades mais comuns no transporte urbano são o congestionamento, a emissão de poluentes e os acidentes de trânsito (Berni et alii, 1997).

No caso dos congestionamentos, o conceito está ligado ao tempo adicional que é criado para os outros usuários do sistema, assim que um veículo resolve entrar no sistema viário. Com este tempo não é compensado de nenhuma forma, ele constitui uma externalidade que só poderia ser eliminada caso o usuário tivesse de pagar pelo uso do sistema viário, surgindo daí a idéia do “pedágio urbano”, como forma de regulação da demanda. O consumo de combustíveis é uma decorrência do tempo adicional e recai no mesmo caso, pois não é compensado, assim como todo o custo operacional adicional dos veículos.

A emissão de poluentes provocada pelos autoveículos é outra externalidade na medida em que implica em danos à saúde das pessoas, sem compensação. A quantificação do seu impacto é mais difícil, devendo passar pela estimativa dos custos relacionados ao prejuízo às atividades

normais, de medicação, internação hospitalar e cessação da atividade produtiva do homem com a morbidade.

Os acidentes de trânsito constitui outra externalidade extremamente importante, sobretudo em países em desenvolvimento. Visto que os acidentes nestes países resultam, entre os fatores humanos, do ambiente construído pelo padrão físico do sistema de circulação, assim como pela apropriação prioritária do espaço feita pelo transporte individual (Vasconcelos, 1996).

A mensuração de custos e externalidades de sistemas de transporte urbano, já vem sendo feita na avaliação daqueles sistemas, todavia, ainda em velocidade muito aquém da desejável. No caso dos congestionamentos, a estimativa de externalidades tem levado ao estabelecimento de restrições de circulação de automóveis ou à imposição de pedágio urbano, com por exemplo em Cingapura²⁰. No tocante à poluição, o reconhecimento das externalidades tem levado tanto à restrição da circulação de autoveículos através do número da chapa e dia, como aqueles levado a cabo nas cidades de Atenas, Caracas, Cidade do México, Santiago do Chile e mais recentemente em São Paulo²¹, quanto à criação de programas de controle da emissão veicular. No tocante aos acidentes de trânsito, a evidência das externalidades tem levado a adoção de programas de segurança viária e, no caso brasileiro a iniciou-se com a obrigatoriedade do cinto de segurança, inclusive no âmbito urbano, e mais recentemente teve aprovado um novo Código Nacional de Trânsito.

O aumento da preocupação ambiental no âmbito mundial estão acelerando mudanças nas políticas urbanas e alavancando ações de planejamento e a gestão para o transporte urbano sustentável. Esta preocupação está também ligada ao conceito de qualidade de vida, pressionando pela alteração de algumas características da cidade atual. Portanto, as discussões por um transporte urbano sustentável não deverá limitar-se ao problema de externalidades como a

²⁰ O Singapore Land Transport Authority, decidiu implantar sistema inteligente de controle de tráfego através de pedágio urbano eletrônico. Maiores detalhes ver SMA, (1997), pp. 120.

²¹ Iniciou-se a Operação Rodízio em 1995 em caráter voluntário no período de 28 de agosto a 01 de setembro, apresentando um índice médio de adesão de 38 por cento. Em 1996, realizou-se novamente a Operação Rodízio, agora em caráter definitivo, no período de 05 a 30 de agosto. A sua realização teve suporte legal da Lei n. 9.358 de 13/06/96 e do Decreto n. 41.049 de 26/07/96. Foram retirados em média das ruas de 15% dos automóveis por dia, a partir da restrição de dois finais de chapa por dia útil. Estimou-se uma redução média de 6.592 toneladas de CO, poluente alvo do rodízio, e 1.171 toneladas de outros poluentes como por exemplo hidrocarbonetos -HC-, óxidos de nitrogênio - NOx-, óxidos de enxofre - SOx- e particulados inaláveis. Em 1997, repetiu-se a mesma operação, tendo-se também alto grau de adesão, sendo estendido o período em que vigorou a Operação Rodízio, tanto pelas condições ambientais adversas quanto pelo apelo da própria população, demonstrando um alto grau de conscientização ambiental da população da cidade de São Paulo.

poluição atmosférica causada pelos autoveículos, mas deverá incluir o problema da qualidade de vida urbana, principalmente em termos de locais para a habitação, como também a discussão sobre a limitação dos recursos naturais e de formas alternativas de energia.

5.2.1 Âmbito Mundial

Conforme SMA, (1997), na Comissão das Comunidades Europeias (CCE), é crescente a preocupação com a sustentabilidade dos transportes, e há um esforço no sentido de propor medidas para a internalização dos custos e externalidades nos preços dos transportes. A CCE visando reduzir os problemas mais importantes do transporte urbano como os congestionamentos, a poluição atmosférica e o ruído, propõe que sejam analisadas todas as possibilidades de se recorrer a instrumentos de formação de preços objetivando a internalização dos custos e externalidades, no preço final dos transportes.

A tabela 5.1 ilustra, as estimativas aproximadas dos custos de algumas externalidades dos transportes como percentual do Produto Interno Bruto (PIB), no âmbito dos países que compõe a CCE.

Tabela 5.1 Estimativas dos custos externos do transporte urbano na CCE

Ítem	% do PIB
Poluição atmosférica	0,4
Ruído	0,2
Acidentes	1,5
Congestionamento	2,0

Fonte: SMA, (1997)

Nos Estados Unidos, estudos indicam que os custos ambientais resultantes do trânsito urbano seriam da ordem de 50 a 256 U\$S bilhões/ano, na Finlândia, somente por conta da morbidade cerca 0,056 U\$S bilhões ano e na Cidade do México, com morbidade devido a ozona, aproximadamente 0,310 U\$S bilhões/ano. Especificamente, no tocante custos relativos aos congestionamentos, tem-se para os Estados Unidos um dispêndio estimado da ordem de 129 a

149 US\$ bilhões/ano, para a cidade de São Paulo seria da ordem 0,6 a 10 bilhões/ano. No caso de danos oriundos da poluição do transporte urbano, estudos em países em desenvolvimento mostram custos per capita da ordem de 21 e 161 US\$. A simples transposição destes valores para a cidade de São Paulo, resultaria em custos entre 220 milhões US\$ e 1,6 bilhões US\$ (SMA, 1997).

Especificamente, no caso brasileiro, a experiência recente do país mostra que o desenvolvimento econômico e a elevação dos níveis de renda real, favoreceram um crescimento significativo da frota de veículos²², provocando situações críticas de congestionamentos, poluição e acidentes de trânsito, levando à diminuição da qualidade de vida nos grandes centros urbanos. A utilização cada vez mais generalizada do transporte individual contou a seu favor, além das deficiências do transporte público, com políticas de investimentos baseadas na implantação de vias expressas, vias elevadas, anéis rodoviários e algumas facilidades de estacionamento nos espaços intra-urbanos²³. A implantação de tais facilidades para o transporte individual, se por um lado promoveu uma alívio imediato da circulação, por outro aumentou a atração por novos veículos que passaram a demandar mais espaços incrementando as deseconomias urbanas.

5.3 Custos e Externalidades do transporte individual

Uma análise simples dos custos envolvendo o transporte individual, com destaque para o automóvel particular, que no caso brasileiro representa quase 80% da frota nacional, incluiria apenas os gastos com combustível e o desgaste do veículo, chamado de custos de operação. Além dos custos de operação, existem os custos relacionados à infra-estrutura, os custos das externalidades ambientais - contaminação, ruído, degradação do solo - e os custos das externalidades sociais - acidentes, perdas de tempo e os congestionamentos.

Desta forma, uma estimativa dos custos do transporte individual, não deve apenas considerar os custos diretos - operação -, mas, também, os custos indiretos representados pela necessidade de infra-estrutura e pelas externalidades ambientais e sociais. Saliente-se que os custos

²² Entre os anos de 1986 e 1994, a frota nacional incorporou em média 253 mil autoveículos ao ano, com destaque para os anos de 1993 e 1994, sobretudo por ocasião do Plano Real quando foram incorporados cerca 604 mil autoveículos novos, significando um crescimento da ordem de 4 por cento da frota nacional, naqueles dois anos.

²³ Segundo dados da SMA (1997), a taxa de ocupação no transporte individual na cidade de São Paulo é baixa, cerca de 1,51 ocupantes por automóvel.

indiretos do transporte individual, acaba sendo pago por toda a sociedade e esta já começou a questionar tal situação. A sociedade como um todo está cada vez mais global e cada vez mais bem informada sobre as relações entre o meio ambiente e o seres humanos, aumentando a sua conscientização, sobretudo em termos ambiental e tendo como premissa o eixo - “pensar global e agir local” -.

De acordo com Serrano (1996), em uma sociedade cada vez mais responsável abre-se a oportunidade de aplicar-se com rigor os critérios da “Contabilidade Ecológica”, dando-se a mesma importância aos custos econômicos, aos custos ambientais e aos custos sociais, tendo em vista os impactos do uso intenso do transporte individual.

Os custos econômicos contemplam custos de operação e infra-estrutura. Os custos de operação são aqueles que afetam diretamente o usuário do transporte individual. Podem classificar-se em custos fixos e variáveis. Os custos fixos são a amortização do veículo, seguro e os impostos; enquanto os custos variáveis são o combustível, reparos e manutenção do veículo. Nos custos de infra-estrutura, além das obras civis de engenharia deve ser contabilizado todo o aparato necessário para garantir e fiscalizar a locomoção dos veículos. Estes custos não são pagos somente pelos possuidores de transporte individual, mas por toda a sociedade. Os custos de operação na Espanha chegam a 5,6% do PIB, enquanto os custos com infra-estrutura atingem cerca 2,2% do PIB (Serrano, 1996).

Em termos ambientais, todo custo derivado dos impactos da utilização do transporte individual, sempre é de difícil mensuração. Tais impactos, afetam a qualidade do ar, do solo e da água. Excetuando a poluição sonora, as vibrações e a poluição visual das vias e anéis rodoviários, que apresentam efeito imediato; a contaminação ambiental provocada pelos autoveículos via de regra tem seus impactos sentidos no longo prazo, os quais podem se coadjuvarem e potenciar os impactos. Os custos ambientais ocasionados pelo transporte individual, compreende fundamentalmente, os custos relacionados com os problemas da saúde, como consequência das infecções do sistema respiratório, perda de produtividade e conforto, mortalidade e danos em construções civis e a contaminação do solo. De acordo com estudos realizados na Alemanha, os custos ambientais podem chegar a 0,3% do PIB.

Os custos sociais da elevação do índice de motorização da sociedade, origina-se na segurança das vias e acidentes de trânsito. Os custos sociais devido ao uso do transporte individual oscila entre 1,2% a 3,4% do PIB espanhol (Serrano, 1996).

O custo total dos congestionamentos resulta de um somatório de custo econômico, ambiental e social, uma vez que entre suas principais conseqüências tem-se a redução da capacidade de mobilidade, aumento do consumo de energia e da emissão de poluentes, perdas de tempo e do bem estar pessoal, bem como uma substancial diminuição da produtividade do sistema econômico. No Reino Unido os custos devidos aos congestionamentos representam cerca de 1,2% do PIB, enquanto para União Européia estima-se em 2% do PIB (Serrano, 1996).

5.3.1 Transporte coletivo vis-a-vis individual e externalidades na RM de São Paulo

Na RM de São Paulo, circulam simultaneamente cerca de 3 milhões de veículos dia, chegando a provocar congestionamentos entre 70 e 100 quilômetros, resultando uma velocidade média que dificilmente ultrapassa 5 km/h, gerando grandes deseconomias para o país e até agravando o chamado “Custo Brasil”.

Estudo da Dersa - Desenvolvimento Rodoviária S/A - mostra que no ano 2005, as marginais terão cerca de 20 horas de congestionamentos diários, com velocidades de até 4 km/h. A velocidade média de um homem andando a pé é de 5 km/h (Folha S.Paulo, 1995). Os congestionamentos na RM de São Paulo, resulta em uma perda de 2,4 milhões de horas de seus moradores por dia, na comparação com que seria gasto com um sistema de transporte coletivo eficiente (Folha de S.Paulo, 1997). Outro estudo, realizado pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de S.Paulo, tendo como base bairros da cidade de São Paulo em que vivem cerca de 2 milhões de pessoas, mostra que gastou-se cerca de US\$ 785 mil com internações no ano de 1989, devido a problemas de saúde relacionados com a poluição do ar (Folha S.Paulo, 1997a). Neste universo, a inatividade gerada por doenças relacionadas à poluição representou valor estimado em US\$ 351 mil e as mortes, em US\$ 1 milhão. Ainda segundo a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, somente o transporte individual, em 1995, produziu 98% do monóxido de carbono, 97% dos hidrocarbonetos e 97% dos óxidos de nitrogênio, lançados na RM de São Paulo. A mobilidade a pé das pessoas na RM de São Paulo restringe-se, na medida em que, quanto

maior o número e o fluxo de automóveis menos se pode usar a rua para outras finalidades, como o lazer. Dados da Folha de S. Paulo (1997b), mostra que a opção pelo transporte individual na RM de São Paulo, significa para o proprietário do veículo um gasto equivalente a metade do valor de um “carro popular” por ano, por conta das despesas como seguro, IPVA, estacionamento e combustível.

Para efeito de estimação, supondo-se uma frota de automóveis da ordem de 3 milhões de veículos na RM de São Paulo e um consumo de um litro de combustível por veículo dia, resultado dos congestionamentos, ter-se-a um consumo adicional de 3 milhões de litros de combustível/dia, que a um preço médio de R\$0,80 por litro, resulta em um gasto adicional para sociedade de aproximadamente 12 milhões de R\$/semana ou cerca de 48 milhões de R\$/mês. De acordo com a União Internacional dos Transportes Públicos o preço médio para o quilômetro de linha de metrô construído é da ordem de US\$ 100 milhões.

5.3.2 Transporte individual e externalidades na cidade de Campinas

A questão ambiental e energética do transporte urbano de Campinas, será apresentada em estudo-de-caso no capítulo oito (8) desta tese. Todavia, aqui merece comentários sobre as externalidades relacionadas aos acidentes de trânsito na cidade de Campinas.

O confronto entre pedestres e o transporte urbano em Campinas, este representado essencialmente pelos automóveis atingiu um custo social da ordem de US\$ 81 mil por dia. Este custo, foi obtido baseando-se em números do Banco Mundial que considera que cada morte no trânsito custa, para a sociedade, US\$ 80 mil e cada acidente, US\$ 10 mil. Estes números levam em conta desde custos médicos até prejuízos com a interrupção no tráfego (Correio Popular, 09/11/97, pp. 7.1/7.2). Em Campinas, cerca de 500 mil pedestres circulam conjuntamente com cerca de 500 mil autoveículos. Entre janeiro e agosto de 1997, ocorreram 13.285 acidentes, com 79 mortes, sendo estimado um custo social de US\$ 19,6 milhões no período, ou US\$ 81 mil por dia.

A igualdade entre número de pedestres e autoveículos, espelha a magnitude do confronto diário nas ruas e avenidas de Campinas. Além de seus 406 mil autoveículos, a cidade de Campinas tem recebido outros 100 mil da região. Se todos estes autoveículos fossem enfileirados, ocupariam

cerca de 92% dos 2.159 quilômetros de ruas e avenidas asfaltadas de Campinas. Outro agravante é que de acordo com o Banco de Óbitos de Campinas, o número de mortes no trânsito se iguala aos número de homicídios por armas de fogo. Sem dúvida, toda esta violência resulta da priorização do transporte individual em detrimento de transporte coletivo na cidade. Às vésperas de se oficializar a Grande Campinas, não se observa qualquer ensaio de planejamento e gestão do transporte urbano. A conurbação já é responsável pela circulação constante de 100 mil autoveículos da região na cidade, o que representa cerca de 25 por cento da frota local. Por outro lado, é necessário salientar que as medidas pontuais tomadas pela prefeitura é imediatistas e de eficácia duvidosa. A Secretaria de Transportes (SETRANSP) aumentou o número de equipamentos eletrônicos de fiscalização, prevendo inclusive a arrecadação de 1998 - US\$ 22 milhões -, no entanto não investe montante equivalente em prevenção e educação no trânsito. Além disso, não se dispõe na SETRANSP de estatísticas atualizadas, fato básico para se fazer qualquer intervenção com ações de planejamento e gestão do transporte urbano da cidade.

5.4 Considerações Finais

Pela grande representatividade do transporte individual no transporte de pessoas nos grandes centros urbanos e a magnitude dos seus impactos e custos, evidencia-se os reais desafios que deverão ser enfrentados pela sociedade, antes mesmo do término deste século. Avançar no sentido de se buscar uma reorientação do transporte urbano no Brasil, significa em última instância, o equacionamento na tomada de decisão dos principais fatores que afetam a demanda e a oferta do transporte urbano individual. Do lado da demanda estes fatores são múltiplos e complexos. Sua importância relativa pode variar consideravelmente entre os tipos de veículos, entre grupos sócio-econômicos e de uma região do país para outra. Além disso, os efeitos de alguns destes fatores se fazem sentir a curto prazo, como por exemplo, as facilidades creditícias, que recentemente possibilitou que mais de 50% da produção nacional de automóveis contemplasse o segmento dos chamados “carros populares”. Enquanto outros possuem um incidência perceptível mais a longo prazo, como os planos de uso e ocupação do solo e atitudes gerais quanto à posse de automóveis. No longo prazo, é evidente que é do crescimento demográfico e renda que depende a expansão da demanda por automóveis. Do lado da oferta, destacam-se

fatores como as “forças independentes do mercado” e as “forças de mercado”. Outro aspecto que deve ser mencionado é a expansão esperada para a indústria automobilística brasileira. Fato que uma vez ocorrendo, poderá agravar significativamente a qualidade de vida das grandes cidades brasileiras, caso não se verifique uma completa reorientação nas ações de planejamento e gestão do transporte urbano no país. Até o ano 2000, deverão ser investidos no país cerca de US\$ 13 bilhões. O Brasil até aquele ano deverá igualar-se aos Estados Unidos no número de marcas de automóveis, 11 (onze) no total, sendo: Volkswagen (SP), FIAT (MG), General Motors (SP/RS), Ford (SP), Toyota (SP), Honda (SP), Renault (PR), Audi (PR), Mercedes Benz (SP/MG), Asia Motors (BA) e Chrysler (PR) (Folha de S.Paulo, 1997b).

5.5 Referências Bibliográficas

- Berni, M.D., Pego, B., Bajay, S.V.; *A Viabilidade Econômica de Sistemas de Transporte Público de Média e Grande Capacidade Frente aos Custos das Externalidades do Transporte Urbano*, 11. Congresso Nacional de Transportes Públicos, ANTP, Agosto, 1997, Belo Horizonte, Brasil
- Correio Popular*, 09/11/97, pp. 7.1/7.2.
- Folha de S.Paulo*, 10/06/1995, pp.3-1.
- Folha de S.Paulo*, 21/03/1997, pp.3-2.
- Folha de S.Paulo*, 18/04/1997a, pp.2-6
- Folha de S.Paulo*, 03/09/1997b, pp.2-3
- SMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo, *Por um Transporte Sustentável*, Documento de Discussão Pública, 1997, 227 pp.
- Serrano, P. N. Una Estimación de los costes reales del Automóvil, *Medio Ambient Tecnologia i Cultura*, Department de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, Barcelona, Espanha, 1996, pp.8-17.
- Vasconcelos, E.A . *Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento*, Editoras Unidas, FAPESP, 1996, 284 pp.

CAPÍTULO 6

Planejamento, Combustíveis Alternativos, Desenvolvimento Tecnológico e Legislação no Controle de Emissões de Poluentes no Transporte Urbano

6.1 Introdução

Até a primeira década do próximo século se verificará a predominância de dois modos de transporte urbano no país: o ônibus e o automóvel particular. No Brasil, estes dois modos de transporte urbano, juntos, são responsáveis por quase 90% dos deslocamentos motorizados nas cidades (Bajay et alii, 1992). A importância do ônibus no Brasil decorre da elevada porcentagem de pessoas que a modalidade transporta atualmente, bem como das dificuldades de implementação de outras alternativas modais, em magnitudes necessárias para reverter este quadro. Desta forma, qualquer melhoria no transporte urbano, tanto em termos ambientais quanto em termos das condições de qualidade dos serviços prestados à população, deve, necessariamente, passar por melhorias nos sistemas de ônibus, através da execução de um planejamento integrando as questões de urbanização, transportes, energia e meio ambiente. O desejo de diminuição da participação do automóvel nos deslocamentos urbanos e o encorajamento visando o aumento nos índices de ocupação dos automóveis - a média é de apenas 1,55 passageiros por veículo (Bajay e Berni, 1996) -, certamente, também, passam por melhorias nos sistemas de transporte por ônibus.

As melhorias ambientais e de qualidade dos serviços para o transporte urbano passam pela execução de um planejamento abrangente, tendo como principal alavancador o perfeito

entrosamento das políticas e decisões dos três níveis do poder executivo no país: municipal, estadual e federal. Conjuntamente, as ações daqueles decisores deverão promover um ambiente econômico-social favorável, no qual possam ocorrer simultaneamente, a desejável diminuição da participação do automóvel nos deslocamentos motorizados dos grandes centros urbanos e a melhoria do serviço coletivo. A questão ambiental no setor de transportes e, particularmente, no transporte urbano, passa pela questão energética. A evolução do transporte urbano tem obedecido à necessidade de se atender da melhor forma possível a demanda de passageiros, através dos meios de transporte mais econômicos. Pode-se afirmar que o atendimento desta demanda, não obstante a qualidade dos serviços prestados ter paulatinamente deteriorado nos últimos anos, não impediu a expansão da produção e do desenvolvimento do país. Isto não significou, porém, que a evolução do transporte urbano, para a população em geral, se deu a baixos custos sociais e ambientais.

O processo de evolução do transporte urbano no país ocorreu dentro do processo de ocupação territorial dos grandes centros urbanos, onde o papel mais relevante para a metropolização de grandes áreas coube ao transporte rodoviário, que passou a fazer parte da forma de organização das cidades. O transporte rodoviário, tanto coletivo como individual, assumiu uma maior responsabilidade na movimentação de pessoas, ocupando espaços inicialmente cativos dos sistemas ferroviários.

O uso intenso do modo rodoviário nos deslocamentos motorizados nos centros urbanos, se por um lado ajudou a expansão das cidades, por outro, em face dos problemas ambientais que criou, tem mostrado a necessidade de uma reorientação na matriz energética do transporte urbano. A poluição do ar impõe soluções de transporte e alternativas energéticas como os sistemas de transporte eletrificados, que devem ser planejados para funcionar de uma forma integrada com os ônibus movidos à óleo Diesel. Além disso, existem as vantagens ambientais do uso automotivo do gás natural, que pode ser usado, inclusive nos veículos já em circulação através de adaptações não muito onerosas.

Por outro lado, a maior parte da administração pública do país ainda não se deu conta da incapacidade do transporte servir como principal agente indutor do crescimento urbano, bem como da falácia da execução de um planejamento urbano não abrangente. Neste sentido, é imprescindível a criação da consciência de que o problema ambiental e o problema energético, por

serem parâmetros fundamentais para a expansão dos sistemas de transporte, devem estar sendo contemplados no planejamento urbano de qualquer cidade.

Neste contexto, certamente ter-se-ia uma maior velocidade de implementação de todas as ações que influem, direta ou indiretamente, na qualidade ambiental, como por exemplo, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores -PROCONVE -.

A implantação do PROCONVE, estabelecendo limites máximos para os poluentes emitidos pelos autoveículos novos, foi um grande avanço no objetivo de se atenuar os impactos sobre o meio ambiente provocados pelo setor de transportes no Brasil. Todavia, a legislação ambiental atual encontra-se totalmente defasada em relação àquela em vigência nos principais países desenvolvidos. Por exemplo, os limites impostos pelo PROCONVE para 1997 já estão vigentes desde 1984 nos Estados Unidos. A não atualização daqueles limites pelo PROCONVE fará com que os níveis de emissão permitidos no Brasil para os veículos automotores sigam defasados de, no mínimo, dez anos, em relação aos principais países desenvolvidos.

Por conta de programas como o PROCONVE e da implementação de medidas locais restritivas às emissões de poluentes por autoveículos, aliados a um maior desenvolvimento tecnológico, a substituição da gasolina e do óleo Diesel em sistemas de transporte por combustíveis alternativos seguramente se intensificará nos próximos anos. A cronologia e o grau de profundidade deste processo, no entanto, são de difícil determinação, dada a complexidade dos fatores determinantes. Saliente-se que, continuando a atual importância relativa dos autoveículos rodoviários na futura estrutura sócio-econômica e não ocorrendo uma ruptura drástica e prolongada na atual estrutura de oferta de petróleo, este processo de substituição deverá ser gradual e contínuo e direcionado basicamente à minimização de impactos ambientais.

Como já vêm ocorrendo nos países desenvolvidos, as principais alternativas energéticas postas ao transporte urbano do país são o gás natural, o álcool e a energia elétrica. O gás natural já é bem aceito como energético nas estruturas de transporte urbano envolvendo ônibus, táxis e veículos de entrega, inclusive no Brasil, onde esta prática, no entanto, é ainda marginal. O Presidente da República facultou, a partir de janeiro de 1996, o uso de gás natural no país em automóveis particulares. O álcool tem como seu principal representante no país, o etanol. É a alternativa brasileira ao metanol utilizado nos Estados Unidos. Todavia, a continuidade de sua utilização maciça em substituição à gasolina em motores do ciclo Otto dependerá

fundamentalmente do equacionamento político-econômico adequado do Programa Nacional do Alcool - PROÁLCOOL. No que se refere ao uso de energia elétrica em sistemas de transporte coletivo de grande capacidade, já esta provada a sua viabilidade nos grandes centros urbanos. Entretanto, a expansão do uso deste energético depende fortemente de uma política de longo prazo que priorize a questão ambiental. No tocante a sistemas de média capacidade utilizando energia elétrica, como é caso das redes de tróleibus, este somente serão viabilizados a partir de uma política tarifária realista e, como no caso dos sistemas de grande capacidade, tenha-se, também, uma política de longo prazo priorizando a qualidade de vida nos grandes centros urbanos. As possibilidades de um amplo uso do automóvel elétrico ainda estão fortemente atreladas à velocidade de desenvolvimento tecnológico das suas baterias, bem como à necessária redução de custos dos veículos e ao eventual sucesso da experiência em grande escala que está sendo realizada na Califórnia.

Além do uso dos combustíveis alternativos, espera-se que desenvolvimentos tecnológicos, sobretudo nos autoveículos consumidores de combustível fóssil, venham, também, a contribuir positivamente para a minimização tanto do consumo energético quanto da emissão de poluentes correspondentes. Os desenvolvimentos tecnológicos na indústria automobilística sempre surgiram em função de solicitações específicas do mercado, ou em resposta à regulamentações definidas a nível de governo regional ou nacional. Agregue-se a isto o fato de que o processo em curso, de estabilização econômica do país, envolve uma maior abertura ao comércio externo, o que necessariamente levará a uma maior agregação de tecnologia nos autoveículos produzidos no território nacional, em face da maior concorrência externa. Apesar da tendência de que as solicitações do mercado brasileiro estejam voltadas principalmente ao conforto e à segurança, o consumo específico de combustível e o controle das emissões de poluentes também deverão ser preocupações constantes, e é provável que padrões bem mais rigorosos tenham que ser atendidos antes da virada desta década.

A previsão do estabelecimento de padrões mais rigorosos para os limites máximos dos níveis de emissões baseia-se, fundamentalmente, nas perspectivas de acirramento das pressões ambientalistas e de crescimento da consciência ambiental da população, fatos estes que certamente obrigarão os órgãos públicos responsáveis a se posicionarem de uma forma mais efetiva do que aquela verificada até o momento.

6.2 Combustíveis Fósseis e as Emissões de Poluentes no Transporte Urbano

Os modelos de desenvolvimento nas sociedades contemporâneas tem se mostrado agressores com a natureza, na medida em que propõem o uso dos recursos naturais apenas como matéria prima para o crescimento econômico, sem a preocupação fundamental de conhecer suas limitações. A utilização irrestrita destes recursos tem provocado discussões amplas, as quais abrangem o seu esgotamento, sua degradação e suas conseqüências à qualidade de vida. Caso da quase que total dependência dos transportes pelos combustíveis de origem fóssil. Todavia, dentro da premissa do desenvolvimento sustentável, o atendimento satisfatório da demanda por transportes, mesmo em um país em desenvolvimento, pode ser plenamente factível, na medida em que estejam contempladas, nas ações de planejamento global da sociedade, as questões políticas, econômicas, energéticas e ambientais.

A questão ambiental têm sido considerada prioritária no estabelecimento das políticas de governo nos últimos anos, tanto nos países industrializados quanto naqueles em desenvolvimento. A degradação ambiental, de uma forma geral, é prejudicial à saúde humana, reduz a produtividade econômica e energética e leva à perda de "conforto", termo que designa as muitas outras formas pelas quais as pessoas se beneficiam de um meio ambiente não poluído. Os transportes entre os vários segmentos econômicos, esta entre aqueles que mais têm contribuído para a aceleração da degradação ambiental, notadamente nos grandes centros urbanos, através da emissão de poluentes.

As prioridades a serem estabelecidas por países em desenvolvimento com relação ao meio ambiente e aos transportes de uma forma geral certamente não serão aquelas que os países industrializados adotarão. A tendência, neste último caso é dar-se menos prioridade ao conforto enquanto não tiverem sido atendidas as necessidades básicas. Portanto, em países como o Brasil, é de se esperar que ocorra uma compatibilização entre os objetivos de crescimento e desenvolvimento sustentável dos transportes e a minimização da degradação do meio ambiente, de forma a se garantir o potencial produtivo e a expansão das atividades econômicas.

O uso de derivados do petróleo em sistemas de transporte representa uma parcela expressiva da poluição atmosférica, principalmente nas grandes cidades, com emissões

consideráveis de óxidos de nitrogênio (NOx), monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC) (tabela 6.1).

Em termos da poluição do ar, as atividades dos sistemas de transporte no mundo contribuem com mais de 70 % de todo o CO e 50 % de todos o NOx emitido para a atmosfera. Juntos, o SO₂ emitido por motores do ciclo Diesel e o NOx de origem automotiva respondem por um terço da chuva ácida. Por outro lado, cerca de 50 % dos hidrocarbonetos emitidos em áreas urbanas e aproximadamente 25 % do total das emissões de todo o CO₂ gerado no mundo resultam das atividades desenvolvidas por sistemas de transporte (Gabel e Roller, 1992).

Tabela 6.1 Emissões no total das emissões de regiões selecionadas, 1990 (%)

Poluente	América do Norte	CEE	OCDE
Nox	43	60	49
CO	67	78	71
HC	33	50	39
SO ₂	4	4	4

Fonte: AIE/OCDE, 1991

No tocante ao CO₂, deve ser destacado o fato de que é um dos principais gases responsáveis pelo “efeito estufa”; impactando o meio ambiente em termos globais, conforme pode ser observado na tabela 6.2.

Tabela 6.2 Tipos de impactos dos principais poluentes gerados em transporte

Poluente	Tipo de Impacto
CO	local e global
Nox	local e regional
MP	Local
HC	local e regional
CO ₂	Global

Fonte: SPRU, 1993

Considerando os principais modos de transporte, o modo rodoviário apresenta-se como o maior responsável pelas emissões de CO₂ (tabela 6.3). Na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em junho de 1992 no Rio de Janeiro, mais de 150 países assinaram uma convenção para estabilizar a concentração de dióxido de carbono e outros gases que contribuem para o efeito estufa. Estabeleceu-se a necessidade de retorno aos níveis de emissões de poluentes de 1990 até o ano 2000, bem como criou-se mecanismos para que no futuro se adotem medidas mais rigorosas, se necessário.

Tabela 6.3 Emissões de CO₂ por modos de transporte na OCDE, em %

Modo	Participação
Rodoviário	81,5
Aéreo	12,8
Ferrovário	3,5
Outros	2,2

Fonte: AIE/OCDE, 1991

A tendência é que, independentemente da existência de uma conjuntura favorável dos preços internacionais do petróleo, a questão ambiental deverá estimular o uso de combustíveis alternativos, ambientalmente mais sustentáveis que os tradicionais, visando melhorias na qualidade de vida, notadamente nos grandes centros urbanos. Isto levará ao estabelecimento de instrumentos e de ações efetivas que objetivem a minimização das emissões de poluentes de uma forma geral, e daquelas oriundas das atividades de transporte em particular. Atualmente nos países industrializados, discute-se a implementação de medidas como, por exemplo, o imposto sobre o conteúdo de carbono dos combustíveis, visando a otimização econômica e ambiental dos vários setores econômicos. Especificamente no caso dos transportes urbanos, a viabilização de substitutos à gasolina e ao óleo Diesel via taxação das emissões de poluentes constitui uma opção interessante para a abordagem da questão ambiental nos transportes. Sem dúvida, esta opção complementaria esforços de redução do consumo específico, melhor gerenciamento e controle do tráfego, melhorias da qualidade dos combustíveis, legislação mais rígida, novos materiais e da adoção de novas tecnologias que possibilitem uma combustão mais controlada e completa.

6.2.1 As Emissões de poluentes e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente

Os veículos rodoviários empregados no transporte urbano são responsáveis por uma grande porcentagem de emissões consideradas perigosas para a saúde e para o meio ambiente.

Os agentes poluentes emitidos durante a queima do combustível, seja ele de origem fóssil - gasolina ou óleo Diesel - ou tendo origem na biomassa, como é o caso do etanol, podem ser diretamente responsáveis por prejuízos à saúde e danos ao meio ambiente.

Alguns dos efeitos destes agentes são rapidamente identificáveis, como é o caso do odor dos motores Diesel. Outros incidentes são identificáveis a curto prazo, mas não se pode sempre precisar a parte de responsabilidade das emissões dos veículos. Pode-se citar o caso dos efeitos tóxicos do chumbo, muitas vezes presente na gasolina, sobre a saúde das crianças, e a relação entre as emissões do NOx e a irritação das vias respiratórias. Tem-se, ainda, o caso daqueles incidentes identificados depois de um tempo muito longo, ficando difícil estabelecer uma ligação causa-efeito, já que o conhecimento científico dos processos envolvidos esta hoje longe de ser completo, como é o caso da ação de numerosos possíveis agentes cancerígenos.

A seguir descreve-se os efeitos potenciais sobre a saúde da população causados por grandes concentrações de certos poluentes emitidos por veículos motorizados (OCDE, 1986 e Mercedes Benz do Brasil, 1992).

(a) Os hidrocarbonetos constituem uma vasta gama de compostos, com vários graus de volatilidade e reatividade, sendo considerados perigosos para a saúde e para o meio ambiente. O benzeno, por exemplo, um dos componentes da gasolina, é um agente cancerígeno perigoso. Os hidrocarbonetos de pequeno peso molecular, ao contrário, são relativamente pouco tóxicos, mas podem produzir efeitos desagradáveis e mesmo nocivos, tais como irritação dos olhos, tosse, espirros e sonolência.

(b) Os óxidos de nitrogênio afetam sobretudo as vias respiratórias. O dióxido de nitrogênio -NO₂- é o mais tóxico. Dificuldades respiratórias começam a aparecer na presença de um teor de dióxido de nitrogênio de aproximadamente 0,5 ppm. Os níveis de NO₂ observados na rua usualmente variam de 0,15 a 0,25 ppm. Após uma exposição de longa duração, mesmo a pequenas concentrações, existe o risco de problemas respiratórios graves, principalmente nas crianças. Estes

óxidos podem, também, ser absorvidos pela vegetação e atacar materiais. Quando combinados a alguns hidrocarbonetos ou aldeídos, eles podem formar oxidantes e, também, participar da precipitação de ácidos, durante as chuvas.

(c) O monóxido de carbono é um gás inodoro, incolor e muito pouco reativo, de densidade próxima à do ar. Ele é tóxico e se combina com a hemoglobina cem vezes mais rápido que o oxigênio, bloqueando, assim, a função deste último. Quando 50 % da hemoglobina tiver sido transformada em carboxihemoglobina, existe o perigo de morte. As pessoas que sofrem de problemas coronários são gravemente atingidas pelo CO; uma taxa de somente 2,5 % de carboxihemoglobina já afeta todo o organismo destas pessoas. Enfim, o CO é um dos poluentes mais tóxicos quando emitido a forte doses pelos veículos automotores.

(d) O ozônio é um gás incolor, com odor característico. Ele é formado pelas reações fotoquímicas na atmosfera. Na estratosfera, ele detém os raios ultra-violetas; porém, junto à superfície, irrita as mucosas e reduz a capacidade pulmonar. Acredita-se que este gás destrua enzimas e proteínas. Ele exerce também efeito destrutivo sobre matérias e plantas.

(e) O material particulado, uma poeira microscópica, é gerado principalmente pelos motores Diesel. Ele fica suspenso no ar e, dependendo do tamanho, pode chegar aos pulmões, provocando doenças como a bronquite. Ele é formado a partir da combustão incompleta do combustível e do óleo lubrificante e das impurezas do combustível.

(f) Os óxidos de enxofre são gases incolores e altamente tóxicos, de odor irritante. Eles são altamente solúveis, sendo absorvidos durante sua passagem pelas vias respiratórias. Outros compostos como sulfatos e ácido sulfúrico, podem se formar na atmosfera. Na natureza eles provocam danos à vegetação, na forma de manchas e diminuição do crescimento, entre outros. Os incidentes sobre a saúde, dos SO_x e dos NO_x precipitados com as chuvas ácidas, são indiretos. Um exemplo é o aumento de acidez nas fontes de água potável.

(g) A “fumaça branca” é um gás branco de odor desagradável, contendo grande quantidade de combustível não queimado. As partículas suspensas no gás possuem tamanho microscópico, não sendo retidas pelas defesas naturais do organismo. Sua formação ocorre na partida do motor, em baixas temperaturas. O combustível injetado na câmara acaba tocando as partes frias, condensando-se, sendo expelido antes de ter sido completamente queimado.

(h) Os aldeídos são gases incolores de odor picante. Eles são restos de combustível parcialmente oxidados. As principais destas substâncias são o acetaldeído, a acroleína e o formaldeído. Eles participam de reações fotoquímicas na atmosfera. Sua formação ocorre a partir da última parte do combustível a entrar e ser queimado na câmara. Neste instante, tem-se uma mistura pobre e uma alta temperatura, que evapora e decompõe o combustível. Os aldeídos irritam os olhos e vias respiratórias e, são os principais responsáveis pelos odores.

(i) O chumbo é um metal pesado jogado na atmosfera na forma de pequenas partículas, com um diâmetro médio de 0,2 microns. Ele é usado como substância antidetonante na forma de chumbo-tetraetila, por exemplo, aumentando a octanagem da gasolina. Atualmente ele vem sendo substituído pela adição de álcool à gasolina, como no Brasil, ou pela adição de compostos oxidantes como o MTBE e o ETBE. O chumbo permanece na atmosfera por longo tempo e, após aspirado, acumula-se no organismo. Provoca o saturnismo: um lento envenenamento que causa a degeneração do sistema nervoso central e doença nos ossos, principalmente de crianças.

6.3 Combustíveis Alternativos

Os autoveículos, de uma forma geral, e os automóveis em particular, possuem um importante papel dentro da estrutura sócio-econômica de quase todos os países do mundo, sendo que não há indicação de alteração desse quadro a curto ou médio prazos. No entanto, tal expectativa requer a ação objetiva sobre algumas das restrições existentes à expansão da frota mundial de veículos, restrições essas associadas à segurança dos próprios veículos e do tráfego, às dificuldades crescentes de circulação nas grandes cidades, aos impactos ambientais relacionados às emissões de poluentes, ao consumo energético e à dependência praticamente integral do petróleo.

Períodos de restrição à oferta de derivados do petróleo possibilitaram esforços maiores de substituição da gasolina e do óleo Diesel. As duas crises dos preços do petróleo nos anos 70 deram impulso à pesquisa e ao desenvolvimento de alternativas, mas foi após esse período, com a maior conscientização quanto aos impactos ambientais advindos da queima de combustíveis fósseis, que essa questão ganhou abrangência. É opinião consensual que no médio e longo prazos parte da demanda energética associada ao transporte rodoviário será atendida por outros combustíveis, ou outros insumos energéticos, que não os de uso tradicional. Uma questão

fundamental para o planejamento da indústria montadora de autoveículos e para a expansão da infra-estrutura de oferta de energia, é o conhecimento do ritmo desse processo de substituição, com a identificação de períodos de referência e das alternativas de substituição mais viáveis.

6.3.1 Fatores de estímulos e restrições

(i) Meio ambiente

O uso de derivados de petróleo em sistemas de transporte contribui de forma marcante para com a poluição atmosférica, principalmente nas grandes cidades, com emissões consideráveis de óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, e componentes orgânicos voláteis. No presente, são consideradas prejudiciais e inaceitáveis as emissões de gases de combustão que possam piorar a qualidade do ar, provocar a precipitação de chuva ácida, contribuir substancialmente para o efeito estufa, ou afetar em larga escala a camada de ozônio da atmosfera.

As formas usuais de atuação para a minimização desse problema visam a redução do consumo específico das várias classes de autoveículos, o que redundará no benefício adicional de minimização dos impactos ambientais associados à operação dos mesmos, e a incorporação de tecnologia aos vários subsistemas dos autoveículos de maneira a melhorar a eficiência do processo de combustão, e/ou reduzir a emissão de gases nocivos à atmosfera. Ações nesse sentido têm sido tomadas desde meados dos anos 70. Apesar das possibilidades de avanços não estejam ainda esgotadas, a contribuição dessas passa a ser menos efetiva na medida em que as frotas de autoveículos e sua taxa de utilização seguem em crescimento. Em alguns países pressões ambientalistas têm levado à definição de padrões de emissão cada vez mais rígidos, a níveis impossíveis de serem alcançados com o uso exclusivo dos combustíveis tradicionais, seja qual for a tecnologia de combustão e/ou limpeza dos gases empregada. É nesse sentido que a pesquisa e desenvolvimento de combustíveis alternativos ganha premência.

(ii) Segurança no suprimento

O consumo de petróleo em transportes nos países desenvolvidos representa mais da metade do consumo final total desse insumo energético, com uma tendência de contínuo crescimento. Nos países da IEA/OECD “International Energy Agency/Organisation for Economic Co-Operation and Development”, compreendendo os principais países industrializados, essa classe

de consumo equívale à aproximadamente o volume total de petróleo importado pelos seus membros. No início dos anos 90, pouco mais de 30% do consumo total de energia dos principais países industrializados estava associado ao setor de transportes. Na mesma época, o consumo de petróleo em transportes representava quase 60% do consumo total desse insumo, sendo aproximadamente 50% só no setor rodoviário (AIE/OCDE,1996).

Uma das questões centrais na busca de combustíveis alternativos em sistemas de transporte é a vulnerabilidade de várias nações quanto ao suprimento de energia, e fundamentalmente de petróleo, mesmo em períodos de normalidade no comércio internacional, e mesmo diante de previsões otimistas quanto ao ritmo futuro de novas descobertas de reservas e da durabilidade das reservas já comprovadas. Os países desenvolvidos exercem controle direto sobre uma fração muito pequena do conjunto das reservas mundiais, o que lhes garante um abastecimento seguro apenas dentro de um horizonte muito reduzido. Frente a este quadro de dependência e risco, vários países tem sido obrigados a adotar um conjunto de medidas de salvaguarda, com reflexos sobre suas economias, tais como os custos de manutenção de estoques estratégicos e os custos do aparato bélico que é mobilizado para a manutenção do "status quo" no Oriente Médio (Sperling & Deluchi,1989). Neste contexto, o aspecto da segurança do suprimento estimula esforços de pesquisa e desenvolvimento que possam permitir uma maior auto-suficiência no abastecimento energético dos países grandes consumidores.

(iii) Interesses da indústria petrolífera e montadora de autoveículos

Ambas as indústrias representam o que existe de mais forte e organizado no âmbito empresarial a nível mundial. Tanto a indústria de petróleo quanto a indústria automobilística empregam milhões de pessoas, e contribuem de forma direta ou indireta com uma fração expressiva da formação do Produto Interno Bruto de vários países.

A tendência de substituição de derivados de petróleo nos transportes não representa necessariamente uma contraposição aos interesses destas duas indústrias. Ao contrário, em se imaginando que o automóvel deverá por muitos anos manter o seu papel de destaque dentro da organização sócio-econômica mundial, nada mais lógico supor que ambas as indústrias tenham interesse em perpetuar suas atividades, viabilizando alternativas face à restrições de caráter ambiental ou estratégico.

Com efeito, constata-se que várias empresas automobilísticas e companhias de petróleo

estão direta ou indiretamente engajadas na pesquisa e desenvolvimento de combustíveis alternativos, o que comprova o interesse das mesmas na manutenção do mercado. Os esforços de desenvolvimento de veículos elétricos, de forma a atender a legislação ambiental da Califórnia a partir de 1998, representam o exemplo mais marcante de que a substituição de energéticos também pode ser um fator de estímulo à concorrência.

A experiência brasileira com a substituição parcial da gasolina por álcool etílico, localizada e em pequena escala, a nível mundial, atesta a resistência inicial desses grupos econômicos e o posterior engajamento no processo, após, evidentemente, um longo processo de negociação com os governos locais. De uma forma geral, as restrições impostas por ambos os segmentos visam postergar a penetração de combustíveis substitutos, uma vez que o petróleo é um insumo primário do qual ainda não se extraiu todos os benefícios possíveis.

(iv) Preços do petróleo e derivados

A curto e a médio prazos, e exclusivamente sob o ponto de vista econômico, a viabilidade de substituição da gasolina e do óleo Diesel por outros combustíveis depende essencialmente da evolução futura dos preços do petróleo, e por consequência, de seus derivados. Os preços internacionais do petróleo são definidos segundo fatores de ordem política e estratégica, estando sujeitos à alterações de acordo com fatos que possam afetar o equilíbrio do mercado. Os impactos ambientais relativos à queima dos derivados não tem se traduzido, em incrementos nos preços de comercialização do insumo primário e de suas formas derivadas. Somente uma grande ruptura da atual estrutura de mercado, que fuja à capacidade de ação dos atuais mecanismos de controle, pode provocar, no curto prazo, uma evolução drástica dos preços do petróleo.

Em uma situação de normalidade, os preços do petróleo devem oscilar em torno de 20 US\$/barril, valor este que indica o presente equilíbrio entre os interesses de produtores e consumidores. Sob a ótica dos consumidores do setor de transportes, as referências de comparação são os preços finais da gasolina e do óleo Diesel, que nem sempre evoluem em conformidade com os preços internacionais do petróleo. Os países adotam diferentes políticas de preços para os derivados de petróleo, não seguindo necessariamente uma correlação direta com a evolução dos preços do petróleo. Tal fato, em última análise, reflete estratégias diferenciadas quanto à políticas econômicas, energéticas e ambientais.

A figura 6.1 mostra a evolução, no período 1979-94, dos preços ao consumidor brasileiro do barril equivalente de gasolina e de óleo Diesel, em relação ao preço do barril de petróleo importado. Observa-se que não houve ao longo dos anos uma forte correlação exata entre esses preços, basicamente porque, no caso do Brasil, os preços da gasolina e do óleo Diesel foram utilizados como instrumentos de políticas econômicas de curto prazo.

Índice (1979=100)

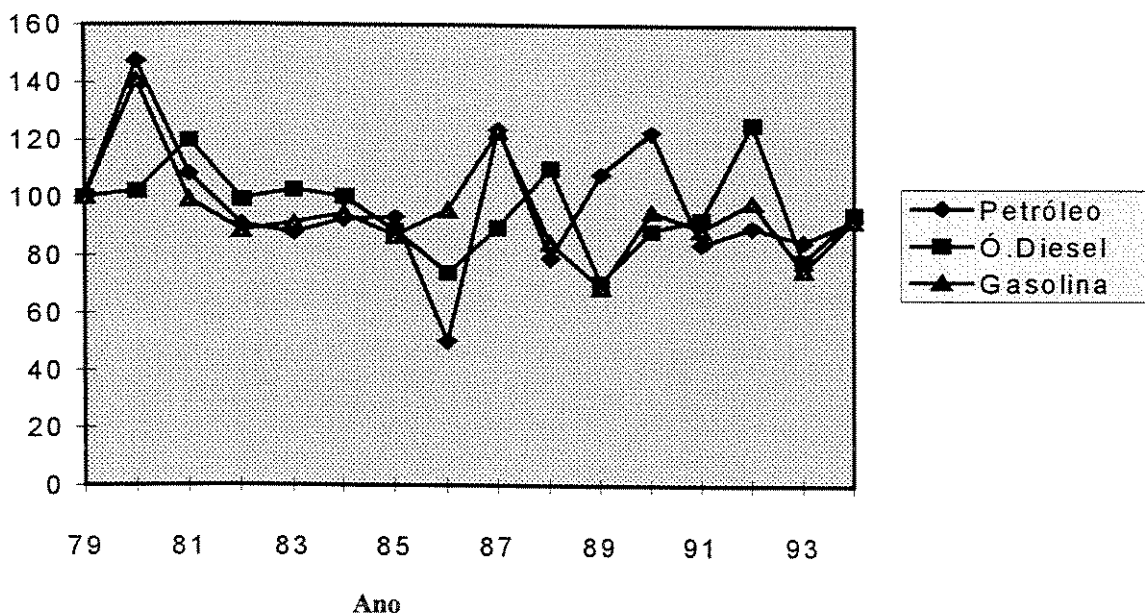


Figura 6.1 Evolução dos preços do petróleo, gasolina e óleo Diesel no Brasil
Fonte: MME, (1997)

(v) Custos

Para o consumidor comum que toma suas decisões dentro de critérios estritos de lucratividade, a competitividade dos custos dos combustíveis alternativos vis-à-vis os custo das opções tradicionais é de suma importância. O problema básico na definição dos custos reais de uso das várias opções energéticas está na dificuldade de previsão destes com um mínimo de segurança, uma vez que o desenvolvimento da maioria das alternativas encontra-se ainda em seus estágios iniciais. Além dessa dificuldade, existe o complicador da complexa rede de transformações necessárias à viabilização de combustíveis substitutivos, considerando o abastecimento e o uso final. Um estudo feito pela AIE/OCDE em 1990 avaliou os custos de produção de alguns combustíveis, bem como os custos globais, consideradas as despesas associadas à estrutura de

distribuição, e a conversão ou adaptação dos autoveículos. Os resultados desse estudo estão indicados na tabela 6.4. Os dados da tabela 6.4 dizem respeito às tecnologias disponíveis em 1990 nos países da AIE/OCDE. Os custos relativos ao gás natural comprimido - GNC - não incluem os custos de transporte do gás via gasoduto, o que corresponde à hipótese de substituição em áreas já servidas por gás natural.

Tabela 6.4 Custos comparativos entre combustíveis alternativos

Combustíveis	Custos(em 1987 US\$ /barril equivalente de gasolina)
Petróleo (preço assumido)	18.00
Gasolina convencional(preço assumido)	27.00
Gás Natural Comprimido	20 a 46
Óleos Ultra Viscosos	21 a 34
Metanol de gás natural	30 a 67
óleo Diesel de gás natural	69
Gasolina de gás natural	43 a 61
Metanol de carvão mineral	63 a 109
Metanol de biomassa	64 a 126
Etanol de biomassa	66 a 101

Fonte: AIE/OCDE, 1990

No caso específico da produção de etanol a partir da biomassa, os custos de produção no Brasil a partir da cana de açúcar estão na faixa de 38 a 42 US\$/barril de gasolina equivalente. São esperadas reduções de até 10% nos custos de produção do metanol a partir do gás natural no curto prazo, e de 30% ou mesmo 50% no longo prazo. Na produção de gasolina e óleo Diesel sintéticos, são também esperadas reduções dos custos de produção. Já no caso do GNC e dos óleos ultra viscosos não são previstas alterações nas estruturas dos custos de produção e custos totais. As etapas de refino e distribuição determinam custos adicionais da ordem de 50% para a gasolina em relação ao valor de compra do petróleo. Segundo dados da tabela 6.4, a viabilização econômica da substituição por alguns energéticos analisados só ocorreria com a manutenção dos

preços do petróleo em um patamar de 30 a 40 US\$/barril.

6.3.2 Principais combustíveis alternativos

(i) Gasolina oxigenada

O uso de gasolina oxigenada expandiu-se consideravelmente nos anos 70 como resultado da rápida elevação dos preços do petróleo. As mais importantes fontes de oxigênio para a gasolina são o metanol, etanol, metil terciário butil éter (MTBE) e o etil terciário butil éter (ETBE). O principal problema da gasolina oxigenada é a corrosão. Normalmente, a minimização deste problema é feita com a adição de aditivos. Em termos de poluentes, o uso de gasolina oxigenada reduz as emissões de CO e HCs, não alterando de forma significativa as emissões de NOx. De acordo com Owen & Coley (1990), em autoveículos equipados com catalisador o uso de gasolina oxigenada reduz as emissões de CO e HCs e aumenta as emissões de NOx. Emissões de aldeídos aumentam quando usa-se gasolina oxigenada devido a decantação no tanque, sendo diretamente proporcional ao conteúdo de oxigênio na gasolina.

(ii) Combustíveis reformulados

O interesse pelos combustíveis reformulados, particularmente gasolina e óleo Diesel, cresceu rapidamente nos Estados Unidos, face ao grande interesse das indústrias petrolífera e automobilística. Existe uma significativa correlação entre a composição química do combustível e a emissão de hidrocarbonetos não queimados. Desta forma, pesquisas buscam encontrar uma composição ótima de gasolina e óleo Diesel, com os hidrocarbonetos benzeno, butadieno, formaldeído, acetaldeído e aromáticos polinuclear. Resultados expressivos foram conseguidos com o uso de gasolina reformulada através do “American-Oil Program”, quando observou-se diminuição das emissões de ozônio, benzeno, butadieno, formaldeído e acetaldeído (Douad, 1995). A gasolina reformulada é a gasolina que tem as propriedades físicas e químicas modificadas para reduzir a massa e o impacto das emissões de poluentes (Poulton, 1994). As principais propriedades de uma gasolina reformulada são o conteúdo aromático, o teor de olefina, o teor de oxigênio e de enxofre, a pressão de vapor e as características de destilação. A reformulação é feita de tal modo que ela não resulte em redução do teor de octanagem do combustível.

Óleo Diesel reformulado pode contribuir para a redução de CO₂ , NOx e material particulado. Em sistemas de combustão avançados o uso de óleo Diesel reformulado pode diminuir em 50 % as emissões de NOx e em 60 % as emissões de material particulado. As indústrias europeias de petróleo e automobilística tem grande interesse no óleo Diesel reformulado, haja visto a existência de uma taxa de incentivo de US\$ 100/m³ para a produção deste combustível na Europa (Douad, 1995).

(iii) Combustíveis sintéticos derivados de fontes fósseis

Os combustíveis sintéticos são substâncias similares à gasolina e ao óleo Diesel, produzidas a partir de fontes energéticas primárias fósseis, tais como o carvão mineral e o xisto betuminoso. Embora o estágio de desenvolvimento tecnológico ainda seja incipiente, tal opção foi considerada prioritária até meados dos anos oitenta, face à abundância dos insumos energéticos primários e a não necessidade de transformações nas estruturas de abastecimento e uso final. É uma alternativa conservadora, que não fere no curto prazo os interesses das indústrias automobilística e petrolífera, mas não atende às restrições ambientais. O uso de combustíveis sintéticos implica, no mínimo, nos mesmos teores de emissão verificados em motores que operam com combustíveis tradicionais, e até impactos potencialmente maiores em função da maior concentração de componentes cancerígenos e tóxicos. Adicionalmente, também existem impactos ambientais na produção dos combustíveis a partir do carvão mineral ou xisto. Por ser uma opção capital-intensiva, a viabilização dos combustíveis sintéticos depende fundamentalmente do papel regulador dos governos, e muito provavelmente, do auxílio financeiro dos mesmos. Esse é um aspecto polêmico dessa alternativa, uma vez que os beneficiários diretos dos eventuais subsídios e incentivos seriam grandes grupos industriais. O provável papel futuro dos combustíveis sintéticos, principalmente em função dos problemas ambientais, deve ser restrito. Os principais processos para a obtenção de combustíveis sintéticos são do Fischer-Tropsch, usado na África do Sul para a produção do SASOL e, o Mobil Process, usado na Nova Zelândia para a produção de gasolina a partir de metanol-carvão mineral.

(iv) Combustíveis gasosos

Gás Natural: GNL e GNC

Nos transportes o gás natural é um recurso considerado de suma importância dada a gama de alternativas que oferece à produção de energéticos. As opções de combustíveis incluem os

hidrocarbonetos gasosos, sobretudo o metano e o propano, metanol, gasolina e hidrogênio. O gás natural comprimido (GNC) e o liquefeito (GNL) são alternativas de menor custo em relação às opções de produção de derivados. As reservas mundiais de gás natural são tão extensas quanto, e melhor distribuídas, que as de petróleo. Ao nível atual de consumo, a relação reservas/produção de gás natural é 17 anos maior do que a de petróleo. O uso de gás natural liquefeito em sistemas de transportes encontra-se em fase inicial de desenvolvimento. A vantagem em relação ao uso de GNC está no menor volume do tanque de armazenagem, que é anulada pela maior complexidade do sistema e pelo seu maior custo. O uso de GNC requer grandes cilindros para a armazenagem do gás à alta pressão (200 Bar). Como a densidade do combustível é reduzida, para tanques de igual volume a autonomia de um veículo a GNC fica limitada a algo entre um terço a um sexto da autonomia com combustível convencional. Os motores de ciclo Otto utilizados com GNC são basicamente adaptações dos motores originais. Muitos programas para conversão de autoveículos para GNC, tem sido levados a cabo no mundo. Por exemplo na Itália, na Nova Zelândia, nos EUA, no Canadá; na Argentina, Indonésia, Paquistão e Tailândia existem programas de conversão definidos, mas ainda não amplamente difundidos (Blevis & Walzer, 1990). O uso de GNC em motores do ciclo Diesel encontra-se em fase menos avançada do que no caso dos de ciclo Otto; a frota conhecida limita-se a alguns poucos ônibus e caminhões na Austrália, e unidades de teste no Canadá, Itália, Nova Zelândia e Suécia. Já há alguns anos foram iniciados testes com ônibus convertidos ou especialmente fabricados para o uso de gás natural em algumas grandes cidades brasileiras. Alguns problemas podem ser identificados na viabilização do gás natural como combustível automotivo. O primeiro deles está associado usual desinteresse da participação de companhias concessionárias de gás no setor de transportes. O segundo problema reside na dificuldade de se viabilizar a penetração gradual do gás natural no mercado. A opção por autoveículos "dual-fuelled" é inviável, face aos custos adicionais associados ao uso do gás, e à perda de rendimento, autonomia, e capacidade de carga dos veículos.

A viabilização do gás natural depende de um programa integrado de substituição, com pesados investimentos na criação da infra-estrutura de distribuição e abastecimento, e no desenvolvimento de motores específicos. É necessário que os governos assumam o papel de catalisadores e coordenadores do processo, contando com o apoio da opinião pública, o que implica, por sua vez, que os consumidores estejam convencidos de que com o gás natural os

problemas ambientais podem ser minimizados e a questão da segurança do suprimento equacionada.

Gás Liquefeito de Petróleo: GLP

De acordo com Douad (1995), o GLP tem sido usado na Europa em frotas de táxis. Os recentes desenvolvimentos em motores, sobretudo através da Renault para a queima específica do GLP, demonstraram uma redução de 50 % nas emissões de poluentes durante testes controlados por agências ambientais europeias, inclusive a baixas temperaturas de testes quando observou-se uma diminuição de mais de 75 % nas emissões.

(v) Combustíveis derivados de fontes de energia renováveis

Derivados da biomassa

Combustíveis derivados da biomassa podem ser produzidos a partir de diversas especialidades agrícolas. Por exemplo, processamento de madeira para a obtenção de metanol; cana de açúcar ou milho para a obtenção de etanol; girassol ou soja para a obtenção de óleos vegetais. Entretanto, combustíveis de biomassa para o uso em transportes ainda não são produzidos comercialmente atualmente, exceto o etanol da cana de açúcar e do milho, devido principalmente a não competitividade de custos. No caso do etanol de cana de açúcar, sua produção comercial tem sido suportada a custas de subsídios. No uso final, os impactos ambientais dos álcoois e óleos vegetais são considerados menos sérios que os combustíveis tradicionais. Particularmente, em relação ao efeito estufa o uso de álcoois é extremamente benéfica, face ao ciclo fechado entre a produção e o seu consumo. Todavia, no estágio da produção do combustível os impactos ambientais podem ser consideráveis. No curto e médio prazos, a biomassa pode se tornar uma alternativa factível para a substituição parcial da gasolina e óleo Diesel.

Metanol

Nos EUA o metanol é considerado um dos combustíveis ideais para a substituição de derivados de petróleo nos transportes ou para mistura na gasolina. O metanol é um combustível líquido que pode ser produzido a partir do carvão, da biomassa ou do gás natural. A produção do metanol a partir do gás natural é mais limpa e mais barata do que a partir do carvão. Os impactos

ambientais na produção a partir do gás natural são avaliados como semelhantes aos de uma refinaria convencional de petróleo. Nos EUA o metanol tem sido produzido a partir de matérias primas como o gás natural e a nafta. Misturado com a gasolina tem sido utilizado como combustível automotor, apesar de ainda não existir, um sistema amplo de distribuição. No caso do metanol produzido a partir da madeira, este ainda não se apresenta competitivo economicamente. O metanol não pode ser considerado como uma opção duradoura nem tão pouco vantajosa em relação à gasolina, mas pode contribuir para a melhoria das condições ambientais nas grandes cidades, principalmente quanto às concentrações de CO e NOx, e à alteração da camada de ozônio. Na substituição ao óleo Diesel a contribuição do metanol tem sido muito mais significativa. Por exemplo, permitindo que os limites máximos de emissão de NOx e material particulado definidos para os EUA e Canadá, e que entraram em vigor em 1994, fossem facilmente alcançados. Nos veículos pesados, o metanol não produz particulados, fumaça e óxidos de enxofre, e muito pouco monóxido de carbono, hidrocarbonetos e formaldeídos. O metanol não representa uma solução definitiva, tanto pelo aspecto da segurança no suprimento energético, quanto pelo lado ambiental. Logo dentro de um quadro de longa transição, a viabilização do metanol só ocorrerá se os problemas de dependência do suprimento e impactos ambientais forem prioritários.

Etanol

No Brasil, o etanol é produzido a partir da cana de açúcar e por razões ambientais, lei existente obriga a mistura de 22 % de álcool anidro na gasolina automotiva. Etanol é menos tóxico e menos corrosivo que o metanol. A produção brasileira de álcool cresceu rapidamente entre 1975 e fins dos anos 80, atingindo um nível de cerca de 13 bilhões de litros/ano. Desde então, a produção estagnou-se e atualmente discute-se no país formas de reestruturar o Programa Nacional do Álcool. Nos últimos anos, a queda dos preços do petróleo, estagnação da produtividade nível das usinas, aliada a priorização da produção de açúcar levando a falta de álcool no mercado interno, fizeram com que a produção de autoveículos a álcool fosse diminuída. De um patamar de 70 % da produção de autoveículos novos em 1985, chegou-se em 1996 com uma produção de menos de 4 % de automóveis a álcool. Do lado ambiental, existe um impacto positivo da utilização do etanol como combustível, que são as suas emissões de poluentes nos escapamentos dos motores, em geral inferiores às emissões liberadas pela combustão dos combustíveis

convencionais que ele substitue, como a gasolina e o óleo Diesel. Vale salientar, no entanto que as emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e aldeídos, emitidas pelos motores a álcool, também são potencialmente negativas à saúde, especialmente nos grandes centros urbanos. O bagaço da cana e o vinhoto são os principais resíduos que resultam da produção do álcool, assim como a fuligem resultante das queimadas dos canaviais. A maior parte do bagaço é queimada nas plantas de cogeração das usinas; o resto costuma ser vendido como combustível ou matéria-prima. O vinhoto pode gerar gravíssimos problemas ambientais se for lançado diretamente, sem tratamento, nos rios. Um papel histórico do PROÁLCOOL, em relação à poluição, tem sido a substituição do chumbo, como elevador do número de octanas da gasolina, pelo álcool anidro. Nos Estados Unidos e na Europa demonstrou-se que 95 % da contaminação que ocorre pelo chumbo resulta das emissões dos carros à gasolina. Especialmente afetadas por estas emissões são as crianças de até 6 anos de idade. Pesquisas nos EUA mostram que em certas áreas urbanas esta contaminação por chumbo, a das crianças, equivale à de adultos trabalhando em áreas altamente contaminadas.

Óleos Vegetais

O uso de óleos vegetais tem sido considerado na substituição do óleo Diesel, devido sobretudo a sua boa qualidade de ignição. Entretanto, devido sua alta viscosidade resulta em um combustível de pobre atomização, bloqueando bico injetor e contaminando o óleo lubrificante. Sua melhor utilização ocorre em mistura com óleo Diesel. Material particulado, CO e hidrocarbonetos são emitidos em níveis superiores ao do óleo Diesel, com o agravante ainda do odor. Sua utilização como combustível alternativa ainda está muito restrita.

Hidrogênio

O hidrogênio é uma das opções de substituição às quais estão associadas as transformações mais radicais nos sistemas de transportes. Seu futuro depende fundamentalmente da ênfase que será dada à solução do problema ambiental e da criação de uma infra-estrutura sustentável de suprimento. O hidrogênio é o combustível menos poluente que pode ser utilizado em motores de combustão interna. Dentro da premissa da necessidade de equacionamento dos problemas ambientais e de suprimento energético, a única alternativa justificável é a sua produção através da eletrólise da água, com os custos e impactos ambientais dependendo basicamente da fonte de geração de eletricidade utilizada. Descartados os problemas ambientais na produção de

eletricidade, a única possível restrição ao uso de hidrogênio em veículos é o da emissão de compostos nitrogenados, embora seja possível manter o controle a níveis aceitáveis, mesmo sem o uso de catalisadores. O maior obstáculo tecnológico à opção hidrogênio é o armazenamento do gás, dada a sua baixa densidade energética. O aumento da densidade pode se dar com compressão, com liquefação, ou através do uso de metais com finalidade absorvente. Em relação aos sistemas de armazenamento de combustíveis convencionais, qualquer das alternativas de armazenamento de hidrogênio é muito mais custosa e desvantajosa, quanto à complexidade e dimensões. A alternativa hidrogênio é extremamente cara porque todas as etapas da cadeia produção - uso final são custosas. O hidrogênio enquanto combustível automotivo não será viável a curto ou médio prazos, mas não deve, por outro lado, ser apontado agora como uma solução infactível. Os autoveículos a hidrogênio poderão ser economicamente viáveis, em uma base de análise social mais ampla - considerados a poluição atmosférica, o efeito estufa e segurança de suprimento energético - , talvez dentro de um horizonte de 10 a 20 anos ter-se-a reservatórios de hidrogênio líquido em cada esquina, não obstante este elemento químico ser o comum na natureza. Saliente-se que empresas como a Mercedes e Renault estão em experiência com protótipos propulsionado por células de combustão, que geram hidrogênio para abastecer motores elétricos. A maioria dos esforços recentes concentra-se no aprimoramento das células de combustível, que usam hidrogênio como fonte energética.

Eletricidade

O veículo elétrico é uma das melhores opções para a preservação do automóvel dentro da atual estrutura de transportes, desde que possam ser resolvidos os atuais problemas associados ao desempenho - baixa autonomia, acelerações lentas e baixa velocidade máxima -, encontrem-se maneiras de viabilização de recargas rápidas, e possam ser utilizadas baterias mais baratas e leves. Independente da fonte combustível utilizada na geração de eletricidade, a contribuição dos veículos elétricos para a melhoria das condições ambientais deve ser positiva. Pode haver um decréscimo das emissões nos locais de uso dos automóveis e um acréscimo nos sítios das usinas de potência elétrica; a magnitude do efeito líquido depende evidentemente das tecnologias empregadas na geração de energia elétrica. Quanto ao efeito estufa, dependendo dos combustíveis utilizados na geração elétrica, pode haver uma melhoria com o uso de gás natural, ou uma piora com o emprego de carvão mineral. Importantes avanços foram alcançados nos últimos anos

quanto à tecnologia das baterias e dos sistemas de transmissão de potência. Já são comercializadas baterias mais leves e com um menor tempo de recarga que os sistemas convencionais, enquanto já é possível o uso de motores AC nos veículos graças à redução do peso e do custo de conversores DC-AC. Desde que sejam contornadas as barreiras atuais, sem sacrifício do espaço interno dos veículos, é bem provável que esta opção conquiste o mercado do segundo ou terceiro automóvel de uma família, com uso em finalidades bem específicas. Embora os veículos elétricos não sejam comercialmente viáveis a curto prazo, é interessante notar que várias ações visando a sua estabilidade futura já estão sendo tomadas. Na Europa, várias prefeituras já têm planos elaborados, ou em fase inicial de execução, visando facilitar a penetração dos veículos elétricos dentro de um horizonte de médio prazo. A legislação anti-poluição da Califórnia, que define percentuais crescentes de participação de veículos absolutamente limpos no mercado a partir de 1998²⁴, criou condições favoráveis a investimentos contínuos de diversos fabricantes na viabilização de veículos elétricos. Já existem várias versões de veículos elétricos em condições de serem comercializados.

6.3.3 O Transporte urbano frente aos combustíveis alternativos

Outros energéticos, além de gasolina e do óleo Diesel, deverão ocupar espaço no transporte urbano no Brasil, nos próximos quinze anos. Em função da necessidade de segurança de suprimento e principalmente, das restrições ambientais e da estrutura de oferta de derivados de petróleo, prevê-se que nichos, e mesmo frações não desprezíveis do mercado energético deverão ser atendidas por gás natural, combustíveis derivados da biomassa e eletricidade.

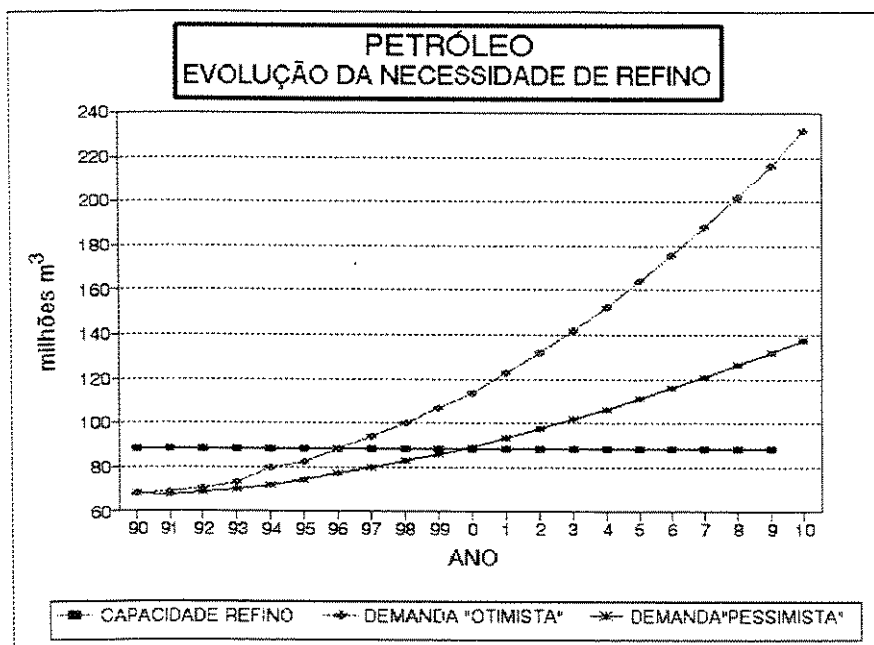
O Brasil, ao lado das crescentes dificuldades de circulação dos autoveículos nas grandes cidades e dos impactos ambientais relacionados às emissões de poluentes, têm na forte limitação da sua estrutura de oferta de combustíveis uma importante restrição à expansão das frotas de autoveículos, no país. A estrutura de oferta de derivados de petróleo ora disponível - capacidade de refino de aproximadamente 1,5 milhões de barris de petróleo/dia - não seria capaz de satisfazer

²⁴A legislação da Califórnia sobre emissões, prevê que 2% dos veículos novos tenham emissão zero em 1998, 5% em 2001 e 10% em 2003. O percentual previsto para 1998, significa uma produção de 20 mil veículos. Os estados de Nova York e Massaxhuts, devem seguir a orientação da Califórnia (Quandt, 1995).

as demandas previstas até o fim do século (figura 6.2), caso a economia do país na década de 90 tivesse crescido a taxas médias anuais de 5 % ao ano.

De acordo com Bajay et alii (1992)²⁵, em um cenário de expansão acentuada da economia - otimista -, a capacidade de refino de petróleo teria que ser mais do que duplicada até 2010. Por outro lado, em um cenário de crescimento menos acentuado da economia - “pessimista” -, se espera problemas com a capacidade de refino no ano 2000.

Este quadro preocupante requer a adoção de medidas visando diminuir o crescimento relativo do consumo de óleo Diesel, já que, em princípio, existe um grande espaço para o equacionamento dos problemas do excedente de gasolina, com um planejamento adequado do seu mercado.



6.2 Evolução da necessidade de refino de petróleo

Fonte: BAJAY et alii, 1992

²⁵De três referências básicas de crescimento da economia, Bajay et alii (1992) consideram que, no cenário “otimista” entre 1995/2000 e 2001/2010, as taxas médias anuais de crescimento da economia seriam, respectivamente de 5,0 % e 6,0 %. Por seu turno, no cenário “pessimista”, para estes mesmos períodos ter-se-ia taxas médias anuais de crescimento de 3,0 % e 4,0 %, respectivamente. A terceira referência para o crescimento da economia situa-se entre as duas apresentadas.

No Brasil, o consumo de óleo Diesel é determinado, essencialmente, pelo transporte de cargas a médias e longas distâncias, transporte urbano de passageiros e, em menor escala, pelo transporte interurbano de passageiros.

Não obstante o menor consumo energético do transporte rodoviário urbano de passageiros, comparativamente ao transporte de cargas, é no primeiro segmento modal que se vislumbra o maior potencial, tanto tecnológico quanto ambiental, para o emprego de combustíveis alternativos ao óleo Diesel, com reflexos significativos sobre a demanda deste energético e sobre o meio ambiente, além de possibilitar a postergação de investimentos no refino.

Dessa forma, ao lado de outras alternativas, como importações de óleo Diesel, redução do seu consumo via aumento na sua eficiência de uso, substituições intermodais, naqueles casos em que, técnica e economicamente sistemas de transporte eletrificado de média e grande capacidade sejam indicados, tem-se a considerar uma maior penetração do álcool, do gás natural e da eletricidade no transporte rodoviário urbano de passageiros. O uso do gás natural em ônibus urbanos e da eletricidade em trolebus, além de minimizar as emissões de poluentes²⁶, poderia contribuir substancialmente para a redução da demanda de óleo Diesel.

O etanol produzido a partir da cana-de-açúcar deverá continuar em uso nos automóveis, em mistura com a gasolina e como álcool hidratado. Uma maior segurança no suprimento energético nacional e seus impactos ambientais mais favoráveis em relação a gasolina, são as razões que justificam sua manutenção enquanto alternativa de suprimento. É interessante notar, inclusive, que, nesse sentido, o etanol já desempenha no Brasil o papel que é defendido por muitos analistas para o metanol nos Estados Unidos. O espaço do álcool na estrutura de oferta dos energéticos, será tanto mais seguro e amplo quanto mais profunda e eficaz for a reestruturação do PROÁLCOOL, e mais competitivo possa ser o álcool em relação à gasolina. O etanol deverá continuar, ao menos durante alguns anos, um energético complementar em relação à gasolina, uma vez que não é possível se imaginar hoje um deslocamento muito acentuado da demanda de gasolina. Uma reestruturação bem negociada do PROÁLCOOL, e uma efetiva competitividade do etanol, poderão criar condições para uma penetração dos óleos vegetais no mercado energético brasileiro. É razoável supor que, em uma fase inicial, um programa de tal natureza deva estar

²⁶No tocante às emissões por ocasião da queima do gás natural, excetuando os óxidos de nitrogênio, as demais podem ser consideradas praticamente desprezíveis, tanto em motores de ciclo Otto quanto nos de ciclo Diesel (AIE/OCDE, 1991).

voltado à ocupação de nichos do mercado, como para o atendimento de parte da demanda de combustível no transporte de cargas fora do âmbito urbano. No caso dos óleos vegetais, os problemas técnicos relativos à conversão ou desenvolvimento dos motores e as próprias dificuldades de produção do combustível a níveis economicamente competitivos, deverão ser superadas pela indústria nacional, com o apoio do Governo. Não é plausível se imaginar que a indústria automobilística internacional tenha interesse em assumir compromissos maiores, no curto e médio prazos, com programas de tal natureza.

O espaço do gás natural já começa a ficar definido com as primeiras experiências com ônibus urbanos e taxis, nas grandes cidades. Esse mercado, ainda restrito, poderá ser ampliado à medida em que ocorra uma ampliação da oferta de gás, e haja uma maior necessidade face ao agravamento das condições ambientais. Mesmo com a ampliação da oferta, como previsto, o grande número de usos potenciais para o gás natural, deverão forçar a adoção de políticas de priorização e a ação de regulamentação dos governos. Fato que já vêm ocorrendo, sobretudo no Estado de São Paulo, através da CONGÁS e Secretaria de Energia do Estado de São Paulo. Tecnicamente os problemas poderão ser superados internamente, não devendo haver dificuldades mesmo porque o uso de gás natural nos transportes também deverá ser tendência de curto prazo no exterior.

Nos primeiros anos do próximo século, desde que seja bem sucedida a experiência inicial na Califórnia, bem como em outras regiões, deverão surgir os primeiros veículos elétricos no Brasil. Dois nichos de mercado deverão ser ocupados por essa classe de veículos, o de pequenos automóveis urbanos de passageiros e o de veículos de cargas para entregas a curtas distâncias. Além disso, em uma situação de agravamento das condições ambientais, espera-se que sejam retomados projetos envolvendo eletricidade de tração em sistemas de transporte urbano de média e grande capacidade, como os trolebus e ampliações de metrô.

6.4 Desenvolvimento tecnológico no transporte urbano

A indústria automobilística teve início há pouco mais de cem anos, a partir do desenvolvimento dos motores de combustão interna. Até a Primeira Guerra Mundial, no entanto, a

incorporação de novas tecnologias pela indústria automobilística era fruto de ações essencialmente individuais, dado o caráter artesanal da produção (Pelletier, 1991).

Ao longo dos anos 60, no entanto, a indústria automobilística entrou em um período de rápidas transformações, em razão do acirramento da concorrência com a entrada dos japoneses no mercado e, também, da maior abertura do mercado americano aos produtos importados. Essa característica de competitividade e desenvolvimento da indústria automobilística foi reforçada quando dos choques de preços de petróleo, nos anos 70, e depois, nos anos 80 e 90, com a penetração agressiva da indústria japonesa nos Estados Unidos e na Europa. Atualmente, os pontos centrais no desenvolvimento dos autoveículos tem sido a necessidade de redução dos padrões de consumo específico de energia e a conveniência em um primeiro instante e, posteriormente, a obrigatoriedade de redução dos padrões de emissão de poluentes. Tais pontos definem pautas de prioridade, ainda no presente, que acredita-se, continuarão a ser aspectos prioritários no médio e longo prazos.

As crises de preços do petróleo definiram o eixo dos esforços de desenvolvimento na redução do consumo de energia nos anos 70, tendência que foi superada em meados dos anos 80, quando da retomada do crescimento econômico, a partir do que a palavra de ordem passou a ser o desempenho dos autoveículos. No curto prazo, o objetivo principal da indústria automobilística parece estar definido na redução do consumo específico de energia, aumento do conforto e na questão ambiental. No médio prazo, a meta deve ser o aumento da segurança e do nível de informações e, no longo prazo, novamente deve predominar a redução do consumo específico de energia.

O acirramento da concorrência entre as montadoras de autoveículos tem imposto uma grande velocidade no lançamento de novos produtos, fato decisivo para a sobrevivência no mercado. Embora não seja tão evidente no momento, prevê-se uma certa preocupação contínua quanto ao nível de consumo específico de energia dos autoveículos, seja pelo aspecto do custo de operação do autoveículo ao longo da sua vida útil e pela dependência energética de alguns países, quanto, principalmente, pela necessidade de minimização dos impactos ambientais dos autoveículos. Se, por um lado, espera-se pouco, de imediato, em termos de substituição de derivados de petróleo por energéticos alternativos, muito pode ser conseguido com o uso de novas tecnologias visando a definição de motores limpos e eficientes, e com a redução de peso dos

autoveículos, com a incorporação de novos materiais, mais leves. A previsão do uso de novas tecnologias pela indústria automobilística é um trabalho complexo, com um alto grau de incertezas, face à complexidade e diversidade dos problemas e opções.

No que concerne aos veículos comerciais leves e, mais especificamente ao automóvel, a tendência nos países de maior afluência e, de certa forma, em todo o mundo, dada a contínua globalização dos mercados, é a especialização dos projetos dos autoveículos para certas finalidades, como o seu uso em tráfego urbano, em longas distâncias o carros esportivos.

No médio e longo prazos, a tendência para os automóveis deve ser o conforto, a segurança e a agilidade, com autoveículos não demasiadamente potentes, e, sobretudo, menos agressivos ao meio ambiente, dentro de um contexto temporal mais amplo do que o de sua própria vida útil.

Assim, acredita-se que a potência média dos motores deva continuar ainda em crescimento, que transmissões automáticas ou semi-automáticas tenham espaço nesse mercado, e que a eletrônica penetre no controle ou monitoramento de vários componentes. A mesma tendência é identificada no segmento dos ônibus. Embora essas tendências ocorram dentro de uma perspectiva internacional, as mesmas são igualmente verdadeiras para o caso brasileiro.

Entretanto, problemas estruturais e conjunturais da indústria automobilística no Brasil deverão continuar a impor uma certa defasagem em relação aos avanços em outros países, defasagem que será tanto maior quanto menor for o ritmo de crescimento da economia, quanto menor for o mercado interno e quanto mais distante o país estiver do mercado internacional.

A seguir, são apresentadas informações sobre o desenvolvimento tecnológico dos principais componentes dos autoveículos, em particular para o automóvel.

Motores

Nos últimos vinte anos verificou-se um desenvolvimento marcante na tecnologia dos motores de combustão interna, em termos do aumento da relação potência/volume, da elevação da eficiência operacional e da redução dos níveis de emissão de poluentes. As razões fundamentais para esse processo de desenvolvimento foram: as pressões sociais e institucionais para redução das emissões; as pressões de mercado ou as regulamentações governamentais que obrigaram a alteração dos padrões de consumo energético específico; a necessidade de melhoria de dirigibilidade dos autoveículos, por questões de segurança e conforto; e o aumento da potência específica, como consequência das reduções de peso e volume dos autoveículos (Heywood,

1991). Para o médio e longo prazos, acredita-se que o desenvolvimento dos motores de combustão interna deverá ser pautado por esforços de melhoria do processo de combustão, no aumento da produção de trabalho ao longo do curso de expansão, na redução do trabalho de bombeamento, bem como na redução do atrito. A potencialidade dos motores de combustão interna está longe de estar completamente explorada, em termos de desempenho, compacidade, e, até mesmo, na minimização dos impactos ambientais. O uso da eletrônica como elemento de controle da operação dos motores, embora tenha evoluído muito na presente década, ainda está em fase inicial e resultados expressivos podem ser esperados a curto e médio prazos. Os motores de 4 tempos de ignição por centelha - ICE - deverão continuar a experimentar melhorias no seu desempenho e nos níveis de emissão de poluentes. O mesmo deve ocorrer com os motores de 4 tempos de ignição por compressão - ICO -, mas com resultados menos efetivos no curto prazo, face à maior complexidade dos problemas de controle das emissões e das questões relacionadas à eficiência em si. De uma forma geral, o processo de fabricação dos motores em si, dada a necessidade de redução dos ciclos de produção, do aumento da qualidade e da redução de custos, encoraja a definição de poucos tipos de motores e de preferência motores modulares. A esse respeito, Mellde (1989) comenta que a complexidade crescente do desenvolvimento e produção de motores pode levar a indústria automobilística, no futuro, à uma solução semelhante a do segmento aeronáutico quanto à produção quase que desvinculada de turbinas e dos aviões em si.

Por outro lado, as oportunidades de desenvolvimento e retomada de importância dos motores ICE de 2 tempos parecem existir para um futuro não muito distante, face à leveza e compacidade dos mesmos, em relação aos motores de 4 tempos. Especula-se que o uso de motores de 2 tempos poderia permitir a viabilização de autoveículos mais compactos e de novas soluções aerodinâmicas, graças aos sistemas de controle eletrônicos, além da minimização dos níveis de emissão de poluentes associados.

Transmissões

As possibilidades de desenvolvimento das transmissões em autoveículos estão em parte condicionadas à "disputa" entre as transmissões automáticas e as de acionamento manual. Em termos mundiais, a questão é saber como se comportará o mercado face aos resultados positivos dos primeiros sistemas eletronicamente controlados com quatro velocidades para frente. Grande parte dos estudos feitos sobre os rumos de evolução dos sistemas de transmissão de potência em

autoveículos apontam na direção da penetração crescente da eletrônica, seja no controle efetivo dos sistemas, inclusive no acionamento do sistema, seja no monitoramento do motorista, de forma que possa ser tirado máximo proveito do conjunto motor-sistema de tração. No caso específico dos autoveículos de passageiros, a intensidade de penetração da eletrônica é discutida dentro de duas correntes de pensamentos alternativos. A primeira sustenta que o automóvel também constitui-se em importante instrumento de lazer dos indivíduos e que existe um certo prazer em dirigir de acordo com um estilo próprio, ou de acordo com o estado emocional do condutor. Nesse contexto, no curto e médio prazos os sistemas semi-automáticos representam o máximo grau de automatização aceitável para os sistemas de transmissão. A segunda vertente acredita que a automatização da operação das transmissões é o caminho natural a ser seguido pela indústria automobilística. Neste contexto, no curto e médio prazos, os sistemas de controle manual teriam mercado nos autoveículos de pequeno porte, nos quais o emprego de dispositivos mais sofisticados pode ser economicamente injustificável, como também nos autoveículos exclusivamente esportivos. No caso dos autoveículos profissionais, como táxis, ônibus e caminhões, nos quais a condução faz parte de um trabalho e não é feita por lazer, existe convergência no entendimento de que o uso de sistemas de controle eletrônico será cada vez mais crescente. Além do aspecto de conforto, também é considerada:

- (i) a necessidade de redução do volume e peso das transmissões em ônibus e caminhões;
- (ii) a tendência de redução das velocidades de deslocamento, o que, por sua vez, exige um maior número de relações de velocidade nos autoveículos; e
- (iii) a necessidade de redução do consumo de combustível e a consequente minimização dos impactos ambientais.

Os últimos avanços tecnológicos dos sistemas de transmissão, contemplam sistemas de controle adaptativos e inteligentes, como recursos para a superação dos baixos tempos de resposta e a baixa precisão dos sistemas convencionais. Os sistemas de controle adaptativos podem compensar diferenças entre componentes devido ao desgaste e à deterioração, ou serem concebidos para adequar a operação da transmissão à do motor, ou vice-versa (Inoue, 1990). Os sistemas de controle inteligentes incluem a álgebra de conjuntos nebulosos e as redes neurais. Além disso, sistemas de transmissão continuamente variáveis - CVT's - têm sido desenvolvidos com o objetivo de incrementar o nível de resposta já obtido com os sistemas de transmissão

automática, quanto à economia de combustível, dirigibilidade e conforto (Ingénieurs de l'Automobile, 1995). As CVT's tornam possível a exploração de uma forma contínua, da plena capacidade do motor, ou, ainda, a operação do mesmo na região mais econômica.

Novos materiais

O desenvolvimento e o emprego de materiais não convencionais na indústria automobilística é uma das marcas do período de evolução tecnológica pelo qual vem passando esse segmento industrial. Os elementos impulsionadores desse processo de inserção de novos materiais tem sido:

- (i) a necessidade de redução de peso dos autoveículos, em um primeiro instante, por ocasião das elevações expressivas de preços do petróleo e, depois, para compensar o aumento de peso face à introdução de componentes e acessórios vários, em geral associados a aumento de conforto, segurança, redução de emissões e à reciclagem;
- (ii) esforços de redução de custo de fabricação de componentes e do veículo como um todo;
- (iii) a introdução de novos conceitos de segurança passiva, obrigando a definição de habitáculos de alta resistência a impactos, mas com estruturas frontais e traseiras de alto grau de deformação;
- (iv) a definição de novos perfis e conceitos estéticos só possíveis com o uso de materiais não tradicionais;
- (v) a necessidade de oferecer chapas e componentes de maior capacidade de resistência à corrosão; e
- (vi) a necessidade de impor alterações conceituais a elementos básicos do veículo, de forma a melhorar parâmetros de desempenho. Esses elementos devem continuar determinantes ainda no médio e longo prazos.

O uso de novos materiais possibilitou uma redução no peso do chassi e da carroceria. No médio e longo prazos, espera-se que, no motor, um aumento na utilização de materiais não tradicionais, em especial do alumínio, pode elevar notavelmente a eficiência térmica do motor, com conseqüente reduções no seu consumo específico de combustível. O emprego de matrizes metálicas conjugadas no bloco do motor melhora o processo termodinâmico em geral (Ingenieurs de l'automobile, 1994). Entretanto, no curto prazo, segundo Wilhelm (1993), a distribuição atual dos materiais utilizados na indústria automobilística não sofrerá grandes mudanças, fundamentalmente devido a que os materiais ferrosos e os aços continuarão a ter as preferências

dos fabricantes, pela ampla gama das suas propriedades, facilidade de obtenção e pelos menores custos.

Sistema aerodinâmico

A aerodinâmica é um elemento de grande importância na definição conceitual dos autoveículos, caracterizando a sua forma e estilo, além de ser um importante recurso na busca de melhorias do desempenho dos automóveis e dos autoveículos comerciais, possibilitando, como consequência, reduções substanciais do seu consumo específico e das suas emissões de poluentes. Os estudos atuais de aerodinâmica têm como objetivo a continuidade das formas e a eliminação de saliências, bem como visam a definição de formas fluidas com tratamento de detalhes e acessórios, como é o caso dos retrovisores. O consumo específico de combustível é decisivamente afetado por todas as resistências de deslocamento do veículo, que são caracterizadas pelas resistências de rolagem, arrasto aerodinâmico e resistência de aclives. Enquanto as resistências de rolagem são influenciadas pelo tipo de construção dos pneus, da pressão dos mesmos e pelas condições das pistas, além da própria carga, as resistências aerodinâmicas dependem fundamentalmente do desenho do autoveículo. Na prática, para redução dessa resistência, a única variável que pode ser trabalhada pelos projetistas é o coeficiente de arrasto - C_x . O coeficiente de arrasto, ou coeficiente de penetração aerodinâmica, é o valor de resistência do ar sobre a área frontal do veículo em deslocamento. Se um veículo, por exemplo, tem $C_x = 0,5$ e uma área frontal de 2 m^2 , do ponto de vista da resistência ao deslocamento a área de resistência equivale à apenas 1 m^2 . Saliente-se que, a partir do ponto em que o coeficiente C_x está próximo a $0,30$, maiores reduções neste valor tem-se tornado economicamente mais difíceis. Baixos valores de coeficiente de arrasto possibilitam substanciais reduções do consumo específico de combustível e passam ao consumidor uma imagem de alta tecnologia do produto. No presente, uma outra grande preocupação que é satisfeita com o desenvolvimento aerodinâmico é a de minimização das emissões de poluentes.

Sistema de freios

A referência atual para o desenvolvimento dos sistemas de frenagem em autoveículos é o sistema ABS - *Anti-lock break system*. Acredita-se que tais sistemas deverão ser incorporados nos modelos “básicos” de automóveis, ônibus e caminhões no curto e médio prazos. De acordo com Rinek (1995), o surgimento dos freios ABS é o maior avanço na tecnologia de freios desde o desenvolvimento dos freios hidráulicos. Os sistemas ABS controlam a pressão de frenagem em

cada roda, de maneira a evitar o bloqueio, com a consequente derrapagem e perda de dirigibilidade. Os freios ABS já são disponíveis, com os sistemas de controle de tração ASR ou TSC, em várias classes de autoveículos. Existem vantagens claras na conjunção de ambos os sistemas do ponto de vista da segurança e dos custos, dado que os mesmos sensores e servos do ABS podem ser utilizados no ASR. No longo prazo, prevê-se o desenvolvimento de um sistema de frenagem “sem fio”, no qual as linhas hidráulicas são eliminadas e sinais eletrônicos comandam atuadores elétricos ou eletrohidráulicos do freio em cada roda.

Eletrônica embarcada

A penetração da eletrônica embarcada em autoveículos tem sido uma das principais alternativas usadas pela indústria automobilística para atender às imposições do mercado quanto à redução do consumo específico de combustível, bem como responder à pressões institucionais para redução dos níveis de emissão de poluentes atmosféricos. Para Sasayama (1993), as aplicações dos sensores nos autoveículos podem ser divididas em três áreas: (i) controle do motor e da transmissão; (ii) segurança e controle da suspensão, e (iii) intercâmbio de informação.

A eletrônica no gerenciamento do tráfego

Uma das proposições mais ambiciosas para o uso da eletrônica em autoveículos no próximo século está no gerenciamento de tráfego em cidades e rodovias, bem como no acionamento de dispositivos diversos que tenham a função de alertar o motorista do risco de um acidente eminente, assumindo o controle efetivo do veículo, ou corrigindo ações equivocadas que possam redundar em riscos potenciais. O projeto PROMETHEUS é resultado da associação de várias indústrias automobilísticas européias visando a melhoria da segurança de tráfego, aumento dos níveis de economia e eficiência, além da redução dos impactos ambientais no trânsito em cidades e rodovias. PROMETHEUS é uma sigla derivada do próprio nome do projeto - *Program for an European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety*. Nos Estados Unidos, programas similares estão sendo desenvolvidos sob a designação *Advanced Vehicle Control Systems* -AVCS - e *Advanced Driver Information Systems* -ADIS, visando, respectivamente, o gerenciamento em si e o monitoramento do motorista. Uma variante do ADIS é o programa IVHS - *Intelligent Vehicle Highway Systems* (Sasayama, 1993). Os sistemas de gerenciamento do tráfego se tornarão uma das mais importantes aplicações da eletrônica no médio e longo prazos.

6.5 As Possibilidades de Controle das Emissões de Poluentes via Legislação

Os poderes públicos, em diversos países, têm, tradicionalmente, procurado atenuar os impactos dos transportes sobre o meio ambiente e sobre a saúde da população editando normas de qualidade para os combustíveis automotores. Tem-se testado, também, outros métodos, como os programas de inspeção e manutenção dos veículos. As medidas regulamentares clássicas tem encontrado algum sucesso. São os programas de manutenção de veículos que apresentam uma maior resistência a serem respeitados. Por outro lado, os poderes públicos, tem também, à sua disposição a possibilidade de editar medidas de regulamentação sobre os veículos, tais como normas limitando a emissão de poluentes - legislação -, com os controles e multas necessárias para assegurar sua aplicação; e medidas econômicas, já citadas anteriormente, tais como impostos sobre combustíveis ou subsídios para promover economias de energia e incentivar uso de combustíveis alternativos e o desenvolvimento tecnológico, visando diminuir a emissão de poluentes pelos veículos. O estabelecimento de uma legislação específica e rigorosa é uma das principais ferramentas para se diminuir os impactos ambientais resultantes das emissões de poluentes por veículos automotores. A seguir, apresenta-se uma série de dados sobre os principais limites de emissões de poluentes de veículos automotores nos Estados Unidos da América -EUA, Japão, União Européia -UE e Brasil.

(a) EUA e Califórnia. Nos Estados Unidos, a legislação federal de controle das emissões dos veículos automotores é obedecida em 49 estados. A tabela 6.5 apresenta os níveis máximos permitidos para a emissão de escapamento de veículos leves. Para a Califórnia, que possui os níveis mais rigorosos de emissão de gases poluentes nos EUA, apresenta-se, na tabela 6.6 os valores máximos admissíveis de emissões de CO, HC e NOx, estabelecidos para o período de 1996 até 1998 (Paramins Post, 1991; EPA, 1987). Espera-se que, na Califórnia, durante o ano de 1998, pelo menos 10 % dos veículos novos sejam do tipo TLEV. Especialistas reconhecem que os níveis de 1997 - LEV- provavelmente, não poderão ser atingidos com motores alimentados com combustíveis convencionais, mas sim com algum tipo de motor alimentado com combustíveis alternativos. Ao menos 2 % das vendas em 1998 deverão ser de veículos do tipo ZEV, limite este que aumentará para 10 % no ano 2003 (Quandt, 1995).

Tabela 6.5 - EUA - Limites de emissão de escapamento, em g/milha.

Categoria	THC	NMHC	CO	NOx	MP
Otto e Diesel convencional	0,41	-	3,4	1,0	0,2
Otto	-	0,25	3,4	0,4	0,08
	-	0,31	4,2	0,6	0,10
Diesel	-	0,25	3,4	1,0	0,08
	-	0,31	4,2	1,25	0,10
Metanol	-	-	3,4	1,0	0,20

Obs: THC=hidrocarbonetos totais e NMHC=hidrocarbonetos sem metano

Fonte: CETESB, 1992 e 1994

Tabela 6.6 Limites de emissão de poluentes automotivos na Califórnia

Ano	Tipo de Veículo	Poluentes					
		CO		HC		Nox	
		Limites		Limites		Limites	
		g/milha	g/km	g/milha	g/km	g/milha	g/km
1996	TLEV	3,4	2,1	0,125	0,08	0,4	0,25
1997	LEV	3,4	2,1	0,075	0,05	0,2	0,13
1997	ULEV	1,7	1,1	0,04	0,03	0,2	0,13
1998	ZEV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Obs: TLEV=Veículos de transição para as baixas emissões; LEV=Veículos de baixa emissão; ULEV=Veículos de ultra baixa emissão e ZEV=Veículos de emissão zero.

(b) No Japão, os limites admissíveis para as emissões de HC, CO e NOx são estabelecidos pela legislação através de testes com a partida do motor a frio e a quente (tabela 6.7).

(c) Na União Européia, os limites de emissão de poluentes são estabelecidos pela quantidade de gases emitidos - CO, HC + NOx, e material particulado -MP. A tabela 6.8 apresenta os limites de emissão para veículos leves, até 2500 kg.

Brasil versus União Européia

No caso dos veículos leves, a legislação aprovada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA, editada pelo PROCONVE, mostra que os limites máximos de emissões estabelecidos para o cano de escapamento, estarão muito próximas daquelas já em vigor no conjunto de países da União Européia, somente, a partir de janeiro de 1997, quando os limites previstos no PROCONVE-Fase III, para os veículos a gasolina, de 2,0 g/km para o CO, 0,3 g/km

para os hidrocarbonetos e 0,6 g/km os óxidos de nitrogênio, serão obrigatórios. Quanto aos veículos pesados, verifica-se que os limites estabelecidos pela legislação brasileira que entrou em vigor em janeiro de 1996 -CONAMA fase III-, e, aquela que está em vigor nos países da União Européia -EURO I-, desde o início de 1994, não apresentam diferenças substanciais (tabela 6.9).

Tabela 6.7 Limites para carros de passageiros com motor a gasolina, em g/km

Teste	Emissão	Limites
Partida A Quente	HC	0,25
	CO	2,10
	NOx	0,25
Partida a Frio	HC	7,00
	CO	60,00
	NOx	4,40
Marcha lenta	CO	4,5% volume

Fonte: EPA, 1987

Tabela 6.8 UE-Limites de emissão, em g/km

Combustível	CO	HC + NOx	MP
Gasolina	2,72	0,97	0,14
Diesel-injeção direta	3,81	1,36	0,20

Fonte: CETESB, 1992 e 1994

Tabela 6.9 Comparativo da legislação Brasil e UE, em g/kWh

Poluentes	NOx	CO	HC	MP
Brasil -Fase III	9,0	4,9	1,23	0,7/0,4 ²⁷
UE – EURO I	8,0	4,5	1,2	0,36

Fonte: (CETESB, 1994; SANTOS, 1995)

6.6 Considerações Finais

Nos próximos anos, é praticamente certo que ocorrerá um processo de substituição parcial da gasolina e do óleo Diesel no setor de transportes. A escolha dos combustíveis substitutos deve

acontecer em função da disponibilidade de recursos energéticos, financeiros e tecnológicos de um dado país, bem como de acordo com a premência que será dada à solução dos problemas ambientais e a segurança do suprimento energético. No Brasil, é muito provável que o processo de substituição seja mais lento do que em outros países, dado que :

- (i) não vislumbram-se grandes dificuldades de abastecimento energético;
- (ii) dentre os vários problemas nacionais, as questões ambientais deverão ser relativizadas em sua importância; e
- (iii) o país não está na vanguarda do desenvolvimento técnico-científico nesta área. Existem algumas alternativas energéticas, no entanto, que conferem ao país uma posição favorável, face à sua capacitação tecnológica já disponível e à disponibilidade ou facilidade de acesso aos recursos energéticos primários associados. Nesse contexto, é provável a ocorrência de programas endógenos e praticamente autônomos, no que concerne aos combustíveis derivados da biomassa, gás natural e eletricidade.

No caso do gás natural, uma grande dificuldade para o planejamento e implantação de um programa voltado para o seu uso automotivo a nível nacional reside na dimensão continental do país, o que pode acarretar custos consideráveis de suprimento, com o agravante de que as reservas econômicas encontram-se na maioria dos casos distantes de centros urbanos com grande potencial de consumo. Contudo, um planejamento racional visando o uso desse energético tanto para fins automotivos quanto para o uso industrial certamente tornará factível o seu aproveitamento no transporte urbano em alguns dos maiores centros urbanos do país.

No tocante ao incremento do consumo de eletricidade para tração, apesar da existência de uma tendência à recuperação das tarifas de energia elétrica no país, isto não deve influenciar significativamente as tarifas para o transporte eletrificado, uma vez que a quase totalidade do sistema de transporte urbano eletrificado situa-se na classe A4, aquela cujas tarifas encontram-se menos defasadas. O pleito das operadoras para uma tarifa diferenciada para o transporte eletrificado, sobretudo no horário de ponta, parece ser uma reivindicação justa, desde que ocorra um repasse destes ganhos para o usuário final e se tenha um relativo deslocamento dos ônibus Diesel dos grandes corredores de transporte, com conseqüentes ganhos ambientais. Nesse sentido, a elaboração de uma tarifa diferenciada para tração poderia começar pelo Imposto sobre

²⁷ 0,7 g/kWh, para motores até 85 kW e 0,4 g/kWh para motores com mais de 85 kW.

Circulação de Mercadorias e Serviços - ICMS, que teria sua redução estendida ao consumo de eletricidade em transporte de massa, nos mesmos moldes como foi feito para a alavancagem das vendas de automóveis. Além disto, faz-se necessário comentar que a viabilização de combustíveis alternativos no mercado, dentro de um horizonte de médio e longo prazos, só pode ocorrer se houver uma compatibilização, ao menos parcial, dos interesses dos vários agentes envolvidos. Como muitas vezes esses interesses são contraditórios, é fundamental a existência de um poder moderador, que atue com o objetivo de equilibrar os ônus, e melhor distribuir os benefícios de um processo difícil, mas inevitável.

No tocante a utilização de novas tecnologias pela indústria automobilística tem sido uma imposição do mercado devido à concorrência acirrada entre os fabricantes. O usuário já não tem mais o perfil do passado, uma vez que exige que seus autoveículos sejam econômicos e ambientalmente sustentáveis. A defesa do meio ambiente tornou-se uma das principais variáveis de contorno para a expansão da indústria automobilística e, no médio e longo prazos, continuará a ser um dos principais fatores a alavancar avanços tecnológicos nos autoveículos. O reconhecimento de que os autoveículos, e, em especial, o automóvel, é uma das maiores fontes emissoras de poluentes, fez com que diversas medidas fossem adotadas de forma a melhorar o desempenho e reduzir o consumo específico de energia e as emissões de poluentes, notadamente aquelas oriundas do escapamento. As respostas da indústria automobilística envolveram a incorporação de tecnologias avançadas e novos materiais, todavia, mais por uma questão mercadológica e de sobrevivência no mercado, do que em função de pressões ambientais ou sociais. Nos últimos anos, houve muitos desenvolvimentos no motor e na tecnologia veicular visando o melhor aproveitamento da energia utilizada. Essas melhorias incluem modificações na aerodinâmica, o emprego de materiais mais leves, o uso de turbocompressores, a adoção de cilindros multiválvulas e o uso de sistemas de injeção eletrônica, entre outros. Entretanto, devido ao baixo preço do combustível, esses esforços têm sido mais empregados para aumentar a potência do motor, praticamente afetando pouco o consumo específico de combustível das frotas. Pode-se afirmar que os maiores obstáculos para o aumento da produção de autoveículos mais eficientes ambientalmente, não são tecnológicos, mas sim, econômicos e sociais. Por outro lado, conforme Hughes e Potter (1992), o transporte tem sido nas últimas décadas a maior fonte de poluição ambiental, tanto em termos de efluentes líquidos quanto de resíduos sólidos. Entretanto,

de uma forma geral, as ações visando a redução das emissões não tem apresentado os resultados esperados, devido ao grande aumento no número de autoveículos e no volume de tráfego. As emissões veiculares, além dos efeitos ocupacionais sobre a saúde, incrementam o chamado “efeito estufa”, através das emissões de CO₂. Segundo informe do IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* (1992), estudos com modelos que simulam a possibilidade de estabilização das emissões de CO₂ nos mesmos patamares de 1990, para o período 2005-2010, demonstram que uma das principais medidas que devem ser tomadas é uma redução efetiva do consumo de combustível. Pode-se relacionar quatro formas distintas para a redução das emissões veículos automotores:

(i) incorporação de novas tecnologias e modificações nos motores. A incorporação de tecnologias avançadas geralmente requer bastante tempo para ser adotada. Na primeira metade dos anos 90, as melhores oportunidades de desenvolvimento estiveram baseadas em melhorias das funções básicas dos motores, tais como a viabilização de uma melhor distribuição, melhor mistura e melhor combustão da mistura ar-combustível, redução do consumo de óleo lubrificante, redução das tolerâncias no projeto e na construção dos motores; melhorias nos sistemas de controle e de tratamento dos gases de exaustão e otimização do funcionamento do motor na condição de partida a frio (Degobert, 1995).

(ii) utilização de combustíveis que reduzem a massa de poluentes emitidos ou, cujas emissões são menos reativas na atmosfera. No tocante aos combustíveis que reduzem a massa de poluentes emitidos, para o médio e longo prazos se vislumbram dois caminhos alternativos, o desenvolvimento e o emprego de gasolina reformulada e o uso de combustíveis alternativos (Bajay e Berni, 1996).

(iii) adoção de programas de inspeção e manutenção dos dispositivos que controlam e reduzem as emissões. Os programas de inspeção e manutenção visam reduzir as emissões dos autoveículos em funcionamento, através do emprego de sensores para a realização de diagnóstico por computador (Calvert e Heywood, 1993).

(iv) redução do consumo de energia e ações efetivas de planejamento do transporte. A redução do consumo específico de energia e a execução do planejamento dos transportes são pre-requisitos para um bom controle das emissões de autoveículos. Um aumento na eficiência de uso da energia,

através da redução do consumo específico de combustível, é a ação que apresenta o maior potencial para a redução das emissões.

6.7 Referências Bibliográficas

- AIE/OCDE, *Substitute Fuels for Road Transport, A technology assessment*, Paris, 1990.
- AIE/OCDE, *Energy Efficiency and the Environment*, Paris, 1991
- AIE/OCDE, *World Energy Outlook*, Paris, France, Edition 1996
- Bajay, S.V., Mompean, G., Walter, A.C.S. e Berni, M.D., "*Estudo Prospectivo sobre a Evolução dos Veículos Automotores*", UNICAMP/NIPE/CLARK, dezembro, 1992.
- Bajay, S.V. e Berni, M.D., Environment and perspectives of alternatives fuels in urban transport in Brazil, *Urban Transport and the Environment II*, Computacional Mechanics Publications, Southampton, Wessex Institute of Technology, UK, pp. 283-292, 1996.
- Blevins, D.L. and Walzer, P. , " Energy for Motor Vehicles", *Scientific American*, v.263, nº3, september 1990.
- Calvert, J.G. e Heywood, J.B., Achieving acceptable air quality: some reflections on controlling vehicle emissions, *Science*, v.261, pp. 37-45, July, 1993.
- CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental-, *Legislação atual e futura*, Seminário de Emissões e Combustíveis, 01 e 02/09/1992, 32 pp.
- CETESB, *Legislação: Poluição Veicular*, Série Documentos, setembro, 1994.
- Degobert, P. *Automobiles and Pollution*, SAE-Society Automotive Engineers, USA, 1995.
- Heywood, J.B., Future Engine Technology: lessons from the 1980s for the 1990s, *Journal of Engineering for Gas Turbine and Power*, July, v.113, pp.319-327, 1991.
- Douad, A. , Tomorrows engines and fuels: A world perspective on transportation trends for next 10 years, *Hydrocarbon Processing*, 1995, pp. 55-61.
- EPA-Environment Protection Agency, *Exhaust Emissions/Standards, Regulations and Test Procedures for Passenger Cars*, 1987.
- Gabel, H.K., and Roller, L.H., Trade Liberalization, Transportation, and the Environment, *The Energy Journal*, v.13, no.3, 1992.

Hughes, P. e Potter, S. Options for reducing CO₂ emissions from personal travel in Europe, *International Journal of Vehicle Design*, v.13, n.2, pp.114-124, 1992.

Ingénieurs de L'Automobile, VB Promotion, Garches, France, 1994.

Ingénieurs de L'Automobile, VB Promotion, Garches, France, 1995.

Inoue, T., Future Engine Control Vehicle Electronics in the 90's: *Proceedings of the International Congress on Transportation Electronics*, SAE International P-233, pp. 285-298, 1990.

IPCC, *Bulletin*, Intergovernmental Panel on Climate Change, July, 1992.

MME, Ministério da Minas e Energia, BEN, *Balanço Energético Nacional*, ano base 1996, 1997.

Melde, R.W., Advanced Automobile Engine for Fuel Economy, Low Emissions, and Multifuel Capability, *Annual Review of Energy*, pp.425-44, 1989.

Mercedes-Benz, *Transportes e Meio Ambiente*, In: Via Expressa, n.5, jan/fev, 1992.

Owen, K. e Coley, T., *Automotive Fuels Handbook*, SAE, Inc., USA, 1990.

OCDE, *Incidentes Sur L'environnement des transports automobiles*. LE PROJET COMPASS DE L'OCDE. Organisation de Coopératio et de développement économiques, 1986.

Paramins Post, Stricter California Standards, Industry and addtive news, may/1991.

Pelletier, F.P., *Ingénieurs de l'Automobile*, VB Promotion, Garches, France, n°663, Mars, 1991.

Poulton M.L., *Alternative Fuels for Road Vehicles*, Comp. Mechanics Publications, UK, 1994.

PROCONVE-Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, Série Documentos, dezembro de 1992.

Quandt, C.O., *Manufacturing the electric vehicle: a window of technological opportunity for Southern California*, In: Environment an Planning, v.27, n.6, 1995.

Rinek, L., US passenger car brake history, *Automotive Engineering*, v.103, n.7, pp.37-42, july, 1995.

Santos, V., *Meio ambiente e Motores*, In: Rev. Transporte Moderno, n.371, nov., 1995.

Sasayama, T. Sensors for the future. *Automotive Engineering*, v.101, n.8, pp.33-37, August, 1993.

Sperling, D. and Deluchi, M.A., "Transportation Energy Futures", *Annual Review of Energy*, v.14, 1989, pp.375-474.

SPRU, *Perspectives on Passenger Transport and the Environment on the UK & Germany*, University of Sussex, 1993.

Wilhelm, M. Materials used in automobile manufacture: current state and perspectives. *Journal de Physique IV*, v.3, n.7, pp.31-40, november, 1993.

Capítulo 7

Metodologias para o Planejamento Energético e Ambiental do Transporte Urbano

7.1 Introdução

No conjunto dos principais impactos ambientais, destacam-se a poluição sonora, vibração e, notadamente a poluição atmosférica. A poluição sonora - barulho - no meio urbano origina-se nas fábricas, nas obras viárias, na construção civil, nas atividades diárias das pessoas e sobretudo no tráfego de veículos; enquanto a vibração, é consequência da propagação de uma onda mecânica em um meio inelástico (Mouette, 1993). A diferença entre a vibração e a poluição sonora é que, a primeira não se propaga no ar, necessita de um meio rígido. A poluição atmosférica é o aumento excessivo de substâncias que alteram as características físicas e químicas do ar, provocando contaminações. Os elementos poluentes sempre estiveram presentes na atmosfera; o problema surge quando este aumento provoca prejuízos podendo, inclusive, inviabilizar a vida. A elevação da poluição atmosférica é diretamente proporcional à emissão e, tem-se o fator limitante de que os ecossistemas possuem uma capacidade limitada de autodepuração. Portanto, é necessário contemplar nas ações de planejamento do transporte urbano, os vários tipos de combustíveis e seus respectivos potenciais de emissão de poluentes, quando objetiva-se um transporte urbano sustentável.

Neste capítulo, procura-se, mostrar a relevância da utilização de novas metodologias no processo de tomada de decisão no planejamento e gestão do transporte urbano, sobretudo

naqueles casos em que se pretende, o equacionamento de uma forma otimizada de objetivos energéticos, ambientais e econômicos. Assim, a seguir, apresenta-se, de uma forma sintética dois exemplos do uso de técnicas multicriteriais para o planejamento energético e ambiental do transporte urbano. Vale salientar, que este trabalho, além das duas metodologias citadas acima, mostra em seus capítulos 8 e 9 de uma forma detalhada, estudos-de-casos com a utilização de modelagem econométrica/uso final para o planejamento energético e ambiental do transporte urbano. Assim, no capítulo 8, desenvolvem-se os estudos-de-casos para cidades de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro, incluindo as respectivas conclusões. Finalmente, no capítulo 9, faz-se recomendações e a análise comparativa dos resultados obtidos com a aplicação da modelagem econométrica/uso final para cada uma das cidades enfocadas neste trabalho.

Apresenta-se a seguir, os exemplos de técnicas multicritério, sendo o primeiro o da utilização do Método de Análise Hierárquica visando análises voltadas para os impactos ambientais - poluição sonora, vibração e poluição atmosférica - do transporte urbano, enquanto no segundo exemplo, mostra-se o desenvolvimento de um modelo de programação multiobjetivo para o planejamento ambiental e energético no setor de transportes do país, incluindo um estudo-de-caso, mostrando a sua efetiva aplicação em termos da compatibilização de dois objetivos: minimização do custo anual da energia consumida e a minimização das emissões de dióxido de carbono, no setor de transportes.

7.2 Exemplo do Método de Análise Hierárquica

Na implantação, expansão ou simples modificação de um sistema de transporte urbano, tem-se mudanças e o desencadeamento de ações e reações, que ocasionam alterações na forma de ocupação e uso do solo, refletindo-se nas relações sócio-econômicas e, conseqüentemente, dando origem aos impactos sobre a população e ao meio ambiente. Mouette (1993), efetuou estudo utilizando o Modelo de Análise Hierárquica, visando avaliar os impactos decorrentes da implantação de uma nova linha de metrô em São Paulo. Neste estudo, analisa-se comparativamente os impactos decorrentes da implantação de diferentes alternativas de transporte relacionando as características intrínsecas de cada modo, da estrutura urbana, do uso e ocupação

do solo, dos impactos ambientais e suas consequências para a população. Além disso, por serem considerados fatores importantes no processo de tomada de decisão, também, foram avaliados, os custos de implantação, população atingida e passageiros transportados.

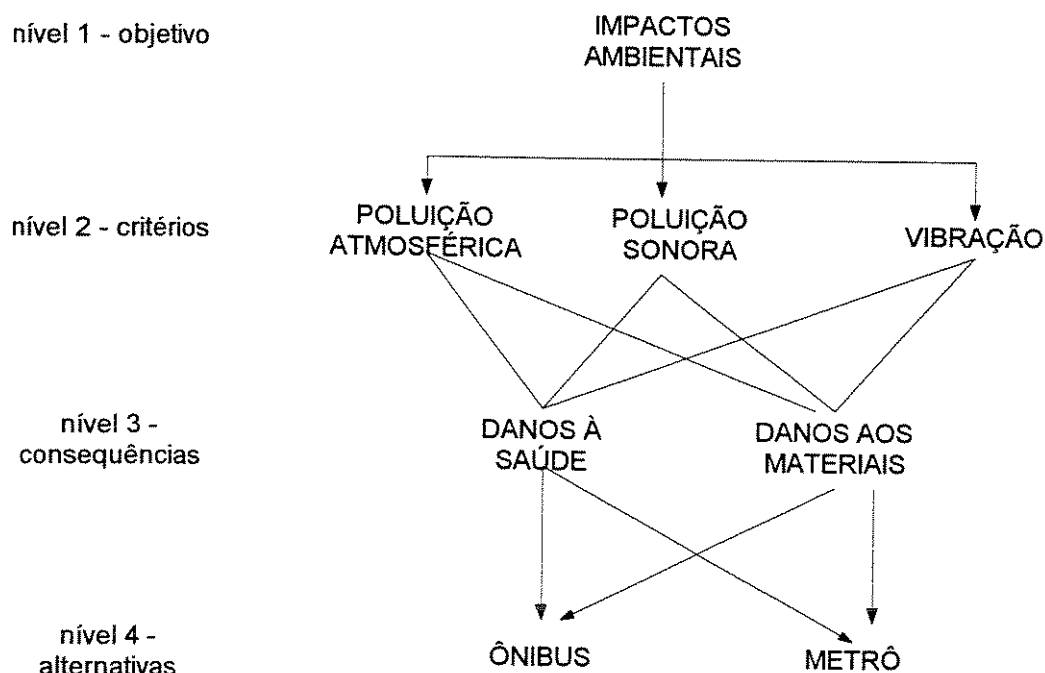
7.2.1 Breve Descrição do Método de Análise Hierárquica e sua Aplicação

O Método de Análise Hierárquica -MAH - é um procedimento multicritério, de auxílio à tomada de decisão, que agrupa atributos das alternativas em estudo de uma forma hierárquica. O MAH, apresenta-se, como uma excelente ferramenta de apoio nos processos decisórios de gerência e planejamento (Mouette, 1993). Este método, baseia-se, no princípio de que para tomar decisões, as experiências e o conhecimento das pessoas são tão válidos quanto os dados utilizados, os decisores são capazes de efetuar comparações e indicar preferências. As preferências são indicadas por uma escala limitada e; uma vez expressa as preferências, os critérios em questão, são considerados como independentes das propriedades das alternativas. Além disso, o efetivo uso deste método pressupõe, a elaboração e avaliação da hierarquia das diversas alternativas.

A elaboração da hierarquia requer experiência e conhecimento do problema, enquanto a avaliação consiste em se atribuir pesos aos elementos de cada nível hierárquico em relação aos níveis inferiores. Saliente-se que o MAH trabalha com elementos quantificáveis ou não. Para ser possível a manipulação de ambos, utiliza-se uma escala numérica e pondera-se a relação entre eles. De acordo com Mouette (1993), constroi-se assim, as chamadas matrizes de comparações paritárias, onde cada valor indica quanto um elemento domina o outro em relação ao critério que está sendo avaliado.

A título de exemplificação, a figura 7.1, mostra a estrutura de uma hierarquia que visa estudar os impactos negativos de duas alternativas tecnológicas de transporte urbano: ônibus e metrô. Após a hierarquização do problema e montagem da modelagem, o MAH possibilita a avaliação dos impactos através do cálculo dos autovalores e autovetores de cada matriz e os vetores prioridades, a partir de um programa computacional. Nos estudos de Mouette (1993), foi desenvolvido programa computacional, específico, para analisar os impactos da nova linha de metrô. Neste estudo, também, ponderou-se as várias metas que influenciariam no processo de tomada de decisão, como, por exemplo, maximizar os impactos positivos, minimizar os impactos

negativos, maximizar a população beneficiada, maximizar o número de passageiros transportados, minimizar os custos de implantação e direcionar o crescimento urbano da Região Metropolitana de São Paulo. No tocante aos impactos estudados e sua hierarquização, nas diversas alternativas consideradas, foram em um total de seis (06) níveis, a saber:



Fonte: Mouette, 1993

Figura 7.1 Hierarquia dos impactos ambientais dos ônibus e metrô

- Nível 1 - impactos positivos e negativos.
- Nível 2 - categorias dos impactos: sócio-espaciais e operacionais.
- Nível 3 - tipos de impactos:
 - (i) sócio espaciais: ambientais, econômicos, configuração urbana e sociais; e
 - (ii) operacionais: desempenho, eficácia, alternativa tecnológica e modo de operação.
- Nível 4 - impactos primários, por exemplo: variação no uso do solo, número de desapropriações, poluição ambiental, poluição sonora, segregação urbana, conforto, confiabilidade, integração modal, etc.
- Nível 5 - impactos secundários, por exemplo, geração de emprego, ruptura do comércio local, danos ao patrimônio físico e cultural, adensamento urbano, perda de mobilidade da população local, danos à fauna, flora e ecossistema, etc.
- Nível 6 - alternativas tecnológicas de transporte urbano.

A utilização do MAH não proporciona uma solução “ótima” ao problema enfocado. Entretanto tem-se como saída ou produto da utilização do MAH, dados e informações tabuladas, quantificadas e comparadas, para cada alternativa tecnológica estudada, as quais, são extremamente relevantes para o apoio e balizamento do processo de decisão. Por fim, caberá aos decisores envolvidos no processo de planejamento, avaliar pela melhor alternativa a ser implantada.

7.3 Exemplo de Programação Multiobjetivo no Planejamento Energético e Ambiental do Transporte Urbano

As técnicas multicriteriais de decisão, em estudos do setor de transportes e, em particular, do transporte urbano frente às questões ambiental e energética, é uma importante ferramenta de auxílio na busca das melhores alternativas, visando a implementação de ações de planejamento energético e ambiental, de uma forma otimizada. A ênfase que vêm sendo dada à questão ambiental e, em especial à poluição atmosférica oriunda das emissões veiculares, aliada à tendência de acirramento das pressões ambientalistas, crescimento da consciência ambiental mundial, notadamente nos grandes centros urbanos - face aos malefícios das emissões, incremento do efeito estufa e o seu impacto global -, países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, começam a se posicionem de uma forma mais efetiva sobre a poluição atmosférica, notadamente aquelas oriundas dos transportes. Para os países em desenvolvimento, negligenciar esta nova orientação ambiental mundial, tem significado um aumento das dificuldades para a obtenção de novos recursos junto a agências de fomento internacionais e, conseqüentemente, verem diminuídas as possibilidades de uma maior alavancagem do desenvolvimento econômico.

A partir deste entendimento, propõe-se aqui, uma base metodológica multicriterial para análise quantitativa dos interesses conflitantes existentes entre as questões ambiental, energética e econômica, visando minimizar antagonismos normalmente existentes por ocasião da implementação de ações de planejamento dos transportes e, em especial relacionado às emissões veiculares nos grandes centros urbanos. Com o uso desta metodologia, estar-se-ia compatibilizando conflitos existentes e garantindo a expansão do setor de transportes em consonância com a premissa do desenvolvimento sustentável.

Para efeito de demonstração do uso efetivo da metodologia multicriterial, optou-se pela realização de um estudo-de-caso, que considera o setor de transportes como um todo e, especificamente as emissões de dióxido de carbono, por serem estas, de impacto global. Todavia, a presente modelagem pode ser aplicada para uma região ou cidade e, englobando as demais emissões veiculares. Antes do estudo-de-caso e objetivando um melhor enfoque do problema e subsidiar a modelagem, procurou-se entender os principais agravantes das emissões de dióxido de carbono e sua relação com o uso dos combustíveis tradicionais: gasolina e óleo Diesel.

7.3.1 Transportes e Emissão de CO₂

A partir da segunda metade da década de 80, quando se acirram as pressões ambientalistas, verifica-se, sobretudo na Europa, iniciativas visando o estabelecimento de taxas sobre as emissões de dióxido de carbono, para fazer frente à possibilidade de incremento do efeito estufa. Ainda não se sabe ao certo até que ponto as temperaturas deverão subir, nem quais serão as possíveis consequências ecológicas e econômicas, mas o fato é que os países estão chegando a um consenso quanto à necessidade de agir.

Entre as propostas de combate às emissões de dióxido de carbono, destaca-se a taxação dessas emissões (Hollis, 1992). Países como a Holanda e Alemanha analisam propostas nesse sentido, ainda não efetivadas em virtude do não estabelecimento do valor destas taxas, enquanto Finlândia e Suécia já apresentaram propostas concretas de taxar cada tonelada de dióxido de carbono originada na queima de combustível fóssil.

Na Finlândia, a taxa proposta em 1990, era de 24,5 FIM (US\$ 5,50) por tonelada de dióxido de carbono, tendo-se a expectativa de acréscimo de 1% no preço final da energia fóssil. Na Suécia, a *Commission on Economic Instruments in Environmental*, mais rígida, estabeleceu a taxa de 250 SEK (US\$ 42) por tonelada de dióxido de carbono emitida. Com esta medida datada de 1990, a referida comissão tinha a expectativa de reduzir de 5 a 10 milhões de toneladas de CO₂ por ano (Pearce e Barbier, 1991).

No âmbito dos países da AIE/OCDE, um estudo considerando um cenário base de gradual crescimento dos preços do petróleo, tendo como horizonte o ano de 2005, e duas taxas hipotéticas para as emissões de dióxido de carbono (\$65/ton e \$130/ton) mostrou que:

- (i) o incremento das taxas nos preços finais no conjunto das fontes de energia afetaria diretamente o consumo total de energia primária e provocaria substituição;
- (ii) para as duas taxas analisadas, as projeções de redução das emissões de dióxido de carbono estariam ao redor de 70% em 2005. Reflexo mais da diminuição do consumo de energia, do que de mudanças no “*mix*” das fontes de energia; e
- (iii) o gás natural seria o principal recurso energético substituto, sendo que o incremento de sua utilização representaria cerca de 30% do total de emissões reduzidas em 2005.

A dependência de petróleo e a relevância estratégica para o crescimento e desenvolvimento dos países, coloca o setor de transportes diante de dois aspectos extremamente desfavoráveis :

- (i) a questão da segurança do suprimento de derivados, sobretudo naqueles países que necessitam importar volume substancial desse recurso energético; e
- (ii) a questão ambiental, colocada mais recentemente pelas perspectivas de qualidade de vida do homem no planeta, em particular face às conseqüências do efeito estufa.

O uso de derivados do petróleo em sistemas de transporte contribui com uma parcela expressiva da poluição atmosférica. Aproximadamente 25 por cento do total das emissões de todo CO₂ gerado no mundo, resultam dos sistemas de transporte (Gabel e Roller, 1992). No conjunto dos modos de transporte, o rodoviário é o mais intensivo no volume de emissões de dióxido de carbono (tabela 7.1).

Tabela 7.1 Emissão de CO₂ por transporte na OCDE

Modo	Participação(%)
Rodoviário	81,5
Aéreo	12,8
Ferroviário	3,5
Outros	2,2

Fonte: AIE/OCDE, 1991 e Energy in Europe, 1991

A tendência mundial é que deverão ser incrementadas as pressões sociais visando melhorias ambientais, mesmo no Brasil, onde esta questão tende a ser relativizada no curto prazo. Este fato motivará o estabelecimento de instrumentos que minimizem as emissões poluentes de

uma forma geral, e em particular aquelas do setor de transportes, face à utilização intensiva de energia fóssil, representada por gasolina e óleo Diesel, que apresentam fatores de emissão de CO₂ próximos ao da fonte de energia primária : petróleo (tabela 7.2). Neste sentido, verifica-se nos países industrializados discussões para a implementação de medidas, como a *carbon tax* (Bossier and Bréchet, 1995), visando uma racionalização econômica e ambiental dos vários setores econômicos, inclusive o de transportes e especificamente o de transportes urbanos. A viabilização de substitutos à gasolina e ao óleo Diesel, via taxaçaõ das emissões, constitui uma opção interessante para a abordagem da questão ambiental nos transportes. Sem dúvida, complementaria esforços de redução de consumo específico e da adoção de novas tecnologias que possibilitem uma combustão mais controlada e completa.

Tabela 7.2 Fator de emissão de CO₂ por tipo de energético, em t/tEP

Carvão	1,09
Outros combustíveis sólidos*	0,89
Petróleo	0,84
Gás Natural	0,64

* derivados da biomassa

Fonte: AIE/OCDE, 1991

No Brasil, entre os energéticos potencialmente favoráveis à substituição de gasolina e óleo Diesel estão o álcool, o gás natural e a eletricidade. A utilização intensiva dos derivados de petróleo tradicionais em transportes, em parte, atende aos interesses das indústrias automobilísticas e petrolíferas, que tentam postergar ao máximo a substituição de gasolina e óleo Diesel. Porém, as crescentes pressões econômicas e sociais têm forçado os governos a tomarem medidas que viabilizem esta substituição, por combustíveis cuja queima contribuam positivamente para a melhoria da qualidade de vida, sobretudo nos grandes centros urbanos. No tocante ao gás natural, os dados da tabela 7.2, mostram, ser este energético ambientalmente mais sustentável que os tradicionais: óleo Diesel e gasolina. O álcool, tem a sua sustentabilidade ambiental, fundamentada em um balanço de CO₂ equilibrado, na medida em que, os canaviais absorvem o CO₂ da atmosfera que é lançado quando da queima desse energético. A eletricidade enquanto

energético em veículos automotores é considerada absolutamente limpa (AIE/OCDE, 1991). O estabelecimento de uma matriz energética equacionando a questão ambiental para o setor de transportes e, em especial o transporte é complexo, devendo necessariamente considerar os interesses conflitantes dos diversos agentes envolvidos na questão, como por exemplo os governos, as empresas montadoras de autoveículos e petrolíferas, e a sociedade organizada.

A seguir, demonstra-se, através de um estudo-de-caso que o conflito de interesses existentes na execução do planejamento energético e ambiental do setor de transportes do país, poderia ser melhor equacionado a partir de um enfoque multiobjetivo.

7.3.2 Estudo-de-Caso

Através de técnicas multiobjetivo de otimização, pode-se quantificar ganhos e perdas das partes envolvidas, resultando em negociação mais ágil e menos traumática com reflexos positivos para o setor, país e meio ambiente. As técnicas de programação multiobjetivo (PMO) são instrumentos interessantes para a análise de problemas onde soluções de compromisso devam ser obtidas, tendo em vista a existência de conflitos de interesse (Amagai e Leung, 1991). Estes métodos de otimização permitem determinar diversas soluções eficientes, conceituadas como *ótimo de Pareto*, além de quantificar o conflito existente entre elas. Esta quantificação de conflitos é exibida através de curvas de *trade-off* que auxiliam as negociações dos decisores envolvidos na busca de uma solução de compromisso que seja também eficiente.

7.3.2.1 Fundamentos teóricos da modelagem

A análise do setor de transportes em termos econômico e ambiental levou à formulação de um problema de Programação Multi-Objetivo (PMO) com duas funções objetivo. O problema foi resolvido pelo *método dos pesos* que será apresentado sumariamente a seguir. Detalhes sobre PMO em geral, e sobre o método dos pesos em particular, podem ser encontrados em (Steur, 1986). O problema geral de Programação Multi-Objetivo pode ser formulado como segue.

$$\begin{array}{ll} \min z = Cx & \\ \text{s.a. } x \in S & \end{array} \quad \text{(PMO)}$$

onde: z é o vetor função objetivo que pertence ao espaço objetivo, $z \in Z$; as linhas da matriz C representam os coeficientes das funções objetivo; x é o vetor decisão que deve pertencer ao conjunto das soluções factíveis $S = \{x \in X: Ax \leq b, x \geq 0\}$ contido no espaço decisão, $S \subseteq X$.

Quando se considera um número muito reduzido de objetivos, o método dos pesos pode ser recomendado para solução do PMO. Porém antes de discutir o método, será conveniente colocar dois conceitos básicos de PMO: *solução eficiente* e *curva de trade-off*. Uma solução factível é eficiente se, partindo-se dela, a melhora de qualquer objetivo implicar na degradação de pelo menos um outro objetivo. Isto é, se $x^* \in S$ é uma solução eficiente então não existirá $x \in S$ tal que $Cx \leq Cx^*$ com $Cx \neq Cx^*$. O mapeamento das soluções eficientes, $x^* \in S$, através da função objetivo, $z = Cx$, resulta em uma curva de *trade-off* no espaço Z . Ela exprime as taxas de substituições entre objetivos, correspondentes às soluções eficientes encontradas no espaço X .

O método dos pesos permite a identificação do conjunto das soluções eficientes, sendo aplicado quando o número de objetivos considerados é reduzido. Ele é aplicado ao PMO pela formulação do seguinte Programa Linear (PL)

$$\begin{aligned} \min z &= \lambda Cx \\ \text{s.a. } x &\in S \\ \lambda &\in \Lambda \end{aligned} \quad (\text{PL})$$

onde:

$$\Lambda = \{\lambda: \sum \lambda_i = 1, \lambda_i \in (0,1)\}.$$

Este PL é resolvido parametricamente, fazendo λ variar ao longo do intervalo aberto $(0,1)$. Para cada valor λ fixado, a solução ótima do PL corresponde a uma solução eficiente de PMO (Steuer, 1986). Na realidade, ao invés de variar λ continuamente em todo o intervalo, considera-se apenas os valores de λ correspondente aos pontos extremos eficientes. A curva de *trade-off* no espaço Z também é construída de forma semelhante.

Considere o exemplo de um PMO com duas variáveis de decisão e duas funções objetivos que devem ser minimizadas: o custo z_c e a emissão poluente z_e .

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

$$Z = \begin{bmatrix} Zc \\ Ze \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} cx \\ ex \end{bmatrix}$$

Consequentemente, a matriz C terá duas linhas e duas colunas.

$$C = \begin{bmatrix} c \\ e \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} c_1 & c_2 \\ e_1 & e_2 \end{bmatrix}$$

A figura 7.2 exibe o conjunto das soluções factíveis S no espaço X juntamente com os vetores c , e , λC . O conjunto das soluções eficientes é formado pelas combinações convexas dos pontos extremos x^1 e x^2 , e dos pontos extremos x^2 e x^3 , como destacado na figura 7.2.

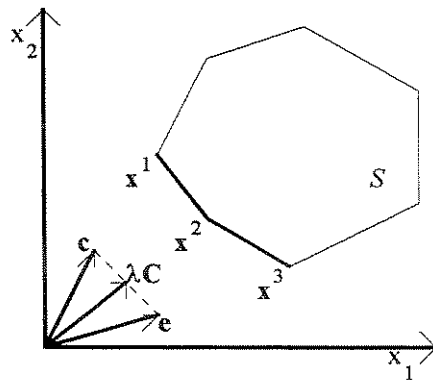


Figura 7.2 Soluções eficientes no espaço X .

A figura 7.3 mostra a curva de *trade-off* no espaço Z , correspondente às soluções eficientes indicadas na figura 7.2. A inclinação de cada trecho da curva de *trade-off* representa uma taxa de substituição entre objetivos, quantificando o conflito existente entre eles. Neste exemplo, ela representaria o incremento de custo associado à redução da emissão poluente.

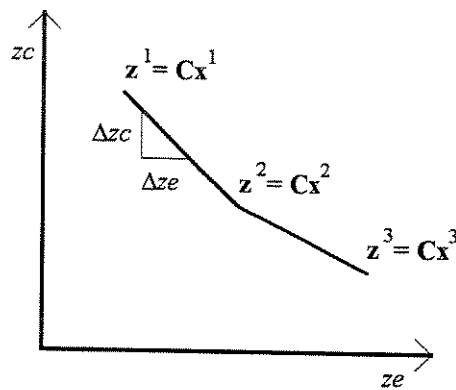


Figura 7.3 Curva de *trade-off* no espaço Z

Os resultados oferecidos pelo método dos pesos permitem ao decisor concentrar sua atenção no conjunto das soluções eficiente, descartando as soluções ineficientes onde os dois objetivos poderiam ser melhorados simultaneamente. A curva de *trade-off* quantifica o conflito existente entre soluções eficientes, informando o decisor das conseqüências envolvidas na sua escolha e auxiliando a determinação de uma solução de compromisso que também seja eficiente.

7.3.3 Formulação do problema

Para o estudo-de-caso, considera-se que a demanda por transporte de carga e passageiro no ano 2000, cenarizada e projetada por Bajay et alii (1992), deva ser atendida com cinco principais combustíveis passíveis de utilização pelo setor de transportes: gasolina, óleo Diesel, álcool, eletricidade e gás natural. Estes energéticos podem ser consumidos por cinco meios de transporte ou tecnologias correntemente empregadas no transporte rodoviário: ônibus, tróleibus, automóveis, comerciais leves e caminhões. A configuração da frota no ano horizonte é avaliada em termos dos níveis dos custos anuais dos combustíveis e suas respectivas emissões de CO_2 , levando-se em conta as eficiências energéticas caracterizadas para as diferentes tecnologias de transporte de passageiro e carga.

Nos casos do gás natural e da eletricidade, além do custo normal destes combustíveis, estimados a partir dos seus preços médios, internalizou-se parcelas de custos oriundas de fatores de ordem econômica, que poderiam ou não viabilizar às suas penetrações em algumas das tecnologias de transporte consideradas.

O investimento inicial para a aquisição de um ônibus urbano, novo, movido a gás natural é da ordem de US\$ 73 mil por veículo, os custos de conversão de um ônibus Diesel em uso, oscila em torno de US\$ 6,5 mil por veículo (COMGÁS, 1991). No caso de automóveis e comerciais leves, os investimentos para a conversão do motor Otto para o uso de gás natural esta estimado em US\$ 2 mil (PETROBRÁS, 1988 e COMGÁS, 1991). Para ônibus o custo total do gás natural é de 127 US\$/tEP, sendo 70 US\$/tEP os custos normais e 57 US\$/tEP referentes à conversão, calculada utilizando-se o Fator de Recuperação do Capital-FRC- em séries uniformes, para cinco(5) anos e uma taxa média de 15% a.a. Identicamente, no caso dos automóveis e comerciais leves, de um custo de 653 US\$/tEP, tem-se 70 US\$/tEP dos custos normais e 583 US\$/tEP referentes à conversão. No caso da eletricidade para tróleibus, considera-se apenas o custo do combustível, 273,1 US\$/tEP, uma vez que, tem-se tecnologia nacional de utilização imediata. Entretanto, para os automóveis e comerciais leves, ao custo normal do combustível é internalizado o custo referente às baterias (Quandt, 1995) e veículo, cerca de 40 US\$ mil (Waters, 1992). O custo total obtido foi de 748,1 US\$/tEP, utilizando-se o FRC para quinze(15) anos e uma taxa média de 15% a.a.

O problema de otimização é formulado com duas funções objetivos:

- (i) econômica, a minimização dos custos anuais dos combustíveis utilizados - z_c -; e
- (ii) ambiental, a minimização das emissões de dióxido de carbono - z_e -, sendo representado por :

$$z_c = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 c_{ijk} x_{ijk} \quad \text{e} \quad z_e = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 e_{ijk} x_{ijk}$$

onde :

- i fonte de energia (óleo Diesel=1, gasolina=2, gás natural=3, eletricidade=4 e álcool=5)
- j tecnologia (ônibus=1, tróleibus=2, automóveis=3, comerciais leves=4 e caminhões=5)
- k uso final (passageiros e carga)
- c_{ijk} custo do combustível i na tecnologia j para o uso final k (US\$/tEP);
- e_{ijk} emissões de CO₂ do energético i pela tecnologia j no uso final k (tCO₂/tEP);
- x_{ijk} quantidade do combustível i consumido na tecnologia j no uso final k (tEP).

As restrições funcionais do modelo incluem o atendimento à demanda de passageiros e carga, o potencial de mercado para os energéticos alternativos, à oferta de combustíveis e mercado às tecnologias de transporte consideradas.

A seguir, apresenta-se as restrições e respectivas notações utilizadas na modelagem.

(i) demanda de passageiros e carga

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 x_{ijk} = d_k$$

(ii) potencial de mercado para energéticos alternativos

$$\sum_{i=3}^5 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 \frac{x_{ijk}}{n_{ijk}} \leq p_i$$

onde:

n_{ijk} é a eficiência energética do combustível i na tecnologia j no uso final k

(iii) oferta dos combustíveis

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 x_{ijk} \leq s_i$$

(iv) mercado às tecnologias de transporte

$x_{111} \geq d_B$	demanda - ônibus
$\sum_{i=1}^5 \sum_{k=1}^2 x_{i4k} \leq d_L$	demanda - comerciais leves
$x_{431} \geq d_E$	demanda de eletricidade - automóveis
$x_{421} \geq d_T$	demanda de eletricidade - tróleibus
$\sum_{j=1}^5 x_{3j1} \geq d_G$	demanda gás natural - automóveis e ônibus
$x_{331} \leq d_C$	demanda gás natural - táxis

Finalmente, considerou-se as restrições implícitas, as quais, garantem a não negatividade das quantidades dos energéticos consumidos em cada uma das tecnologias e usos finais considerados.

$$x_{ijk} \geq 0$$

A tabela 7.3, mostra os valores dos coeficientes usados nas duas funções objetivos. As constantes de todas as restrições funcionais, no ano 2000, foram obtidos através de método

econométrico e cenarização da evolução econômica do país, a partir dos indicadores de “pass.km” e “ton.km” (Bajay et alii, 1992; Correia e Berni, 1996).

Tabela 7.3 Coeficientes das funções objetivos

Custo	US\$/tEP	Emissão	tCO ₂ /tEP
C1k	170,00	E1k	0,84
C2k	366,90	E2k	0,83
C31	127,00	E31	0,64
C32	653,00	E32	0,64
C41	273,10	E41	0,00
C42	748,50	E42	0,00
C5k	426,90	E5k	0,00

A tabela 7.4 mostra os valores das constantes utilizadas nas restrições funcionais. Tais variações para efeito da modelagem estão expressas em tEP (tonelada equivalente de petróleo).

7.3.4 Resultados

Os resultados obtidos com este modelo estão sintetizados na figura 7.4, que ilustra a curva *trade-off* no espaço dos objetivos: custos dos combustíveis e emissões de dióxido de carbono. Os pontos A, B, C, D e E, sobre esta curva correspondem a soluções eficientes no espaço das decisões expresso em termos das coordenadas do vetor **x**. Consideradas as restrições de atendimento às demandas de “pass.km” e “ton.km” do setor de transportes no ano 2000. O atendimento da demanda por transporte de carga nos pontos extremos da curva *trade-off*, quer seja na total priorização do objetivo ambiental - ponto A - ou na total priorização do objetivo econômico - ponto E -, faz-se com o consumo de óleo Diesel pelos caminhões. Isto ocorre em função da cenarização da falta de sucedâneos viáveis do óleo Diesel em transporte de carga e da inexistência de uma política governamental que viesse fomentar a ampliação do transporte de carga por hidrovias e ferrovias, até o ano 2000.

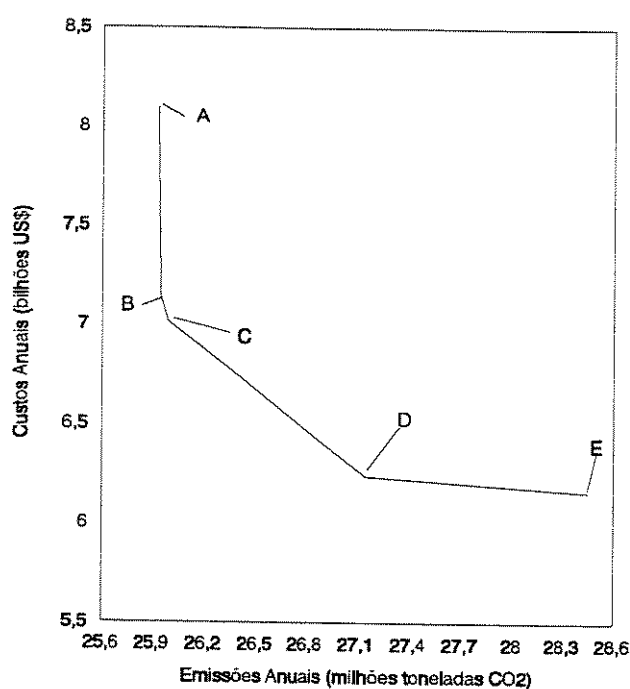


Figura 7.4 Trade-off: Custos x Emissões

Tabela 7.4 Constantes das restrições funcionais

Constantes das restrições funcionais	Valor adotado, em mil tEP
d_k (demanda)	19500 (passageiros)
	16300 (carga)
P_i (mercado)	8950 (energéticos alternativos)
	26851 (óleo Diesel)
	13809 (gasolina)
S_i (oferta)	2782 (gás natural)
	2639 (eletricidade)
	7936 (álcool)
d_B	9750 (demanda-ônibus)
d_L	800 (demanda-comerciais leves)
d_E	110 (demanda-de eletricidade-automóveis)
d_T	880 (demanda de eletricidade-tróleibus)
d_G	1019 (demanda gás natural-automóveis e ônibus)
d_C	463 (demanda gás natural-táxis)

Para o ano 2000, o caminhão ainda continuará sendo o principal meio de transporte de carga, participando em mais de 90 % da demanda de “*ton.km*” no país. A frota total de caminhões deve ser da ordem de 1.75 milhões de veículos, incluindo leves, médios, semi-pesados, pesados e extra-pesados. Ressalte-se, que deste total, os caminhões médios continuarão sendo aqueles que terão maior participação, não obstante verificar-se um crescimento substancial da frota dos extra-pesados até aquele ano.

No tocante ao transporte de passageiros, exceto aquele de longa distância onde o consumo de óleo Diesel em ônibus continuará sendo relevante, para as demais tecnologias de transporte utilizadas sobretudo no âmbito urbano, observa-se que a compatibilização da eficiência econômica e ambiental provocaria alterações substanciais no “mix” de combustíveis da matriz energética do setor de transportes e das frotas a serem utilizadas no ano 2000, conforme pode ser observado na tabela 7.5.

Tabela 7.5 Frota de veículos no Transporte Urbano

Tecnologia	Energético	Composição frota (%)				
		A	B	C	D	E
ônibus e tróleibus	óleo Diesel	36,5	52,5	56,0	83,0	99,5
	gás natural	61,0	45,0	42,5	16,0	0,1
	eletricidade	2,5	2,1	1,5	1,0	0,4
automóveis e comerciais leves	gasolina	6,0	12,0	25,0	30,0	46,0
	álcool	91,6	86,2	74,0	69,6	54,0
	gás natural	1,1	1,0	0,5	0,0	0,0
	eletricidade	1,3	0,8	0,5	0,4	0,0

Analisando-se a curva *trade-off*, pode-se identificar quatro faixas de emissões de dióxido de carbono, onde a compatibilização da eficiência econômica e ambiental poderia ser negociada, resultando na composição das frotas ilustradas na tabela 7.5. As faixas de emissões são: AB - 50578,00 US\$/ton.CO₂; BC - 3024,00 US\$/ton. CO₂; CD - 668,00 US\$/ton. CO₂; e DE - 55,00 US\$/ton. CO₂.

A faixa DE é a mais interessante para início de negociação do ponto de vista da realização de compromissos entre agentes com visões conflitantes, uma vez que os custos envolvidos não seriam tão representativos. As negociações contemplando esta faixa, apresenta uma variação de custos da ordem de 0,077 bilhões de US\$. Para este caso, os resultados mostram a factibilidade das discussões convergirem para uma política de incremento da frota de ônibus a gás natural, incentivos para uma maior penetração e expansão dos sistemas de tróleibus e o uso mais intensivo de álcool carburante nos automóveis.

A passagem do ponto E para o ponto D significaria um deslocamento de aproximadamente 35 mil ônibus Diesel por ônibus movidos a gás natural. A frota estimada de ônibus para o país no ano 2000, seria de pouco mais de 230 mil ônibus. Os tróleibus teriam sua frota ampliada em mais de 1400 veículos. A frota dos automóveis a álcool seria ampliada em quase 3 milhões de veículos, ou seja, de um patamar de 9,7 milhões se atingiria cerca de 12,5 milhões de veículos.

Considerando a faixa DE, é interessante salientar que a Suécia dentro do seu programa de redirecionamento da expansão de seu setor de transportes, estabelece uma taxa de US\$ 42 para cada tonelada de dióxido de carbono emitido. Tal nível de taxa situaria no ponto E da curva *trade-off* do estudo-de-caso em questão. Com isto o objetivo da "*Commision on Economic Instruments in Environmental*" sueco, espera deslocar parte da demanda de combustíveis fósseis por alternativos, ambientalmente sustentáveis.

A faixa BC também seria de fácil negociação entre os agentes envolvidos, todavia, ter-se-ia que ultrapassar a faixa CD, que representa um dispêndio maior de recursos por uma das partes envolvidas. Neste caso, além dos ônibus a gás natural, tróleibus, ter-se-ia que ocorrer incentivos a pequenos nichos de automóveis elétricos e uma ampliação representativa dos automóveis a álcool. Estudos para os países da AIE/OCDE, considerando uma taxa hipotética de US\$ 65 por tonelada de dióxido de carbono emitida, indica que a frotas de auto-veículos daqueles países teriam uso intensivo de gás natural e eletricidade. Na hipótese de efetivação desta taxa no âmbito daqueles países, a mesma estaria localizada no ponto D da curva *trade-off*. Negociações na faixa BC, além dos pré-requisitos anteriores, a frota de automóveis a álcool, a gás natural e a eletricidade deveria ter uma ampliação substancial. Neste caso, os níveis de emissões de dióxido de carbono do setor de transporte nacional, no ano 2000, estariam muito próximos daqueles verificados no início da década de 90.

No tocante a faixa AB, praticamente toda a frota de ônibus urbanos seriam movidos a gás natural, ou seja cerca de 61% da frota nacional e ter-se-ia atingido, o cenário previsto para a frota de automóveis elétricos. A gasolina seria quase totalmente deslocada pelo álcool combustível, o seu consumo estaria concentrado em apenas 6% da frota automóveis, estimada em cerca de 18 milhões de veículos. Ainda neste caso se prevê a existência de sistemas de tróleibus na maioria dos grandes centros urbanos do país, bem como intenso movimento intermodal.

Finalmente, deve ser salientado que os resultados obtidos com a aplicação desta metodologia para o setor de transportes, evidenciam que a decisão estratégica de se promover a sua expansão poderia ser melhor negociada através de um enfoque multicritério. Os conflitos, sabidamente existentes entre os diversos agentes que direta ou indiretamente atuam no setor, poderiam ser dissipados via negociação, tendo-se como embasamento os ganhos e perdas demonstrado pela *trade-off*. A necessidade de eficiência econômica no transporte urbano, considerando a questões ambiental e energética, exemplifica esta argumentação. Por outro lado, o escopo de análise pode ser ampliado, através da inclusão de outros tipos de poluentes veiculares, da internalização nos custos dos combustíveis, da “*carbon tax*” e/ou a inclusão de outros objetivos relevantes para o planejamento energético e ambiental do setor de transportes. Ressalte-se que este tipo de análise pode ser executada ao nível de uma cidade, região ou estado. Todavia, deve-se buscar no conjunto das técnicas multiobjetivo, aquela que melhor se adaptaria ao enfoque desejado.

7.4 Referências Bibliográficas

- Amagai e Leung,P., *The Trade-off between Economic and Environmental Objectives in Japan's Power Sector*,The Energy Journal,v.12,n.4, 1991.
- AIE/OCDE, *Energy Efficiency and the Environment*, 1991.
- Bajay,S.V., Walter,A.C.S, Cruz,G.M.M. e Berni,M.D., *Estudo Prospectivo sobre Evolução dos Veículos Automotores*. Relatório de Pesquisa para a Equipamentos Clark Ltda, Campinas, 1992.
- Bossier, F., Bréchet, T., *A fiscal reform for increasing employment and mitigation CO₂ emissions in Europe*, Energy Policy, v.23, n.9, september, 1995.

- COMGÁS, *Projeções de Mercados e Investimentos para o Estado de São Paulo, 1992/2010*, 1991.
- Correia, P.B. e Berni, M.D.; Transporte e Emissão de CO₂: Uma Análise Multiobjetivo para o Planejamento Energético e Ambiental, In: *Revista Brasileira de Ciências Mecânicas*, ABCM, Vol. XVIII, n.2, Junho, 1996, pp.117-126.
- Energy in Europe, *Annual Energy Review-special issue*, Commission of the Communities Directorate General for Energy, December, 1991.
- Gabel, H.K., e Roller, L.H., *Trade Liberalization, Transportation, and the Environment*, The Energy Journal, v.13, no.3, 1992.
- Hollis, J., *A new global approach for European transport policy*, Int. Journal Vehicle Design, v.13, n.1, UK, 1992.
- MME, BEN, *Balanço Energético Nacional*, anos base de 1992 a 1996.
- Mouette, D. *Utilização do Método de Análise Hierárquica no Processo de Tomada de Decisão no Planejamento de Transporte Urbano: Uma Análise Voltada aos Impactos Ambientais*, Tese de Mestrado, FEE, UNICAMP, 1993, 192 pp.
- Pearce, D. and Barbier, E., *The Greenhouse Effect: A View From Europe*, The Energy Journal, v.12, no 1, 1991.
- PETROBRÁS, *Gás Natural para uso Automotivo, Anexo II*, 1988.
- Quandt, C.O., *Manufacturing the electric vehicle: a window of technology opportunity for Southern California*, Environment and Planning, v.27, 1995.
- Steuer, R., *Multiple Criteria Optimization : Theory, Computation and Application*, John Wiley & Sons, Inc. Texas, USA, 1986.
- Waters, M.H.L., Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport, England, *Road Vehicle Fuel Economy, State-of-the-art*, review 3, London, 1992.

Capítulo 8

Planejamento Energético e Ambiental do Transporte Urbano: Estudos-de-Casos das Cidades de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro

8.1 Modelagem Econométrica/Uso Final

Inicialmente, procurou-se definir um procedimento de modelagem para as frotas e as emissões dos principais autoveículos rodoviários empregados no transporte urbano de passageiros, destacando-se os ônibus, os táxis, os automóveis particulares, e em menor grau, os chamados comerciais leves. Estes últimos, se caracterizam por transportar passageiros e cargas.

O procedimento de projeção aqui proposto tem como horizonte de planejamento o período entre 1995 e 2010.

As projeções tem como objetivo principal a determinação de referências futuras, para as evolução das frotas de veículos, seu uso e as emissões de poluentes correspondentes sob diferentes hipóteses de evolução dos quadros econômico, social e tecnológico.

Na elaboração dos procedimentos de modelagem optou-se por abordagens de base mista : econométrica/uso final, adaptadas à base de dados disponível.

Deve ser salientado que uma das maiores restrições das técnicas de projeção econométricas é que estas só extrapolam para o futuro tendências verificadas no passado. No procedimento de projeção, ao serem empregadas correlações estatísticas entre a evolução de um dado parâmetro e um ou mais indicadores econômicos, fica estabelecido que a relação causa-efeito

verificada no passado continuará também a ser observada no futuro. Tal característica, requereu muitos cuidados na elaboração do modelo de projeção aqui proposto e na análise dos seus resultados. Tal restrição pode ser parcialmente superada com a realização de ajustes exógenos à modelagem econométrica adotada. Na modelagem econométrica/uso final utilizou-se conceitos básicos sobre regressões estatísticas, incluindo parâmetros de análise e avaliação da qualidade dos ajustes obtidos (Wonnacot e Wonnacot, 1981).

A evolução comportamental de um dado parâmetro pode ser associada a um outro, ou mesmo a um conjunto de outros parâmetros. Uma exemplificação típica pode ser definida na área agrícola, onde a safra de uma dada cultura, batata por exemplo, depende, entre outros parâmetros, da quantidade de fertilizante aplicada à terra no período de crescimento da planta. Essa associação pode ser representada graficamente plotando-se em um simples diagrama bidimensional o conjunto de dados correspondente às observações feitas entre a quantidade de fertilizante aplicada (X) e a colheita obtida (Y). Uma equação poderia ser definida, relacionando esses dois parâmetros. A estimativa dessa equação é geometricamente equivalente a ajustar uma curva aos dados dispersos no diagrama. Isto é o que se chama regressão de Y (safra) sobre X (fertilizante). Como modelo matemático simples, tal relação pode ser útil como descrição breve e precisa da correlação entre esses dois parâmetros, ou ainda como meio de estimativa da safra de batatas a partir de uma certa aplicação de fertilizante, desprezado o efeito de todos os demais parâmetros que afetam a safra. Se o modelo matemático associa uma variável dependente a uma única variável que explica seu comportamento, e por isso chamada variável explanatória, ou independente, tem-se uma regressão simples. Se a explicação do comportamento da variável dependente é feita em uma associação com duas ou mais variáveis explanatórias, tem-se um modelo de regressão múltipla. Por outro lado, se a estimativa da equação entre as variáveis dependente e independentes equivale geometricamente ao ajuste de uma reta entre os pontos, tem-se um modelo de regressão linear. A maioria dos "softwares" estatísticos disponíveis para o ajuste e análise dessas regressões só são capazes de efetuar ajustes lineares, restando ao analista a alternativa de "linearizar" a relação matemática entre as variáveis quando a distribuição das observações claramente evidencia um comportamento não linear. Uma questão importante está associada à qualidade do ajuste, ou em outras palavras, à precisão com que o modelo matemático consegue reproduzir os dados da observação tomada como base para a definição da própria equação de ajuste. A diferença entre o

valor observado Y_i e o valor ajustado Y_a é definida como erro, ou desvio. Um bom ajuste é obviamente aquele em que o erro total é minimizado, isto é, a soma dos desvios entre as estimativas e suas respectivas observações é minimizada. Para evitar que desvios positivos e negativos sejam cancelados, o método mais usual de ajuste estabelece a solução pelo procedimento dos Mínimos Quadrados, onde a somatória do quadrado dos erros é minimizada. De posse de um conjunto de dados, que reflete observações da variável dependente e de uma ou mais variáveis explanatórias, é possível, então, a definição de uma regressão através do procedimento de ajuste de uma reta, ou de uma função linearizada, em que os desvios entre observações e ajuste são minimizados. É legítimo, então, o questionamento de quão preciso é o ajuste obtido: mesmo com a minimização dos desvios, é possível que a qualidade do ajuste seja ruim, e, conseqüentemente, o uso desta regressão como modelo de previsão da variável dependente pode ser inadequado. A Estatística define uma série de parâmetros úteis à análise de regressões e avaliação da qualidade dos ajustes obtidos. Estes parâmetros são relacionados a seguir.

Coefficiente de correlação múltipla - R^2 :

É um índice global que aponta quão bem a variável dependente é explicada pelas variáveis explanatórias, ou regressores. Em um procedimento de ajuste tal parâmetro também auxilia na análise da contribuição, ao ajuste propriamente dito, de cada variável explanatória adicional que é introduzida ao modelo. Tomado um conjunto de observações da variável dependente Y_i , existe um valor médio associado a esses valores Y_m , de tal forma que a somatória de $(Y_i - Y_m)^2$ pode ser interpretada como a variação total da variável dependente Y . Por outro lado, a definição de um ajuste ao conjunto de dados da associação observada entre Y e as variáveis explanatórias utilizadas X_i , permite a estimativa Y_a , onde: $Y_a = a + b(X_i)$. A somatória dos desvios de Y_a em relação ao valor médio Y_m , isto é, somatória de $(Y_a - Y_m)^2$, pode ser interpretada como a variação explicada por todos os regressores. Assim, a relação entre a variação explicada por todos os regressores e a variação total das observações pode ser utilizada como uma medida de qualidade do ajuste efetuado: $R^2 = \text{somatória } (Y_a - Y_m)^2 / \text{somatória } (Y_i - Y_m)^2$. O coeficiente de correlação R^2 varia entre zero e um. $R^2 = 1$ se, e somente se, $Y_a = Y_i$, isto é, se todos os valores ajustados forem exatamente coincidentes com os valores observados. O coeficiente de correlação múltipla expressa a porcentagem da variação explicada pela regressão. Obviamente quanto maior

for o R^2 de uma regressão, mais preciso é o ajuste obtido entre a variável dependente e as variáveis explanatórias, aumentando-se a chance de que tal regressão possa ser utilizada de forma mais precisa como modelo de previsão da variável dependente.

Grau de significância dos coeficientes da equação de regressão :

O procedimento de ajuste de uma equação de reta correlacionando a variável dependente à uma ou mais variáveis explanatórias é feito de forma a que os coeficientes da equação ajustada indiquem um valor médio em torno de uma certa dispersão de pontos. Estatisticamente a equação de ajuste $Y_a = a + b(X_i)$ tem dois estimadores, a e b , com valores médios definidos e uma certa variância amostral. Em termos práticos, quanto maior for o valor estimado do coeficiente em relação à sua variância, mais certeza tem-se da significância do regressor X_i quanto ao ajuste obtido. Essa verificação está estatisticamente associada a um teste de hipótese, e permite ao analista aceitar ou refutar a inserção de um certo regressor ao modelo de previsão de Y . Neste trabalho, os testes de hipótese acima referenciados foram feitos dentro da significância 90%, o que vale dizer que foram mantidas nas regressões todas as variáveis explanatórias cuja relação valor médio/variância amostral estavam acima do valor correspondente na tabela de distribuição "t de Student".

Análise da variância da variável dependente ou endógena :

A variância total da variável dependente pode ser decomposta em duas partes, a primeira associada à regressão, chamada "variância explicada", e uma segunda parcela associada ao erro do ajuste, designada "variância não explicada". Por meio deste procedimento pode ser feito um teste de hipótese acerca da significância do ajuste em seu conjunto. O parâmetro estatístico utilizado neste procedimento é o estimador F , definido como sendo a relação:

$$F = \frac{\text{variância explicada pela regressão}}{\text{variância não explicada}}$$

Obviamente, quanto maior o parâmetro F melhor a qualidade do ajuste em seu conjunto. Da mesma forma que no caso da análise de significância das variáveis explanatórias, adotou-se neste trabalho o limite de significância 90%, o que vale dizer que foram aceitos todos os ajustes

em que a relação entre as variâncias totais estavam acima do valor correspondente na tabela de distribuição "F de Snedecor".

Análise de auto-correlação dos erros :

Na análise do ajuste estatístico um teste importante é o da auto-correlação dos erros aleatórios do modelo. A auto-correlação surge quando os erros estão correlacionados entre si, o que significa que o erro de uma determinada observação depende do valor assumido pelo erro da observação anterior, e assim por diante. Geralmente este comportamento aparece quando o modelo não é adequadamente definido e alguma variável é omitida na especificação do mesmo. Existe um teste estatístico baseado na correlação entre os erros aleatórios que permite uma indicação relativamente precisa da presença ou não de tal problema. Este teste estatístico é o de Durbin-Watson-DW. Este parâmetro é, então, empregado no teste de hipóteses que permite a inferência de existência ou não de auto-correlação entre os erros.

8.1.1 Cenários de projeção

A técnica de cenários foi empregada no procedimento de projeção das frotas, quilometragens, passageiros.kilometros e passageiros transportados, a partir das várias equações de regressão previamente ajustadas à base de dados disponível. No contexto da modelagem proposta, os cenários contribuem para ampliar o escopo da análise e orientar o decisor quanto ao risco de implementação de cada estratégia de ação possível. Foram definidos dois eixos de análise, correspondendo a duas hipóteses de crescimento da economia nacional, as quais são extrapoladas para todos os estudos-de-casos. Atribui-se nos cenários taxas de crescimento às variáveis explanatórias das equações de regressão, identificadas no texto como "variáveis quantitativas", bem como valores a eventuais fatores de correção que permitam ajustes "ex-post" das projeções obtidas, ou, ainda, um detalhamento das mesmas. Essas variáveis, chamadas "qualitativas", caracterizam alterações comportamentais ou estruturais das projeções, indicando a ação de fatores que não podem ser analisados diretamente nas regressões, devido à natureza dos modelos elaborados.

Os cenários e a modelagem adotada - quilometragem, frota, demanda energética, emissões e gases poluentes - tem uma aplicabilidade geral, para todas as cidades enfocadas neste trabalho. Todavia, deve ser salientado que a modelagem, em alguns casos, teve de ser adequada e ajustada à disponibilidade de dados de cada uma das seis cidades, como pode ser verificado em cada um dos estudos-de-casos. No tocante aos cenários, além daqueles gerais e aplicáveis para o conjunto das cidades, detalhou-se outros, específicos, apresentados nos estudos-de-casos de cada uma das cidades, para a evolução econômica e social, quer seja ao nível da cidade em questão, quer seja ao nível do estado onde encontra-se a respectiva cidade.

8.1.2 Cenários comuns a todos os estudos-de-casos

No contexto deste trabalho, os cenários considerados no exercício de projeção de frotas, quilometragem, passageiros.kilômetro e passageiros transportados, de automóveis, táxis e ônibus, foram definidos a partir da atribuição de valores e/ou tendências de evolução a dois conjuntos de variáveis, a saber - quantitativas e qualitativas. As variáveis quantitativas são as chamadas de explanatórias nas várias equações de regressão enquanto as variáveis qualitativas constituem o conjunto de parâmetros que, embora não estejam contempladas nas regressões, podem ser consideradas na correção ou detalhamento das séries projetadas. Estas correções ou detalhamentos, após a obtenção das séries projetadas, devem-se às limitações intrínsecas aos modelos adotados. Viabiliza-se, assim, a análise explícita das variáveis de cenário que não podem ser incorporadas como variáveis explanatórias no instante de definição das equações de regressão.

No estabelecimento de todos os cenários, considera-se duas hipóteses básicas de evolução das variáveis : (a) *tendencial*, mais conservadora, incorporando a tendência observada até o momento, e (b) *otimista*, contemplando melhorias significativas em relação às tendências históricas observadas. A seguir, apresenta-se as variáveis quantitativas e qualitativas que foram analisadas, dentro do enfoque das hipóteses tendencial e otimista para o crescimento econômico.

Evolução do Produto Interno Bruto

O PIB-Produto Interno Bruto- é o parâmetro normalmente utilizado como indicador geral do nível de atividade econômica do país. As expectativas com relação ao seu comportamento

futuro, ou seja, do crescimento da economia brasileira, são traduzidas aqui através de duas hipóteses ou cenários para o período de 1995 a 2010 : *(a) Tendencial e (b) Otimista*. As referências básicas para definição desses cenários foram os percentuais utilizados pela ELETROBRÁS e PETROBRÁS em suas projeções de mercado, a partir de estudos originalmente desenvolvidos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento e Social-BNDES. Nas duas alternativas foram definidas tendências de evolução escalonada do PIB até que se atinja, em 2000, uma taxa de crescimento de 2,0% a.a. , no caso do cenário tendencial, e, 7,0% a.a., no caso do cenário otimista de crescimento econômico. No período 2000/2005 esses percentuais elevam-se nos cenários tendencial e otimista, respectivamente, para 5,0% e 6,0%.a.a.. Para o período 2005/2010, as taxas de crescimento atribuídas para o PIB são 4,0% e 6,0% a.a., respectivamente, nos cenários tendencial e otimista. A partir desta evolução do PIB é que são atribuídos os valores para o nível de atividade econômica das cidades e/ou respectivos estados, em cada um dos estudos-de-casos.

Evolução da urbanização e da população

Os dados preliminares do Censo de 1991, estão apontando para uma diminuição na expansão demográfica, comparativamente à aquela verificada na década de 70. Entre 1980/91 teve-se uma taxa de 1,9% a.a. para o crescimento demográfico. Configurando-se as hipóteses do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE -, o Brasil terá em 1995 um total de 156,8 milhões de habitantes. No tocante à taxa de urbanização, esta vêm se elevando historicamente; de um patamar de 74,4 %, em 1990, conforme o IBGE, se atingirá a taxa de 77,2% em 1995. No tocante à urbanização, considerou-se para cada das cidades enfocadas nos estudos-de-casos as mesmas taxas previstas para o país, para todo o horizonte de planejamento, tanto no cenário tendencial quanto no otimista. Por outro lado, no caso da evolução populacional, independentemente de configurar-se o cenário tendencial ou otimista de crescimento econômico, supõe-se que todas as cidades devam apresentar um crescimento populacional da ordem de 2% ao ano.

Evolução do Planejamento Urbano

A cenarização da variável "**planejamento urbano**", no país, teve como balizador a análise de sua evolução nos últimos anos, observando-se que, apesar das inúmeras propostas e

discussões feitas nos vários fóruns de decisão das áreas governamentais e privadas afins, muito pouco de concreto foi realizado. A principal causa restritiva para um maior aprofundamento dessas discussões e, principalmente, para a aplicação de medidas efetivas de uso e ocupação do solo integrando diversos meios de transporte, esbarrou nos reflexos da crise econômica vivida pelo país e nos entraves burocráticos existentes para o repasse de verbas federais para os municípios. Após a Constituição de 1988 o quadro geral têm melhorado; todavia, ele ainda está muito aquém das necessidades, sobretudo considerando o elevado crescimento populacional dos maiores centros urbanos do país.

À luz de inúmeras propostas já ventiladas para o planejamento urbano, das perspectivas de uma retomada susceptível do crescimento econômico do país, ainda nos anos 90, do elevado contingente populacional cerceado de transportes e habitação, e das transformações em curso no âmbito internacional, de reordenamento da ocupação urbana e solo, uso de novas tecnologias de transporte de massa, notadamente daquelas ambientalmente mais sustentáveis, pode-se inferir algumas mudanças em um futuro próximo, em alguns dos maiores centros urbanos do país.

No **cenário tendencial** para o planejamento urbano se assume que serão mantidas as tendências atuais e que melhorias somente ocorrerão em caráter marginal. Tais melhorias implicariam em seguir o ritmo atual de expansão da oferta de transporte coletivo e habitação, sem estudos mais aprofundados para integrar o uso e ocupação do solo, energia e meio ambiente. Neste sentido, continuaria o processo de favelamento nas cidades, face à inexistência de um melhor zoneamento urbano, o que acabaria elevando as distâncias do trabalho à residência, em uma conjuntura de pouca expansão dos sistemas de transporte de massa e pouca preocupação em se incrementar a intermodalidade e ganhos ambientais com outros sistemas de transporte, além do rodoviário sobre pneus. Este cenário, se caracterizaria, também pela inexistência de maiores incentivos para a utilização de combustíveis alternativos no setor de transportes, como o gás natural e a eletricidade. O emprego de corredores exclusivos e semi-exclusivos, assim como veículos leves e metrô, teriam sua expansão nas mesmas taxas observadas nos últimos anos. Medidas que visem garantir melhorias ambientais nos grandes centros urbanos, como melhorias no consumo específico dos autoveículos e a qualidade dos combustíveis, ocorrerão mais em face de atuação das forças de mercado, do que a existência de políticas governamentais que priorizem melhorias no meio ambiente.

No **cenário otimista** de planejamento urbano se assume que serão adotadas soluções criativas para o transporte e para o meio ambiente, totalmente integradas ao planejamento urbano dos grandes centros urbanos do país. Em uma conjuntura de maior crescimento econômico, se pressupõe maiores verbas para investimentos em infra-estrutura de habitação e transportes, nas cidades. Verificar-se-ia uma atuação efetiva dos municípios no zoneamento urbano, aliviando o trânsito e trazendo reflexos extremamente positivos para o consumo específico e quilometragem dos autoveículos e para o meio ambiente. Melhorias no consumo específico dos autoveículos e a penetração de energéticos alternativos ao óleo Diesel e à gasolina, seriam garantidos através de uma política bem executada de impostos justos e subsídios aplicados de forma equilibrada. A eletricidade seria incentivada para uso em metrô e trolebus em vias semi-exclusiva.. Haveria um incremento do uso de gás natural em ônibus e táxis, atendendo à reivindicação por melhorias ambientais, pela sociedade. Os tempos de viagem seriam diminuídos, tanto pelo melhor zoneamento urbano quanto pelo incremento substancial dos corredores exclusivos e semi-exclusivos para o transporte coletivo, sobre pneus e trilhos. Ter-se-ia, neste cenário também, medidas de facilitação do uso do transporte individual, através do planejamento de grandes estacionamentos, em estações de transbordo de sistemas de média e grande capacidade de transporte.

Evolução do Tratamento da Questão Ambiental

No cenário tendencial, as soluções para a questão ambiental, sobretudo a poluição do ar, típica dos grandes aglomerados urbanos e oriunda em parte, dos veículos automotores, deverão, até a virada do século, concentrar-se mais nas soluções tecnológicas, com pouca ênfase na educação ecológica. Vislumbra-se também, que pouca atenção será dada à aplicação de instrumentos preventivos, ao planejamento urbano, viário e de transporte. Até a virada do século, a falta de sintonia entre políticas de urbanização, transportes e meio ambiente, acabariam por levar a um grande esforço na área de controle corretivo, sem uma melhoria proporcional na qualidade do ar. Após o ano 2000, mesmo no cenário tendencial, se pressupõe que, uma vez atendidas as necessidades básicas da população, a questão ambiental tornar-se-a uma variável importante no estabelecimento das políticas de desenvolvimento em todos os níveis de decisão governamental : municipal, estadual e federal, ou seja, o crescimento auto-sustentado sai da teoria para a prática.

No caso do cenário otimista para a questão ambiental, imagina-se que as tendências internacionais verificadas para o transporte urbano, cujas características inserem-se dentro do contexto de um crescimento auto-sustentado, começariam a ser contempladas e efetivamente aplicado no país a partir de 1995. Nesse sentido, supõe-se o estabelecimento de mecanismos institucionais, técnicos, educacionais e financeiros para o gerenciamento das relações entre transporte, saúde pública e os problemas ambientais. Nas regiões metropolitanas verificar-se-ia melhorias sensíveis na coordenação das iniciativas municipais, estaduais e federais, na busca de soluções integradas para o meio ambiente, tendo como resposta um aumento das informações e do poder coercitivo das ações de controle, tanto nas relações transporte e meio ambiente, quanto de outras áreas afins. Ainda dentro deste cenário, se pressupõe que soluções criativas promovam a articulação dos setores de transporte, energia, saneamento e planejamento urbano, com reflexos altamente positivos ao meio ambiente. A legislação ambiental da Califórnia para o setor de transportes seria o objetivo a perseguir neste cenário.

Evolução dos Preços dos Energéticos

Petróleo e derivados

Duas hipóteses são consideradas, a primeira assumindo que o petróleo terá seus preços internacionais mantidos no nível de 20 US\$/barril durante todo o horizonte de planejamento, e a segunda assumindo a manutenção do patamar de 20 US\$/barril só até o ano 2000, com uma elevação de 50%, atingindo 30 US\$/barril, no período 2000/2010.

No primeiro caso, considerado otimista, os preços da gasolina e do óleo Diesel, permaneceriam inalterados ao longo de todo o período de planejamento, 78,71 e 51,01 US\$/barril, respectivamente. Na segunda alternativa, considerada tendencial, os preços da gasolina e do óleo Diesel seriam mantidos inalterados até o ano 2000. A partir de 2000, como reflexo da elevação dos preços do petróleo no mercado internacional, os preços destes dois energéticos seriam majorados em 50%.

Álcool

O preço do álcool hidratado, no cenário tendencial, teria seu preço continuamente majorado de acordo com a sua evolução histórica, ou seja, crescimento a uma taxa de 0,5 a.a. ao

longo de todo o período de planejamento. Sairia de um patamar de 72,66 US\$/barril em 1995 e atingiria cerca de 78,31 US\$/barril em 2010.

Na premissa otimista, o preço do álcool hidratado, em face de um crescimento econômico mais favorável e de uma política ambiental mais rígida, aliado à incentivos governamentais visando ganhos de produtividade no setor sucro-alcooleiro através de um maior desenvolvimento tecnológico, notadamente na região Nordeste, elevar-se-ia às mesmas taxas do cenário tendencial até o ano 2000. A partir de 2000 e até o fim do horizonte de planejamento, o seu preço permaneceria constante. Assim, de 72,66 US\$/barril em 1995, atingiria 75,99 em 2000, permanecendo inalterado até o ano 2010.

Teor de enxofre da Gasolina e do Óleo Diesel

O mercado dos combustíveis tradicionais tradicionais- gasolina e óleo Diesel -, não se apresenta uniforme, em termos de qualidade, no território nacional.

Ao longo dos anos 80, esforços da PETROBRÁS na área de refino e dessulfurização quase eliminou o teor de enxofre da gasolina. No cenário tendencial, não imagina-se que esta situação viria a sofrer modificações substanciais ao longo do período de planejamento. A tendência de eliminação total do enxofre da gasolina não ocorreria, notadamente em função de restrições a novos investimentos em refino. No momento, a porcentagem média de enxofre na gasolina situa-se em torno de 0,08%. Neste cenário, o teor de enxofre no óleo Diesel deverá permanecer tal qual a atual, fundamentalmente em função da falta de recursos para investimentos em refino e dessulfurização. O uso de catalisadores em motores Diesel não seria viável, com a manutenção da média atual de 0,7% de enxofre neste combustível.

No caso do cenário otimista, além da total uniformização da qualidade da gasolina e do óleo Diesel no território nacional, ter-se-ia a eliminação completa do enxofre da gasolina e a obtenção dos limites europeus e norte-americanos para o nível de enxofre no óleo Diesel, cerca de 0,05%. Nesta situação, imagina-se o início da utilização de catalisadores para motores Diesel. A uniformidade da qualidade da gasolina e do óleo Diesel implicará em investimentos no refino e na instalação de unidades de dessulfurização nas refinarias brasileiras, o que imagina-se ser factível no cenário otimista de crescimento econômico.

A obtenção de óleo Diesel dentro dos padrões de qualidade europeus e norte-americanos, requer à destilação do petróleo à temperaturas entre 180 e 360 graus centígrados, significando uma produção deste energético em torno de 26% ou 28% do total de derivados de petróleo produzidos no Brasil. Esse percentual não sendo suficiente para atender à demanda nacional, têm levado à PETROBRÁS a alterar as temperaturas de destilação do petróleo, afetando a qualidade do produto final. No cenário otimista, imagina-se que tal situação seria contornada através de investimentos em refino aliados a políticas de incentivos à intermodalidade e o uso de energéticos alternativos no setor de transportes.

Mercado de Automóveis

O mercado de automóveis nos cenários tendencial e otimista será amplamente favorável para os pequenos, ao longo de todo o período de planejamento.

Um incremento das vendas de automóveis pequenos, até 1000 CC, depende do ritmo de crescimento das cidades e, conseqüentemente, das condições de tráfego nas mesmas, da evolução da qualidade do transporte coletivo, do crescimento econômico, do nível de distribuição da renda e da existência ou não de uma política de fomento desse mercado.

No cenário tendencial comparativamente ao otimista, as vendas de automóveis pequenos tendem a ser menores, uma vez que, com um relativo crescimento da economia, sem melhoria da distribuição da renda e sem incentivos significativos aos carros pequenos, a participação dos mesmos tende a diminuir, pelo efeito da concentração da renda. Em contrapartida, no cenário otimista, vis-a-vis o tendencial, melhorias estruturais significativas no perfil de distribuição de renda do país e políticas governamentais de incentivos a esse tipo de veículo, via abatimentos fiscais, facilidades creditícias e legislação ambiental, fariam com que a sua participação, inclusive com a incorporação de eletrônica embarcada tenda a se ampliar significativamente.

Evolução do Preço dos Automóveis - PSMA

A variável explanatória empregada para indicar tal evolução é o preço do automóvel mais barato do mercado(PSMA), em salários mínimos.

No cenário tendencial, imagina-se que o preço de mercado, médio, observado em 1994, de 149 salários mínimos, cresça continuamente, de 1995 a 2010. Ao fim do período de planejamento este valor seria da ordem de 200 salários mínimos.

A hipótese otimista assume que o valor de 1994 (149 salários mínimos) decresça continuamente entre 1995 e 2010, atingindo o nível de 40 - menor valor registrado no Brasil - salários mínimos ao fim do período de planejamento.

Partição do Mercado de Automóveis entre o Álcool e a Gasolina

Quanto à partição do mercado de automóveis entre veículos à álcool e à gasolina, pressupõe-se no cenário tendencial, a continuidade, entre 1995 e 2010, da situação observada nos dois primeiros anos da década de 90, quando o mercado interno absorveu cerca de 87% dos carros novos com modelos à gasolina. Esta manutenção do "status quo" relaciona-se, fundamentalmente, com o descrédito que o PROÁLCOOL emergiu em fins dos anos 80 e início dos anos 90. Por outro lado, no cenário otimista, imagina-se, que entre 1995 e 2000, ocorra um quadro de "crescimento otimizado" traduzido em uma reorientação do PROÁLCOOL, envolvendo a partição do mercado em parcelas iguais para os carros novos a álcool e a gasolina. Ainda neste cenário, para o período 2001 a 2010, pressupõem-se que a questão ambiental ganhe premência e se priorize o álcool combustível nos carros novos.

Alterações Modais

Nas análises da evolução do transporte coletivo da cidade de Salvador, imagina-se que, no cenário tendencial de planejamento urbano, as alterações modais seguiriam a tendência histórica, quando apenas pequenos esforços foram canalizados para incentivar a intermodalidade, resultando, ao longo do período de planejamento na continuidade do transporte coletivo essencialmente sobre pneus. No caso do cenário otimista de planejamento urbano, pressupõe-se a aplicação efetiva de uma política de fomento ao transporte coletivo.

No cenário tendencial, a análise da intermodalidade é traduzida na redução gradual do indicador "pass.km", de forma a atingir, em 2010, 90% do valor projetado; a entrada de gás natural é a opção analisada entre as alternativas energéticas, para ônibus e táxis.

No cenário otimista, postula-se uma redução gradual do indicador "pass.km" de forma a atingir em 2010, 70% do valor projetado; aqui também, a entrada de gás natural é a opção analisada entre as alternativas energéticas, para ônibus e táxis.

Desenvolvimento de Energéticos Alternativos e Passíveis de Utilização no Transporte Urbano

Independentemente do cenário a configurar-se, não se prevê maiores restrições de oferta de petróleo. É possível que ocorram problemas eventuais associados à oferta de óleo Diesel e álcool, ambos em uma perspectiva de ampliação rápida da frota nacional de autoveículos e poucos recursos para a ampliação da capacidade de produção.

Quanto ao desenvolvimento de energéticos alternativos aos derivados de petróleo, se prevê uma forte redução de custos e a evolução tecnológica para quase todas as opções energéticas, atualmente consideradas como factíveis para substituir os derivados de petróleo, destacando-se o gás natural. O gás natural deve crescer continuamente no mercado, principalmente em autoveículos urbanos, alavancado pela premência de soluções para a questão ambiental. O baixo nível de emissões associado à combustão do gás natural e a fraca inserção deste energético na matriz energética nacional, favorecem crescimento de mercado. O uso de eletricidade deverá ser ampliado nos transporte de massa, seguindo a priorização ambiental, enquanto os carros elétricos somente encontrarão espaço após 2005, desde que experiências internacionais, como a da Califórnia se viabilizem completamente. O álcool deverá manter o seu espaço na mistura com a gasolina; todavia, a sua completa viabilização com alternativa à gasolina, dependerá, primordialmente de quão eficaz for a reestruturação do PROÁLCOOL. Se, eventualmente, esta reestruturação for positiva, seu espaço no mercado estará assegurado, como, também, poderá criar oportunidades aos óleos vegetais como substitutos ao óleo Diesel. A gasolina e o óleo Diesel deverão continuar tendo um importante papel no desenvolvimento e expansão do transporte urbano, até o ano 2010.

Novas Tecnologias Passíveis de Utilização em Veículos no transporte urbano

No cenário tendencial, não se supõe que ocorra o emprego de novas tecnologias de uma forma marcante. Dentro de uma conjuntura econômica mais desfavorável, tais inovações seriam

apenas marginais, não representando um saldo líquido favorável ao consumo de energéticos e às emissões de poluentes.

No tocante ao cenário otimista, dentro do período de planejamento considerado, o espaço para veículos bi-combustíveis estará fortemente atrelado aos desenvolvimento desta tecnologia em países desenvolvidos. A penetração desta tecnologia no mercado nacional de automóveis e veículos comerciais leves não deverá ocorrer antes do ano 2005. Mesmo após 2005, o mercado para estes tipos de veículos ainda será restrito no país, uma vez que espera-se uma grande evolução tecnológica nos motores ciclo Otto. O desenvolvimento tecnológico dos motores deve favorecer a redução das emissões de poluentes e a melhoria dos parâmetros de desempenho até 2010. As tendências atuais de redução de peso e volume deverão continuar. A elevação de potência não deve ocorrer com aumento da cilindrada e consequentemente do consumo, mas com a elevação da rotação, uso de turbo-compressores e uma maior utilização da eletrônica.

Os motores ciclo Diesel deverão ter seu espaço no mercado restringido apenas aos caminhões, principalmente, e aos ônibus, em menor grau, em função do aumento da eficiência dos motores ciclo Otto. Não obstante, o espaço dos motores Diesel em ônibus estará garantido, sobretudo face ao emprego de eletrônica no seu controle e operação.

Além da eletrônica embarcada, os ônibus terão ampliados os uso de transmissões com sistemas automáticos e semi-automáticos, justificadas a partir da necessidade de redução do esforço do motorista e minimização do consumo de combustível. Estas tecnologias deverão ter sua penetração mais marcante a partir do ano 2000.

De uma forma geral, a eletrônica embarcada deverá penetrar rapidamente em todos os autoveículos empregados no transporte urbano de passageiros. A sua utilização visará melhorias no nível de segurança, consumo de combustível, nas emissões de poluentes e no conforto e conveniência dos motoristas e passageiros. Dentro deste contexto, o uso de semáforos inteligente viria compor e otimizar o tráfego deste autoveículos nos grandes centros urbanos.

Consumo Específico

No cenário tendencial não se espera melhorias significativas no consumo específico observado nos autoveículos atualmente empregados no transporte urbano. Para este cenário supõe-se que o consumo específico de ônibus e automóveis, incluindo os táxis, permaneça

inalterado entre 1995 e 2010, como indicado a seguir : (a) Automóveis à álcool : 9,18 km/l; (b) Automóveis à gasolina : 11,90 km/l e (c) Ônibus : 2,50 km/l.

Por outro lado, no cenário otimista se espera que, a partir de um maior incremento de novas tecnologias, como um uso mais intenso da eletrônica e aumento da eficiência nos motores, a partir do ano 2000, verificar-se-á um saldo favorável tanto no consumo de combustíveis quanto nas emissões de poluentes. Para este cenário supõe-se que entre 1995 e 2000, permanecerá a situação a ser observada no cenário tendencial. A partir do ano 2000, imagina-se uma melhoria de 5% no consumo específico atual para todos os tipos de autoveículos.

Neste cenário, se supõe, também, que os impactos de medidas de conservação implementadas no setor de transporte, viriam contribuir decisivamente para as melhorias no consumo de combustíveis e nas emissões de poluentes, assim como para a ampliação do mercado dos automóveis pequenos, já a partir de 1995.

Evolução do Número de Passageiros por Ônibus por Viagem

Tanto no cenário tendencial, caracterizado por uma evolução mais desfavorável da economia, quanto no cenário otimista, caracterizado por um maior crescimento econômico do país, o número médio de passageiros por ônibus por viagem, deverá diminuir. Tal premissa baseiam-se no fato de que a situação reinante, é a pior possível, portanto, mesmo em uma perspectiva de baixo crescimento econômico, ter-se-á a médio prazo medidas governamentais e da iniciativa privada visando diminuir este indicador.

No caso do cenário de maior crescimento econômico, se espera que a diminuição deste indicador ocorra tanto por conta de uma conjuntura econômica mais favorável, quanto devido à implementação de medidas efetivas em direção à intermodalidade.

Assim, em ambos os cenários, supõe-se que, entre 1995 e 2000, este indicador fique no patamar de 60 pessoas, e que, a partir de 2001, este indicador decresça para 50 pessoas, em média, por ônibus e por viagem.

Legislação Ambiental

A atual legislação ambiental brasileira concernente às emissões de automóveis com motores ciclo Otto, vigora desde 1992. A partir de 1997, uma nova legislação já está delineada,

cujo prazo de validade ainda não está totalmente definido. Para efeito de cenarização, considerou-se que até o ano 2000 as normas estabelecidas para 1997, ainda estarão em vigor. A partir daquele ano, buscou-se caracterizar a evolução desta legislação dentro de dois cenários alternativos.

No tocante à legislação para os motores com ciclo Diesel, a legislação atual é muito precária. Neste trabalho, para os dois cenários considerados - tendencial e otimista-, procurou-se, a partir de 1995, utilizar, como balizadores os fatores médios de emissão de Murgel et alii (1987) e da EPA (1987).

Fatores de Emissão em Motores Ciclo Otto para Automóveis e Táxis, à Álcool

Para o cenário tendencial considerou-se que, nos anos de 1995 e 1996, permanecem inalterados os valores estabelecidos pela legislação que entrou em vigor em 1992. No período 1997/2010 se supõe que os valores limites máximos estabelecidos para entrarem em vigor em 1997 permanecerão constantes.

No caso do cenário otimista, os fatores de emissão estabelecidos em 1992 permanecem entre 1995/1996, enquanto que, entre 1997/2000, valeriam aqueles estabelecidos para entrar em vigor em 1997. No período entre 2001 e 2010, se espera uma redução de 40% nos fatores de emissão que entram em vigor em 1997.

Fatores de Emissão em Motores Ciclo Otto para Automóveis e Táxis à gasolina

No caso do monóxido de carbono, hidrocarbonetos, NOx e aldeídos, no cenário tendencial, considerou-se que, nos anos de 1995 e 1996, permaneceriam inalterados os valores dos fatores de emissão estabelecidos pela legislação que entrou em vigor em 1992. Para o período entre 1997/2010 se supõe que os valores limites máximos estabelecidos para entrarem em vigor em 1997 válidos. Já no cenário otimista, os fatores de emissão estabelecidos em 1992 permanecem entre 1995 e 1996, enquanto que, entre 1997 e 2000, ficam aqueles estabelecidos para entrarem em vigor em 1997. No período entre 2001 e 2010 se espera uma redução de 40% nos fatores de emissão que entram em vigor em 1997.

No tocante aos óxidos de enxofre, para o cenário tendencial, supõe-se que o fator de emissão de 0,1 g/km, será mantido constante entre 1995 e 2010. Tal suposição baseia-se no fato de que, com o crescimento econômico esperado neste cenário, não seriam dispendidos maiores

esforços para a dessulfurização total da gasolina. Por outro lado, no cenário otimista, onde se prevê um crescimento econômico pronunciado, é de se esperar que entre 1995 e 2000 o fator de emissão permaneça constante. Todavia, entre 2001 e 2010, se verificaria um maior esforço para a dessulfurização da gasolina. A configurar-se este cenário, o fator de emissão sofreria uma redução de 15%, atingindo 0,085 g/km.

Fatores de Emissão em Motores Ciclo Diesel de Ônibus

No que diz respeito aos fatores de emissão para os motores Diesel - monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e materiais particulados -, para ambos cenários, tomou-se por base Murgel et alii (1987) e EPA(1987).

Para o monóxido de carbono, no cenário tendencial, entre 1995 e 2010, considera-se o valor, da EPA, de 32,4 g/km, enquanto que no cenário otimista, considera-se o valor de Murgel et alii, de 17,8 g/km..

No caso dos hidrocarbonetos, para o período 1995/2010, considerou-se como referência para o cenário tendencial, o valor da EPA, de 2,1 g/km; enquanto que, para o cenário otimista se pressupõe uma redução de 50% do valor do cenário tendencial.

Quanto aos óxidos de nitrogênio, para o cenário tendencial, considera-se para todo o horizonte de planejamento o valor da EPA, de 16,3 g/km; enquanto que, no cenário otimista dois períodos são considerados, sendo o primeiro entre 1995 e 2000, onde se espera um fator de emissão de 13,0 g/km (Murgel et alii, 1987), e o segundo, entre 2001 e 2010, se supõe que haveria uma redução de 50% do valor cenarizado para o primeiro período.

Para os materiais particulados, no cenário tendencial, se espera que, entre 1995 e 2010 o valor da EPA, de 3,45 g/km permaneça inalterado. No caso do cenário otimista, entre 1995 e 2000 supõe-se que valor da EPA, de 3,45 g/km permaneça inalterado; a partir de 2001, melhorias tecnológicas levariam este fator de emissão para o patamar de 0,81 g/km, valor este próximo ao de Murgel et alii (1987).

Finalmente, para os óxidos de enxofre, entre 1995 e 2000, no cenário tendencial seria mantido constante o fator de emissão de 4,79 g/km. Já no cenário otimista, este valor somente seria mantido entre 1995 e 2000; a partir de 2001, investimentos em dessulfurização possibilitaria

redução do teor de enxofre no óleo Diesel, refletindo no seu fator de emissão que seria da ordem de 2,63 g/km, representando uma redução de 55% dos valores do período 1995/2000.

8.1.3 Modelagem de projeção das emissões e de gases poluentes

Os veículos automotores constituem, juntamente com os trens, aviões e embarcações fluviais e marítimas, as chamadas fontes móveis de poluição do ar. Dentre eles, os veículos automotores são a fonte mais poluidora; eles provavelmente continuarão a sê-los, ao menos no médio prazo. Os poluentes em questão contêm compostos tóxicos e materiais orgânicos, chamados poluentes primários, que reagem na atmosfera, originando o que se chama poluentes secundários.

Como este trabalho objetiva uma avaliação preliminar dos níveis de poluição de cada uma das cidades enfocadas nos estudos-de-casos, optou-se, tanto no tocante à modelagem quanto nas análises dos resultados, por um enfoque parcial do problema, ou seja, considerou-se apenas os poluentes primários oriundos do cano de escapamento dos veículos automotores. Em termos globais, do cano de escapamento originam-se aproximadamente 80% de todas as emissões dos veículos automotores (Fernandes, 1992). Saliente-se que nos veículos automotores existem quatro fontes de poluição, o cano de escapamento, o cárter, o carburador e o tanque de combustível.

Os principais poluentes primários emitidos pelos veículos automotores são o monóxido de carbono - CO -, os hidrocarbonetos - HC -, os óxidos de nitrogênio - NO_x -, os óxidos de enxofre - SO_x -, materiais particulados -PM -, aldeídos e o dióxido de carbono - CO₂ -.

Medidas e estudos realizados pela Environment Protection Agency - EPA - (1987), nos EUA, mostram que a massa dos poluentes emitidos por unidade de tempo ou por distância percorrida é um índice satisfatório, podendo ser utilizado nas previsões ambientais, desde que tenha-se o conhecimento de suas limitações. Tendo este índice por base, comprovou-se que a composição e a quantidade dos gases emitidos pelo cano de escapamento são funções da velocidade média do veículo em um dado itinerário. Em consequência, as condições da circulação em uma cidade podem influir decisivamente sobre a poluição nos grande centros urbanos, sobretudo naqueles onde inexitem condições satisfatórias de tráfego.

Para efeito deste trabalho, adotou-se o índice denominado fator de emissão : massa de poluente emitido por distância percorrida. No caso dos automóveis e táxis, os fatores de emissão são os mesmo adotados pela CETESB (1992), devidamente ajustados através de um fator de deterioração para contemplar os veículos usados. No tocante aos ônibus duas opções são consideradas. A primeira baseia-se em Murgel et alii (1987) e a segunda em dados da Environment Protection Agency - EPA - (1987).

Emissões de automóveis e táxis

A emissão total para um determinado poluente, em um ano específico, é o resultado da multiplicação entre a quilometragem anual dos veículos, frota e o fator de emissão para cada poluente.

$$\text{Emissão (X)} = \text{quilometragem (km)} * \text{frota} * \text{fator de emissão (g/km)}$$

onde: X = CO, HC, NO_x, SO_x, Aldeídos

Os fatores de emissão máximos adotados pela CETESB para veículos leves novos, com motores ciclo Otto, a partir de janeiro de 1992, ainda em vigor, estão indicadas na tabela 8.1. Ainda na tabela 8.1, pode-se observar os valores limites para as emissões de gases de escapamento em veículos leves, que entraram em vigor em janeiro de 1997.

Tabela 8.1 Fatores de emissão médios para veículos novos com motores ciclo Otto

Ano	Escapamento (g/km)			
	Álcool			
	CO	HC	NO _x	Aldeído
1992	3,9	0,6	0,5	0,03
1997	2,0	0,3	0,5	0,03
	Gasolina			
1992	5,9	0,5	0,6	0,03
1997	2,0	0,3	0,6	0,01

Fonte : CETESB/PROCONVE, 1992.

Os fatores médios de emissão a partir do ano 2001 e até o ano 2010, horizonte de planejamento deste trabalho, são avaliados através de cenários, de forma prospectiva.

Sobre os valores dos fatores de emissão de CO e HC para veículos leves novos entre 1995 e 2000, previamente conhecidos, bem como sobre aqueles cenarizados entre 2001 a 2010, deve incidir um fator de correção, comumente denominado de "fator de deterioração" - FD - do veículo, uma vez que, à medida em que os veículos envelhecem, existe um natural desgaste das peças e componentes, independente do seu estado de manutenção, acarretando um aumento nas emissões de CO e HC.

Saliente-se que não existe um fator de deterioração para os óxidos de nitrogênio, porque, contrariamente aos outros poluentes de exaustão do motor, no decorrer dos anos os veículos tendem a emitir menores quantidades deste poluente (Fernandes, 1992). Não foram considerados neste trabalho fatores de deterioração para o SOx e os aldeídos.

O cálculo dos fatores de deterioração pode ser feito a partir de metodologia desenvolvida pela Environment Protection Agency - EPA - , conforme indicado nas equações abaixo.

$$FD (CO) = \frac{56,34 + 2,55 * Y}{56,34}$$

$$FD (HC) = \frac{4,43 + 0,25 * Y}{4,43}$$

onde :

$$Y = \frac{\text{quilometragem acumulada por veículo ano a ano}}{1,61 * 10000}$$

Nesta metodologia o valor máximo de Y é de 6,21, tornando-se constante a partir de 100.000 km, quando ocorreria uma estabilização na degradação do veículo e das emissões. A partir destas considerações o cálculo do valor final do fator de emissão - FE - em cada ano, pode ser feito por : **FE = FE novo * FD**

Além da metodologia da EPA, existe uma outra alternativa para a correção dos fatores médios de emissões, que deriva de uma proposta da CETESB (1992) para ensaios de durabilidade e fatores de deterioração. Esta proposta pode solucionar em parte o problema de ajuste do fator

de deterioração quando não se tem uma base de dados confiável da quilometragem anual por veículo.

A CETESB, apesar de indicar que a durabilidade no controle de emissões deve ser assegurada pelo fabricante e demonstrada através dos procedimentos AMA, considera que estes ensaios são muito extensos e por isso, demorados e de alto custo. Daí, o PROCONVE deveria permitir simplificações, como o uso pelos fabricantes de fatores de deterioração prefixados "assigned deterioration factors" enquanto for inviável obter os fatores reais, especialmente para pequenas produções. Por exemplo, no caso de um fabricante com uma produção anual maior que 15.000 veículos de determinada tipo ou modelo de veículo, os fatores médios de deterioração alternativos do CO e HC seriam de 1,3 para estes dois poluentes.

Emissões de ônibus

A emissão total de um determinado poluente em um ano específico é o resultado da multiplicação entre o quociente do indicador de atividade - pass.km - e passageiros transportados - pass -, a frota e o fator de emissão para cada poluente :

$$\text{Emissão (X)} = \frac{\text{Pass. Km}}{\text{Pass}} * \text{frota} * \text{fator de emissão (g / km)}$$

onde :

X = CO , HC , NO_x , SO_x , PM

Para os ônibus, encontram-se disponíveis duas fontes de dados de fatores médios de emissões (tabela 8.2), as quais podem ser as balizadoras iniciais para a cenarização deste indicador, dentro do horizonte de planejamento proposto. A CETESB ainda não tem em pleno funcionamento ensaios com motores Diesel nacionais, utilizados em ônibus. O PROCONVE, por seu turno, para esta classe de motores, apresenta apenas limitações para a emissão de fuligem.

Os fatores de emissão para motores Diesel levantados por MURGEL et alii (1987), são parte de um trabalho mais amplo, onde tentou-se estabelecer uma metodologia de cálculo para as emissões veiculares. Em contrapartida, os dados da EPA(1987) foram levantados em pesquisa de campo, considerando um grupo de 100 ônibus com diversos tipos de motores Diesel, com

quilometragem média anual por veículo de 44.800 km. Os levantamentos de campo foram realizados em Houston e San Antonio, no Texas.

Tabela 8.2 Ônibus - Fatores de emissão médios dos gases de escapamento de motores Diesel, em g/km

MURGEL et alii, 1987			
CO	HC	NO_x	PM
17,8	2,9	13,0	0,81
EPA, 1987			
32,4	2,1	16,3	3,45

Emissões de SO_x e de CO₂

As emissões de SO_x oriundas do álcool combustível são desprezíveis; somente gasolina e óleo Diesel possuem emissões representativas deste poluente. Todavia, deve ser salientado que, na medida em que ocorram melhorias na qualidade e no consumo específico, estas emissões tendem a diminuir. Desta forma, nos cenários ambientalmente favoráveis, contemplou-se qualitativamente melhorias na qualidade da gasolina e do óleo Diesel e, quantitativamente, melhorias do consumo específico.

O cálculo do fator de emissão do SO_x para os veículos a gasolina e óleo Diesel, pode ser realizado através da equação abaixo e dados da tabela 8.3 (Nogueira, 1993).

$$FE(SO_x) = \frac{PM(SO_2) * M * P}{PM(S) * 100 * CE}$$

onde :

PM(SO₂) = peso molecular do SO₂ (g);

PM (S) = peso molecular do S (g);

M = massa específica do combustível (g/l);

P = % em peso do S no combustível ; e

CE = consumo específico (km/l)

Tabela 8.3 Dados para o cálculo do fator de emissão do SO_x

DADOS	GASOLINA	ÓLEO DIESEL
PM(SO ₂)	64,0	64,0
PM(S)	32,0	32,0
M	755,0	855,0
P	0,08	0,7
CE	11,9	2,5

No tocante às emissões de CO₂, dos três combustíveis considerados nesta análise - álcool, gasolina e óleo Diesel -, o primeiro guarda uma particularidade muito importante no que tange à emissão de dióxido de carbono. A maioria do gás produzido durante o consumo automotivo é reabsorvido pela safra canavieira seguinte, tornando o balanço entre emissão e reabsorção de carbono equilibrado. Em contrapartida, a gasolina e o óleo Diesel, dos derivados de petróleo empregados no transporte urbano, são os principais agentes poluidores e contribuintes em potencial ao efeito estufa. O cálculo das quantidades de emissões de CO₂ pode ser realizado a partir das demandas projetadas de gasolina e do óleo Diesel e dos fatores de emissão observados nos países da Agência Internacional de Energia - AIE - (1991), conforme mostrado abaixo.

Emissões CO₂(gasolina) = Demanda(tEP) * 0,81(tCO₂ / tEP)

Emissões CO₂(óleo Diesel) = Demanda(tEP) * 0,85(tCO₂ / tEP)

8.2 Estudo-de-Caso: Salvador, Estado da Bahia

A cidade de Salvador é o mais antigo núcleo urbano do Brasil e a primeira capital do país. Está , estando localizada na entrada da Baía de Todos os Santos. Foi fundada em 29 de março de 1549, no platô em que se encontra a cidade alta. Foi erguida sobre a montanha, funcionando como uma fortaleza de onde os colonizadores podiam se defender dos inimigos. Assim, em face da topografia, Salvador, sempre representou um desafio para os planejadores do seu espaço urbano, sobretudo entre os responsáveis pelas questões relacionadas ao transporte.

Atualmente, Salvador sofre também dos problemas crônicos da maioria das cidades brasileiras, face à crise financeira e a deterioração da qualidade de vida. Cerca de 84% de sua população tem rendimentos inferiores a cinco (5) salários mínimos, dos quais 57% recebem até dois (2) salários mínimos; o índice de analfabetismo corresponde a 20%; o mercado informal de trabalho absorve aproximadamente 45% da população economicamente ativa. Além disso, a cidade de Salvador, apresenta um elevado contingente populacional que não tem acesso aos sistemas de transporte urbano, devido ao baixo poder aquisitivo, oferta ineficiente e da existência de uma frota de ônibus, onde a maioria destes veículos estão em uso a mais de dez (10) ano (Alcoforado, 1992). Entre as décadas de 60 e 80, Salvador apresentou um elevado crescimento populacional, cerca de 4,3% ao ano. Salvador conta atualmente com mais de 2 milhões de habitante, o equivalente a mais de três vezes a população existente em 1960, que era de pouco mais de 600 mil habitantes. O crescimento populacional de Salvador tem sua origem no êxodo rural ocorrido em seu entorno, face as dificuldades de sobrevivência no campo enfrentadas pelos trabalhadores rurais, ocasionadas pela modernização do setor primário, fatores climáticos e à grilagem de suas terras. Destaque-se também neste contexto, o processo de industrialização ocorrido a partir da implantação do Centro Industrial de Aratu e o Complexo Petroquímico de Camaçari, que sem dúvida, acabou atraindo trabalhadores do interior do Estado da Bahia.

O sistema de transporte urbano de Salvador, não difere muito das demais capitais de estado do Brasil. A falta de outras tecnologias leva o sistema ao uso de praticamente de um único modo de transporte público - o rodoviário. O transporte público carece de integração modal. O estacionamento da área central da cidade, uso preponderante de motores de combustão interna, provoca em alguns ambientes, índices proibitivos de poluição atmosférica e sonora. Além disso, o altos custos das tarifas, a indisciplina dos usuários de automóveis, são problemas que afligem a vida cotidiana da cidade. De uma forma geral o sistema viário da cidade é composto pelas chamadas avenidas de vale e cumeada. Se por um lado, as deficiências geométricas de algumas vias, aliadas às características históricas e topográficas tornam Salvador uma cidade de difíceis e dispendiosas soluções para o transporte urbano, por outro a não ocupação imediata de seus vales abriu possibilidades de solução para seus problemas de tráfego de autoveículos e congestionamentos. O transporte rodoviário urbano responde por mais de 70% do movimento diário de passageiros, o percentual restante é atendido principalmente pelos modos ferroviário e

hidroviário. A frota de ônibus da cidade é composta por mais de 2100 ônibus, cerca de um ônibus para cada mil habitante. No tocante à questão ambiental, não se verifica medidas efetivas de planejamento e controle de emissões de poluentes automotivos.

8.2.1 Cenários de projeção

PIB do Estado da Bahia - PIBBA

A partir da evolução prevista para o Produto Interno Bruto do Brasil e das informações da CEI-Centro de Estatística e Informações e da Secretaria de Energia, Transportes e Comunicações do Governo da Bahia, elaborou-se os cenários tendencial e otimista para o Produto Interno Bruto do Estado da Bahia. No cenário tendencial, pressupõem-se que, entre os anos de 1995 e 2000, o nível de atividade cresça a uma taxa média de 2% a.a.. Entre os anos 2000 e 2005, o nível de atividade mais do que dobraria, atingindo, neste período, um crescimento de 5% a.a., enquanto nos últimos cinco anos enfocados por este trabalho, 2005 a 2010, verificar-se-ia um pequeno declínio desta taxa, atingindo-se um patamar de 4% a.a. No cenário otimista, se pressupõe um crescimento pronunciado do nível de atividade do Estado da Bahia já entre 1995 e 2000, cerca de 7% a.a., para então declinar ligeiramente, atingindo uma taxa média de crescimento anual de 6% a.a., ao longo de todo o período de planejamento restante - 2000/2010 -.

Produto Industrial do Estado da Bahia - PIBINDBA

No cenário tendencial se imagina que a evolução do setor industrial baiano apresente as mesmas taxas médias anuais do nível de atividade econômica global do estado. No cenário otimista em relação ao crescimento econômico, supõem-se que entre os anos 1995 e 2000, venha a ocorrer uma taxa média anual de 2% a.a. A partir do ano 2000 e até o fim do período de planejamento, se prevê que, com a ampliação do Complexo Petroquímico de Camaçari, a taxa média anual de crescimento do produto industrial seja de aproximadamente 7% ao ano.

Nível de Atividade Serviços - PIBSERBA - e Comércio - PIBCOMBA - do Estado da Bahia

No tocante aos cenários tendencial e otimista para o setor de serviços e comércio do Estado da Bahia, considerou-se as mesmas premissas de evolução das taxas médias anuais de

crescimento imaginadas para o setor industrial. Tal consideração baseia-se no fato que, entre 1995 e 2010, a economia baiana estará fortemente atrelada ao crescimento e desenvolvimento do setor industrial, sobretudo a configurar-se a duplicação do Complexo Petroquímico de Camaçari.

População Total de Salvador - POPTSAL

Independentemente de configurar-se o cenário tendencial ou otimista de crescimento econômico, considerou-se, para todo o horizonte de planejamento deste trabalho, que a cidade de Salvador terá um crescimento populacional de aproximadamente 2% ao ano, ligeiramente superior ao previsto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE para o país. Saliente-se que tal suposição esta de acordo com aquela prevista pela Centro de Informações e Estatísticas do Governo do Estado da Bahia.

População de Salvador com Renda Acima de 10 Salários Mínimos - POP10SM .

No cenário tendencial considerou-se que a taxa média de crescimento de 5% a.a. da população com renda superior a 10 salários mínimos, observada historicamente, deverá continuar no período entre 1995 e 2010. No tocante ao cenário otimista, esta taxa média anual de crescimento da população com renda superior a 10 salários mínimos deveria situar-se em 5% ao ano entre 1995 e 2000, para, a partir daí, dobrar atingindo, ao longo do período 2000/2010, uma taxa média anual de 10%. Esta premissa baseia-se, principalmente nas possibilidades abertas com a ampliação do COPEC.

8.2.2 Modelo de projeção das frotas dos veículos seu uso e sua demanda energética

Automóveis e Táxis

A modelagem da evolução da frota de automóveis particulares, total - FAUTOSAL - e à álcool - FROAPAL -, para a cidade de Salvador foi definida com base em um modelo tipo econométrico/uso final. A frota de automóveis particulares total e à álcool são projetadas de forma independente, sendo possível a verificação, "à posteriori" da compatibilidade dos resultados. Desta forma, a evolução da frota de automóveis particulares à gasolina pode ser obtida pela diferença - frota total e frota à álcool.

Os dados históricos de evolução da frota de automóveis particulares foram correlacionados ao nível de atividade do setor de serviços - PIBSERBA - e a população total de Salvador - POPTSAL - :

$$\text{FAUTOSAL} = 154459 + 2,98 \cdot \text{PIBSERBA} - 0,11 \cdot \text{POPTSA}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 11,01 \quad \quad \quad 3,41$$

$$R^2 = 0,97 \quad DW = 2,34 \quad F = 154$$

A frota de automóveis particulares à álcool foi projetada a partir da correlação de dados históricos da frota à álcool com os dados do número de habitantes de Salvador com renda acima de 10 salários mínimos - LNPOP10S -, em termos logarítmicos, e a participação percentual de automóveis novos à álcool, no total das vendas ao mercado interno - PAA - :

$$\text{FROAPAL} = -1755762 + 154320 \cdot \text{LNPOP10S} + 17396 \cdot \text{PAA}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 10,21 \quad \quad \quad 2,00$$

$$R^2 = 0,93 \quad DW = 1,75 \quad F = 53$$

A quilometragem total dos automóveis particulares - KMTA - e a quilometragem total rodada pelos automóveis particulares à álcool - KMCA -, foram estimadas de maneira independente, através de regressões específicas para essa finalidade. A quilometragem total rodada por ano pelos automóveis particulares à gasolina é obtida pela diferença dos dois parâmetros anteriormente citados.

Encontrou-se uma boa correlação foi encontrada entre os dados históricos da KMTA, o nível de atividade do setor de comércio-PIBCOMBA-e o preço do automóvel mais barato no mercado em salários mínimos - PSMA - :

$$\text{KMTA} = 959680 + 13,93 \cdot \text{PIBCOMBA} + 2150 \cdot \text{PSMA}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 4,89 \quad \quad \quad 2,39$$

$$R^2 = 0,89 \quad DW = 2,92 \quad F = 25$$

Correlacionando-se, então, os dados históricos de KMCA à relação de preço ao consumidor do álcool e da gasolina - PALPGAS - e ao preço do automóvel mais barato no mercado em salários mínimos :

$$KMCA = -57532214 + 8814634 * PALPGAS + 6643 * PSMA$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 6,15 \quad \quad \quad 3,34$$

$$R^2 = 0,95 \quad DW = 3,34 \quad F = 52$$

Da mesma forma como foi feito no caso dos automóveis particulares, a modelagem da evolução da frota total de táxis - FROTTAXI - e da frota de táxis à álcool - FROATAXI -, para a cidade de Salvador foi definida com base em um modelo do tipo econométrico/uso final, através de regressões independentes.

A série histórica da frota total de táxis foi correlacionada com a população da cidade de Salvador com renda acima de 10 salários mínimos - POP10SM - e o nível de atividade industrial - PIBINDBA - :

$$FROTTAXI = -2097 + 0,043 * POP10SM + 0,021 * PIBINDBA$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 5,63 \quad \quad \quad 2,63$$

$$R^2 = 0,94 \quad DW = 1,76 \quad F = 65$$

O histórico da frota de táxis à álcool foi correlacionada com a relação de preços ao consumidor do álcool e da gasolina e a população total de Salvador :

$$FROATAXI = -14031 + 3933 * PALPGAS + 0,0065 * POPTSAL$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 3,24 \quad \quad \quad 7,16$$

$$R^2 = 0,96 \quad DW = 1,21 \quad F = 102$$

A evolução da série histórica da quilometragem total do táxis - KMTTAXI - foi explicada pela população da cidade de Salvador com renda superior a 10 salários mínimos e pela relação de preço ao consumidor da gasolina e do álcool :

$$\text{KMTTAXI} = 1,88 \cdot 10^8 + 2696 \cdot \text{POP10SM} - 1,29 \cdot 10^8 \cdot \text{PGASPAL}$$

$$t \text{ student} \quad 5,00 \quad 1,10$$

$$R^2 = 0,92 \quad DW = 1,98 \quad F = 33$$

A projeção da quilometragem dos táxis à álcool - KMATAXI - foi obtida através de sua correlação com nível de atividade do setor de serviços e o preço ao consumidor do álcool -PAL-:

$$\text{KMATAXI} = -3,18 \cdot 10^8 + 5675 \cdot \text{PIBSERBA} + 708557 \cdot \text{PAL}$$

$$t \text{ student} \quad 17,07 \quad 2,63$$

$$R^2 = 0,98 \quad DW = 2,19 \quad F = 166$$

As demandas de gasolina e álcool são projetadas a partir da quilometragem anual dos automóveis particulares e táxis, da sua frota e do seu consumo específico médio, a cada ano, indicado na equação abaixo.

$$\text{Demanda} = \frac{\text{quilometragem anual dos veículos} \quad * \text{frota}}{\text{consumo específico médio}}$$

Ônibus

Para a projeção da frota dos ônibus urbanos da cidade de Salvador, correlacionou-se a série histórica desta frota - FRONISAL - à da população total da cidade e o nível de atividade do setor de serviços :

$$\text{FRONISAL} = -7498 + 0,0014 \cdot \text{POPTSAL} + 0,1067 \cdot \text{PIBSERBA}$$

$$t \text{ student} \quad 1,92 \quad 5,03$$

$$R^2 = 0,95 \quad DW = 1,70 \quad F = 64$$

No caso da estimativa do indicador de atividade - PASS.KM -, a sua projeção, além de possibilitar a análise objetiva, dentro dos cenários de projeção, da substituição intermodal,

permite, quando associado às projeções dos passageiros transportados - PASSTRA - e dos fatores de emissões, projetar-se os volumes destas emissões, por tipo de poluente.

Buscou-se, então, uma regressão para o indicador de atividade passageiros.kilômetros. O melhor ajuste foi obtido na correlação deste parâmetro com a população total e o nível de atividade industrial :

$$\text{PASS.KM} = -83234 + 0,041 * \text{POPTSAL} + 0,4306 * \text{PIBINDBA}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 5,94 \quad \quad \quad 3,93$$

$$R^2 = 0,91 \quad \quad \text{DW} = 1,99 \quad \quad \text{F} = 30$$

A série histórica dos passageiros transportados por ônibus em Salvador, foi correlacionada com o preço ao consumidor do óleo Diesel - POD - e com a população total, obtendo-se a seguinte regressão :

$$\text{PASSTRA} = 455 - 0,9248 * \text{POD} + 3,67 * 10^{-5} * \text{POPTSAL}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 7,29 \quad \quad \quad 1,95$$

$$R^2 = 0,95 \quad \quad \text{DW} = 2,09 \quad \quad \text{F} = 69$$

A estimativa do consumo de óleo Diesel associado ao transporte coletivo de passageiros pode ser obtida a partir do indicador de atividade, da ocupação média dos ônibus, da frota e do consumo específico do combustível, conforme indicado a seguir.

$$\text{Demanda} = \frac{\text{Pass.Km}}{\frac{\text{n. de passageiros}}{\text{veículo}} * \text{frota}} * \frac{1}{\text{consumo específico}}$$

8.2.3 Projeções

Frotas

Automóveis e Táxis

A projeção da frota total de automóveis da cidade de Salvador, a partir da regressão ajustada à tendência verificada no período 1980-90, mostra uma diferença significativa dos resultados nos dois cenários considerados, a partir do ano 2000.

Tendo como referência o cenário otimista para a evolução da frota de automóveis, chega-se a uma frota projetada, em 2010, de 425.901 veículos, correspondendo a aproximadamente 152 automóveis por mil habitantes da cidade de Salvador, enquanto que, no cenário tendencial, naquele ano, a frota será de 285.128 veículos, fornecendo uma densidade de 102 automóveis por mil habitantes.

Tomando-se por base a densidade observada em 1994, cerca de 88 automóveis por mil habitantes, verificar-se-a uma melhoria sensível deste indicador nos dois cenários, em 2010. Destaque-se o cenário otimista, que, em termos percentuais representará uma melhoria de aproximadamente 72% em relação ao quadro atual.

As frotas de automóveis projetadas em ambos os cenários para o ano 2000, mostram que a sua ampliação é muito pequena, significando quase que exclusivamente a reposição do seu sucateamento.

Os resultados das projeções mostram que a posse de automóveis na cidade de Salvador ainda continuaria restrita a uma pequena parcela da população, no caso de configurar-se o cenário tendencial. Neste caso, a frota de automóveis crescerá a uma taxa média anual de 2,9%, contra um crescimento populacional previsto da ordem de 2% ao ano. Por outro lado, se configurar-se o cenário otimista, amplia-se fortemente a posse de automóveis em Salvador, uma vez que, para o mesmo crescimento populacional considerado no cenário tendencial, a frota de automóveis particulares, seria expandida a uma taxa média anual de 5,8 %, mais do que o dobro do crescimento populacional.

No tocante à evolução da frota projetada de automóveis particulares a álcool entre 1995 e 2000, em ambos os cenários o seu crescimento mostrou-se pequeno, devido às incertezas cenarizadas para o desenvolvimento do Programa Nacional do Álcool - PROÁLCOOL.

Todavia, entre os anos 2000 e 2010, no cenário tendencial o crescimento da frota de automóveis particulares a álcool ocorre a uma taxa média anual de 5,6 % a.a., enquanto no cenário otimista, em face da priorização da questão ambiental, traduzida aqui na maior participação das vendas de carros a álcool no total das vendas internas, esta frota crescerá a uma taxa de quase 9% ao ano.

A frota total de táxis na cidade de Salvador, entre 1995 e 2010, mesmo no cenário tendencial, aquele de menor expansão econômica, deverá crescer cerca de 2,3 vezes. Esta

expansão da frota de táxis representa um crescimento médio anual a uma taxa de 7,1%, reflexo de se coadjuvar um melhor desempenho econômico e a ampliação do número de pessoas com renda superior a 10 salários mínimos.

Caso vigore o cenário otimista de crescimento econômico, a frota de táxi deverá expandir-se a uma taxa média anual de 9,3%, fazendo com que esta frota quase quadruplique entre o início e fim do horizonte de planejamento. Em 2010, os táxis a álcool participariam com 29% e 44%, respectivamente, nas frotas totais de taxis projetadas para Salvador, nos cenários otimista e pessimista.

Ônibus

Os resultados das projeções das frotas de ônibus, tanto no cenário tendencial quanto no otimista, refletem o crescimento continuado verificado na base de dados empregada na modelagem. Esta tendência de crescimento da frota de ônibus também pode ser observada na análise da evolução do principal indicador da qualidade do transporte por ônibus: número de habitantes por ônibus. Em Salvador, este indicador cujo valor era de aproximadamente 835 hab/ônibus no início dos anos 80, atingiu cerca de 700 hab/ônibus em 1986, chegando, em 1991 a 495 hab/ônibus.

Todavia, o que se observa ao longo dos anos 80, período considerado da base de dados, é que, não obstante, o indicador de qualidade mostrar melhorias, a realidade corrente do transporte coletivo por ônibus era das superlotações.

Nesse sentido, faz-se necessário esclarecer que o indicador citado não traduz o efeito de movimentação da população, que foi crescente naqueles anos. Com a crescente taxa de urbanização, uma fração maior da população passou a exercer atividades econômicas distante dos seus domicílios, assim como o crescimento acentuado das cidades obriga a que o passageiro utilize os sistemas de transportes um maior número de vezes por dia. Isto ocorrendo em uma conjuntura de total falta de integração entre o planejamento de transportes e o uso e ocupação do solo, fez com que, apesar de se ampliar as frotas, a qualidade dos serviços prestados fossem gradualmente sendo deteriorados.

Entre 1995 e 2010, a configurar-se o cenário tendencial, o indicador de qualidade de transportes obtido a partir das projeções da frota e população, sairá de um patamar de 440

hab/ônibus e atingirá 226 hab/ônibus, significando uma melhoria de quase 50% no indicador. Isto ocorreria com a frota e população evoluindo, respectivamente, de 4714 ônibus e 2,07 milhões de habitantes, em 1995, para 12321 ônibus e 2,79 milhões de habitantes, em 2010, na cidade de Salvador. No caso de configurar-se o cenário otimista, a melhoria do indicador da qualidade dos serviços seria substancial, saindo de um patamar de 440 hab/ônibus em 1995, e atingindo cerca de 169 hab/ônibus, em 2010, representando um ganho de aproximadamente 61%.

Por outro lado, ao analisar-se as taxas médias de crescimento das frotas, tanto ao nível da base de dados quanto em termos dos cenários tendencial e otimista, pode-se afirmar que a não execução de um planejamento integrando de transportes e uso e ocupação do solo, a situação do transporte coletivo por ônibus tende a deteriorar-se, de uma forma ainda mais acentuada do que aquela verificada nos anos 80. No período 1983/1991 a frota total de ônibus em Salvador cresceu 11% ao ano, de acordo com a base de dados utilizada, enquanto que no período 1995/2010, o cenário otimista, mais favorável, aponta para taxas médias de crescimento anual da frota de 8,7%. No caso do cenário tendencial tal taxa seria ainda menor, atingindo, neste período 6,6 % a.a..

Emissões e Demanda de Combustíveis

No tocante às emissões de poluentes, de uma forma geral, os resultados obtidos mostram que o problema ambiental tenderá a agravar-se na cidade de Salvador, caso não se configure dentro do horizonte de planejamento adotado o cenário mais favorável à questão ambiental. Com relação à demanda por combustíveis, não se vislumbra nenhum problema de suprimento para o atendimento das necessidades de usos finais para a cidade, sobretudo a configurar-se o cenário otimista, mais favorável ambientalmente. Neste caso, com a entrada de energéticos alternativos, como o gás natural, se deslocaria uma parcela da demanda por energéticos tradicionais, tornando menos provável um eventual gargalo no fornecimento dos energéticos tradicionais, notadamente o óleo Diesel. A tabela 8.4 mostra, para os dois cenários considerados neste trabalho, a evolução das emissões de CO, HC, NO_x, aldeídos, SO_x e CO₂, para a evolução total da frota de automóveis à gasolina -particulares mais táxis- da cidade de Salvador. De acordo com os resultados apresentados na tabela 8.4, pode-se verificar que as emissões de HC e NO_x, serão reduzidas de, aproximadamente 70% e 18%, respectivamente, caso se configure o cenário otimista. Nos casos do CO e dos aldeídos observa-se que as medidas imaginadas e cenarizadas

promovem, independentemente de qual cenário venha a ocorrer uma substancial melhoria ambiental. Já para o SO_x e CO₂, mesmo em um cenário mais favorável ambientalmente, ter-se-ia uma elevação das emissões destes dois poluentes. A tabela 8.5 mostra, para os dois cenários considerados neste trabalho, a evolução das emissões de monóxido de carbono - CO -, hidrocarbonetos - HC -, óxidos de nitrogênio - NO_x - e aldeídos, para a evolução total da frota de automóveis à álcool - particulares mais táxis - da cidade de Salvador. De acordo com os resultados apresentados na tabela 8.5, pode-se observar que, no tocante ao CO e ao HC, em ambos os cenários verifica-se uma diminuição das emissões, sendo mais acentuada tal diminuição no cenário otimista, o que já era esperado. Nos casos do NO_x e dos aldeídos, a redução das emissões ocorre somente no cenário otimista. A tabela 8.6 mostra a evolução das emissões de monóxido de carbono - CO -, hidrocarbonetos - HC -, óxidos de nitrogênio - NO_x -, material particulado - PM -, óxidos de enxofre - SO_x - e dióxido de carbono, para a evolução total da frota de ônibus da cidade de Salvador.

Tabela 8.4 Emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis a gasolina de Salvador , 1995 e em 2010, em ton/ano

Tipo de emissão	Cenário	Anos	
		1995	2010
CO	T	10552	6644
	O	10894	3047
HC	T	894	996
	O	923	457
Nox	T	825	1533
	O	852	703
Aldeídos	T	41	25
	O	42	11
Sox	T	137	255
	O	142	249
CO ₂	T	74463	140842
	O	74463	153858

Obs: T = tendencial O = otimista

Tabela 8.5 Emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis à álcool de Salvador , em 1995 e em 2010, em ton/ano

Tipo de emissão	Cenário	Anos	
		1995	2010
CO	T	9461	5687
	O	9368	3297
HC	T	1455	853
	O	1441	494
Nox	T	933	1312
	O	923	760
Aldeídos	T	56	65
	O	55	38

Tabela 8.6 Emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de ônibus da cidade de Salvador, em 1995 e em 2010, em ton/ano.

Tipo de emissão	Cenário	Anos	
		1995	2010
CO	T	4528	9585
	O	2559	7025
HC	T	293	621
	O	150	414
NOx	T	2278	4822
	O	1869	2960
PM	T	482	1020
	O	496	319
SOx	T	669	1417
	O	688	1038
CO ₂	T	51989	45841
	O	51989	43109

Dos resultados projetados para as emissões da frota de ônibus em Salvador, verifica-se que o atendimento das necessidades de uso final - transporte de passageiros.quilômetros - faz com que a ampliação da frota eleve o volume de emissões de CO, HC, NOx e SOx, independentemente do cenário simulado no horizonte de planejamento. Todavia, saliente-se que medidas visando diminuir os impactos ambientais, fazem com que as taxas médias anuais de crescimento das emissões daqueles poluentes ocorram em patamares menores no cenário otimista.

No tocante aos materiais particulados, no cenário otimista verifica-se o declínio de suas emissões, fundamentalmente da melhoria simulada para a qualidade do óleo Diesel. Por outro lado, a relativa estabilização das emissões de CO₂, girando em torno de 45 mil a 50 mil toneladas/ano, não obstante o crescimento da frota, relaciona-se com a simulação de melhorias substanciais no consumo específico e no uso de eletrônica embarcada. Em termos comparativos, o cenário otimista apresenta melhores resultados, face à perspectiva cenarizada da entrada "mais cedo" de motores mais eficientes e da eletrônica.

Finalmente, apresenta-se a tabela 8.7, que mostra as demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para as frotas totais de automóveis e ônibus.

Tabela 8.7 - Demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para Salvador, em 1995 e em 2010, em mil litro/ano.

Combustível	Cenário	Anos	
		1995	2010
Gasolina	T	121406	225524
	O	125351	246367
Álcool	T	256457	300625
	O	253927	415347
óleo	T	65044	63597
Diesel	O	64810	59808

Dos resultados apresentados na tabela 8.7 vale salientar dois aspectos : a elevação pronunciada da demanda de álcool combustível no cenário otimista e a relativa estabilidade da

demanda de óleo Diesel. O primeiro se deve fundamentalmente à cenarização para à hipótese adotada para a partição de mercado, plenamente favorável, no contexto otimista por razões ambientais, à ampliação da frota de automóveis a álcool. O segundo também refere-se às premissas empregadas na cenarização, onde as variáveis ambientais e tecnológicas dos cenários, provocam melhorias em uma velocidade maior que a busca de alternativas estruturais para a demanda por transporte, resultando, entre outros fatores, um saldo líquido favorável à uma demanda reduzida por óleo Diesel e consequentemente, às emissões também reduzidas.

Intermodalidade

No cenário tendencial, uma maior intermodalidade é traduzida na redução do indicador "pass.km", que atinge, em 2010, 90% do valor projetado. Tal suposição indica que a taxa média anual de crescimento do indicador "pass.km", entre 1995 e 2010, se reduziria em 0,6% a.a., ou seja, de um crescimento de 5,2% a.a. esta consideração, ter-se-ia, agora, com uma maior intermodalidade, uma taxa de 4,6% ao ano. A promoção da intermodalidade no cenário tendencial, levaria ao deslocamento de aproximadamente 1346 ônibus da frota projetada para 2010.

No cenário otimista, a introdução de uma maior intermodalidade reduz o indicador "pass.km" em 2010 a 70% do valor projetado, ou seja, de um crescimento de 7,3% a.a. sem esta consideração, ter-se-ia, agora, com uma maior intermodalidade, uma taxa de 4,8% ao ano. A promoção da intermodalidade no cenário otimista, levaria ao deslocamento de aproximadamente 6107 ônibus da frota projetada para 2010.

O reflexo ambiental da diminuição da frota projetada para 2010, pode ser estimado para ambos os cenários. A título de exemplificação, considerou-se as alterações provocadas nas emissões de CO₂.

Considerando-se as frotas e emissões projetadas em 2010, no cenário tendencial ter-se-ia uma emissão de aproximadamente 3,7 tCO₂/ônibus, enquanto no cenário otimista cerca de 2,6 tCO₂/ônibus. Empregando-se estes dois índices de emissão, se verifica que, no cenário tendencial cerca 5000 toneladas de dióxido de carbono deixariam de ser emitidas em 2010, representando uma diminuição de 11% do total que seria emitido, caso ocorresse aquela ação planejadora em direção à uma maior intermodalidade. Por outro lado, no cenário otimista cerca de 15878

toneladas de dióxido de carbono deixariam de ser emitidas em 2010, representando uma diminuição de quase 37% do total que seria emitido, caso ocorresse tal tipo de ação.

Entrada de um Energético Alternativo

Neste trabalho considerou-se apenas as perspectivas de entrada de gás natural deslocando óleo Diesel nos ônibus urbanos de Salvador. Especificamente, no caso dos táxis, apesar do conhecimento do potencial para o uso de gás natural nestes veículos, não se fez nenhuma simulação de sua penetração neste segmento uma vez que, de acordo com as informações obtidas junto às instituições e órgãos responsáveis por um eventual programa desta natureza, prevêem que isto somente ocorreria a partir da viabilização do gás natural em ônibus. Com relação ao incremento do uso de eletricidade em transportes urbanos de massa, não chegou-se à sua mensuração. Todavia, pela análise de intermodalidade realizada anteriormente, tem-se claros indicativos que a sua utilização quer em trolebus quer em veículos leves sobre trilhos, tem em Salvador um grande potencial a ser explorado, mostrando-se extremamente favorável ambientalmente.

Tomou-se por base nesta simulação a evolução prevista da frota de ônibus urbanos nos cenários tendencial e otimista e supôs-se uma única alternativa para a entrada de gás natural, para estes dois cenários - entrada lenta e gradual do gás natural.

Nesta hipótese, tanto a adaptação dos ônibus urbanos existentes, quanto a renovação e ampliação da frota através de veículos novos, do ciclo Otto, deve se processar em uma escala gradual crescente, a saber : 10% em 1995, 30% em 2000, 40% em 2005 e 50% em 2010. Esta escala foi estimada a partir de dados da PETROBRÁS (1988) sobre o potencial de oferta de gás natural para a cidade de Salvador

A título de exemplificação dos impactos da penetração do gás natural, tomou-se por base a frota de ônibus projetada para o ano 2010. Assim, considerando-se que 50% da frota daquele ano estará utilizando gás natural, chega-se a um total de 6160 e 8261 ônibus urbanos, queimando este combustível, respectivamente, nos cenários tendencial e otimista.

Similarmente à análise dos efeitos de uma maior intermodalidade, os reflexos ambientais da entrada desta alternativa energética foram feitos apenas para o dióxido de carbono.

A análise do impacto da entrada do gás natural como combustível nos ônibus urbanos, tem como pré-requisito a determinação das emissões de gás natural, através do índice tCO₂/ônibus. Para tanto, considerou-se que 10³ m³ de gás natural equivalem a 0,857 tEP (BEN, 1997), o índice de equivalência operacional médio de 1,5 m³ de gás natural por litro de óleo Diesel (PETROBRÁS, 1988) e a demanda projetada de óleo Diesel em 2010, encontrando-se a demanda equivalente em gás natural. Multiplicando-se esta demanda equivalente de gás natural em tEP pelo fator de emissão do gás natural de 0,64 tCO₂/tEP (AIE, 1991), obtem-se o total das emissões de CO₂ se toda a frota utilizasse este energético. Dividindo-se o total das emissões de CO₂ pela frota projetada em 2010, chega-se ao índice de 2,8 e 2,0 tCO₂/ônibus, respectivamente, nos cenários tendencial e otimista.

Em ambos os cenários, a penetração do gás natural em 50% da frota projetada para 2010 significa uma diminuição de aproximadamente 5000 toneladas de CO₂. Em termos percentuais representaria uma redução média de 11% e 12% do total de emissões de CO₂ devido aos ônibus, respectivamente, nos cenários tendencial e otimista.

Intermodalidade e a Entrada de Gás Natural.

Finalmente, simulou-se os impactos sobre o total das emissões de CO₂, considerando-se que seja implementada uma política que vise conjuntamente uma maior intermodalidade e a entrada gradual do gás natural.

Se tal alternativa viesse a configurar-se na cidade de Salvador, o volume total das emissões de CO₂ em 2010, independentemente do cenário, estaria em níveis muito inferiores a aqueles encontrados no início dos anos 90, com a vantagem de se estar atendendo plenamente as necessidades de uso final, ou seja, a demanda por transporte coletivo projetada para aquele ano. No cenário tendencial, a redução do volume de emissões de CO₂, em 2010, seria de 22%, enquanto no cenário otimista esta redução seria de 48%.

8.3 Estudo-de-Caso: Curitiba, Estado do Paraná

Curitiba, capital do Estado do Paraná, está localizada na região sul do Brasil, possui uma área de 432,4 km², apresentando uma densidade demográfica de 37 hab/ha. A taxa de crescimento

anual é uma das mais elevadas entre as capitais de estados do país, apresentando o índice de 4,6% entre 1980/90. A economia de Curitiba é composta principalmente por atividades do setor terciário, que responde por 83,9% da formação do PIB (63,5 % proveniente do comércio e 20,4 % de serviços), enquanto que as indústrias representam 15,5, a extração mineral e outras atividades complementam a economia com 0,6%.

O sistema de transporte da cidade tem passado por gradativas mudanças nas últimas décadas. Sua principal característica é o de estar contemplado no Plano Diretor da cidade e em sintonia com as diretrizes de uso e ocupação do solo.

O aumento na demanda do transporte coletivo tem sido solucionado com a implantação de linhas diretas, que apresentam algumas características do metrô, como a cobrança antecipada das passagens, embarque nas estações-tubo, maior distância entre pontos de parada e veículos especialmente projetados. Além disso, o uso de ônibus bi-articulados com capacidade para 270 pessoas/veículo possibilitou que a introdução do bonde moderno fosse adiada sem prejuízo na qualidade do transporte público. A utilização do transporte coletivo em Curitiba apresenta a característica de transportar uma elevada parcela da população, cerca de 74%, apesar de ser uma das cidades brasileiras com maior número de veículos por habitante. A população em Curitiba, quase 2 milhões de habitantes, tem apresentado uma das mais elevadas taxas de crescimento anual, mais 4% ao ano, superior a média do país. Quanto ao número de veículos licenciados, Curitiba apresenta o índice de 1 automóvel para cada 3,7 pessoas.

Atualmente há mais de 50 km de corredores exclusivos. As linhas expressas percorrem cinco eixos estruturais, com 15 percursos diversos, realizados por 250 ônibus, mais de 150 articulados. A velocidade média do expresso é de 20 km/h. Nos corredores exclusivos, a sinalização permite que os ônibus cheguem a 60 km/h, mas no anel central da cidade e perto de escolas e hospitais a velocidade máxima não pode ultrapassar de 30 km/h. Os expressos fazem os transportes entre os terminais de cada extremo dos eixos e são os únicos cujos itinerários passam pelo centro da cidade. Tem paradas a cada 500 metros. Para aliviar a saturação das linhas expressas usa-se as linhas diretas os "ligeirinhos", que é mais rápido que o expresso, embora não disponha de vias exclusivas. O ligeirinho circula em paralelo à estrutura dos eixos -em vias normais de trânsito -, com menor número de pontos de paradas, apenas a cada 4 km. Os pontos de parada do "ligeirinho", tanto nas ruas como nos terminais, são equipados com estação tubular

onde os passageiros pagam a passagem e aguardam o embarque numa plataforma semelhante a dos metrô, embora em escala bem menor. Com sete linhas, o "ligeirinho" transporta 114 mil pessoas por dia, com uma frequência média de 5 minutos. Esse sistema, juntamente com os ônibus bi-articulados, já incorporaram alguns conceitos característicos do metrô, ou seja, itinerários com poucos pontos de paradas, veículos especialmente projetados - sem degraus e portas do lado esquerdo - para embarque nas estações-tubos.

No tocante a questão ambiental e o consumo de combustível, não verifica-se na cidade uma preocupação sistemática. Medições ambientais ocorrem de forma esporádica e em locais de tráfego saturado. Entretanto, vale salientar que os ônibus em uso são em sua maioria turbinados, fato que proporciona economia de combustível e menores emissões que ônibus com motor de aspiração normal.

8.3.1 Cenários de projeção

A seguir, apresenta-se as variáveis quantitativas que foram analisadas, dentro do enfoque das hipóteses tendencial e otimista para o crescimento econômico, no estudo-de-caso de Curitiba. Saliente-se, que além destas variáveis, usa-se também aquelas de caráter geral e comuns a todas cidades, as quais estão apresentadas na seção 8.1.2.

Produto Interno Bruto do Estado do Paraná - PIBPA

A partir da evolução prevista para o Produto Interno Bruto do Brasil e das informações do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES -, elaborou-se os cenários tendencial e otimista para o Produto Interno Bruto do Estado do Paraná.

No cenário tendencial, pressupõem-se que entre o ano de 1995 e 2000, o nível de atividade cresça a uma taxa média de 2% a.a.. Entre o ano 2000 e 2005, o nível de atividade mais do que dobraria, atingindo neste período, um crescimento de 5% a.a., enquanto nos últimos cinco anos enfocados por este trabalho, 2005 a 2010, verificar-se-ia um pequeno declínio desta taxa, atingindo-se um patamar de 4% a.a..

No cenário otimista, se pressupõe um crescimento pronunciado do nível de atividade do estado do Paraná, já, entre o ano de 1995 e 2000, cerca de 7% a.a., resultado sobretudo das

atividades ligadas ao MERCOSUL, para então declinar ligeiramente, atingindo uma taxa média de crescimento anual de 6%, ao longo de todo o período de planejamento (2000/2010).

O Produto Interno Bruto do Estado do Paraná, nos últimos dez anos, participou em média com 6,5% na formação do PIB do Brasil.

Produto Industrial do Estado do Paraná - PIBINDPA

No cenário tendencial se imagina que a evolução do setor industrial paranaense, apresente inicialmente uma taxa ligeiramente superior às taxas médias anuais do nível de atividade global do estado, para em seguida estabilizar-se. Desta forma, no período compreendido entre os anos de 1995 e 2000 crescerá a uma taxa média de 2,9 % a.a., entre os anos de 2000 e 2005, e, 2005 e 2010, crescerá a uma taxa de 3,4 % ao ano. Nestes dois subperíodos, o crescimento ocorrerá a taxas inferiores ao do próprio estado. No cenário otimista em relação ao crescimento econômico, supõem-se que entre os anos de 1995 e 2000, possa se configurar uma taxa média anual de 6 %. A partir do ano 2000 e até fim do período de planejamento(2010), estas deverão atingir aproximadamente 7 % ao ano. Neste cenário, o principal alavancador do crescimento econômico será a consecução dos objetivos delineados para o MERCOSUL.

PIB per Capita do Estado do Paraná - PIBPERCA

A cenarização do PIB per Capita para a cidade de Curitiba, foi realizada a partir da análise da evolução histórica deste indicador para o Estado do Paraná. Para o Estado do Paraná, na última década o PIB per capita evoluiu a uma taxa média de 3% ao ano. Neste sentido, para cenário tendencial pressupõem-se que este indicador entre 1995 e 2000, continue no mesmo patamar. Todavia, entre 2000 e 2010, o mesmo deverá crescer ligeiramente, atingindo neste período, uma taxa média de 4 % ao ano. No caso do cenário otimista para o crescimento econômico, já entre 1995 e 2000, atingi-se uma taxa média de 4 % ao ano, evoluindo positivamente, nos anos subsequentes e atingindo uma taxa média de 5 % ao ano entre 2000 e 2010.

Nível de Atividade do setor de Comércio - PIBCOMPA - do Estado do Paraná

No tocante aos cenários tendencial e otimista para o setor de comércio do Estado do Paraná, considerou-se as mesmas premissas de evolução das taxas médias anuais de crescimento

imaginadas para o setor industrial. Esta consideração baseia-se na forte correlação esperada entre estes dois setores econômicos, sobretudo a configurar-se o cenário otimista e os objetivos explicitados para o MERCOSUL.

População total de Curitiba - POPTCUR

Independentemente de configurar-se o cenário tendencial ou otimista de crescimento econômico, considerou-se para todo o horizonte de planejamento deste trabalho, que a cidade de Curitiba terá crescimento populacional de aproximadamente 2% ao ano, ligeiramente superior ao previsto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE para o país. Esta suposição esta de acordo tanto com as estimativas do IPARDES quanto da URBS - Urbanização de Curitiba S/A.

8.3.2 Modelo de projeção das frotas dos veículos seu uso e sua demanda energética

Automóveis e Táxis

A modelagem da evolução da frota automóveis particulares, total - FAUTCUR - e à álcool - FROAPAL -, para a cidade de Curitiba foi definida com base em modelo econométrico/uso final, como no caso da cidade de Salvador. A frota de automóveis particulares total e a álcool são projetadas de forma independente, sendo possível a verificação à posteriori da compatibilidade dos resultados. Desta forma, a evolução da frota de automóveis particulares à gasolina pode ser obtida pela diferença - frota total e frota à álcool.

Os dados históricos de evolução da frota de automóveis particulares foi correlacionado ao nível de atividade do setor de industrial - PIBINDPA - e a população total de Curitiba - POPTCUR - :

$$\text{FAUTCUR} = -444954 + 0,33 \cdot \text{POPTCUR} + 940 \cdot \text{PIBINDPA}$$

$$t \text{ student} \quad 11,52 \quad 2,59$$

$$R^2 = 0,98 \quad DW = 1,77 \quad F = 500$$

A frota de automóveis particulares à álcool foi projetada a partir da correlação de dados históricos da frota à álcool com os dados da evolução do PIB per Capita do Estado do Paraná - PIBPERPA - :

$$FROAPAL = - 204707 + 101,65*PIBPERPA$$

$$t \text{ student} \quad 10,25$$

$$R^2 = 0,88 \quad DW = 0,94 \quad F = 105$$

Similarmente, ao estudo-de-caso sobre a cidade de Salvador, realizou-se a análise ambiental. Para tanto, projetou-se as demandas de álcool e gasolina a partir das quilometragens, frotas e consumo específico, de forma a ter-se definida a principal condição de contorno para tal análise : a evolução das demandas de álcool e gasolina. Tendo-se as frotas projetadas e o consumo específico como variável de cenário, a análise ambiental foi completada com a projeção das quilometragens.

A quilometragem total do automóveis particulares - KMTA - e a quilometragem total rodada pelos automóveis particulares à álcool - KMCA -, foram estimadas de maneira independente, através de regressões específicas para essa finalidade. A quilometragem total rodada por ano pelos automóveis particulares à gasolina é obtida pela diferença dos dois parâmetros anteriormente citados.

Desta forma, buscou-se uma regressão que determinasse a tendência de evolução da quilometragem total anual percorrida pela frota total de automóveis particulares. Essa correlação foi encontrada entre os dados históricos da KMTA, o nível de atividade do setor de comércio - PIBCOMPA - e o preço do automóvel mais barato no mercado em salários mínimos - PSMA - :

$$KMTA = -347040 + 26814*PIBCOMPA + 4405*PSMA$$

$$t \text{ student} \quad 6,03 \quad 2,16$$

$$R^2 = 0,94 \quad DW = 2,019 \quad F = 64$$

As projeções da quilometragem total anual dos automóveis particulares à álcool, foi obtida correlacionando-se dados históricos de KMCA, à relação de preço ao consumidor do álcool e

gasolina - PALPGAS - e ao preço do automóvel mais barato no mercado em salários mínimos - PSMA - :

$$KMCA = -5011328 + 7724592 \cdot PALPGAS + 7617 \cdot PSMA$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 6,74 \quad \quad \quad 4,91$$

$$R^2 = 0,93 \quad DW = 3,23 \quad F = 78,5$$

No tocante aos táxis, diferentemente do caso da cidade de Salvador, para Curitiba, não foi definida a modelagem de projeção para a análise da evolução das frotas de táxis. Tal decisão esta baseado no fato de que na cidade de Curitiba a frota total de táxis permanece inalterada desde 1981. Este aspecto resulta sobretudo do tipo e qualidade do serviço de transporte coletivo através de ônibus, colocado à disposição do usuário, o que de certa forma acabou inibindo a expansão da frota de táxis. Atualmente a frota de táxis de Curitiba é composta por 2248 táxis, sendo 1280 a álcool e 968 à gasolina (URBS, 1994).

Ônibus

Inicialmente cabe esclarecer a existência de um grande diferença entre a base de dados obtidos para as frotas de ônibus, entre o DETRAN/PR e a URBS. Para este trabalho optou-se pelos dados fornecidos pela URBS, por ser a gerenciadora de todo o transporte coletivo da cidade de Curitiba.

A modelagem para a projeção da frota de ônibus urbanos foi feita dentro da premissa de um modelo econométrico/uso final, tendo em vista analisar-se a questão ambiental e as possibilidades de entrada de energéticos alternativos. Saliente-se que na modelagem para a projeção das frotas não considerou-se a existência de tipos diferentes de ônibus. Tal consideração não prejudica as análises, uma vez que procurou-se trabalhar com os valores médios de consumo específico e passageiros por ônibus, entre outros. Em seu conjunto a frota de ônibus de Curitiba é composta por ônibus expressos - articulados ou Padron -, alimentadores - Padron -, interbairros - Padron -, diretos ou ligeirinho - articulados ou Padron e convencional - Padron.

A estimativa da demanda de óleo Diesel, foi obtida pela associação do indicador de atividade (pass.km), à ocupação média dos ônibus, consumo específico e à frota projetada. Destes parâmetros, a ocupação média e o consumo específico são variáveis de cenários.

No tocante à projeção da frota dos ônibus urbanos da cidade de Curitiba, correlacionou-se as séries históricas desta frota - FRONICUR - à da população total da cidade - POPTCUR - e o PIB per Capita do Estado do Paraná - PIBPERPA - :

$$\text{FRONICUR} = -426,38 + 0,000677 * \text{POPTCUR} + 0,17 * \text{PIBPERPA}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 4,10 \quad \quad \quad 2,19$$

$$R^2 = 0,95 \quad DW = 2,604 \quad F = 93,6$$

A estimativa do indicador de atividade - PASS.KM -, além de possibilitar a análise intermodal, permite, quando associado às projeções dos passageiros transportados - PASSTRA - e o fator de emissão, projetar-se o volume de emissões, por tipo de poluente.

Desta forma, buscou-se uma regressão para o indicador de atividade passageiros.quilômetros. O melhor ajuste foi obtido na correlação deste parâmetro com a população total - POPTCUR - e o PIB per Capita - PIBPERPA - :

$$\text{PASS.KM} = -1,7 * 10^{14} + 1,32 * 10^8 * \text{POPTCUR} + 3,51 * 10^{10} * \text{PIBPERPA}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 3,18 \quad \quad \quad 1,79$$

$$R^2 = 0,92 \quad DW = 1,97 \quad F = 58,56$$

A série histórica dos passageiros transportados por ônibus em Curitiba - PASSTRA -, foi correlacionada com o preço ao consumidor do óleo Diesel - POD - e a população total - POPTCUR -, obtendo-se a seguinte regressão :

$$\text{PASSTRA} = 41395847 - 100184,7 * \text{POD} - 4,93 * \text{POPTCUR}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 7,65 \quad \quad \quad 2,19$$

$$R^2 = 0,93 \quad DW = 1,65 \quad F = 70,9$$

8.3.3 Projeções

Frotas

Apesar de comparativamente a base de dados de Curitiba ser melhor que a de Salvador, os resultados das projeções das frotas de automóveis e ônibus, devem ser analisados de forma criteriosa de forma a considerar possíveis distorções nos resultados. Fato como a diferença das frotas das frotas de ônibus, citado anteriormente, impõe restrição adicional à modelagem e a projeção da mesma. Desta forma, as projeções próximas ao ano de 2015 devem ser analisadas de forma cuidadosa de forma a contornar possíveis distorções que estejam embutidas nos resultados.

Automóveis

Tendo-se como referência o cenário otimista para a evolução da frota de automóveis, aquele em que considera-se uma evolução mais acentuada do nível de atividade do setor industrial, chega-se a uma frota estimada em 2010 de 885.958 veículos, correspondendo a aproximadamente 310 automóveis por mil habitantes da cidade de Curitiba. Esta densidade de automóveis, apresenta-se muito diferente daquela observada em 2010 no cenário tendencial. No cenário tendencial a frota estimada atingiria naquele ano cerca de 732.051 veículos, fornecendo uma densidade de 256 automóveis por mil habitantes.

Tomando-se por base a densidade observada em 1994, cerca de 176 automóveis por mil habitantes, tanto no cenário tendencial quanto no otimista de evolução das frotas, se verificará uma melhoria sensível em 2010. Destaque-se, o cenário otimista, que em termos percentuais representará uma melhoria de aproximadamente 76 % do quadro atual.

A título de ilustração, vale salientar que a densidade de automóveis por mil habitantes configurando-se o cenário otimista, para a cidade de Curitiba, em 2010, será cerca de 2,5 vezes maior do aquela estimada para o país por Bajay et.alii (1992), também em uma conjuntura de crescimento econômico favorável (125 automóveis por mil habitantes).

As frotas de automóveis projetadas para ambos os cenários, entre 1995 e 2000, mostram que a sua ampliação será considerável, mesmo no cenário tendencial. No caso do cenário tendencial a expansão da frota ocorreria a uma taxa média de aproximadamente 4,1% enquanto no

cenário otimista atingir-se-ia uma taxa de 5,4% ao ano. Como se vê, independentemente do cenário que venha a configurar-se a posse por automóveis em Curitiba será ampliada. O crescimento da frota será no mínimo o dobro do crescimento populacional, mesmo no cenário tendencial.

A expansão da frota de automóveis, independentemente dos cenários, deverá ocorrer no segmento dos veículos pequenos, mais em decorrência da ampliação da renda per capita do que dificuldades de tráfego, uma vez que a cidade possui um extenso planejamento de uso e ocupação do solo.

A tabela 8.8 apresenta os dados projetados para a frota de automóveis particulares, para os anos de 1995, 2000, 2005 e 2010.

Tabela 8.8 Evolução da frota total projetada de automóveis particulares na cidade de Curitiba - 1995/2000/2005/2010, em unidades

ANOS	CENÁRIOS	
	Tendencial	Otimista
1995	401946	406161
2000	497028	528490
2005	607639	687370
2010	732051	885958

No tocante à evolução da frota projetada de automóveis particulares a álcool, entre 1995 e 2010, em ambos os cenários o seu crescimento ocorreria a uma taxa maior que aquele observado para a frota total de automóveis de Curitiba, sobretudo a partir do ano 2000. A maior expansão da frota de automóveis a álcool, estaria relacionada com o equacionamento do PROÁLCOOL, maior renda per capita e notadamente a maior conscientização da questão ambiental na cidade. Em ambos os cenários a participação dos automóveis a álcool no total da frota, em 2010, situará em torno de 55%.

A tabela 8.9 apresenta os dados projetados para a frota de automóveis particulares a álcool, para os anos de 1995, 2000, 2005 e 2010.

Tabela 8.9 Evolução da frota projetada de automóveis particulares à álcool na cidade de Curitiba - 1995/2000/2005/2010, em unidades

ANOS	CENÁRIOS	
	Tendencial	Otimista
1995	139576	142918
2000	194410	218232
2005	280881	335082
2010	386085	484217

Ônibus

Os resultados das projeções das frotas de ônibus, tanto no cenário tendencial quanto no otimista, mostram que ao longo do período 1995 e 2010, a expansão da frota ocorrerá à taxas médias anuais maiores que o crescimento populacional e próximo do crescimento verificado na última década, indicando que se forem mantidas todas as políticas atuais de priorização do transporte coletivo e planejamento, a qualidade dos serviços ora prestados à população tenderá a melhorar gradualmente. Haja visto, que o indicador habitantes por ônibus sofreria uma queda continuada e gradual entre 1995 e 2010. No caso do cenário tendencial o indicador habitantes por ônibus, sairia de um patamar de 1380 hab/ônibus, em 1995, atingindo 1181 hab/ônibus em 2010, ou seja, diminuiria a uma taxa média de 1% ao ano. Por outro lado, no caso de configurar-se o cenário otimista, a taxa de diminuição deste indicador seria da ordem de 1,5% ao ano, ou seja, de um valor de 1375 hab/ônibus em 1995, atingir-se-ia em 2010 o valor de 1108 hab/ônibus. A tabela 8.10 apresenta os dados projetados para a frota total de ônibus para a cidade de Curitiba, nos anos de 1995, 2000, 2005 e 2010.

Tabela 8.10 Evolução da frota projetada de ônibus na cidade de Curitiba - 1995/2000/2005/2010, em unidades

ANOS	CENÁRIOS	
	Tendencial	Otimista
1995	1538	1543
2000	1771	1810
2005	2072	2160
2010	2419	2578/

Emissões e Demanda de Combustíveis

De uma forma geral, as emissões de gases poluentes tenderá a agravar-se na cidade de Curitiba, sobretudo aquela oriunda do transporte coletivo sobre pneus - ônibus -.

Se por um lado o transporte coletivo da cidade esta devidamente equacionado no planejamento de transportes e uso e ocupação do solo, sendo marcante a qualidade dos serviços prestados à população, por outro a questão ambiental não tem merecido a devida atenção nestas ações de planejamento integrado, fato que no médio prazo poderá trazer grandes problemas para a qualidade de vida população. É interessante ressaltar, que apesar da topografia da cidade, facilitar a dispersão de poluentes e o uso de tecnologias de ponta nos ônibus, ajudar a minimizar os problemas ambientais, com a evolução da demanda por transporte, a médio prazo, a questão ambiental deverá ser priorizada, sobretudo a considerar-se os resultados das projeções, bem como em face das características sócio-culturais da cidade de Curitiba. Neste sentido, uma das principais opções a ser postas para o transporte coletivo, além do uso de tecnologia de ponta e o planejamento integrado dos transportes, citados anteriormente, seria o uso de energéticos alternativos como o gás natural. As possibilidades de intermodalidade parece restrita, em face das possibilidades de expansão e do atual estágio de organização do transporte coletivo através de ônibus de Curitiba. De acordo com a URBS, em termos de intermodalidade, a opção mais favorável seria a extensão do ligeirinho para o aeromóvel, cuja faixas exclusivas, permitiria seu uso sem por exemplo a necessidade de desapropriações. O ligeirinho e o aeromóvel se complementariam nos grandes corredores em uso e planejados para a cidade. De acordo com a URBS, o ligeirinho ainda não tem esgotada todas as suas possibilidades de expansão, sobretudo a considerar-se os seus baixos custos frente a outras opções.

Com relação à demanda por combustíveis, não se vislumbra nenhum problema de suprimento dos energéticos tradicionais visando o pleno o atendimento das necessidades do transporte coletivo e individual, independentemente de qual cenário venha a configurar-se. No cenário otimista, mais favorável ambientalmente a entrada de energéticos alternativos, como o gás natural, deslocaria parcela da demanda por óleo Diesel, tornando menos problemática um eventual gargalo no fornecimento deste energético, o que parece improvável.

A tabela 8.11, mostra, para os dois cenários considerados a evolução das emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, aldeídos, óxidos de enxofre e dióxido de carbono, para a evolução total da frota de automóveis à gasolina - particulares mais táxis - da cidade de Curitiba. De acordo com os resultados apresentados na tabela 8.11, pode-se verificar que as emissões de HC e NOx, estarão diminuídas respectivamente de aproximadamente 59% e 27%, caso se configure o cenário otimista. Nos casos do CO e aldeídos, observa-se que as medidas cenarizadas, promovem, independentemente de qual cenário venha a ocorrer melhorias ambientais. Para o SOx e CO₂, mesmo em uma cenarização mais favorável ambientalmente, ter-se-ia elevação das emissões destes dois poluentes. Com este indicativo, pode-se inferir que na opção de se buscar melhorias ambientais em Curitiba a partir da redução destes poluentes, implicaria na implementação de medidas mais rígidas em termos ambientais do que aquelas consideradas no cenário otimista. Por exemplo ter-se-ia que ter uma quase completa dessulfurização da gasolina e o uso maciço de catalizadores nos automóveis.

Tabela 8.11 Emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis a gasolina de Curitiba - 1995 e 2010, em ton/ano.

Tipo de Emissão	Cenário	1995	2010
CO	T	19422	12240
	O	19197	7920
HC	T	1645	1836
	O	1626	1186
NOx	T	1519	2824
	O	1501	1827
Aldeídos	T	76	47
	O	75	30
SOx	T	253	470
	O	250	647
CO₂	T	113718	220694
	O	108890	341247

Os resultados obtidos para os automóveis a gasolina, fornecem uma visão global da evolução das emissões de poluentes, o que permitiria ao poder público balizar futuras ações para a implementação de políticas ambientais que estejam em consonância com o planejamento dos transportes e uso e ocupação do solo, da cidade de Curitiba. Por outro lado, fornece dados para a sociedade organizada, posicionar-se frente ao problema e reivindicar a execução de ações concretas junto aos órgãos públicos afins. A tabela 8.12, mostra, para os dois cenários considerados neste trabalho, a evolução das emissões de CO, HC, NOx aldeídos, para a evolução total da frota de automóveis à álcool - particulares mais táxis - da cidade de Curitiba.

Tabela 8.12 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis à álcool de Curitiba - 1995 e 2010, em ton/ano

Tipo de emissão	Cenário	Anos	
		1995	2010
CO	T	10216	6196
	O	10109	3278
HC	T	1571	929
	O	1555	491
NOx	T	1007	1429
	O	996	756
Aldeídos	T	60	71
	O	59	37

De acordo com a tabela 8.12 pode-se observar que no tocante ao CO e HC, em ambos os cenários, verifica-se uma diminuição das emissões, sendo mais acentuada no cenário otimista, o que era esperado. Nos casos do NOx e dos Aldeídos, a redução das emissões ocorre somente no cenário otimista, face à maior rigidez ambiental cenarizada. No geral, verifica-se que as cenarizações atuam mais fortemente em direção a um saldo positivo em termos ambientais para o CO e HC, independentemente de qual cenário venha a configurar-se nos próximos quinze anos.

A tabela 8.13, mostra, para os dois cenários considerados neste trabalho, a evolução das emissões de CO, HC, NOx, material particulado, SOx e dióxido de carbono, para a evolução total da frota de ônibus da cidade de Curitiba.

Dos resultados projetados para as emissões da frota de ônibus em Curitiba, verifica-se que o atendimento das necessidades de uso final - transporte de passageiros.kilômetros -, fazem com que a ampliação da frota eleve o volume de emissões de CO, HC, NOx e SOx, independentemente daquele cenário que venha a configurar-se nos próximos quinze anos. Entretanto, deve ser salientado, que mesmo não sendo totalmente restritivas, as medidas priorizando-se o meio ambiente, fazem com que as taxas médias anuais de crescimento das emissões daqueles poluentes ocorram em patamares menores no cenário otimista.

Tabela 8.13 Emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de ônibus da cidade de Curitiba, em 1995 e em 2010, em ton/ano

Tipo de emissão	Cenário	Anos	
		1995	2010
CO	T	188	676
	O	158	353
HC	T	18	44
	O	10	21
NOx	T	145	340
	O	116	149
PM	T	31	72
	O	30	16
SOx	T	43	100
	O	42	52
CO ₂	T	16153	22310
	O	16153	21355

No tocante aos materiais particulados, no cenário otimista verifica-se o declínio de suas emissões, fundamentalmente em função da rigidez cenarizada para a qualidade do óleo Diesel.

O volume das emissões de dióxido de carbono -CO₂ -, permanece relativamente estabilizado em ambos os cenários, girando em torno de 16 mil a 22 mil toneladas/ano, apesar do crescimento da frota. Isto ocorre, em face das melhorias esperadas no consumo específico e uso intenso de eletrônica embarcada nos ônibus, fatores que acabam minimizando o uso de combustível e trazendo reflexos positivos ao meio ambiente. O cenário otimista apresenta-se melhores resultados que o tendencial, fundamentalmente em função da perspectiva cenarizada para a entrada "mais cedo" de motores mais eficientes e eletrônica.

A tabela 8.14 mostra as demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para as frotas totais de automóveis e ônibus. Destes resultados, vale salientar dois aspectos : a elevação pronunciada da demanda de álcool combustível e gasolina no cenário otimista e a pouca variação entre os consumos de óleo Diesel nos cenários tendencial e otimista.

O primeiro, com relação ao álcool combustível, a sua elevação no cenário otimista deve-se fundamentalmente à cenarização para a partição de mercado, plenamente favorável ao meio ambiente, portanto direcionada para a ampliação da frota de automóveis a álcool. Por outro lado, no tocante ao aumento do consumo de gasolina neste cenário, também relaciona-se com as premissas empregadas na cenarização, que no caso significou ampliação do mercado dos automóveis pequenos e o uso de catalizadores.

O segundo aspecto, relativo à pequena diferença de consumo de óleo Diesel nos dois cenários, resulta da infra-estrutura já planejada e na maioria dos casos executada para o transporte coletivo em Curitiba. Isto significa dizer que o planejamento já tem equacionado parte da demanda futura por transportes coletivo. Neste sentido, em face dos equipamentos rodantes e fixos estarem em alguns casos já em uso, leva a uma pequena variação no consumo de óleo Diesel, independentemente daquele cenário que venha a configurar-se. Ações de planejamento e as premissas para as variáveis ambientais e tecnológicas dos cenários, seriam melhoradas em uma velocidade maior que a demanda por transporte, resultando um saldo líquido favorável à demanda por óleo Diesel, diminuindo o consumo relativo tanto deste energético quanto de suas emissões.

Tabela 8.14 Demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para Curitiba, em 1995 e em 2010, em mil litros/ano.

Combustível	Cenário	Ano	
		1995	2010
Gasolina	T	182091	353387
	O	188477	546424
Álcool	T	199707	236192
	O	199738	301051
óleo Diesel	T	22758	30952
	O	22684	29628

Intermodalidade

As possibilidades de intermodalidade no transporte coletivo de Curitiba são nulas, pelo menos até a primeira década do próximo século. Curitiba, a partir de 1974, iniciou um processo de reestruturação de todo o seu transporte coletivo rodoviário sobre pneus, baseado em ônibus Diesel.

Este processo inseriu-se em um projeto mais amplo de planejamento urbano da cidade, onde transportes e uso e ocupação do solo se integravam. O resultado de todo este processo na área de transportes foi o estabelecimento de uma Rede Integrada de Transportes-RIT, cuja formação foi sendo paulatinamente executada nos últimos anos.

A RIT além de firmar a opção rodoviária sobre pneus para o transporte coletivo em Curitiba, abre amplas possibilidades para a expansão deste modo de transporte na cidade. A implantação do "metrô de superfície" a partir de 1991, é um exemplo. Os custos desta expansão se restringiram aos veículos. Dentro da concepção da RIT foram planejadas ações que além de criar eixos estruturais indutores do desenvolvimento econômico do município, naturalmente atendera à futura demanda por transporte coletivo.

Como se vê as possibilidades de intermodalidade em Curitiba são muito pequenas ou nulas, sobretudo a considerar-se as muitas opções de expansão que ainda estão planejadas para a Rede Integrada de Transportes. A única possibilidade aberta seria a utilização do aeromóvel nos eixos

estruturais da RIT, todavia, tal opção seria colocada em prática quando esgotada as possibilidades de expansão do modo rodoviário naqueles eixos.

Entrada de um Energético Alternativo

Partindo-se da premissa que o modo rodoviário sobre pneus, a Diesel, é a opção que vêm sendo adotada na cidade de Curitiba e que a infra-estrutura em uso e planejada, tende a alijar, por exemplo os trolebus entre as opções de transporte coletivo da cidade, no curto e médio prazos, buscou-se analisar, apenas os impactos do uso de gás natural em ônibus.

A utilização deste energético, além de não alterar a infra-estrutura de transporte coletivo existente, viria contribuir para a melhoria ambiental da cidade. Por outro lado, no tocante ao suprimento de gás natural, ter-se-ia inicialmente como opção a Refinaria de Araucária e de uma forma mais remota as possibilidades abertas com o MERCOSUL e a construção de gasoduto a partir da Argentina. Na análise dos impactos do uso de gás natural nos ônibus de Curitiba, considerou-se existência de tecnologias factíveis de utilização imediata e que a indústria nacional estaria capacitada a fornecer os equipamentos. Para tanto, tomou-se por base a evolução prevista da frota de ônibus urbanos nos cenários tendencial e otimista, e supôs-se uma única alternativa para a entrada de gás natural, para estes dois cenários - entrada lenta e gradual do gás natural. Nesta hipótese tanto a adaptação dos ônibus urbanos existentes, quanto a renovação e ampliação da frota através de veículos novos, do ciclo Otto, deve se processar em uma escala gradual crescente, a saber : 10% em 1995, 30% em 2000, 40% em 2005 e 50% em 2010.

A título de exemplificação dos impactos da penetração do gás natural, tomou-se por base a frota de ônibus projetada para o ano 2010 e sendo analisado apenas as emissões de dióxido de carbono, por ser este um poluente cujos efeitos nocivos extrapolam o âmbito local e regional. Assim, considerando-se que 50% da frota daquele ano estarão utilizando gás natural, chega-se a um total de 1209 e 1289 ônibus urbanos, respectivamente, nos cenários tendencial e otimista.

Para tanto, considerou-se que 10^3 m^3 de gás natural equivalem a 0,857 tEP (BEN, 1997), o índice de equivalência operacional médio de $1,0 \text{ m}^3$ de gás natural por litro de óleo Diesel²⁸ e a

²⁸Comparativamente à cidade de Salvador, o índice de equivalência operacional utilizado para Curitiba foi considerado menor, uma vez que a frota desta cidade apresenta características totalmente diferentes tanto na idade da frota quanto na incorporação de novas tecnologias, facilitando conversão e tendo melhor performance na hipótese de utilização do gás natural.

demanda projetada de óleo Diesel em 2010, encontrando-se a demanda equivalente em gás natural. Multiplicando esta demanda equivalente de gás natural (tEP) pelo fator de emissão do gás natural de 0,64 tCO₂/tEP (AIE, 1991), obtém-se o total das emissões de CO₂ se toda a frota utilizasse este energético. Dividindo-se o total das emissões de CO₂ pela frota projetada em 2010, chega-se ao índice de 6,3 e 10,9 tCO₂/ônibus ano, respectivamente, nos cenários otimista e tendencial.

No cenário otimista, a penetração do gás natural em 50% da frota projetada para 2010, significa uma diminuição de aproximadamente 2578 toneladas de dióxido de carbono, ou seja, em termos percentuais representaria uma redução de 12% do total de emissões daquele ano. Quanto ao cenário tendencial, considerada a mesma hipótese, não se verificaria melhorias substanciais nos níveis de emissão de dióxido de carbono. Neste caso, a diminuição das emissões que viriam do óleo Diesel deslocado, seriam praticamente idênticas à aquelas oriundas do gás natural substituto, em face da necessidade de seu maior consumo para atender as necessidades projetadas de transporte coletivo em 2010. Saliente-se que o fator de emissão do óleo Diesel é de 0,85 tCO₂/tEP e o do gás natural 0,64 tCO₂/tEP (AIE, 1991).

8.4 Estudo-de-Caso: Brasília, Distrito Federal

A idéia de interiorização da capital do Brasil data de meados do século XIX. Entretanto, a sua viabilização somente veio ocorrer em setembro de 1956, quando o Congresso Nacional aprovou o nome Brasília e aprovou a criação da Companhia Urbanizadora da Nova Capital - NOVACAP, de caráter estatal e com a finalidade de coordenar e edificar a nova capital, bem como promover a sua transferência do Rio de Janeiro para a região central do Brasil. Em 21 de Abril de 1960, inaugurou-se a nova capital e iniciou-se a transferência gradativa dos principais órgãos federais do Rio de Janeiro para Brasília. Atualmente, decorridos mais de trinta anos, Brasília, além de sua originalidade urbanística, é uma cidade consolidada, inclusive, possuidora de todos os problemas das grandes cidades nacionais, como a urbanização descontrolada e deterioração da qualidade de vida.

Em sua fase inicial, Brasília cresce comportando-se como uma cidade de frente pioneira. Por sua especificidade de já ter surgido para ser uma cidade grande, teve desde seu começo, um

poder de direcionamento muito além da atração de excedentes populacionais locais ou regionais, canalizando as correntes migratórias nacionais para um novo mercado de trabalho que se abria. A partir de 1970, os núcleos populacionais periféricos transformam-se nas chamadas “cidades satélites” e já representam aproximadamente 75% da população urbana do Distrito Federal. No início da década de 90 Brasília e as demais cidade satélites possuíam mais de 1,5 milhão de habitantes.

No tocante aos transportes, além dos problemas relacionados à concepção do Plano Piloto e da localização das cidades satélites em relação aos pólos geradores de emprego, fazendo com a distância média das viagens por transporte rodoviário seja de 35km, tem-se os agravantes da não renovação de passageiros ao longo das linhas ônibus regulares e superlotação nos horários de pico. O sistema metroviário de Brasília, apesar de um grande impulso em termos de investimentos em sua fase inicial, teve ao longo dos últimos anos suas obras praticamente paralisadas. No momento, está dependendo de recursos do Governo Federal para dar andamento nas obras. Apenas alguns quilômetros de linhas de superfície vem sendo utilizado e, em caráter precário. A questão das emissões de poluentes por veículos automotores, somente com transporte coletivo através de ônibus são executadas ações mitigadoras de abatimento da poluição atmosférica e, isto ao nível das empresas permissionárias. No transporte individual não se verifica ações mitigadoras.

8.4.1 Cenários de projeção

Inicialmente é necessário esclarecer que ao citar-se a cidade de Brasília, significa dizer que os resultados e análises apresentados referem-se à região metropolitana de Brasília ou do Distrito Federal, a qual além do Plano Piloto é composta pelas cidades satélites. A seguir, apresenta-se as variáveis quantitativas que foram analisadas, dentro do enfoque das hipóteses tendencial e otimista para o crescimento econômico, no estudo-de-caso de Brasília. Além destas variáveis, usa-se também, aquelas consideradas na seção 8.2.1, comuns a todas os estudos-de-casos.

Produto Interno Bruto do Distrito Federal - PIBDF

A partir da evolução prevista para o Produto Interno Bruto do Brasil, das informações da CODEPLAN - Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central e da Secretaria de

Transportes, órgãos do Governo do Distrito Federal, elaborou-se os cenários tendencial e otimista para o Produto Interno Bruto do Distrito Federal. No cenário tendencial, pressupõem-se que entre o ano de 1995 e 2000, o nível de atividade cresça a uma taxa média de 2% a.a.. Entre o ano 2000 e 2005, o nível de atividade mais do que dobraria, atingindo neste período, um crescimento de 5% a.a., enquanto nos últimos cinco anos, do horizonte de quinze anos, 2005 a 2010, verificar-se-ia um pequeno declínio desta taxa, atingindo-se um patamar de 4% a.a.. No cenário otimista, se pressupõe um crescimento pronunciado do nível de atividade do Distrito Federal, entre o ano de 1995 e 2000, cerca de 7% a.a., para então declinar ligeiramente, atingindo uma taxa média de crescimento anual de 6%, ao longo dos demais dez anos, 2001 a 2010.

Produto Industrial do Distrito Federal - PIBINDF

No cenário tendencial se imagina que a evolução do setor industrial do Distrito Federal, apresente taxas médias anuais de crescimento próximas ao do nível de atividade global. Desta forma, no período compreendido entre os anos de 1995 e 2000 cresceria a uma taxa média de 2% a.a., e entre os anos de 2001 a 2010, cerca de 4% ao ano. No cenário otimista em relação ao crescimento econômico, supõem-se que entre os anos de 1995 e 2000, possa se configurar uma taxa média anual de 2,5%. A partir do ano 2001 e até fim do período de planejamento, se prevê que esta taxa seja duplicada, ou seja, ter-se-ia neste período uma taxa média de crescimento do setor industrial da ordem de 5% ao ano.

Nível de Atividade Serviços -PIBSERDF- e Comércio -PIBCOMDF-Distrito Federal

No tocante aos cenários tendencial e otimista para o setor de serviços e comércio do Distrito Federal, considerou-se as premissas de evolução das taxas médias anuais de crescimento esperadas para o setor industrial, ocorram de uma forma mais pronunciada, em face da própria vocação do Distrito Federal para o comércio e serviços. Neste sentido, configurando-se o cenário tendencial os setores de serviços e comercial, crescerão entre 1995 e 2000 a uma taxa média de 3% ao ano, enquanto entre 2001 e 2010 a taxa esperada seria da ordem de 4% ao ano. No tocante ao cenário otimista, as taxas previstas para os últimos dez anos do cenário tendencial, ocorreriam entre 1995 e 2000, cerca de 4% ao ano. Entre 2001 e 2010 estas taxas sofreriam ligeiro aumento, atingindo em média 5% ao ano.

Evolução populacional - POPTDF

Independentemente de configurar-se o cenário tendencial ou otimista de crescimento econômico, considerou-se para todo o horizonte de planejamento - 1995 a 2010 -, que a população do Distrito Federal apresentará um crescimento populacional de aproximadamente 2% ao ano, superior à aquele previsto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE para o país. Esta suposição esta consoante as premissas utilizadas pela CODEPLAN, para o Distrito Federal.

Evolução do PIB per Capita Distrito Federal - PIBPERDF

No cenário tendencial considerou-se que as taxas históricas observadas deverão ocorrer entre 1995 e 2000, cerca de 3% ao ano. A partir de 2001 esta taxa se eleva e atinge em média 4% ao ano entre 2001 e 2010. No caso de configurar-se o cenário otimista de crescimento econômico, imagina-se que entre 1995 e 2000, o PIB per capita cresça a uma taxa de 4% ao ano, e , entre 2001 e 2010 se eleve para um patamar de 5% ao ano.

8.4.2 Modelos de projeção das frotas dos veículos seu uso e sua demanda energética

Automóveis e Táxis

A modelagem da evolução da frota automóveis particulares, total - FAUTDF - e à álcool - FROAPAL -, para a cidade de Brasília segue as mesmas premissas de Salvador e Curitiba, ou seja, foi definida com base em um modelo econométrico/uso final. A frota de automóveis particulares total e a álcool são projetadas de forma independente, sendo possível a verificação à posteriori da compatibilidade dos resultados. Os dados históricos de evolução da frota total de automóveis particulares foi correlacionado ao nível de atividade do setor de industrial -PIBINDDF - e a população total do Distrito Federal - POPTDF - :

$$FAUTDF = - 444953,5 + 0,5489*POPTDF - 1,1492*PIBINDDF$$

$$t \text{ student} \quad 55,88 \quad 2,88$$

$$R^2 = 0,99 \quad DW = 2,11 \quad F = 3552$$

A frota de automóveis particulares à álcool foi projetada a partir da correlação de dados históricos da frota à álcool com a evolução histórica do PIB per capita do Distrito Federal (PIBPERDF) :

$$FROAPAL = -147726,8 + 70,22 * PIBPERDF$$

$$t \text{ student} \quad 22,30$$

$$R^2 = 0,97 \quad DW = 1,34 \quad F = 497$$

A principal premissa para análise ambiental referente às emissões do automóveis, foi a necessidade de levantamento das quilometragens médias anuais e por consequência a obtenção das demandas de álcool e gasolina, a partir das frotas e consumo específico, este último, considerado uma variável de cenário.

A quilometragem total do automóveis particulares - KMTA - e a quilometragem total rodada pelos automóveis particulares à álcool - KMCA -, foram estimadas de maneira independente, através de regressões específicas para essa finalidade. A quilometragem total rodada por ano pelos automóveis particulares à gasolina é obtida pela diferença destes dois parâmetros.

Desta forma, buscou-se uma regressão que determinasse a tendência de evolução da quilometragem total anual percorrida pela frota total de automóveis particulares. Essa correlação foi encontrada entre os dados históricos da KMTA e o nível de atividade do setor de serviços do Distrito Federal :

$$KMTA = 510754,6 + 15,80 * PIBSERDF$$

$$t \text{ student} \quad 19,81$$

$$R^2 = 0,97 \quad DW = 3,29 \quad F = 392,5$$

As projeções da quilometragem total anual dos automóveis particulares à álcool, foi obtida correlacionando-se dados históricos de KMCA, à relação de preço ao consumidor do álcool e gasolina - PALPGAS - e ao preço do automóvel mais barato no mercado em salários mínimos - PSMA - :

$$KMCA = - 5990180 + 9257532*PALPGAS + 9732,99*PSMA$$

$$t \text{ student} \quad 5,67 \quad 4,40$$

$$R^2 = 0,92 \quad DW = 2,61 \quad F = 58,75$$

No tocante à evolução da frota dos táxis, não buscou-se a sua modelagem em função de que a mesma, vem-se mantendo constante nos últimos dez anos e a sua expansão depende de Lei do Governo Federal, o que não é esperado pelo menos no médio prazo. Desta forma estimou-se o consumo de combustível e a quilometragem anual média dos táxis, apenas para efeito da análise ambiental, a partir de dados obtidos junto à CETESB. A frota total de táxis em Brasília tem-se mantido em 2900 unidades, sendo que deste total, somente 707 são à gasolina (DMTU, 1994).

Ônibus

Inicialmente é necessário destacar que o serviço de transporte público coletivo do Distrito Federal é constituído de quatro tipos ou serviços.

O primeiro, chamado Executivo objetiva oferecer ao usuário de melhor renda, que se deslocam das cidades satélites para o Plano Piloto, um serviço de maior conforto e qualidade. Este serviço é operado com ônibus tipo rodoviário, sem roletas e com poltronas individuais. O segundo, chamado de Vizinhança, visa oferecer uma opção aos usuários de melhor renda que se deslocam dentro do Plano Piloto. este serviço é operado por microônibus. O terceiro, ainda não representativo, não dispondo-se de estatísticas confiáveis, é o chamado de Alternativo, sendo operado através de kombis.

Finalmente, tem-se o chamado Convencional, objeto de análise deste trabalho, cuja operação é realizada por ônibus convencionais e destina-se a assegurar os deslocamentos básicos da população e a um custo reduzido, comparativamente aos demais tipos. O sistema Convencional de transporte coletivo, responde por 98% dos passageiros transportados no Distrito Federal.

A modelagem para a projeção da frota de ônibus urbanos foi feita dentro da premissa de um modelo econométrico/uso final, tendo em vista analisar-se a questão ambiental, as possibilidades de entrada de energéticos alternativos e a intermodalidade.

A estimativa da demanda de óleo Diesel, é obtida associando-se o indicador de atividade (pass.km) à ocupação média dos ônibus, consumo específico e à frota projetada. Destes parâmetros, a ocupação média e o consumo específico é obtido a partir de cenarização.

Para a projeção da frota dos ônibus urbanos da cidade de Brasília, correlacionou-se as séries históricas desta frota - FRONIDF - e a evolução do nível de atividade global do Distrito Federal - PIBDF - :

$$\text{FRONIDF} = 1121,6 + 0,1056 * \text{PIBDF}$$

$$t \text{ student} \quad 13,11$$

$$R^2 = 0,93 \quad DW = 3,04 \quad F = 172$$

No caso da estimativa do indicador de atividade - PASS.KM -, a sua projeção além de possibilitar a análise objetiva, dentro dos cenários de projeção, da substituição intermodal, permite, quando associado às projeções dos passageiros transportados - PASSTRA - e fator de emissão, projetar-se o volume de emissões, por tipo de poluente.

O indicador de atividade foi correlacionado com a evolução populacional - POPTDF -, obtendo-se uma regressão da seguinte forma :

$$\text{PASS.KM} = - 3,78 * 10^{16} + 4,42 * 10^{10} * \text{POPTDF}$$

$$t \text{ student} \quad 9,18$$

$$R^2 = 0,88 \quad DW = 1,31 \quad F = 84,4$$

A série histórica dos passageiros transportados por ônibus no Distrito Federal, foi correlacionada com o preço ao consumidor do óleo Diesel - POD - e o nível de atividade do setor do comércio - PIBCOMDF -, obtendo-se a seguinte regressão :

$$\text{PASSTRA} = 1,43 * 10^8 + 808966,3 * \text{PIBCOMDF} - 369651,1 * \text{POD}$$

$$t \text{ student} \quad 1,59 \quad 1,57$$

$$R^2 = 0,80 \quad DW = 1,42 \quad F = 20,4$$

8.4.3 Projeções

Frotas

Automóveis

A projeção da frota total de automóveis da cidade de Brasília, a partir da regressão ajustada à tendência verificada no período 1980-92, mostra uma pequena diferença nos resultados dos dois cenários considerados, como pode ser observado na tabela 9.15. Esta pequena diferença é resultado da cenarização de um crescimento não acentuado das variáveis explanatórias - população e nível de atividade do setor industrial do Distrito Federal, com também do alto índice de motorização existente na cidade, cerca de 252 automóveis por mil habitantes. O crescimento da frota ao longo dos quinze anos considerados, em ambos os cenários, repõem o sucateamento e o aumento populacional. Entre 1995 e 2010 a frota em ambos os cenários crescerá a uma taxa de aproximadamente 3,4 % ao ano. O crescimento populacional esperado é da ordem de 2% ao ano. Em 2010 o índice de motorização será da ordem de 300 automóveis por mil habitantes

A tabela 8.15 apresenta os dados projetados para a frota de automóveis particulares, para os anos de 1995, 2000, 2005 e 2010.

No tocante à evolução da frota projetada de automóveis particulares a álcool, entre 1995 e 2000, em ambos os cenários o seu crescimento mostrou-se pequeno em face das incertezas ligadas ao desenvolvimento futuro do Programa Nacional do Álcool - PROÁLCOOL, o que levaria a um relativo descrédito do programa e inibindo à procura por carros novos a álcool.

Tabela 8.15 Evolução da frota total projetada de automóveis particulares na cidade de Brasília - 1995/2000/2005/2010, em unidades

ANOS	CENÁRIOS	
	Tendencial	Otimista
1995	431487	431278
2000	522707	521309
2005	618135	613550
2010	722350	713091

Entre o ano 2000 e 2010, no cenário tendencial o crescimento da frota de automóveis particulares a álcool ocorre a uma taxa média anual de 6 % a.a., enquanto no cenário otimista, em face da priorização da questão ambiente e uma solução para o PROÁLCOOL, será traduzida em uma maior participação das vendas de carros novos a álcool no total das vendas internas. Neste caso a frota crescerá a uma taxa de aproximadamente 7,5 % ao ano.

A participação dos automóveis a álcool no total da frota, em 2010, situará em torno de 55 %, caso configure o cenário tendencial, e, em cerca de 69% no caso do cenário otimista. Ressalte-se, o saldo líquido em termos ambientais, no caso da maior da expansão da frota a ser verificada no cenário otimista, cujos principais indutores seriam a elevação da renda é uma maior consciência ambiental na cidade.

A tabela 8.16 apresenta os dados projetados para a frota de automóveis particulares a álcool, para os anos de 1995, 2000, 2005 e 2010.

Tabela 8.16 Evolução da frota projetada de automóveis particulares à álcool na cidade de Brasília - 1995/2000/2005/2010, em unidades

ANOS	CENÁRIOS	
	Tendencial	Otimista
1995	170883	173976
2000	221629	243674
2005	301652	351811
2010	399011	489825

Ônibus

Os resultados das projeções das frotas de ônibus, tanto no cenário tendencial quanto no otimista, mostram um crescimento continuado desta frota. No cenário tendencial, o crescimento da frota ocorre a uma velocidade menor que o crescimento populacional. Enquanto entre 1995 e 2010 a frota crescerá em torno de 1,7 % ao ano, a população estará se expandindo a uma taxa de 2 % ao ano, fato que denota a deterioração do indicador da qualidade do transporte, caso se configure este cenário.

Em 1990 a relação habitantes/ônibus em Brasília foi da ordem de 896. De acordo com as projeções, em 1995, este indicador sofreria modificações mínimas e situando-se em torno do mesmo patamar. Entre 1995 e 2000, verificar-se-ia a elevação deste indicador para 932 habitantes por ônibus, sofreria ligeira queda até 2005, atingindo 919 habitantes por ônibus e chegaria em 2010 em um patamar de 916 habitantes por ônibus.

No cenário tendencial, como se vê a população do Distrito Federal teria uma piora no transporte coletivo e diferentemente das outras cidades enfocadas anteriormente, este indicador mostra realmente a qualidade do transporte oferecido à população. Em Brasília, em face das distâncias envolvidas entre o Plano Piloto e cidades satélites a renovação de passageiros e muito pequena, mostrando que o efeito de movimentação da população não captada por este indicador seria praticamente nula.

Por outro lado, caso se configure o cenário otimista o indicador de qualidade do transporte coletivo melhora substancialmente já a partir de 1995. De um patamar de 896 habitantes por ônibus observado em 1990, atingir-se-ia em 1995 cerca 863, tendo uma evolução positiva em termos de qualidade até o fim do período de análise, 2010. Entre 2000 e 2010, este indicador sairia de patamar de 814 habitantes por ônibus, atingiria 768 em 2005, chegando em 2010, com aproximadamente 709 habitantes por ônibus. Esta diminuição significaria uma melhoria de aproximadamente 21 % nos serviços, resultado sobretudo da ampliação da frota de ônibus a uma taxa média anual de 3,3 %.

A tabela 8.17 apresenta os dados projetados para a frota total de ônibus para a cidade de Brasília nos anos de 1995, 2000, 2005 e 2010.

Tabela 8.17 Evolução da frota projetada de ônibus na cidade de Brasília - 1995/2000/2005/2010, em unidades

ANOS	CENÁRIOS	
	Tendencial	Otimista
1995	1901	1939
2000	1982	2268
2005	2219	2656
2010	2457	3175

Emissões e Demanda de Combustíveis

No tocante às emissões de poluentes, de uma forma geral, os resultados obtidos mostram que o problema ambiental tenderá a agravar-se na cidade de Brasília, caso não se configure dentro do horizonte de planejamento adotado, o cenário mais favorável à questão ambiental. Todavia, deve ser salientado que mesmo configurando-se este cenário e não obstante as características do relevo da cidade, de fácil dispersão de poluentes, a problemática do clima seco e a pouca umidade do ar, levará necessariamente à efetivação de medidas mais rígidas, ainda no médio prazo, do que aquelas impostas nos cenários.

No tocante à demanda por combustíveis, não se vislumbra nenhum problema de suprimento para o atendimento das necessidades de usos finais para a cidade, sobretudo a configurar-se o cenário otimista, mais favorável ambientalmente. Neste caso, com a entrada de energéticos alternativos, como o gás natural, se deslocaria parcela da demanda por energéticos tradicionais, tornando menos problemática um eventual gargalo no fornecimento dos energéticos tradicionais, como o óleo Diesel. O metrô entrando em operação comercial, viria também a contribuir para minimizar possíveis problemas de suprimento de energéticos tradicionais, com reflexos positivos em termos ambientais.

A tabela 8.18, mostra, para os dois cenários considerados a evolução das emissões de CO, HC, NO_x, aldeídos, SO_x e dióxido de carbono, para a evolução total da frota de automóveis à gasolina (particulares mais táxis) da cidade de Brasília. De acordo com os resultados apresentados na tabela 8.18, pode-se verificar que as emissões de CO, HC e Aldeídos, serão minimizadas, caso se configure o cenário otimista. Nos casos do NO_x e SO_x, observa-se que as medidas cenarizadas, não promovem, independentemente de qual cenário venha a ocorrer, uma substancial melhoria ambiental.

Especificamente nos casos do SO_x e CO₂, mesmo em uma cenarização mais favorável ambientalmente, ter-se-ia elevação das emissões destes dois poluentes. Com este indicativo, pode-se inferir que na opção de se buscar melhorias ambientais em Brasília a partir da redução destes poluentes, implicaria na implementação de medidas mais rígidas em termos ambientais do que aquelas consideradas na cenarizadas. Por exemplo, isto passaria pela melhoria da qualidade da gasolina, tendo em vista a sua dessulfurização e do uso maciço de catalizadores pelos automóveis.

Tabela 8.18 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis a gasolina de Brasília - 1995 e 2010, em ton/ano.

Emissão	Cenário	1995	2010
CO	T	19836	15810
	O	21040	8080
HC	T	1681	2371
	O	1783	1212
NOx	T	1551	3648
	O	1645	1864
Aldeídos	T	77	60
	O	82	31
SOx	T	258	608
	O	274	660
CO₂	T	119755	393797
	O	147845	479604

A tabela 8.19, mostra, para os dois cenários considerados a evolução das emissões de CO, HC, NOx e aldeídos, para a evolução total da frota de automóveis à álcool (particulares mais táxis) no Distrito Federal.

Tabela 8.19 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis à álcool de Brasília - 1995 e 2010, em ton/ano.

Emissão	Cenário	1995	2010
CO	T	12988	7883
	O	12851	4080
HC	T	1998	1182
	O	1977	612
NOx	T	1280	1797
	O	1267	941
Aldeídos	T	76	90
	O	76	47

De acordo com os resultados da tabela 8.19, pode-se observar que no tocante ao CO e HC, em ambos os cenários verifica-se uma diminuição das emissões, sendo mais acentuada tal diminuição no cenário otimista, o que era esperado. Nos casos do NOx e dos Aldeídos, a redução das emissões ocorre somente no cenário otimista.

De uma forma geral, verifica-se que as cenarizações atuariam mais fortemente em direção a uma saldo positivo em termos ambientais, caso se configure o cenário otimista dentro do horizonte de planejamento. Tal resultado, está relacionado com a ampliação da frota de automóveis a álcool a partir do ano 2000 no cenário otimista de crescimento econômico.

A tabela 8.20, mostra, para os dois cenários considerados a evolução das emissões de CO, HC, NOx, material particulado - PM -, SOx e dióxido de carbono, para a evolução total da frota de ônibus do Distrito Federal.

Tabela 8.20 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de ônibus da cidade de Brasília - 1995 e 2010 -, em ton/ano.

Emissão	cenário	1995	2010
CO	T	686	356
	O	608	256
HC	T	44	39
	O	21	15
NOx	T	345	306
	O	260	108
PM	T	73	64
	O	69	12
SOx	T	101	89
	O	96	38
CO₂	T	20207	36891
	O	20207	27137

Da análise dos resultados projetados para as emissões da frota de ônibus em Brasília, verifica-se que o atendimento das necessidades de uso final, não provocara elevação do volume das emissões de CO, HC, NOx e SOx, entre 1995 e 2010, independentemente daquele cenário que venha a configurar-se. Todavia, saliente-se que medidas mais rígidas priorizando-se o meio ambiente, no cenário otimista, fazem com que as taxas médias anuais de crescimento das emissões daqueles poluentes ocorram em patamares menores, ao longo dos quinze anos analisados.

No tocante às emissões de dióxido de carbono, as mesmas crescem em ambos os cenários, entretanto no cenário otimista, esta elevação ocorre de uma forma menos acentuada, em função sobretudo, da entrada "mais cedo" de melhorias no consumo específico e do uso de eletrônica embarcada.

É fundamental afirmar que os resultados obtidos através da modelagem ambiental para a cidade de Brasília, além de fornecerem uma visão global da evolução dos poluentes, podem e deveriam funcionar como balizador visando a implementação de políticas ambientais no âmbito do Distrito Federal. Todavia, ressalte-se que a maior ênfase à questão ambiental passa por análises de custo/benefício e de quão fortes seriam a vontade política e as pressões da sociedade organizada.

Finalmente, apresenta-se a tabela 8.21, que mostra as demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para as frotas totais de automóveis e ônibus.

Dos resultados apresentados na tabela 8.21, vale salientar dois aspectos. O primeiro são as elevações substanciais no consumo de gasolina e álcool no cenário otimista, resultado sobretudo da conjunção da priorização ambiental e gasolina com preço final ao consumidor atraente. No cenário tendencial o consumo de gasolina supera em muito o consumo de álcool combustível, resultado da não priorização ambiental neste cenário. O segundo aspecto, relaciona-se com a evolução do consumo de óleo Diesel em ambos os cenários, ou seja, o consumo de óleo Diesel se eleva, todavia de uma forma mais pronunciada no cenário tendencial, aquele onde a frota de ônibus cresce a taxas médias anuais menores. Isto pode ser explicado pelo fato de que neste cenário é menor a rigidez ambiental e a velocidade para a introdução de novas tecnologias, comparativamente ao cenário otimista. Exemplo deste fato é que no cenário otimista, mesmo com uma evolução da frota em taxas médias anuais maiores, comparativamente ao cenário tendencial, consome-se menos óleo Diesel.

Tabela 8.21 Demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para Brasília, em 1995 e em 2010, em mil litros/ano.

Combustível	Cenário	Anos	
		1995	2010
Gasolina	T	217337	510995
	O	230528	622054
Álcool	T	279057	330295
	O	276071	407369
óleo Diesel	T	32008	51181
	O	31381	37649

Intermodalidade

Em Brasília, a principal opção modal ao transporte rodoviário por ônibus Diesel é o modo metroviário. O metrô de Brasília ainda não está concluído, portanto ainda não entrou em operação comercial. O metrô quando em operação comercial deverá ligar o Plano Piloto às principais cidades satélites. Outra opção, no caso para as cidades satélites que possuem um maior contingente populacional seria o uso de trolebus, todavia esta seria uma opção mais de longo prazo. No Plano Piloto tal opção está totalmente descartada, sobretudo enquanto o metrô não estiver operando em sua plena capacidade.

Considerando sobretudo a capacidade de transporte do metrô, todavia não descartando uma eventual entrada de trolebus nas cidades satélites, realizou-se, com o intuito ilustrativo as possibilidades de intermodalidade no transporte público coletivo de Brasília. No cenário tendencial, se pressupôs que a análise de intermodalidade seria traduzida na redução do indicador "pass.km" de forma a atingir em 2010, 90% do valor projetado. Tal suposição indica que a taxa média anual de crescimento do indicador "pass.km", entre 1995 e 2010, reduziria em 0,7 % a.a., ou seja, de um crescimento de 3,7% a.a. sem a consideração da intermodalidade, ter-se-ia, agora, com a intermodalidade uma taxa de 3,0% ao ano. Em outras palavras, isto significaria que com esta perspectiva de intermodalidade, o indicador "pass.km" em 2010, estaria próximo daquele a ser verificado em 2007, sem intermodalidade. Considerando-se a frotas projetadas para estes dois anos, observa-se que a promoção da intermodalidade no cenário tendencial, levaria ao

deslocamento de aproximadamente 148 ônibus da frota projetada para 2010. No cenário otimista, a análise de intermodalidade é traduzida na redução do indicador "pass.km" de forma a atingir em 2010, 70% do valor projetado. Tal suposição indica que a taxa média anual de crescimento do indicador "pass.km", entre 1995 e 2010, reduziria em 2,4% a.a., ou seja, de um crescimento de 3,7% a.a. sem a consideração da intermodalidade, ter-se-ia, agora, com a intermodalidade uma taxa de 1,3% ao ano. Em outras palavras, isto significaria que com esta perspectiva de intermodalidade, o indicador "pass.km" em 2010, estaria próximo daquele a ser verificado em 2000, sem intermodalidade. Considerando-se a frota projetada para estes dois anos, observa-se que a promoção da intermodalidade no cenário tendencial, levaria ao deslocamento de aproximadamente 907 ônibus da frota projetada para 2010.

O reflexo ambiental da diminuição da frota projetada em 2010, pode ser estimado para ambos os cenários. A título de exemplificação, considerou-se as alterações provocadas nas emissões de CO₂, tendo em vista que os seus efeitos sobre o meio ambiente tem caráter global, e não apenas local e regional como os demais poluentes considerados.

Considerando-se as frotas e emissões projetadas em 2010, no cenário tendencial ter-se-ia uma emissão de aproximadamente 15tCO₂/ônibus, enquanto no cenário otimista cerca de 8,5 tCO₂/ônibus. Estes dois índices relacionam-se com consumo exclusivo de óleo Diesel. Empregando-se estes dois índices de emissão, se verifica que no cenário tendencial cerca 2220 toneladas de dióxido de carbono deixariam de ser emitidas em 2010, representando uma diminuição de 6% do total que seria emitido, caso não ocorresse nenhuma ação planejadora em direção à intermodalidade. Por outro lado, no cenário otimista cerca de 7710 toneladas de dióxido de carbono deixariam de ser emitidas em 2010, representando uma diminuição de quase 29% do total que seria emitido, caso não tivesse nenhuma ação em direção à intermodalidade.

Entrada de energético alternativo

Para efeito desta análise considerou-se apenas as perspectivas de entrada de gás natural deslocando óleo Diesel nos ônibus urbanos do Distrito Federal. No tocante aos táxis, apesar do conhecimento do potencial para o uso de gás natural, não fez-se nenhuma simulação visto que a sua viabilização depende em grande parte da viabilização de gás natural nos ônibus. Com relação ao uso de eletricidade em trolebus, face a pouca exequibilidade desta opção, não chegou-se à sua

mensuração. Todavia, ressalte-se que existe um grande potencial para os trolebus nas cidades satélites.

A análise da introdução de gás natural em ônibus urbanos em Brasília, tomou por base a evolução prevista da frota de ônibus urbanos nos cenários tendencial e otimista, e supôs-se uma única alternativa para a entrada de gás natural, para estes dois cenários - entrada lenta e gradual do gás natural. Nesta hipótese tanto a adaptação dos ônibus urbanos existentes, quanto a renovação e ampliação da frota através de veículos novos, do ciclo Otto, deve se processar em uma escala gradual crescente. a saber : 10% em 1995, 30% em 2000, 40% em 2005 e 50% em 2010.

A título de exemplificação dos impactos da penetração do gás natural, tomou-se por base a frota de ônibus projetada para o ano 2010. Considerando-se que 50% da frota daquele ano estariam utilizando gás natural, chega-se a um total de 1228 e 1587 ônibus urbanos, respectivamente, nos cenários tendencial e otimista. Neste caso considerou-se apenas as emissões de dióxido de carbono.

A análise do impacto da entrada do gás natural como combustível nos ônibus urbanos, tem como pré-requisito a determinação das emissões de gás natural através do índice $\text{tCO}_2/\text{ônibus}$. Para tanto, considerou-se que 10^3 m^3 de gás natural equivalem a 0,857 tEP (BEN, 1997), o índice de equivalência operacional médio de $1,5 \text{ m}^3$ de gás natural por litro de óleo Diesel (PETROBRÁS, 1988) e a demanda projetada de óleo Diesel em 2010, encontrando-se desta forma a demanda equivalente em gás natural. Multiplicando esta demanda equivalente de gás natural (tEP) pelo fator de emissão do gás natural de $0,64 \text{ tCO}_2/\text{tEP}$ (AIE, 1991), obtem-se o total das emissões de CO_2 se toda a frota utilizasse este energético. Dividindo-se o total das emissões de CO_2 pela frota projetada em 2010, chega-se ao índice de 17 e $9,7 \text{ tCO}_2/\text{ônibus}$, respectivamente, no cenário tendencial e otimista. De acordo com os resultados obtidos chegou-se à conclusão de que com a equivalência operacional adotada, mesmo tendo-se 50% da frota consumindo gás natural, o volume de emissões de dióxido de carbono em 2010 seriam praticamente equivalente, quer seja consumindo gás natural ou óleo Diesel. Tendo-se como variável fixa a equivalência operacional adotada, somente, com um mínimo de 55% da frota projetada para 2010 ter-se-ia vantagens ambientais com o uso do gás natural, relativamente ao dióxido de carbono. Saliente-se que existem tecnologias, todavia, mais caras, produzidas no

mercado interno e factíveis de utilização imediata, que fornecem uma equivalência operacional da ordem de 50% mais eficiente, do que o parâmetro utilizado pela PETROBRÁS (1988).

8.5 Estudo-de-Caso: Campinas, Estado de São Paulo

Historicamente, a cidade de Campinas surgiu a partir do complexo cafeeiro do Estado de São Paulo e das duas principais ferrovias do café, a Companhia Mogiana e a Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Nas últimas décadas o crescimento populacional da cidade de Campinas tem sido pronunciado. Por exemplo, na década de 80 a cidade crescia a uma taxa de 5,84% ao ano, enquanto o Estado de São Paulo tinha um crescimento médio da ordem de 3,3% ao ano. A população campineira vem sendo duplicada a cada 12 anos. Campinas, excetuando-se a capital é a maior cidade do Estado de São Paulo. De acordo com dados da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Campinas no ano 2000 deverá chegar próximo a uma população de 1,6 milhão de habitantes. Quanto ao transporte urbano, Campinas possui uma estrutura viária que se dá fundamentalmente a partir de vias de ligação centro-periferia e vias coletoras, quase definindo um sistema de vias anelar. De acordo com a Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas, o sistema de transporte público urbano conta com uma frota de aproximadamente 850 ônibus, transportando cerca 12 milhões de passageiros mês. O sistema ferroviário de transporte público - Veículo Leve sobre Trilhos - foi desativado pela falta de competitividade e principalmente, pela inexistência de integração com o sistema rodoviário. O transporte individual é usado em decorrência do alto poder aquisitivo da população, fato que tem levado, sobretudo no horário de pico a grandes congestionamentos na cidade. Isto, além de provocar um aumento substancial no consumo de combustíveis fósseis, aumenta os níveis de emissão de poluentes e acaba deteriorando a qualidade do ar da cidade. A cidade de Campinas, pelo fato possuir inúmeras instituições de pesquisa e universidades, tem mostrado alguma preocupação com o problema das emissões de poluentes atmosféricos, todavia, muito aquém dos níveis desejado.

8.5.1 Cenários de projeção

Inicialmente é necessário dois aspectos. O primeiro é que neste estudo-de-caso enfocou-se apenas o município de Campinas, sem no entanto, perder de vista sua tendência de metropolização. O segundo trata-se de esclarecer que a base de dados utilizada para o ajuste das regressões, pode levar a distorções nos resultados senão forem analisados dentro contexto em que foram obtidos.

Isto resulta da dificuldade dos órgãos municipais, diretamente ligados ao setor de transportes, não possuírem séries históricas de dados para um horizonte de mais de cinco anos. Desta forma, buscando equacionar em parte o problema, fez-se estimativas de alguns dados relevantes, sem os quais seria praticamente impossível ajustar-se as regressões. Tais estimativas foram obtidas de forma indireta, todavia, balizadas em estudos realizados no início dos anos 80 e na experiência de alguns interlocutores, cujas atividades é afim ao transporte urbano da cidade de Campinas.

Em alguns casos buscou-se comparações entre cidades, podendo-se destacar a desagregação da série histórica da frota de automóveis de Campinas, por combustível. Especificamente para este caso, baseou-se na evolução da frota de automóveis a álcool e gasolina da cidade de São Paulo. Deve-se salientar, que apesar das dificuldades para a obtenção de algumas séries históricas, os resultados obtidos, permitem análises e inferências representativas. Para tanto, procurou-se minimizar eventuais deficiências, quando pertinente, a partir de um tratamento exógeno dos resultados da modelagem. A seguir, apresenta-se as variáveis quantitativas que foram analisadas, dentro do enfoque das hipóteses tendencial e otimista para o crescimento econômico, no estudo-de-caso de Campinas. Além destas variáveis, usa-se também, aquelas consideradas na seção 8.2.1, comuns a todas os estudos-de-casos.

Produto Interno Bruto da Região de Governo de Campinas²⁹ - PIBRCAM

A partir da evolução prevista para o Produto Interno Bruto do Brasil, das informações da Secretaria de Planejamento e Gestão do Governo do Estado de São Paulo e da Secretaria de Finanças da Prefeitura Municipal de Campinas, elaborou-se os cenários tendencial e otimista para

²⁹Região de Governo ou Administrativa é a forma pela qual o Governo do Estado de São Paulo divide o estado para efeito de estudos sócio-econômicos. O Produto Interno Bruto da Região de Governo de Campinas, participa com 10% do Produto Interno Bruto do Estado de São Paulo, somente sendo superado pelo nível de atividade da Região de Governo da Grande São Paulo.

o Produto Interno Bruto da Região de Governo de Campinas. No cenário tendencial, pressupõem-se que entre o ano de 1995 e 2010, o nível de atividade da Região de Governo de Campinas cresça a uma taxa média de 3 % a.a, praticamente idêntica ao níveis de crescimento anuais, observado nos últimos dez anos. No cenário otimista, se pressupõe um crescimento mais pronunciado do nível de atividade da região, todavia, inferior ao Produto Interno Bruto do país. Tal premissa baseai-se no ajuste lento, que é esperado para as contas públicas do Estado de São Paulo. Desta forma, ao longo do período 1995 e 2010, mesmo dentro de uma conjuntura otimista, o crescimento médio anual do nível de atividade da Região de Governo de Campinas será da ordem de 3,5 % ao ano.

Produto Interno Bruto do Estado de São Paulo - PIBSP

No cenário tendencial se imagina que a evolução do nível de atividade do Estado de São Paulo, apresente taxas médias anuais de crescimento próximas aquele verificado no último quinquênio dos anos 80 e início dos anos 90, sobretudo tendo em vista o ajuste lento das contas públicas. Desta forma, no período compreendido entre os anos de 1995 e 2010, o nível de atividade do Estado de São Paulo crescerá a uma taxa média de 2,5 % ao ano. No cenário otimista, supõem-se que ocorra o ajuste das contas públicas entre os anos de 1995 e 2000, o que refletiria em uma taxa média anual de crescimento de 2,5%. A partir do ano 2001 e até fim do período de planejamento, se prevê que esta taxa seja duplicada, tanto por conta de um maior crescimento do país quanto pelo equacionamento das dívidas do Estado.

Evolução populacional de Campinas - POPTCAM

Independentemente de configurar-se o cenário tendencial ou otimista de crescimento econômico, considerou-se para todo o horizonte de planejamento - 1995 a 2010 -, que a população da cidade de Campinas apresentará um crescimento populacional de aproximadamente 2% ao ano, superior à aquele previsto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE para o país. Esta suposição esta consoante com as premissas utilizadas pela Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de Campinas, em estudos sobre a criação da região metropolitana de Campinas.

Evolução da tarifa média de catraca nos ônibus urbano de Campinas - TAMECA

Nos últimos anos a renovação da frota de ônibus urbanos da cidade de Campinas, tem tido como uma das principais fontes de recursos, a evolução de 4 % ao ano, em valores reais, da tarifa dos ônibus urbanos. Saliente-se que mesmo com esta evolução real das tarifas, a cidade ainda esta muito aquém da frota de ônibus necessária para levar a melhorias substanciais na qualidade do transporte coletivo. Desta forma, baseado nesta evolução histórica recente, pressupõem-se que mesmo no caso de configurar-se o cenário tendencial, aquela taxa média anual de crescimento deverá ocorrer ao longo de todo o período de planejamento. Por outro lado, em uma situação onde configure o cenário otimista, se imagina que um crescimento real da tarifa de 5% ao ano, entre 1995 e 2010, poderia facilmente ser negociado com usuários, tendo em vista a ampliação e melhorias das qualidades do serviço prestado

Valor Adicionado líquido da cidade de Campinas³⁰ - VACAM

Entre 1985 e 1992, o valor adicionado líquido da cidade de Campinas cresceu a uma taxa média anual de 0,6 % ao ano. Neste sentido, na hipótese de configurar-se o cenário tendencial, se imagina que aquela taxa ocorreria entre 1995 e 2000, para a partir daí dobrar, atingido 1,2 % ao ano, até o fim do período de planejamento. A premissa para a suposição de crescimento da taxa média anual nos últimos dez anos, baseia-se na expectativa de uma maior expansão econômica do Estado de São Paulo, a partir do ano 2000. Por outro lado, no caso do cenário otimista, se imagina que a expansão econômica em curso da cidade de Campinas com a criação da "Trade Point", aliada a uma possível utilização da Hidrovia Tiete-Paraná, a partir da cidade de Piracicaba, e, uma expansão econômica do próprio Estado de São Paulo, ainda no curto prazo; devem favorecer uma ampliação do valor adicionado já a partir de 1995. Assim, no período compreendido entre 1995 e 2010, supõem-se um crescimento médio anual de 1,2 % do valor adicionado líquido da cidade de Campinas.

8.5.2 Modelos de projeção das frotas dos veículos seu uso e sua demanda energética

Automóveis e Táxis

A modelagem da evolução da frota automóveis particulares, total - FAUTCAM - e à álcool - FAUPAL -, para a cidade de Campinas segue as mesmas premissas de Salvador, Curitiba e Brasília, ou seja, foi definida com base em um modelo econométrico/uso final. A frota de automóveis particulares total e a álcool são projetadas de forma independente, sendo possível a verificação à posteriori da compatibilidade dos resultados.

Os dados históricos de evolução da frota total de automóveis particulares foi correlacionado ao nível de atividade do Estado de São Paulo -PIBSP -:

$$\text{FAUTCAM} = \text{Ln FAUTCAM} = -9,717816 + 0,150048 * \text{PIBSP}$$

$$t \text{ student} \quad 5,8651$$

$$R^2 = 0,83 \quad DW = 1,86 \quad F = 34,4$$

A frota de automóveis particulares à álcool foi projetada a partir da correlação de dados históricos da frota à álcool com a evolução histórica do Produto Interno Bruto da região de governo de Campinas - PIBRCAM - :

$$\text{FAUPAL} = -207921.2 + 18482,95 * \text{PIBRCAM}$$

$$t \text{ student} \quad 6,209$$

$$R^2 = 0,84 \quad DW = 1,90 \quad F = 38,5$$

A principal premissa para análise ambiental referente às emissões do automóveis, foi a necessidade de levantamento das quilometragens médias anuais e por consequência a obtenção das demandas de álcool e gasolina, a partir das frotas e consumo específico, este último, considerado uma variável de cenário.

A quilometragem total do automóveis particulares - KMTA - e a quilometragem total rodada pelos automóveis particulares à álcool - KMCA -, foram estimadas de maneira independente, através de regressões específicas para essa finalidade. A quilometragem total rodada por ano pelos automóveis particulares à gasolina é obtida pela diferença destes dois parâmetros.

³⁰Valor Adicionado é o valor da produção menos o valor dos insumos utilizados nos diversos setores de atividade. O valor adicionado líquido - exclui a depreciação - ou bruto - inclui a depreciação.

Desta forma, buscou-se uma regressão que determinasse a tendência de evolução da quilometragem total anual percorrida pela frota total de automóveis particulares. Essa correlação foi encontrada entre os dados históricos da KMTA, o nível de atividade do Estado de São Paulo - PIBSP - e o preço em salários mínimos do automóvel mais barato do mercado - PSMA - :

$$KMTA = -1503772 + 670,4428 * PIBSP + 4633,763 * PSMA$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 6,3834 \quad \quad \quad 4,3373$$

$$R^2 = 0,93 \quad DW = 2,64 \quad F = 55,84$$

As projeções da quilometragem total anual dos automóveis particulares à álcool, foi obtida correlacionando-se dados históricos de KMCA, à relação de preço ao consumidor do álcool e gasolina - PALPGAS - e ao preço do automóvel mais barato no mercado em salários mínimos :

$$KMCA = -3865492 + 5880942 * PALPGAS + 6103,414 * PSMA$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 6,45 \quad \quad \quad 4,94$$

$$R^2 = 0,94 \quad DW = 3,36 \quad F = 75,09$$

No tocante à evolução da frota dos táxis, não buscou-se a sua modelagem em função de que a mesma, vem-se mantendo constante nos últimos anos e a sua expansão depende de Lei do Governo Municipal, o que não é esperado pelo menos no médio prazo. Desta forma estimou-se o consumo de combustível e a quilometragem anual média dos táxis, apenas para efeito da análise ambiental, a partir de dados obtidos junto à CETESB. A frota total de táxis em Brasília tem-se mantido em 797 unidades, sendo que deste total 545 carros a álcool e 252 carros a gasolina (PMC, Secretaria de Transportes, 1995).

Ônibus

A modelagem para a projeção da frota de ônibus urbanos foi feita dentro da premissa de um modelo econométrico/uso final, tendo em vista analisar-se a questão ambiental, as possibilidades de entrada de energéticos alternativos e a intermodalidade.

A estimativa da demanda de óleo Diesel, é obtida associando-se o indicador de atividade - pass.km - à ocupação média dos ônibus, consumo específico e à frota projetada. Destes parâmetros, a ocupação média e o consumo específico são obtidos a partir de cenarização.

Para a projeção da frota dos ônibus urbanos da cidade de Campinas, correlacionou-se as séries históricas desta frota - FRONICAM -, à evolução da população de Campinas - POPTCAM - e a evolução da tarifa média de catraca dos ônibus urbanos - TAMECA - :

$$\text{FRONICAM} = 148,97 + 0,000536 * \text{POPTCAM} + 1.482590 * \text{TAMECA}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 3,47 \quad \quad \quad 4,57$$

$$R^2 = 0,94 \quad DW = 1,27 \quad F = 79,37$$

No caso da estimativa do indicador de atividade - PASS.KM -, a sua projeção além de possibilitar a análise objetiva, dentro dos cenários de projeção, da substituição intermodal, permite, quando associado às projeções dos passageiros transportados - PASSTRA - e fator de emissão, projetar-se o volume de emissões, por tipo de poluente.

O indicador de atividade foi correlacionado com a evolução populacional - POPTCAM - e o valor adicionado líquido, obtendo-se uma regressão da seguinte forma :

$$\text{PASS.KM} = - 7066,149 + 0,021480 * \text{POPTCAM} - 1,82*10^{-6} * \text{VACAM}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 10,66 \quad \quad \quad 2,74$$

$$R^2 = 0,96 \quad DW = 3,00 \quad F = 57,83$$

A série histórica dos passageiros transportados por ônibus em Campinas, foi correlacionada com a evolução da população total de Campinas e o valor da tarifa média de catraca, obtendo-se a seguinte regressão :

$$\text{PASSTRA} = \text{Ln PASSTRA} = 3,697669 + 1,88*10^{-6} * \text{POPTCAM} - 0,001527 * \text{TAMECA}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 3,80 \quad \quad \quad 1,62$$

$$R^2 = 0,70 \quad DW = 1,67 \quad F = 9,77$$

8.5.3 Projeções

Frotas

Automóveis

A projeção da frota total de automóveis da cidade de Campinas, a partir da regressão ajustada à tendência verificada no período 1982-94, mostra um aumento substancial no índice de motorização da cidade, medido em automóveis por mil habitantes. Esta evolução resulta da cenarização de um crescimento acentuado do nível de atividade, independentemente do cenário que venha a configurar-se para a região de Governo de Campinas no período 1995 a 2010. Deve ser salientado que a ativação da "Trade Point" tendo o aeroporto de Viracopos como o grande terminal de cargas do país, aliado ao término da Hidrovia Tiete-Parana e a retomada do crescimento estadual, ainda no curto prazo, sem dúvida tornará factível as taxas médias anuais de crescimento do nível de atividade da Região de Governo de Campinas.

No caso do cenário tendencial a frota evoluiu de um patamar de 299 mil veículos em 1995 para quase 748 mil em 2010, o que perfaz um evolução do índice de motorização de 333 para 619 veículos por mil habitante, naqueles anos. No cenário otimista, a frota de automóveis evolui de 299 mil veículos em 1995 para um patamar 1.015 milhão de veículos em 2010, fazendo com que o índice de motorização chegue a um patamar de 840 veículos por mil habitantes. Índice comparável ao de países desenvolvidos. Se por um lado este índice demonstra a perspectiva de um aumento substancial no nível de renda da população campineira, por outro, também indica a necessidade da administração pública agilizar e implementar ações e medidas que venham a minimizar a questão ambiental e tráfego da cidade.

A busca de soluções pelos órgãos públicos visando minimizar os problemas ambientais e de tráfego, advindos do crescimento da frota de automóveis, deve ocorrer, ainda no curto prazo, principalmente considerando-se que à frota da própria cidade, agrega-se aqueles veículos oriundos de cidades próximas. Desta interação, surge a metropolização da cidade de Campinas, o que necessariamente leva a busca de soluções regionais e, sem dúvida, os transportes será uma das áreas que prioritariamente necessitará de soluções regionais otimizadas.

No tocante à evolução da frota projetada de automóveis particulares a álcool, entre 1995 e 2010, em ambos os cenários as taxas médias crescimento anual situam-se muito próximas, respectivamente, 7,1 % e 7,9 %, nos cenários tendencial e otimista. A participação dos automóveis a álcool no total da frota, em 2010, situará em torno de 43 %, caso configure o cenário tendencial, e, em cerca de 45% no caso do cenário otimista. Ressalte-se, que apesar de pequeno, existirá um saldo líquido em termos ambientais, no caso da maior da expansão da frota a ser verificada no cenário otimista, cujos principais indutores seriam a elevação da renda é uma maior consciência ambiental na cidade.

Ônibus

Os resultados das projeções das frotas de ônibus, tanto no cenário tendencial quanto no otimista, mostram um crescimento pequeno, todavia, continuado da frota.

No cenário tendencial, o crescimento da frota ocorre a uma velocidade praticamente igual ao crescimento populacional esperado, entre 1995 e 2010, cerca de 2% ao ano. Enquanto entre 1995 e 2010 a frota crescerá em cerca de 2,4 % ao ano.

Os resultados de ambos os cenários deve trazer preocupações aos órgãos responsáveis pelo transporte urbano na cidade de Campinas, pois a expansão da frota naquelas taxas, não levará a alterações substanciais na atual qualidade do transporte coletivo. Esta situação fica mais grave, sobretudo se configurar-se o cenário otimista, pois neste imagina-se uma evolução real acima dos valores históricos para a tarifa média de catraca. Se esta receita não consegue traduzir-se em uma melhoria na qualidade do transporte urbano no longo prazo, deve-se buscar outras formas de financiamento para a expansão da frota de ônibus. Ressalte-se que uma das melhores alternativas que órgãos públicos responsáveis pelo transporte urbano poderiam lançar mão para minimizar os problemas ambientais e de tráfego, esperados, em face do alto índice de motorização da cidade, seria o oferecimento de um transporte coletivo sobre pneus de boa qualidade.

Em 1994 Campinas possuía uma população estimada em 879 mil habitantes e frota de 769 ônibus, ou seja, uma relação 1143 habitantes por ônibus. Independentemente do cenário que venha a configurar-se, as projeções da frota de ônibus mostram que este indicador sofrera modificações mínimas em relação à aquele patamar verificado em 1994. Esta situação piora quando se considera o efeito da movimentação das pessoas, efeito não captado pelo indicador habitantes por ônibus. A

questão da movimentação é crucial em uma cidade como Campinas, pois as principais atividades comerciais e de serviços situam-se no entorno de sua região central, fazendo com que a sua população crescente que em sua maioria vive em regiões afastadas da central, necessitem cada vez mais de transporte para atingir aquela região.

A tabela 8.22 apresenta os dados projetados para a frota total de ônibus para a cidade de Campinas nos anos de 1995, 2000, 2005 e 2010.

Tabela 8.22 Evolução da frota projetada de ônibus na cidade de Campinas - 1995/2000/2005/2010, em unidades

ANOS	CENÁRIOS	
	Tendencial	Otimista
1995	795	797
2000	880	892
2005	979	1006
2010	1093	1143

Emissões e Demanda de Combustíveis

No tocante às emissões de poluentes, de uma forma geral, os resultados obtidos mostram que o problema ambiental tenderá a agravar-se na cidade de Campinas, caso não se configure dentro do horizonte de planejamento adotado, o cenário mais favorável à questão ambiental e uma atuação efetiva dos órgãos públicos e da sociedade organizada.

Em termos da demanda por combustíveis, não se vislumbra nenhum problema de suprimento para o atendimento das necessidades de usos finais para a cidade, sobretudo a configurar-se o cenário otimista, mais favorável ambientalmente. Neste caso, com a entrada de entrada de energéticos alternativos, como o gás natural, se deslocaria parcela da demanda por energéticos tradicionais, tornando menos problemática um eventual gargalo no fornecimento dos energéticos tradicionais, como o óleo Diesel. Uma possível reorientação do Projeto VLT, tornando-o rentável a partir de um sistema de integração com o sistema de ônibus urbano e o projeto do trem intrametropolitano, viria não só contribuir para minimizar possíveis problemas de

suprimento de energéticos tradicionais, com também aqueles decorrentes das emissões oriundas dos veículos automotores usuários dos energéticos tradicionais.

A tabela 8.23, mostra, para os dois cenários considerados a evolução das emissões de CO, HC, NO_x, aldeídos, SO_x e dióxido de carbono, para a evolução total da frota de automóveis à gasolina (particulares mais táxis) da cidade de Campinas.

Tabela 8.23 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis a gasolina de Campinas - 1995 e 2010, em ton/ano.

Emissão	Cenário	1995	2010
CO	T	10835	11531
	O	11135	6029
HC	T	918	1729
	O	943	904
NO_x	T	847	2661
	O	871	1391
Aldeídos	T	42	44
	O	43	23
SO_x	T	141	443
	O	145	492
CO₂	T	65111	232751
	O	65111	289898

De acordo com os resultados apresentados na tabela 8.23, pode-se verificar que as emissões de CO, HC e Aldeídos, serão minimizadas, caso se configure o cenário otimista. Nos casos do NO_x e SO_x, observa-se que as medidas cenarizadas, não promovem, independentemente de qual cenário venha a ocorrer, uma substancial melhoria ambiental.

Especificamente nos casos do SO_x e CO₂, mesmo na cenarização mais favorável ambientalmente, ter-se-a elevação das emissões destes dois poluentes. Com este indicativo, pode-se inferir que na opção de se buscar melhorias ambientais em Campinas, a partir da redução destes poluentes, implicaria na implementação de medidas mais rígidas em termos ambientais do que

aquelas cenarizadas. Por exemplo, isto passaria pela melhoria da qualidade da gasolina, tendo em vista a sua dessulfurização e do uso maciço de catalizadores pelos automóveis, medidas que dependem fortemente da iniciativa de órgãos federais e de pressões da sociedade organizada. A tabela 8.24 , mostra, para os dois cenários considerados a evolução das emissões de CO, HC, NOx e aldeídos, para a evolução total da frota de automóveis à álcool (particulares mais táxis).

Tabela 8.24 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis à álcool de Campinas - 1995 e 2010, em ton/ano.

Emissão	Cenário	1995	2010
CO	T	7626	4677
	O	7540	2464
HC	T	1173	701
	O	1160	369
NOx	T	752	1079
	O	743	568
Aldeídos	T	45	53
	O	44	28

De acordo com os resultados da tabela 8.24, pode-se observar que no tocante ao CO e HC, em ambos os cenários verifica-se uma diminuição das emissões, sendo mais acentuada tal diminuição no cenário otimista. Nos casos do NOx e dos Aldeídos, a redução das emissões ocorre somente no cenário otimista. Para as emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total de automóveis a álcool, verifica-se que as cenarizações atuariam mais fortemente em direção a uma saldo positivo em termos ambientais, notadamente se configurar o cenário otimista dentro do horizonte de planejamento. A maior rigidez ambiental do cenário otimista reflete-se em uma maior taxa média de crescimento da frota de automóveis a álcool, sobretudo a partir do ano 2000, quando imagina-se que o PROÁLCOOL esteja plenamente equacionado. A tabela 8.25, mostra, para os dois cenários considerados a evolução das emissões de CO, HC, NOx, material particulado - PM -, SOx e dióxido de carbono, para a evolução total da frota de ônibus de Campinas.

Da análise dos resultados projetados para as emissões da frota de ônibus em Campinas, verifica-se que o atendimento das necessidades de uso final, não provocara a elevação das emissões de CO e HC, entre 1995 e 2010, independentemente daquele cenário que venha a configurar-se no horizonte de planejamento. Quanto ao NOx, PM e SOx, verifica-se no cenário tendencial uma elevação das emissões de poluentes. Em contrapartida, esses mesmos poluentes apresentam taxas médias anuais decrescentes, caso se configure o cenário otimista.

Tabela 8.25 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de ônibus da cidade de Campinas - 1995 e 2010 -, em ton/ano.

Emissão	cenário	1995	2010
CO	T	1647	1696
	O	903	975
HC	T	106	109
	O	53	57
NOx	T	828	853
	O	660	410
PM	T	175	180
	O	175	44
SOx	T	244	250
	O	243	144
CO ₂	T	22171	31221
	O	22171	28278

A evolução de crescimento das emissões de CO e HC, muito próximas em ambos os cenários, decorre da cenarização da penetração lenta e gradual de eletrônica embarcada na frota de ônibus, visando melhorias na combustão. Por outro lado, no caso do NOx, PM e SOx, além dos aspectos positivos em termos ambientais da entrada da eletrônica embarcada, tem-se coadjuvando no cenário otimista, a cenarização de melhorias da qualidade do óleo Diesel, o que acaba refletindo-se positivamente para o meio ambiente, neste cenário. No tocante às emissões de dióxido de carbono, as mesmas crescem em ambos os cenários, entretanto no cenário otimista,

esta elevação ocorre de uma forma menos acentuada, em função sobretudo, da cenarização para a entrada "mais cedo" de melhorias no consumo específico e do uso de eletrônica embarcada e de combustível de melhor qualidade. É fundamental afirmar que os resultados obtidos através da modelagem ambiental para a cidade de Campinas, além de fornecerem uma visão global da evolução dos poluentes, podem e deveriam funcionar como balizador visando a implementação de políticas ambientais e de transportes no âmbito do município e da região metropolitana, recentemente criada.

A evolução do índice de motorização da cidade de Campinas, traduzida na expansão do transporte individual, e a quase estagnação do indicador habitantes por ônibus, dentro do horizonte de estudo, necessariamente deve fazer com que os órgãos públicos responsáveis, tomem medidas ainda no curto prazo, visando por um lado melhorar substancialmente o transporte coletivo sobre pneus e buscar alterações modais, e, por outro equacionar os problemas ambientais e de tráfego. De uma forma geral os resultados das projeções da frota e emissões da cidade de Campinas, mostram a necessidade de estudos visando um melhor uso comercial, de serviços e residencial, da região central, perfeitamente integrado com o planejamento de transportes, ambiental e de uso e ocupação do solo. Finalmente, apresenta-se a tabela 8.26, que mostra as demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para as frotas totais de automóveis e ônibus.

Tabela 8.26 Demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para Campinas, em 1995 e em 2010, em mil litros/ano.

Combustível	Cenário	Anos	
		1995	2010
Gasolina	T	118719	372694
	O	122004	464201
Álcool	T	163860	195991
	O	162018	246050
óleo Diesel	T	30760	43315
	O	30769	39232

Dos resultados apresentados na tabela 8.26, vale salientar dois aspectos.

O primeiro são as maiores demandas de gasolina e álcool no cenário otimista, resultado da conjunção da priorização ambiental e gasolina com preço final ao consumidor atraente. No cenário tendencial a demanda de gasolina é quase o dobro da demanda de álcool combustível, fato explicado pela menor rigidez das variáveis ambientais neste cenário. O segundo aspecto, relaciona-se com a evolução da demanda de óleo Diesel em ambos os cenários. A demanda de óleo Diesel cresce de uma forma mais pronunciada no cenário tendencial, não obstante a frota de ônibus neste cenário, cresce a taxas médias anuais menores. Isto pode ser explicado pelo fato de que neste cenário, tem-se uma menor a rigidez ambiental e uma velocidade menor para a introdução de novas tecnologias e o uso de combustível de melhor qualidade, comparativamente ao cenário otimista. Exemplo deste fato é que no cenário otimista, mesmo com uma evolução da frota em taxas médias anuais maiores, comparativamente ao cenário tendencial, consome-se menos óleo Diesel.

Intermodalidade

Para o município de Campinas, existem para o curto e médio prazos duas possibilidades de alterações modais para o transporte coletivo : o sistema VLT-Veículo Leve sobre Trilhos e a implantação de um sistema de trolebus.

O sistema VLT esteve em operação nos últimos anos. A falta de um planejamento mais consistente para a sua integração ao sistema de ônibus e a existência de problemas políticos, levou o sistema a tornar-se antieconômico, o que culminou com a sua desativação no primeiro semestre de 1995. Os planos para a ativação do Sistema VLT estão sendo discutidos no âmbito municipal e estadual, todavia, parece improvável que isto venha a ocorrer ainda no curto prazo. Entre os principais aspectos que vem sendo discutidos visando a ativação do Sistema VLT, de forma a torná-lo econômico, esta a sua perfeita integração com o atual sistema de ônibus urbanos, notadamente com corredores de transportes existentes, bem como a extensão de seu traçado e a integração com o TIM- Trem Intra Metropolitano.

A outra opção modal seria a implantação de um sistema de média capacidade de transporte, como é o caso dos trolebus. A implantação deste sistema poderia ocorrer inicialmente nos corredores exclusivos, existentes na cidade, como é o caso da Avenida das Amoreiras e, em avenidas que cortam a cidade, caso da Norte-Sul.

Como se observa existe uma grande margem de manobra na cidade de Campinas para a viabilização de alternativas modais ao transporte coletivo por ônibus Diesel. Evidentemente que escolha de um dos sistemas citados depende fundamentalmente de análise econômicas de custo/benefício, todavia, em um primeiro momento, parece que a opção do Sistema VLT, devidamente planejado, seria a mais factível em um horizonte mais próximo. Tal premissa baseia-se na existência de infra-estrutura em condições de uso imediato, restando apenas a ampliação de linhas, o que poderia ir sendo realizado em etapas.

Diante das grandes possibilidades de uma eventual utilização do Sistema VLT ou trolebus, procurou-se analisar as repercussões da implementação de uma política de fomento à intermodalidade no transporte público coletivo de Campinas.

No cenário tendencial, se pressupõe que a análise de intermodalidade seria traduzida na redução do indicador "pass.km" de forma a atingir em 2010, 90 % do valor projetado. Tal suposição indica que a taxa média anual de crescimento do indicador "pass.km", entre 1995 e 2010, reduziria em 0,7 % a.a., ou seja, de um crescimento de 3,2 % a.a. sem a consideração da intermodalidade, ter-se-ia, agora, com a intermodalidade uma taxa de 2,5 % ao ano. Em outras palavras, isto significaria que com a perspectiva de intermodalidade, o indicador "pass.km" em 2010, estaria próximo daquele a ser verificado em 2006, sem intermodalidade. Considerando-se as frotas projetadas para estes dois anos, observa-se que a promoção da intermodalidade no cenário tendencial, levaria ao deslocamento de aproximadamente 92 ônibus da frota projetada para 2010.

No cenário otimista, a análise de intermodalidade é traduzida na redução do indicador "pass.km" de forma a atingir em 2010, 70% do valor projetado. Tal suposição indica que a taxa média anual de crescimento do indicador "pass.km", entre 1995 e 2010, reduziria em 2,4 % a.a., ou seja, de um crescimento aproximado de 3,2% a.a. sem a consideração da intermodalidade, ter-se-ia, agora, com a intermodalidade uma taxa de 0,8 % ao ano. Em outras palavras, isto significaria que com esta perspectiva de intermodalidade, o indicador "pass.km" em 2010, estaria próximo daquele a ser verificado em 1999, sem intermodalidade. Considerando-se as frotas projetadas para estes dois anos, observa-se que a promoção da intermodalidade no cenário otimista, levaria ao deslocamento de aproximadamente 271 ônibus da frota projetada para 2010.

O reflexo ambiental da diminuição da frota projetada em 2010, pode ser estimado para ambos os cenários. A título de exemplificação, considerou-se as alterações provocadas nas

emissões de CO₂, tendo em vista que os seus efeitos sobre o meio ambiente ter caráter global, e não apenas local e regional como os demais poluentes considerados.

Considerando-se as frotas e emissões projetadas em 2010, no cenário tendencial ter-se-ia uma emissão de aproximadamente 28tCO₂/ônibus, enquanto no cenário otimista cerca de 24 tCO₂/ônibus. Estes dois índices relacionam-se com consumo exclusivo de óleo Diesel. Empregando-se estes dois índices de emissão, se verifica que no cenário tendencial cerca 2576 toneladas de dióxido de carbono deixariam de ser emitidas em 2010, representando uma diminuição aproximada de 8 % do total que seria emitido, caso não ocorresse nenhuma ação planejadora em direção à intermodalidade. Por outro lado, no cenário otimista cerca de 6504 toneladas de dióxido de carbono deixariam de ser emitidas em 2010, representando uma diminuição de 23 % do total que seria emitido, caso não tivesse nenhuma ação em direção à intermodalidade.

Entrada de energético alternativo

Para efeito desta análise considerou-se apenas as perspectivas de entrada de gás natural deslocando óleo Diesel nos ônibus urbanos de Campinas. No tocante aos táxis, apesar do conhecimento do potencial para o uso de gás natural, não fez-se nenhuma simulação visto que a sua viabilização depende em grande parte da viabilização de gás natural nos ônibus. Ressalte-se que a cidade de Campinas possui em suas proximidades a maior Refinaria de Petróleo do país. Portanto, a viabilização do uso de gás natural em ônibus é plenamente factível, sobretudo considerando-se a já existência de rede de gasodutos, e o fato de que muitas empresas do setor industrial da região de Campinas, já vem utilizando estas redes para se suprirem de combustíveis.

Com relação ao uso de eletricidade em trolebus e no sistema VLT, em face da pequena probabilidade de sua exequibilidade, ainda no curto prazo, não chegou-se à sua mensuração. Todavia, conforme afirmado anteriormente existe um grande potencial na cidade para a implantação de um sistema de trolebus e do sistema VLT.

A análise da introdução de gás natural em ônibus urbanos em Campinas, tomou por base a evolução prevista da frota de ônibus urbanos nos cenários tendencial e otimista, e supôs-se uma única alternativa para a entrada de gás natural, para estes dois cenários - entrada lenta e gradual do gás natural.

Nesta hipótese tanto a adaptação dos ônibus urbanos existentes, quanto a renovação e ampliação da frota através de veículos novos, do ciclo Otto, deve se processar em uma escala gradual crescente. a saber : 10% em 1995, 30% em 2000, 40% em 2005 e 50% em 2010.

A título de exemplificação dos impactos da penetração do gás natural, tomou-se por base a frota de ônibus projetada para o ano 2010. Considerando-se que 50% da frota daquele ano estariam utilizando gás natural, chega-se a um total de 546 e 572 ônibus urbanos, respectivamente, nos cenários tendencial e otimista. Neste caso considerou-se apenas as emissões de dióxido de carbono.

A análise do impacto da entrada do gás natural como combustível nos ônibus urbanos, tem como pré-requisito a determinação das emissões de gás natural através do índice $\text{tCO}_2/\text{ônibus}$. Para tanto, considerou-se que 10^3 m^3 de gás natural equivalem a 0,857 tEP (BEN, 1997), o índice de equivalência operacional médio de $1,5 \text{ m}^3$ de gás natural por litro de óleo Diesel (PETROBRÁS, 1988) e a demanda projetada de óleo Diesel em 2010, encontrando-se desta forma a demanda equivalente em gás natural. Multiplicando esta demanda equivalente de gás natural (tEP) pelo fator de emissão do gás natural de $0,64 \text{ tCO}_2/\text{tEP}$ (AIE, 1991), obtem-se o total das emissões de CO_2 se toda a frota utilizasse este energético. Dividindo-se o total das emissões de CO_2 pela frota projetada em 2010, chega-se ao índice $\text{tCO}_2/\text{ônibus}$, respectivamente, no cenário tendencial e otimista.

Considerando-se a equivalência operacional estimada pela PETROBRÁS (1988), mesmo com 50% da frota de ônibus de Campinas utilizando gás natural, o volume de emissões de dióxido de carbono obtido em ambos os cenários, seria praticamente equivalente³¹, quer seja consumindo gás natural ou óleo Diesel. Neste caso, não se verificam vantagens ambientais.

Por outro lado, considerando-se uma melhoria de 50 % na equivalência operacional, ou seja, $1,5 \text{ m}^3$ de gás natural por 1,5 litros de óleo Diesel, plenamente factível, uma vez que já existem tecnologias no mercado interno que permitem tal performance, os ganhos ambientais decorrentes seriam substanciais. Em contrapartida ter-se-ia custos maiores em face de uma maior agregação de tecnologia.

Desta forma, tendo-se como premissa uma melhoria de 50 % na equivalência operacional, bem como a penetração de gás natural em 50% das frotas projetadas para os cenários tendencial e

³¹Fator de emissão do óleo Diesel = $0,85 \text{ tCO}_2/\text{tEP}$ (AIE, 1991)

otimista em 2010, ter-se-a, respectivamente, para aqueles cenários uma redução de 3697 e 3365 toneladas de emissões de dióxido de carbono. Em termos percentuais esta diminuição de emissões significará uma redução de aproximadamente 12% do total de emissões daquele ano, em ambos os cenários.

Intermodalidade e a Entrada de Gás Natural

Finalmente, simulou-se os impactos sobre o total de emissões de dióxido de carbono, considerando-se a implementação de uma política que vise uma maior intermodalidade e a entrada gradual do gás natural, conjuntamente.

Se tal hipótese se configurasse na cidade de Campinas, o total das emissões de dióxido de carbono esperadas para o cenário tendencial em 2010 e oriundas da utilização de óleo Diesel, estará nos mesmos patamares projetados para o ano de 1998. Neste caso, verifica-se uma redução das emissões da ordem de 6273 toneladas de dióxido de carbono ou 22 % do total que seria emitido em 2010, sem a intermodalidade e a entrada de gás natural.

Similarmente, as simulações para o cenário otimista indicam que a conjunção da intermodalidade e a entrada de gás natural, levaria a níveis de emissões inferiores aqueles verificados em 1994. Neste caso, ter-se-ia uma redução de emissões de dióxido de carbono da ordem de 9869 toneladas, com a vantagem de estar-se atendendo plenamente as necessidades de uso final.

8.5.4 Considerações Finais

A luz dos resultados apresentados, verifica-se que a cidade de Campinas necessariamente precisará orientar suas ações de planejamento na direção de uma maior integração entre o planejamento urbano, transportes e da questão ambiental..

No tocante ao transporte urbano, os resultados demonstram que a não consecução de um planejamento de longo prazo, poderá refletir-se em caos para tráfego urbano e em consequência agravando a qualidade de vida da população com a concentração e crescimento dos níveis de emissões.

A Prefeitura Municipal de Campinas, não tem conseguido colocar em prática o Plano Diretor aprovado em 1991. Em decorrência muitos dos projetos que são colocados em execução, ficam marginais do planejamento global da cidade, cujos resultados podem não serem aqueles esperados. Por outro lado, tem-se o agravante do contínuo dinamismo de crescimento da cidade, ou seja, o que seriam diretrizes ótimas em 1991, poderão estar totalmente defasadas em 1995. Por exemplo, atualmente pode-se verificar a construção de edifícios onde existem grandes gargalos de congestionamentos. Neste caso, tudo indica que as diretrizes de zoneamento da cidade contidas no Plano Diretor de 1991, estejam totalmente desatreladas da realidade atual. Este exemplo indica a necessidade de revisão nas diretrizes de zoneamento da cidade e uma desatualização do Plano Diretor de 1991.

Com a recente criação da região metropolitana de Campinas, o intenso índice de motorização previsto, aliado o fluxo crescente de autoveículos e pessoas de cidades próximas, urge repensar novas ações planejamento que procure de uma forma integrada contemplar as questões de uso e ocupação do solo, transportes e meio ambiente.

Neste contexto, certamente estaria sendo focado as formas de melhor equacionar as questões que envolvem os municípios que comporão a região metropolitana de Campinas; novas diretrizes de zoneamento da cidade; a criação de novos pólos de desenvolvimento de serviços e comércio em áreas com pouco adensamento populacional, fácil acesso e de não saturação de tráfego, a partir de atrativos fiscais e creditícios; propostas concretas de revitalização da região central da cidade; criação de pólos geradores de tráfego, ou seja, a existência de estacionamentos em todos os estabelecimentos que serão abertos, adequando número de vagas e o movimento que vão gerar, criação de estacionamentos próximos a estações do sistema VLT, a partir de sua nova reorientação; integração do VLT com o sistema de ônibus, inclusive diminuindo o fluxo de ônibus da região central, implantação de terminais rodoviários nas saídas da cidade, inclusive integrando com sistema VLT; repensar uma possível expansão dos corredores de ônibus e a implantação de um sistema de trolebus; entre outros.

Finalmente, cabe destacar que a existência de um Plano Diretor por si só não resolve todos os problemas de qualquer cidade. É necessário o envolvimento de toda a sociedade na discussão dos problemas e soluções. Especificamente no caso dos transportes é necessário se discutir os modos mais adequados de transporte, aqueles que, além de facilitar o deslocamento das pessoas,

causem menor poluição do ar. Parece ser imprescindível, mesmo ao nível municipal, discutir alternativas e concluir por uma matriz energética que indique qual a melhor distribuição para a frota de veículos e modos de transportes. A partir desta definição os diversos setores, órgãos e empresas envolvidos, certamente poderão planejar seu desempenho futuro, refletindo-se em um crescimento econômico ambientalmente mais sustentável e com melhoria de qualidade de vida para a população.

8.6 Estudo-de-Caso: São Paulo, Estado de São Paulo

A cidade de São Paulo, capital do Estado de São Paulo, está localizada na região sudoeste do Brasil e é, atualmente o mais importante núcleo econômico-financeiro do país, gerando quase 10% das receitas nacionais. Possui uma população de 10 milhões de habitantes, concentrados, na sua maioria, nos 900 km² urbanos. A cidade de São Paulo está inserida em uma área urbana contínua, a Região Metropolitana de São Paulo - RMSP -, formada por 38 municípios e com uma população de mais de 15 milhões de habitantes em uma área de 8 mil km². Este conglomerado urbano, que representa a RMSP, leva muitas vezes a provisão de infra-estrutura da cidade de São Paulo transcender ao âmbito municipal. Por esta razão, em alguns casos o levantamento de dados relativos à cidade de São Paulo fica prejudicado em detrimento da RMSP. Tal tamanho de metrópole exige um sistema de transporte eficiente de pessoas e cargas para a região a fim de que se continue seu crescimento econômico, e, ao mesmo tempo, seja mantida a qualidade de vida da população a níveis considerados satisfatórios. Entretanto, a situação atual do sistema de transporte urbano é caótica, havendo grandes congestionamentos em diferentes períodos do dia. Como consequência disto, são causados um grande número de impactos negativos à cidade, tanto econômicos quanto sociais e ambientais. A solução para tais problemas existe porém, requer uma visão abrangente para o planejamento do transporte urbano, em que sejam considerados não apenas obras de infra-estrutura, mas também uma melhor ocupação do espaço urbano e a priorização de sistemas de transporte público mais eficientes energeticamente e sustentáveis ambientalmente. A RMSP conta em seu sistema de transporte urbano com os modos rodoviário, metroviário e ferroviário. Os padrões de serviço do transporte público, em termos de tempo e distância de viagem, conforto e segurança, mantêm-se a nível precário, com exceção do metrô. No

tocante à questão ambiental e, em especial à poluição por emissão de poluentes de origem automotiva, dados da CETESB (1997) indicam que estas emissões, representam cerca de 90% do total de poluentes da atmosfera da RMSP. Para a RMSP, o acompanhamento das concentrações de poluentes atmosféricos é executado pela CETESB, através da operação de uma rede automática e manual de monitoramento do ar. Cabe ressaltar ainda a participação da CETESB nas decisões a nível federal, no que concerne ao controle de poluentes atmosféricos, fazendo do órgão estadual atualmente o mais importante e atuante do país em meio ambiente.

8.6.1 Introdução

Inicialmente, é necessário salientar que para o estudo-de-caso da cidade de São Paulo, não foi empregada na sua forma integral, a mesma abordagem metodológica utilizada para os estudos-de-casos das cidades anteriormente apresentadas. Como nos demais estudos-de-casos, todas as análises foram executadas de forma prospectiva. Através de modelos tipo misto econométrico/uso final, estima-se a evolução futura do consumo de álcool e gasolina para os automóveis e de óleo Diesel, no caso dos ônibus. A partir da evolução dos consumos de álcool, gasolina e óleo Diesel e dos fatores médios de emissão, pode-se projetar as emissões de poluentes dos autoveículos. Devido a falta de dados confiáveis das frotas de automóveis e ônibus, todas as análises tiveram como ponto de partida a evolução da quilometragem média anual de automóveis e ônibus. No tocante à cenarização duas hipóteses foram consideradas em relação ao consumo de combustível e emissões : uma tendencial e outra otimista. Saliente-se que diferentemente dos demais estudos-de-casos, para a cidade de São Paulo não simulou-se uma possível política de incentivos à intermodalidade e/ou uso de energéticos alternativos, bem como a evolução das emissões de dióxido de carbono.

8.6.2 Automóveis - consumo de gasolina e álcool

A previsão do consumo de álcool e gasolina para a cidade de São Paulo foi baseada em dados históricos do consumo destes combustíveis no período 1982/1990 (DNC, 1993). Calculou-se, a partir daqueles dados, a quilometragem média percorrida pelos autoveículos, utilizando

coeficientes de consumo específico médios, observados por Bajay et alli (1991). Para veículos a álcool usou-se o coeficiente de 9,18km/l e para os a gasolina 11,9 km/l.

Uma vez obtida a série histórica das quilometragens médias anuais, para os automóveis a álcool e gasolina, buscou-se uma correlação com uma ou mais variáveis explanatórias. As variáveis explanatórias que melhor definiram a evolução da quilometragem média anual para a cidade de São Paulo, foram o Produto Interno Bruto - PIBSP - e a população da cidade - POPSP -, resultando a seguinte equação:

$$KMTA = - 4,499 \cdot 10^9 + 2842824,2 \cdot \text{PIBSP} + 6519,1172 \cdot \text{POPSP}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 1,7 \quad \quad \quad 2,8$$

$$R^2 = 0,90 \quad DW = 1,8 \quad F = 28$$

As demandas de álcool e gasolina foram projetadas para o período 1995 a 2010, a partir da quilometragem média anual dos veículos. Para tanto, considerou-se que a tendência atual de diminuição dos veículos a álcool na frota total de automóveis, venha a configurar-se nos próximos quinze anos, mesmo em um cenário ambientalmente mais favorável. Neste sentido, tornou-se necessário a determinação da quilometragem média anual percorrida pelos automóveis na sua forma desagregada, ou seja, levantou-se as quilometragens para os automóveis a gasolina e álcool. Tal desagregação, só foi possível a partir de estimativas para a evolução do percentual de automóveis a álcool e a gasolina na frota, no período 1995 a 2010, conforme pode ser observado na tabela 8.27 .

O consumo de álcool e gasolina foi então calculado, considerando-se os cenários tendencial e otimista. No cenário tendencial, pressupõem-se que não serão incorporadas melhorias no consumo específico, devendo esta variável permanecer constante no período considerado.

Entretanto, no cenário otimista, espera-se que com o desenvolvimento de novas tecnologias, estas, possam ser agregadas aos automóveis, notadamente aquelas que levem a uma maior eficiência nos motores a gasolina e a álcool, melhorando o consumo específico. Desta forma, tem-se como hipótese no cenário otimista que no período 1995 a 2000, permaneça a mesma situação do cenário tendencial e a partir do ano 2000, supõem-se que ocorra uma melhoria de 5% no consumo específico, para os automóveis a álcool e gasolina.

Tabela 8.27 Percentual da frota de automóveis por tipo de combustível

Ano	Álcool	Gasolina	Ano	Álcool	Gasolina
1982	7	93	1997	46	54
1983	15	85	1998	45	55
1984	23	77	1999	42	58
1985	32	68	2000	40	60
1986	40	60	2001	40	60
1987	44	56	2002	37	63
1988	48	52	2003	35	65
1989	49	51	2004	33	67
1990	49	51	2005	30	70
1991	48	52	2006	27	73
1992	47	53	2007	25	75
1993	48	52	2008	22	78
1994	46	54	2009	19	81
1995	46	54	2010	18	82
1996	47	53			

Fonte : 1982/1989 CETESB; 1990/2010 estimativas

O consumo de álcool previsto para a cidade de São Paulo, em 2010, será de 2,11 bilhões de litros no cenário tendencial e cerca de 2,0 bilhões de litros, no cenário otimista. No caso da gasolina as projeções mostram um consumo de 3,26 bilhões de litros no cenário tendencial e 3,11 bilhões de litros no cenário que incorpora melhorias no consumo específico. Em ambos os cenários, em termos do consumo total de álcool, esta contemplado a parcela de álcool misturada à gasolina. A tabela 8.28 mostra, para anos os anos de 1995 e 2010, a evolução dos consumos de álcool e gasolina para os cenários tendencial e otimista.

8.6.3 Automóveis - emissão de poluentes

A estimativa das emissões de poluentes por motores Otto foi realizada considerando-se um cenário ambiental tendencial e um cenário ambiental otimista. Para o cenário tendencial os fatores

de emissão utilizados são aqueles estabelecidos pela CETESB para a frota circulante (CETESB, 1993). No cenário ambiental otimista estimou-se uma redução média de 20% nos fatores de emissão da frota, relativos ao cenário tendencial.

Tabela 8.28 Demandas proj. álcool e gasolina para cidade de S. Paulo, em bilhões litros/ano.

Combustível	Cenário	Anos	
		1995	2010
Álcool	T	2,23	2,11
	O	2,23	2,01
Gasolina	T	1,31	3,26
	O	1,31	3,11

O cálculo da quantidade de poluentes emitidos partiu da quilometragem média anual dos veículos, não sendo levado em conta a eficiência dos mesmos. Isto porque os valores para os fatores de emissão empregados já incorporam esta variável. Os resultados obtidos no cenário ambiental otimista e tendencial são apresentados na tabela 8.29.

Tabela 8.29 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento das frotas de automóveis a álcool e gasolina da cidade de São Paulo, em 2010, em ton/ano.

Emissão	cenário	Álcool	Gasolina
CO	T	27601	1545470
	O	24884	1236376
HC	T	3016	149561
	O	2727	119649
NOx	T	1960	64810
	O	1772	51848
PM	T	-	10469
	O	-	8375
SOx	T	-	10967
	O	-	8973

8.6.4 Ônibus - frota e consumo de óleo Diesel

A projeção do consumo de óleo Diesel para a cidade de São Paulo, devido a falta de dados, foi realizada dentro da premissa de um crescimento da variável número de passageiros transportados por ônibus a taxas similares às estimativas de crescimento populacional oficial para a cidade de São Paulo. As demais variáveis, como passageiros por veículo e quilometragem por veículo, foram mantidas constantes e com valores médios dos últimos anos. Assim sendo, a evolução da frota de ônibus, na previsão de consumo de óleo Diesel, é uma decorrência do aumento vegetativo do número de passageiros transportados.

A quilometragem média anual dos ônibus evoluiu de 644 milhões de quilômetros em 1982 para 681 milhões de quilômetros em 1992. A frota de ônibus de acordo com o Diário Oficial do município de São Paulo, para aquele mesmo período, evoluiu de 7587 para 9667 veículos. Saliente-se que de acordo com Associação Nacional de Transporte Públicos, existem em São Paulo mais de 3 mil ônibus clandestinos. No tocante à quilometragem por veículo e passageiros por veículo, considerou-se respectivamente, 75169 e 240786. Valores médios observados no período 1982 a 1992.

Em relação ao consumo específico, no cenário tendencial não são incorporadas melhorias significativas para o consumo específico dos ônibus, devendo esta variável permanecer inalterada entre 1995 e 2010. O valor utilizado para a projeção neste cenário foi de 2,50 km/l. No cenário otimista, espera-se que o desenvolvimento de novas tecnologias e a sua consequente agregação nos veículos traga uma maior eficiência para os motores Diesel. Para este cenário, supõe-se que para o período 1995/2000, permaneça a situação do cenário tendencial e que a partir do ano 2000, ocorra uma melhoria de 5% no consumo específico dos motores Diesel.

Cabe ressaltar, que a frota de ônibus clandestina na cidade de São Paulo foi incorporada à frota oficial para efeito das análises, por se entender que esta parcela é de fundamental importância para a população, devendo ser regulamentada ou substituída a curto prazo.

Os resultados obtidos mostram que em 2010, atingir-se uma frota de 17423 ônibus, representando um crescimento de aproximadamente 80%, relativamente à frota oficial de 1992.

No tocante ao consumo de combustível, ter-se-a em 1995 um consumo de aproximadamente 440 milhões de litros, em ambos os cenários. O crescimento previsto entre 1995

e 2010, dentro do cenário tendencial, é praticamente idêntico ao da frota, cerca de 1,0% a.a.. O consumo projetado em 2010, será de 523 milhões de litros. No cenário otimista, verifica-se uma redução no consumo da ordem 5% relativamente ao cenário tendencial. Para este cenário, em 2010, o consumo projetado foi de 497 milhões de litros.

8.6.5 Ônibus - emissão de poluentes

A estimativa de emissão de poluentes por ônibus, como no caso dos automóveis, também, foi projetada considerando-se um cenário ambiental tendencial e um otimista. Para os dois cenários, os fatores de emissão utilizados foram aqueles empregados nos demais estudos-de-casos, ou seja, basearam-se nos parâmetros estabelecidos pela EPA e Murgel et alii (1987).

O cálculo da quantidade de poluentes emitidos partiu da quilometragem média anual dos ônibus, não sendo levado em conta a eficiência dos mesmos. Isto porque os valores para os fatores de emissão empregados já incorporam esta variável.

Comparativamente, se vier a configurar-se o cenário tendencial em detrimento daquele ambientalmente mais favorável, os altos níveis de emissões poluentes projetados para a cidade de São Paulo, evidenciam a necessidade de se buscar a implementação de medidas visando minimizar os problemas de poluição atmosférica, ainda no curto prazo. Especificamente, se vier a configurar-se o cenário otimista em relação ao meio ambiente, os problemas decorrentes das emissões de poluentes através do cano de escapamento dos ônibus, serão bem mais amenos. Os resultados obtidos no cenário otimista, apresentam redução de cerca de 50% na quantidade de emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de enxofre, relativamente ao cenário tendencial. Ainda de forma comparativa, no cenário otimista os óxidos de nitrogênio terão as emissões reduzidas de aproximadamente 26%, enquanto para materiais particulados a redução deve ser substancial. A quantidade de material particulado no cenário otimista será quatro vezes menor que no cenário tendencial.

A tabela 8.30 ilustra a evolução das emissões de poluentes através do cano de escapamento dos ônibus da cidade de São Paulo, em 2010.

Tabela 8.30 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota de ônibus da cidade de São Paulo, em 2010, em ton/ano.

Emissão	cenário	Óleo Diesel
CO	O	23312
	T	42433
HC	O	1375
	T	2750
NOx	O	17025
	T	21347
PM	O	1060
	T	4518
SOx	O	3444
	T	6273

8.7 Estudo-de-Caso: Rio de Janeiro, Estado do Rio de Janeiro

Geralmente a configuração das cidades está intimamente ligada às vias de circulação. No caso da cidade do Rio de Janeiro esta relação mostra-se especialmente importante devido ao relevo acidentado da cidade - serras, maciços, mar, alagadiços, planícies -. Assim, assistiu-se no Rio de Janeiro a uma urbanização progressiva a partir do núcleo histórico, hoje o centro principal de negócios, que se desdobrava continuamente à medida que se faziam inovações no sistema de transportes permitindo a expansão da cidade no território. A formação urbana do Rio de Janeiro não se limita, contudo, às consequências de implementações progressivas do setor dos transportes, seja pelo desenvolvimento do sistema viário ou pelo surgimento de novos modos de transporte coletivo e/ou individual. Seu espaço metropolitano, estratificado socialmente, é o resultado de longa evolução histórica cujas origens remontam ao século XIX.

O sistema de transporte urbano no Rio de Janeiro é composto pelos modos rodoviário, ferroviário, aquaviário e, mais recentemente pelo metroviário. Em termos do consumo energético o setor de transportes é o responsável pelo maior consumo setorial. Sua participação no consumo

total sempre esteve acima de 40%. Isto resulta da grande dependência do transporte rodoviário, que responde por mais de 90% da movimentação de passageiros na Região Metropolitana.

Com respeito às emissões dos transportes, a maior preocupação das autoridades ambientais tem sido “fumaça preta”, resultado da má regulação de motores Diesel. Vale salientar, que de uma forma geral, questões ambientais relevantes aos transportes, parecem ter pouca importância na política da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Haja visto, a constatação da pouca literatura sobre estudos envolvendo planejamento urbano e do transporte urbano, frente às questões energética e ambiental.

8.7.1 Cenários de projeção

Antes do detalhamento dos cenários de projeção torna-se necessário deixar claro a abrangência do presente estudo-de-caso, bem como as premissas que foram utilizadas no tratamento da base de dados. Este último aspecto é de extrema relevância, face à precária base de dados existentes nos principais órgãos públicos, que cuidam do assunto, tanto no município quanto do Estado do Rio de Janeiro. Fato que obrigou a uma análise extremamente rigorosa, tendo em vista minimizar eventuais distorções nos resultados, bem como proceder-se ajustes "ex-post" na modelagem.

O presente estudo-de-caso tem como enfoque central a Região Metropolitana do Rio de Janeiro-RMRJ. Tal enfoque, resulta das poucas informações desagregadas do município do Rio de Janeiro. Entre as principais causas da quase total falta de dados sociais, econômicos e de infraestrutura, como por exemplo transportes, quer seja do município quer seja da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, destacam-se a desarticulação e a demora para a reorientação daqueles órgãos responsáveis por coleta de dados, a partir da fusão dos Estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, em 1975. A situação na área de transportes agrava-se ainda mais com a extinção do GEIPOT, em 1989.

De uma forma geral, excetuando dados e informações pontuais e relacionados a projetos específicos como o do sistema metroviário, verifica-se na área de transportes um vácuo de informações entre 1985 e 1991. Desta forma, a montagem das séries históricas utilizadas neste estudo-de-caso, resultou da composição de informações as mais variadas possíveis, e portanto,

apesar dos cuidados para a sua montagem, podem levar a distorções nos resultados. Em alguns casos buscou-se comparações entre cidades, podendo-se destacar a desagregação da série histórica da frota total de automóveis da RMRJ, por combustível. Especificamente para este caso, baseou-se na evolução da frota de automóveis a álcool e gasolina da cidade de São Paulo.

Deve-se salientar, que apesar das dificuldades para a obtenção de algumas séries históricas, os resultados obtidos, permitem análises e inferências representativas. Para tanto, procurou-se minimizar eventuais deficiências, quando pertinente, a partir de um tratamento exógeno dos resultados da modelagem.

A seguir, apresenta-se as variáveis quantitativas que foram analisadas, dentro do enfoque das hipóteses tendencial e otimista para o crescimento econômico, no estudo-de-caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Além destas variáveis, usa-se também, aquelas consideradas na seção 8.2.1, comuns a todas os estudos-de-casos.

Produto Interno Bruto do Estado do Rio de Janeiro - PIBRJ

A partir da evolução prevista para o Produto Interno Bruto do Brasil, das informações sócio-econômicas da Fundação CIDE, órgão ligado à Secretaria de Planejamento e Controle do Governo do Estado do Rio de Janeiro, elaborou-se os cenários tendencial e otimista para o Produto Interno Bruto do Estado do Rio de Janeiro.

No cenário tendencial, pressupõem-se que entre o ano de 1995 e 2005, o nível de atividade do Estado do Rio de Janeiro cresça a uma taxa média de 2 % a.a, praticamente idêntica ao níveis de crescimento anuais, observado nos últimos anos. A partir de 2006 espera-se um pequeno incremento no nível de atividade crescendo cerca de 2,5 % ao ano. No cenário otimista, se pressupõe um alto crescimento do nível de atividade, todavia, inferior às taxas médias de crescimento esperadas para o Produto Interno Bruto do país até 2010, caso se configure o cenário otimista. Tal premissa baseia-se na emergente necessidade de ajuste nas contas públicas do Estado do Rio de Janeiro e na reversão da quase completa estagnação industrial verificada na última década, caso contrário os “bolsões” de pobreza aumentarão em conjunto com os graves problemas sociais verificados na atualidade. Desta forma, ao longo do período 1995 e 2010, espera-se um crescimento médio anual do nível de atividade da ordem de 5% ao ano.

Nível de Atividade dos Transportes - PIBTRARJ

Dos setores econômicos do Estado do Rio de Janeiro, o de transportes tem sido aquele que mais tem alavancado o crescimento do nível de atividade global do Estado desde 1985, conforme dados da Fundação CIDE (1995). Nesse sentido, no cenário tendencial, se imagina que a evolução do nível de atividade dos transportes, apresente taxas médias anuais de crescimento próximas daquelas verificadas nos últimos dez anos. Desta forma, no período compreendido entre os anos de 1995 e 2010, o nível de atividade dos transportes crescerá a uma taxa média de 3,0 % ao ano. No cenário otimista, supõem-se que com ajuste econômico do Estado do Rio de Janeiro, aquelas taxas que seriam verificadas no cenário tendencial, ocorrerão de uma forma mais pronunciada, ou seja, ter-se-ia uma taxa média anual de crescimento de 4 % ao ano, ao longo de todo o período de análise.

Evolução populacional da RM do Rio de Janeiro - POPTRMRJ

Independentemente de configurar-se o cenário tendencial ou otimista de crescimento econômico, considerou-se para todo o horizonte de planejamento - 1995 a 2010 -, que a população da Região Metropolitana do Rio de Janeiro apresentará um crescimento populacional de aproximadamente 2% ao ano, superior à aquele previsto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE para o país. Tal suposição guarda estreita relação com aquela preconizada pela Secretaria de Planejamento e Controle do Estado do Rio de Janeiro - Fundação CIDE -.

Evolução do PIB per Capita - PIBPERRJ

Em face da falta de dados mais confiáveis para o PIB per Capita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, optou-se por utilizar aquela observada no município, tanto em face da disponibilidade quanto pela possibilidade da montagem de uma série histórica mais ampla, e melhor para um tratamento econométrico. Em ambos os cenários, imagina-se que a evolução do PIB per Capita no município do Rio de Janeiro apresente um evolução semelhante a aquela esperada para o nível de atividade global do Estado do Rio de Janeiro. No cenário tendencial espera-se um crescimento médio de 2 % ao ano entre 1995 e 2005, para a partir elevar-se e atingir uma taxa média anual de 2,5 %; enquanto, para o cenário otimista espera-se que no período entre 1995 e 2010, este indicador evolua a uma taxa média de 5 % ao ano.

8.7.2 Modelos de projeção das frotas dos veículos seu uso e sua demanda energética

Automóveis e Táxis

A modelagem da evolução da frota automóveis particulares, total - FATRMRRJ³² - e à álcool - FAARMRJ³³ -, para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro segue as mesmas premissas de Salvador, Curitiba, Brasília e Campinas, ou seja, foi definida com base em um modelo econométrico/uso final. A frota de automóveis particulares total e a álcool são projetadas de forma independente, sendo possível a verificação à posteriori da compatibilidade dos resultados.

Os dados históricos de evolução da frota total de automóveis particulares foi correlacionado ao nível de atividade do setor de transportes do Estado do Rio de Janeiro - PIBTRARJ - :

$$\text{FATRMRJ} = - 2287958 + 34192,73 * \text{PIBTRARJ}$$

$$t \text{ student} \quad 5,4903$$

$$R^2 = 0,81 \quad DW = 1,66 \quad F = 30,1$$

A frota de automóveis particulares à álcool foi projetada a partir da correlação de dados históricos da frota à álcool com a evolução histórica do Produto Interno Bruto do Estado do Rio de Janeiro - PIBRJ - e a população total da Região Metropolitana do Rio de Janeiro - POPTRMRJ - :

$$\text{FAARMRJ} = - 8481707 + 0,492540 * \text{PIBRJ} + 0,868910 * \text{POPTRMRJ}$$

$$t \text{ student} \quad 3,32 \quad 15,65$$

$$R^2 = 0,98 \quad DW = 2,30 \quad F = 178,7$$

³²De 1981 a 1985 obtido junto ao Anuário Estatístico dos Transportes (MT/GEIPOT, 1986). Entre 1986 e 1994, a frota foi estimada a partir de dados da Fundação CIDE e DETRAN/RJ.

³³De 1981 a 1985 obtido junto ao Anuário Estatístico dos Transportes (MT/GEIPOT, 1986). Para os demais anos, o levantamento da frota de automóveis a álcool foi feito com base nos percentuais da frota a álcool da cidade de São Paulo.

A principal premissa para análise ambiental referente às emissões do automóveis, foi a necessidade de levantamento das quilometragens médias anuais e por consequência a obtenção das demandas de álcool e gasolina, a partir das frotas e consumo específico, este último, considerado uma variável de cenário.

A quilometragem total do automóveis particulares - KMTA - e a quilometragem total rodada pelos automóveis particulares à álcool - KMCA -, foram estimadas de maneira independente, através de regressões específicas para essa finalidade. A quilometragem total rodada por ano pelos automóveis particulares à gasolina é obtida pela diferença destes dois parâmetros.

Desta forma, buscou-se uma regressão que determinasse a tendência de evolução da quilometragem total anual percorrida pela frota total de automóveis particulares. Essa correlação foi encontrada entre os dados históricos da KMTA, o nível de atividade do Estado do Rio de Janeiro e o preço em salários mínimos do automóvel mais barato do mercado - PSMA - :

$$KMTA = -6549999 + 3,9707 * PIBRJ + 9013,94 * PSMA$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 3,37 \quad \quad \quad 2,48$$

$$R^2 = 0,81 \quad DW = 1,59 \quad F = 12,5$$

As projeções da quilometragem total anual dos automóveis particulares à álcool, foi obtida correlacionando-se dados históricos de KMCA, à relação de preço ao consumidor do álcool e gasolina - PALPGAS - e ao preço do automóvel mais barato no mercado em salários mínimos :

$$KMCA = - 19894604 + 31643294 * PALPGAS + 21458,20 * PSMA$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 6,29 \quad \quad \quad 3,40$$

$$R^2 = 0,94 \quad DW = 3,06 \quad F = 53,61$$

No tocante à evolução da frota dos táxis, não buscou-se a sua modelagem em função de que a mesma, vem-se mantendo constante nos últimos anos. A sua expansão depende de Lei de cada município que compõe a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, o que não é esperado pelo menos no curto e médio prazos. Desta forma estimou-se o consumo de combustível - álcool e gasolina - e a quilometragem anual média dos táxis, apenas para efeito da análise ambiental. A

Região Metropolitana do Rio de Janeiro possui uma frota total estimada de 19 mil táxis (Fundação CIDE, 1995), sendo 6875 a gasolina, 5625 a álcool e 6500 a gás natural. Saliente-se que não se considerou na modelagem e análises a frota de táxis movida a gás natural.

Ônibus

A modelagem para a projeção da frota de ônibus urbanos foi feita dentro da premissa de um modelo econométrico/uso final, tendo em vista analisar-se a questão ambiental, as possibilidades de entrada de energéticos alternativos e a intermodalidade.

A estimativa da demanda de óleo Diesel, é obtida associando-se o indicador de atividade - pass.km - à ocupação média dos ônibus, consumo específico e à frota projetada. Destes parâmetros, a ocupação média e o consumo específico são obtidos a partir de cenarização.

Para a projeção da frota dos ônibus da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, correlacionou-se as séries históricas desta frota - FRONIRIO³⁴ -, à evolução da população total da RMRJ e a evolução do nível de atividade do setor de transportes do Estado do Rio de Janeiro.

$$\text{FRONIRIO} = - 2513,9 + 0,001232 * \text{POPTRMRJ} + 8,2385 * \text{PIBTRARJ}$$

$$t \text{ student} \qquad \qquad \qquad 5,82 \qquad \qquad \qquad 5,86$$

$$R^2 = 0,97 \qquad DW = 2,49 \qquad F = 131,9$$

No caso da estimativa do indicador de atividade - PASS.KM³⁵ -, a sua projeção além de possibilitar a análise objetiva, dentro dos cenários de projeção, da substituição intermodal, permite, quando associado às projeções dos passageiros transportados - PASSTRA - e fator de emissão, projetar-se o volume de emissões, por tipo de poluente.

O indicador de atividade foi correlacionado com o nível de atividade do setor de transportes e o preço final ao consumidor do óleo Diesel - POD -, obtendo-se uma regressão da seguinte forma :

³⁴De 1981 a 1986, frota obtida junto ao Anuário Estatístico dos Transportes (MT/GEIPOT, 1986). Entre 1987 e 1991, frota estimada a partir de dados da Associação Nacional de Transporte Públicos - ANTP - e Fundação CIDE. Frota dos anos de 1992 a 1994, estimada com base em dados da ANTP.

³⁵Série histórica obtida a partir de dados dos passageiros transportados (Fundação CIDE) e quilometragem, esta obtida a partir do IPK, vários anos (ANTP).

$$\text{PASS.KM} = 5.26\text{E}+17 + 7,08\text{E}+14 * \text{PIBTRARJ} + 1,38\text{E}+15 * \text{POD}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 2,8329 \quad \quad \quad 1,9418$$

$$R^2 = 0,70 \quad \quad \text{DW} = 2,36 \quad \quad \text{F} = 10,54$$

A série histórica dos passageiros transportados na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, foi correlacionada com a evolução do PIB per Capita do município do Rio de Janeiro, obtendo-se a seguinte regressão :

$$\text{PASSTRA} = 1,96\text{E}+08 + 202302,3 * \text{PIBPERRJ}$$

$$t \text{ student} \quad \quad \quad 7,67$$

$$R^2 = 0,88 \quad \quad \text{DW} = 2,07 \quad \quad \text{F} = 58,6$$

8.7.3 Projeções

Frotas

Automóveis

A projeção da frota total de automóveis para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a partir da regressão ajustada à tendência verificada no período 1981-1994, mostra um grande aumento no índice de motorização da cidade, medido em automóveis por mil habitantes.

A evolução do índice de motorização, em ambos os cenários, resulta das perspectivas amplamente favoráveis cenarizadas para o nível de atividade do setor de transportes. Este setor, saliente-se, já vinha apresentando um elevado crescimento, comparativamente, ao setor agropecuário, industrial e do comércio do Estado do Rio de Janeiro, desde 1985.

No caso do cenário tendencial a frota evoluiu de um patamar de aproximadamente 1,55 milhão veículos em 1995, para cerca de 3,69 milhões em 2010, o que perfaz um evolução do índice de motorização de 156 para 271 veículos por mil habitante, naqueles anos. No cenário otimista, a frota de automóveis evolui de 1,55 milhão veículos em 1995 para um patamar de 4,6 milhões veículos em 2010, fazendo com que o índice de motorização chegue a um patamar de 340 veículos por mil habitantes.

Este elevado aumento do índice de motorização na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, indica a necessidade da implementação de ações de planejamento para o médio e longo prazos, de forma a se equacionar a emissão de poluentes e o tráfego de automóveis, cuja situação estará seriamente agravada, comparativamente à situação atual.

No tocante à evolução da frota projetada de automóveis particulares a álcool, entre 1995 e 2010, em ambos os cenários as taxas médias crescimento anual situam-se muito próximas, respectivamente, 9,9 % e 10,6 %, nos cenários tendencial e otimista. A participação dos automóveis a álcool no total da frota, em 2010, situará em torno de 70 %, em ambos os cenários. Em 2010, a frota de automóveis a álcool nos cenários tendencial e otimista serão aproximadamente 2,5 milhões e 3,2 milhões de veículos, respectivamente.

A grande participação da frota de automóveis a álcool no total da frota de automóveis da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, indicam uma saldo líquido ambiental considerável, todavia, os problemas relativos ao tráfego deverão serem incrementados, caso não se verifique dos órgãos responsáveis medidas, ainda no curto prazo, de forma a obter-se resultados satisfatórios no médio e longo prazos.

Ônibus

Os resultados das projeções das frotas de ônibus, tanto no cenário tendencial quanto no otimista, mostram um crescimento pequeno das frotas.

No cenário tendencial, as taxas médias de crescimento da frota é ligeiramente superior às taxas previstas para o crescimento populacional. Neste cenário entre 1995 e 2010 a frota deverá crescer a uma taxa média de 2,4 % a.a. enquanto o crescimento populacional cerca de 2 % ao ano.

No cenário otimista de crescimento econômico, a frota de ônibus da Região Metropolitana do Rio de Janeiro deverá expandir-se a uma taxa média de aproximadamente 2,6 % ao ano.

Os resultados de ambos os cenários traz preocupações e conseqüentemente indicam a necessidade de novas orientações dos órgãos responsáveis pelo transporte urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, tendo em vista a busca de alternativas para o transporte de massa, pois a expansão das frotas naquelas taxas, não levará a alterações substanciais na atual qualidade do transporte coletivo.

Em 1994 a Região Metropolitana do Rio de Janeiro possuía uma população estimada em 9,9 milhões de habitantes e uma frota de 10686 ônibus, ou seja, uma relação de aproximadamente 928 habitantes por ônibus. Independentemente do cenário que venha a configurar-se, as projeções da frota de ônibus mostram que este indicador sofrera modificações mínimas em relação à aquele patamar verificado em 1994, sendo traduzido em uma pequena melhoria da qualidade do serviço atual. Nos cenários tendencial e otimista a relação habitantes por ônibus, em 2010 será respectivamente, de 865 e 851 habitantes por ônibus.

Esta situação piora quando se considera o efeito da movimentação das pessoas, não captado pelo indicador habitantes por ônibus. A questão da movimentação é crucial em uma metrópole, pois as principais atividades comerciais e de serviços tendem a situarem-se no entorno de sua região central, exceto naquelas onde o planejamento urbano induz a descentralização das atividades econômicas, o que não ocorre da forma desejável na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

A tabela 8.31 apresenta os dados projetados para a frota total de ônibus para a cidade de Campinas nos anos de 1995, 2000, 2005 e 2010.

Tabela 8.31 Frota projetada de ônibus da RMRJ - 1995/2000/2005/2010, em unidades

ANOS	CENÁRIOS	
	Tendencial	Otimista
1995	10894	10903
2000	12342	12408
2005	13949	14093
2010	15734	15982

Emissões e Demanda de Combustíveis

No tocante às emissões de poluentes, de uma forma geral, os resultados obtidos mostram que o problema ambiental tenderá a agravar-se na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, caso não se configure dentro do horizonte de planejamento adotado, o cenário mais favorável à questão ambiental e uma atuação efetiva dos órgãos públicos e da sociedade organizada. Em termos da demanda por combustíveis, não se vislumbra nenhum problema de suprimento para o atendimento

das necessidades de transporte coletivo sobre pneus para a RMRJ, sobretudo a configurar-se o cenário otimista, mais favorável ambientalmente. Neste caso, uma ampliação no uso de gás natural em ônibus e táxis, deslocaria parcela da demanda por energéticos tradicionais, tornando menos problemática um eventual gargalo no suprimento. Ainda no tocante à demanda por combustíveis, caso se verifique uma política mais consistente do que atual, em termos de priorização do transporte coletivo e do meio ambiente, a possibilidade de implantação de um sistema de média capacidade de transporte, como os trolebus, ao longo de toda a orla marítima pertencente à área denominada de Grande Rio, certamente viria contribuir na diminuição da demanda por combustíveis tradicionais. A tabela 8.32, mostra, para os dois cenários considerados a evolução das emissões de CO, HC, NO_x, aldeídos, SO_x e dióxido de carbono, para a evolução total da frota de automóveis à gasolina da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Nas análises sobre a emissão de poluentes não estão contempladas a influência da frota estimada de 6,5 mil táxis a gás natural existentes na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Tabela 8.32 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis a gasolina da RMRJ - 1995 e 2010, em ton/ano.

Emissão	Cenário	1995	2010
CO	T	57260	23988
	O	57200	9228
HC	T	4852	3598
	O	4825	1384
NO_x	T	4479	2661
	O	4446	2129
Aldeídos	T	223	92
	O	223	35
SO_x	T	746	923
	O	747	754
CO₂	T	413435	505837
	O	397652	443663

De acordo com os resultados apresentados na tabela 8.32, pode-se verificar que as emissões de CO, HC, NOx e Aldeídos, estarão diminuídas em 2010, mesmo com a ampliação das frotas. Ressalte-se que aquelas diminuições ocorrerão de uma forma mais pronunciada no cenário otimista. Este resultado, decorre da maior priorização ao meio ambiente caso se configure o cenário otimista. No caso do SOx, observa-se que as medidas cenarizadas, não promovem, uma melhoria ambiental, mesmo configurando-se o cenário otimista. Neste caso as emissões de SOx permaneceria praticamente inalterada entre 1995 e 2010, o que não deixa de ser um bom resultado, considerando-se a expansão das frotas a ocorrer naquele período. Especificamente no tocante ao CO₂, mesmo na cenarização mais favorável ambientalmente, ter-se-a elevação das emissões deste poluente. Isto demonstra que, se opção fosse contribuir para minimizar o efeito estufa os órgãos competentes deverão buscar a implementação de medidas mais rígidas em termos ambientais do que aquelas cenarizadas. Por exemplo, isto passaria pela melhoria do transporte coletivo visando tirar automóveis da rua, por melhorias da qualidade da gasolina, tendo em vista a sua dessulfurização e do uso maciço de catalizadores pelos automóveis, medidas que dependem fortemente da iniciativa de órgãos federais e de pressões da sociedade organizada. A tabela 8.33, mostra, para os dois cenários considerados a evolução das emissões de CO, HC, NOx e aldeídos, para a evolução total da frota de automóveis à álcool da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Tabela 8.33 Emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de automóveis à álcool da RMRJ - 1995 e 2010, em ton/ano.

Emissão	Cenário	1995	2010
CO	T	37680	22019
	O	37379	12603
HC	T	5797	3302
	O	5750	1890
NOx	T	3716	5081
	O	3686	2908
Aldeídos	T	223	254
	O	221	145

De acordo com os resultados da tabela 8.33, pode-se observar que no tocante ao CO e HC, em ambos os cenários verifica-se uma diminuição das emissões, sendo mais acentuada no cenário otimista. Nos casos do NOx e dos Aldeídos, a redução das emissões ocorre somente no cenário otimista.

No caso das emissões de cano de escapamento da frota total de automóveis a álcool, verifica-se que as premissas ambientalmente mais sustentável do cenário otimista, refletem em um saldo positivo em termos ambientais no ano 2010. A maior rigidez ambiental implícita no cenário otimista alavanca um maior crescimento da frota de automóveis a álcool, sobretudo a partir de 2001 quando imaginou-se ter-se equacionado o PROÁLCOOL no país.

A tabela 8.34, mostra, para os dois cenários considerados a evolução das emissões de CO, HC, NOx, material particulado - PM -, SOx e dióxido de carbono, para a evolução total da frota de ônibus da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Tabela 8.34 Evolução das emissões de poluentes de cano de escapamento da frota total projetada de ônibus da RMRJ - 1995 e 2010 -, em ton/ano.

Emissão	cenário	1995	2010
CO	T	15737	12960
	O	8069	4768
HC	T	1020	840
	O	476	281
NOx	T	7917	6520
	O	5893	2008
PM	T	1675	1380
	O	1564	217
SOx	T	2326	1916
	O	2171	705
CO₂	T	184330	168384
	O	181859	155504

Os resultados projetados de todos os tipos de emissões consideradas para os ônibus urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sofrerão uma diminuição, independentemente daquele cenário que venha a configurar-se no horizonte de planejamento, com a vantagem de estar-se atendendo toda a demanda de pass.km projetada. Tal diminuição será mais acentuada no cenário otimista, resultado da maior rigidez da cenarização ambiental, neste caso.

Em ambos os cenários, mas principalmente no tendencial, menos rígido ambientalmente, a baixa taxa média anual para o crescimento das frotas, também contribuem para a diminuição do nível de emissões. Todavia, em decorrência, espera-se uma deterioração da qualidade dos serviços prestados, resultado sobretudo do baixo crescimento desta frota relativamente ao crescimento populacional.

É importante salientar que o não agravamento do meio ambiente, via emissão de poluentes por ônibus urbanos, considera a necessidade de equacionamento dos problemas decorrentes das grandes levadas de migrantes de outros estados e do interior fluminense, que já estão pesando sobre a infra-estrutura da Região Metropolitana, que se degrada à medida em que se afasta da área central do município do Rio de Janeiro. A taxa de urbanização em 1988 da Região Metropolitana era da ordem de 98%, daí decorrendo duas questões marcadamente problemáticas : a violência urbana e a questão do transporte.

Os problemas na infra-estrutura de transporte dentro da Região Metropolitana do Rio de Janeiro estão associados ao grande movimento de passageiros entre os municípios que compõem a região, especialmente aqueles direcionados ao município do Rio de Janeiro, os quais são realizados fundamentalmente por ônibus. A situação se agravará na medida em que forem sendo ocupadas áreas cada vez mais distantes do centro econômico da região, como Maricá e Itaboraí, ao norte, ou Mangaratiba e Itaguaí, ao sul. Neste sentido, a não execução de um planejamento consistente e integrando uso e ocupação do solo e transportes, mudará totalmente o quadro esperado para as emissões oriundas do transporte via ônibus urbanos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Finalmente, apresenta-se a tabela 8.35, que mostra as demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para as frotas totais de automóveis e ônibus.

Tabela 8.35 Demandas projetadas de gasolina, álcool e óleo Diesel para RMRJ, em 1995 e em 2010, em mil litros/ano.

Combustível	Cenário	Anos	
		1995	2010
Gasolina	T	662016	809975
	O	636742	710418
Álcool	T	809598	922563
	O	803120	1258477
óleo Diesel	T	251567	233608
	O	251359	215738

Dos resultados apresentados na tabela 8.35, vale salientar dois aspectos.

O primeiro é a maior demanda de álcool nos cenários tendencial e otimista, ao longo de todo o horizonte de planejamento, comparativamente à gasolina. De uma forma geral, a priorização ambiental favorece o crescimento da frota de automóveis a álcool em detrimento da à gasolina. Consequentemente, verifica-se uma maior demanda de álcool combustível, sobretudo no cenário otimista.

O segundo aspecto, relaciona-se com a evolução da demanda de óleo Diesel em ambos os cenários. A demanda de óleo Diesel diminui de uma forma mais pronunciada no cenário otimista, não obstante a frota de ônibus neste cenário, crescer a taxas médias anuais maiores. Isto pode ser explicado pelo fato de que neste cenário, tem-se uma maior rigidez ambiental e verifica-se uma maior velocidade na introdução de novas tecnologias e o uso de combustível de melhor qualidade.

Intermodalidade

Segundo dados do Plano de Transporte de Massa da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (1991), cerca de 25% da população fluminense mora nos municípios de Nova Iguaçu, Belford Roxo, São João do Meriti, Nilópolis, Duque de Caixas e São Gonçalo. São milhares de trabalhadores que se deslocam diariamente para o núcleo metropolitano. Na RMRJ ocorrem cerca de oito milhões de viagens diárias, sendo que o transporte realizado por ônibus representa 72% desse total. O sistema metroviário atende a 2,5% do número de viagens/dia ou 300 mil usuários.

Quanto aos trens, não incluindo o Metrô, transportam aproximadamente 700 mil pessoas por dia, com um nível de saturação que chega até a 11 passageiros por m² nos horários de pico.

Como se vê existem várias alternativas para o estabelecimento de uma política intermodal na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, destacando-se aqueles sistemas já em pleno funcionamento com é o caso dos modos ferroviário e o metroviário. Entretanto, é bom salientar que esta possibilidade é muito pouco aproveitada, tanto por falta de um planejamento adequado quanto por falta de recursos para a modernização e expansão das ferrovias e metrô. O transporte coletivo através de barcas e trolebus, este último, por exemplo ao longo da orla marítima do município do Rio de Janeiro, são opções plenamente factíveis a médio prazo.

Estudos da Rede Ferroviária Federal mostram que, se modernizado, o sistema ferroviário metropolitano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro poderia atender a 2,5 milhões de passageiros por dia em condições aceitáveis de conforto. Isto significaria um planejamento de integração ônibus ferrovia, tendo como resultado uma diminuição substancial do percentual atual de 90% de usuários que chegam a pé as estações ferroviárias metropolitanas. Apenas 30% utilizam ônibus para chegar ou sair das estações. A total falta de controle organizacional fazem com que cerca de 20% burlam a vigilância nas estações ferroviárias metropolitanas e viagem sem pagar a passagem.

De uma forma geral, as possibilidades de uma maior intermodalidade nos sistemas de transporte coletivo na Região Metropolitana do Rio de Janeiro esbarram em problemas que ainda decorrem da fusão dos Estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, falta de recursos e nas pressões exercidas pelos interesses das empresas de transporte rodoviário urbano. Com a fusão dos Estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, acentuou-se a concentração de investimentos no Grande Rio. Na época, alegou-se a necessidade da descentralização da indústria para a periferia metropolitana e as dificuldades na administração da área do Grande Rio, já então conurbada. No entanto, nos anos que se seguiram à fusão, a maior parte dos investimentos realizados em infra-estrutura localizaram-se na capital, sendo o sistema metroviário o principal beneficiado, inclusive, sendo símbolo da fusão.

Em 1990, o sistema metroviário participava com apenas 2% do total de passageiros transportados na Região metropolitana do Rio de Janeiro, pouco acima do sistema aquaviário - barcas -, com uma participação de 1,3% e abaixo do sistema metroviário, que participava com

3,9%. Neste ano o transporte individual e coletivo por ônibus participavam, respectivamente, com 30 % e 62,8 % do total de passageiros transportados.

Como se observa existe uma grande margem de manobra na Região Metropolitana do Rio de Janeiro para a viabilização de alternativas modais ao transporte coletivo por ônibus Diesel.. Para efeito deste trabalho, tem-se como premissa a execução, ainda no curto prazo, de ações de planejamento fomentadoras visando a intermodalidade no transporte público coletivo da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

No cenário tendencial, se pressupõe que a análise de intermodalidade seria traduzida na redução do indicador "pass.km" de forma a atingir em 2010, 90 % do valor projetado. Tal suposição indica que a taxa média anual de crescimento do indicador "pass.km", entre 1995 e 2010, reduziria em 0,8 % a.a., ou seja, de um crescimento de aproximadamente 1,0 % a.a. sem a consideração da intermodalidade, ter-se-ia, agora, com a intermodalidade uma taxa de 0,2 % ao ano. Em outras palavras, isto significaria que com a perspectiva de intermodalidade, o indicador "pass.km" em 2010, estaria próximo daquele a ser verificado em 1997, sem intermodalidade. Considerando-se a frota projetadas para estes dois anos, observa-se que a promoção da intermodalidade no cenário tendencial, levaria ao deslocamento de aproximadamente 4000 ônibus da frota projetada para 2010.

No cenário otimista, a análise de intermodalidade é traduzida na redução do indicador "pass.km" de forma a atingir em 2010, 70% do valor projetado. Tal suposição indica que o indicador "pass.km" em 2010, apresentaria valores muito próximos daqueles verificados no final da década de 80 e início dos anos 90. Em outras palavras, isto significa dizer que com a perspectiva de intermodalidade neste níveis, a frota de ônibus urbanos à Diesel, em 2010, estaria reduzida de aproximadamente 16 mil veículos para cerca de 10 mil veículos, significando um deslocamento de 6 mil ônibus da frota projetada para aquele ano..

O reflexo ambiental da diminuição da frota projetada em 2010, pode ser estimado para ambos os cenários. A título de exemplificação, considerou-se as alterações provocadas nas emissões de CO₂, tendo em vista que os seus efeitos sobre o meio ambiente ter caráter global, e não apenas local e regional como os demais poluentes considerados.

Considerando-se as frotas e emissões projetadas em 2010, no cenário tendencial ter-se-ia uma emissão de aproximadamente 11tCO₂/ônibus, enquanto no cenário otimista cerca de 9,7

tCO₂/ônibus. Estes dois índices relacionam-se com consumo exclusivo de óleo Diesel. Empregando-se estes dois índices de emissão, se verifica que no cenário tendencial cerca 44 mil toneladas de dióxido de carbono deixariam de ser emitidas em 2010, representando uma diminuição aproximada de 26 % do total que seria emitido, caso não ocorresse nenhuma ação planejadora em direção à intermodalidade. Por outro lado, no cenário otimista cerca de 58,5 mil toneladas de dióxido de carbono deixariam de ser emitidas em 2010, representando uma diminuição de quase 40 % do total que seria emitido, caso não tivesse nenhuma ação em direção à intermodalidade.

Entrada de energético alternativo

Para efeito desta análise considerou-se apenas as perspectivas de entrada de gás natural deslocando óleo Diesel nos ônibus urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Tal consideração baseou-se nas amplas possibilidades abertas para a região, tanto em termos de volume quanto para a distância de transporte, muito próxima à Bacia de Campos. No tocante aos táxis, apesar do conhecimento do potencial para o uso de gás natural, não fez-se nenhuma simulação visto que a sua expansão de uso na Região Metropolitana do Rio de Janeiro depende em grande parte da viabilização de gás natural nos ônibus. A Região Metropolitana do Rio de Janeiro conta na atualidade com cerca de 6,5 mil táxis movidos a gás natural.

No tocante ao uso de eletricidade nos sistemas ferroviário urbano e metroviário, não fez-se nenhuma simulação tendo em vista que estes sistemas já vêm operando. No caso dos trolebus, também não se fez nenhuma simulação, em face da pequena probabilidade de sua exequibilidade, ainda no curto prazo.

A análise da introdução de gás natural em ônibus urbanos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, tomou por base a evolução prevista da frota de ônibus urbanos nos cenários tendencial e otimista, e supôs-se uma única alternativa para a entrada de gás natural, para estes dois cenários - entrada lenta e gradual do gás natural.

Nesta hipótese tanto a adaptação dos ônibus urbanos existentes, quanto a renovação e ampliação da frota através de veículos novos, do ciclo Otto, deve se processar em uma escala gradual crescente, a saber : 10% em 1995, 30% em 2000, 40% em 2005 e 50% em 2010.

A título de exemplificação dos impactos da penetração do gás natural, tomou-se por base a frota de ônibus projetada para o ano 2010. Considerando-se que 50% da frota daquele ano estariam utilizando gás natural, chega-se a um total de 7867 e 7991 ônibus urbanos, respectivamente, nos cenários tendencial e otimista. Neste caso considerou-se apenas as emissões de dióxido de carbono.

A análise do impacto da entrada do gás natural como combustível nos ônibus urbanos, tem como pré-requisito a determinação das emissões de gás natural através do índice $\text{tCO}_2/\text{ônibus}$. Para tanto, considerou-se que 10^3 m^3 de gás natural equivalem a 0,857 tEP (BEN, 1997), o índice de equivalência operacional médio de $1,5 \text{ m}^3$ de gás natural por litro de óleo Diesel (PETROBRÁS, 1988) e a demanda projetada de óleo Diesel em 2010, encontrando-se desta forma a demanda equivalente em gás natural. Multiplicando esta demanda equivalente de gás natural (tEP) pelo fator de emissão do gás natural de $0,64 \text{ tCO}_2/\text{tEP}$ (AIE, 1991), obtem-se o total das emissões de CO_2 se toda a frota utilizasse este energético. Dividindo-se o total das emissões de CO_2 pela frota projetada em 2010, chega-se ao índice $\text{tCO}_2/\text{ônibus}$, respectivamente, no cenário tendencial e otimista.

Considerando-se a equivalência operacional estimada pela PETROBRÁS (1988), mesmo com 50% da frota de ônibus da Região Metropolitana do Rio de Janeiro utilizando gás natural, o volume de emissões de dióxido de carbono obtido em ambos os cenários, seria praticamente equivalente quer seja consumindo gás natural ou óleo Diesel. Neste caso, não se verificaria vantagens ambientais.

Por outro lado, considerando-se uma melhoria de 50 % na equivalência operacional, ou seja, $1,5 \text{ m}^3$ de gás natural por 1,5 litros de óleo Diesel, plenamente factível, uma vez que já existem tecnologias no mercado interno que permitem tal performance, os ganhos ambientais decorrentes seriam substanciais. Em contrapartida, ter-se-ia custos maiores em face de uma maior agregação de tecnologia.

Desta forma, tendo-se como premissa uma melhoria de 50 % na equivalência operacional, bem como a penetração de gás natural em 50% das frotas de ônibus projetadas para os cenários tendencial e otimista, em 2010, ter-se-á, respectivamente, para aqueles cenários uma redução de 22500 e 18380 toneladas de emissões de dióxido de carbono. Em termos percentuais esta

diminuição de emissões significará uma redução de aproximadamente 13% e 12% do total de emissões daquele ano, respectivamente, nos cenários tendencial e otimista.

Intermodalidade e a Entrada de Gás Natural

Finalmente, simulou-se os impactos sobre o total de emissões de dióxido de carbono, considerando-se a implementação de uma política que vise uma maior intermodalidade e a entrada gradual do gás natural, conjuntamente.

Se tal hipótese se configurasse na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, o total das emissões de dióxido de carbono em 2010, oriundas da utilização de óleo Diesel, em ônibus urbanos, estaria em patamares inferiores àqueles encontrados no fim da década de 80 e início dos anos década de 90, respectivamente, nos cenários otimista e tendencial.

8.8 Referências Bibliográficas

AIE, *Energy Efficiency and the Environment*, OCDE, 1991.

Anuário Estatístico dos Transportes, MT/GEIPOT, 1986, 1988/89.

ANTP, Associação Nacional de Transportes Públicos, *Pesquisa Rápida*, n.4, abril, 1995.

Anuário Estatístico do Distrito Federal, Governo do Distrito Federal, Divisão de Informação e Estatística, CODEPLAN, vários anos.

BAJAY,S.V., WALTER,A.C.S, CRUZ,G.M.M. e BERNI,M.D., *Estudo Prospectivo sobre Evolução dos Veículos Automotores*. Relatório de Pesquisa para a Equipamentos Clark Ltda, Campinas, 1992.

BEN, *Balanço Energético Nacional*, ano base 1996, MME, 1997.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, *PROCONVE, Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores*, Série Documentos, 1992.

CETESB, *Legislação atual e futura*, Divisão de Pesquisa e certificação de veículos, Seminário de emissões e combustíveis, setembro, 1992.

CEI - Centro de Estatística e Informações, *Série Especiais CEI - PIB-BAHIA-1975/95*, Metodologia e Séries Retrospectivas, Governo do Estado da Bahia.

CEI-Centro de Estatísticas e Informações, *Revista Análise e Dados*, Salvador,BA, 1991/1993.

- CEI-Centro de Estatística e Informações, *Perfil do Estado da Bahia*, Salvador, junho/1994.
- CONDER - Cia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador, *Sumário de Informações Metropolitanas*, Salvador, BA, 1990/93.
- COELBA, Cia de Eletricidade do Estado da Bahia, *Boletim Informativo do Setor Energético*, Salvador, BA, vários anos.
- Circunscrição Regional de Trânsito de Campinas, *Dados sobre Licenciamentos*, junho, 1995.
- CODEPLAN, Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central, *Contas Regionais*, 1994.
- Diário Oficial* do município da cidade de São Paulo, 21/08/1994.
- DNC - Departamento Nacional de Combustíveis -, *Listagens dos consumos de álcool, gasolina e óleo Diesel*, para as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Campinas, Curitiba e Brasília, 1993, listagens computador.
- DETRAN - Depto de Trânsito do Paraná, *Estatísticas*, Divisão de Estatística, vários anos.
- DETRAN - Depto de Trânsito, *Relatório Estatístico*, Salvador, BA, vários anos.
- DETRAN - Depto de Trânsito do Distrito Federal, *Estatísticas*, Div. Estatística, vários anos.
- DMTU - Departamento Metropolitano de Transportes Urbanos do Governo do Distrito Federal - GDF, *Informe Estatístico*, 1980 a 1994.
- ELETROBRÁS, *Plano 2015 - Projeto 3 -*, Rio de Janeiro, Agosto, 1992.
- EMPLASA, Gov. do Est. de S.Paulo, *Sumário Dados da Região de Campinas*, vários anos.
- EPA, Environment Protection Agency, *Compilation of air Pollution Emission Factors*, 4rd Edition, v.II - Mobile Sources, USA, 1987.
- Fernandes, E.S.L.; *A política Brasileira de Combustíveis Automotivos e a Poluição Atmosférica Urbana : o caso dos veículos leves com ciclo OTTO*, Tese de Mestrado, UFRJ/COPPE, 1992.
- Fundação CIDE - Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro -, *Plano de Transporte de Massa da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*, Secretaria de Estado de Planejamento e Controle - SECPLAN -, Governo do Estado do Rio de Janeiro, 1991.
- Fundação CIDE - Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro, *Dados Econômicos Estado e Região Metropolitana do Rio de Janeiro*, vários anos
- Fundação CIDE - Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro, *Guia Sócio-Econômico dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro*, Região Metropolitana, v.1, RJ, 1993.

- IBGE - Inst. Bras. de Geografia e Estatística, *Dados preliminares do Censo de 1991*, 1992.
- IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, *Desempenho Macroeconômico do Estado do Paraná*, vários anos.
- JACOB, C.A.B., *Avaliação dos Impactos do Modelo Caixa Único na Operação do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal*, Tese de Mestrado, Universidade de Brasília, janeiro, 1993.
- Jornal Folha de São Paulo*, pp. 7-3, 01/05/1995.
- Jornal Folha de São Paulo*, pp. 7-3, 17 e 18/02/1995.
- Jornal Correio Popular*, *Informe Publicitário - Campinas 220 anos* - 14/07/1994.
- MT/GEIPOT, *Relatório Estatístico*, Brasília, 1986.
- Murgel, E.M. et alii, "Inventário da emissão veicular - metodologia de cálculo", In : *Revista Engenharia Sanitária*, vol.26.3, São Paulo, julho/setembro, 1987.
- Nefussi, N.; Introdução à problemática de poluição do ar por veículos automotores, In : *Curso de controle de poluição do ar - veículos automotores*, Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde, 1972.
- Nogueira, E.M. et alii; *O uso de energéticos como combustíveis em veículos automotores e sua influência sobre a qualidade do ar*, In : VI Congresso Brasileiro de Energia e I Seminário Latino Americano de Energia, COPPE/UFRJ, 1993.
- PETROBRÁS, *Gás Natural para uso automotivo*, dezembro, 1988.
- Prefeitura Municipal de Campinas, Secretaria de Transportes, EMDEC, *Dados sobre o sistema de táxi do município de Campinas*, vários anos.
- Prefeitura Municipal de Campinas, DETRANSP-EMDEC, *Informativos*, 1994/95/96.
- Prefeitura Municipal de Campinas, Secretaria de Finanças, *Dados Econômicos*, 1994.
- Prefeitura Municipal de Campinas, Secretaria de Planejamento, *Sumário de Dados n. 2 - Economia Região de Campinas*, dezembro, 1993.
- Prefeitura Municipal de Campinas, Secretaria de Planejamento, *Sumário de Dados n. 1 - População Região de Campinas*, dezembro, 1993.
- Revista Conjuntura Econômica*, n.5, v.48, maio, 1994
- São Paulo em Perspectiva*, 5(2): 76-83, abril/junho, 1991.

- Secretaria de Planejamento e Gestão, Coordenadoria de Planejamento regional, *Como está São Paulo, as pessoas, a produção, os municípios, o meio ambiente*, São Paulo, maio, 1993.
- SETC-Secretaria de Energia, Transportes e Comunicações, *Estudo de Mercado de Gás Canalizado para o Estado da Bahia*, SUDENE/Gov. da Bahia, Salvador, 1992.
- STP - Superintendência de Transporte Público da Cidade de Salvador, *Estudos para a reorientação do transporte coletivo*, PMS, Salvador, 1993.
- URBS - Urbanização de Curitiba S/A, CURITIBA, *Rede Integrada de Transportes*, 1994.
- Wonnacot, T. e Wonnacot, R., *Estatística Aplicada à Economia e à Administração*, tradução de Alfredo Alves de Farias, Livros Técnicos e Científicos, R.J., 1981, volumes 1 e 2.

Capítulo 9

Conclusões e Recomendações

9.1 Conclusões

9.1.1 A amplitude do trabalho realizado

Este trabalho procurou enfocar os principais determinantes da evolução do planejamento energético e ambiental do transporte urbano, como o tipo de desenvolvimento dos espaços urbanos, as facilidades de financiamento para o transporte coletivo e para a construção e ampliação de vias urbanas, a legislação sobre a poluição causada por veículos, as possibilidades de substituições intermodais, a disponibilidade e preço dos combustíveis factíveis de utilização no transporte urbano e o desenvolvimento tecnológico dos veículos automotores.

A partir deste arcabouço de dados e informações, realizou-se estudos-de-casos para seis das principais cidades brasileiras - Salvador, no Estado da Bahia; Curitiba, no Estado do Paraná; Brasília, no Distrito Federal; Rio de Janeiro, no Estado do Rio de Janeiro e São Paulo e Campinas, ambas no Estado de São Paulo. Os estudos-de-casos envolveram, como uma primeira tarefa, a execução de um diagnóstico da evolução do transporte urbano em cada uma das cidades e a análise das relações existentes entre transporte urbano e o processo de urbanização. Procurou-se, também, verificar, em cada uma das cidades, o estágio atual de implementação, ou não, de ações de planejamento urbano contemplando as questões energética e ambiental. A seguir, realizou-se estudos prospectivos para aquelas cidades, tendo como horizonte de planejamento os próximos quinze anos, com base em cenários alternativos de desenvolvimento sobre a possível evolução do

planejamento energético e ambiental no transporte urbano do país, no contexto da evolução prevista nos principais países desenvolvidos e em desenvolvimento. Além do ano base, 1995, três outros anos foram marcos de referência no estudo prospectivo : 2000, 2005 e 2010.

Nos capítulos anteriores deste trabalho há conclusões específicas sobre os assuntos tratados em cada um deles. Neste capítulo, apresenta-se as conclusões de ordem geral mais relevantes em relação à temática abordada, de uma forma sintética, fornecendo uma visão global da problemática do transporte urbano no país e demonstrando a necessidade da execução de um planejamento integrando : urbanização, uso e ocupação do solo, energia e meio ambiente.

Finalmente, deve-se salientar algumas limitações dos exercícios realizados neste trabalho, concernentes à modelagem e projeção das frotas de veículos e emissões de poluentes, em alguns estudos-de-casos. Uma primeira consideração deve ser feita sobre a precariedade da base de dados disponível, principalmente os dados relativos às frotas de ônibus, cujas séries históricas nem sempre cobrem mais de dez anos. No tocante às frotas de automóveis, as maiores dificuldades foram encontradas no levantamento de séries históricas desagregadas por tipo de combustível. Uma segunda observação deve ser feita quanto ao período utilizado como referência para o ajuste das equações estatísticas de regressão. Utilizou-se dados preponderantemente dos anos 80 e da primeira metade dos anos 90. O período compreendido pela década de 80 caracterizou-se por um comportamento oscilatório do mercado de autoveículos, refletindo-se tanto na evolução da frota quanto na idade média da mesma. Isto ocorreu devido às tendências distintas caracterizadas pelas fases de crescimento econômico e de recessão verificadas naquela década.

9.1.2 Considerações Gerais

Os estudos-de-casos executados neste trabalho mostram que, no Brasil, poucos tem sido os esforços visando a otimização energética e ambiental do setor, sobretudo do transporte urbano. O transporte urbano, dada a sua forte inserção na complexa problemática do planejamento urbano, aliada à crescente preocupação, no Brasil e no mundo, com um melhor controle ambiental, notadamente nos grandes centros urbanos, deve ser priorizado no que diz respeito à execução de ações de planejamento urbano integrando as questões energética e ambiental.

O setor de transportes esta entre aqueles que mais têm contribuído para a aceleração da degradação ambiental, notadamente nos grandes centros urbanos, em face do crescimento rápido das frotas de veículos e de sua dependência praticamente integral de combustíveis fósseis. Os combustíveis para os meios de transporte respondem por mais de 55% do consumo total de petróleo dos países em desenvolvimento. Nos países em desenvolvimento verificou-se um crescimento de 50% desde 1980, enquanto que nas economias desenvolvidas como aquelas dos países da União Européia, este consumo cresce apenas 10%, no mesmo período.

Nos últimos anos tem aumentado a preocupação sobre se as limitações ambientais não poderão restringir o desenvolvimento econômico dos países, ou, ainda, se o desenvolvimento não causará graves danos ao meio ambiente, prejudicando, assim, a qualidade de vida desta e das futuras gerações. Não se deve esperar que o Brasil adote as mesmas prioridades que os países desenvolvidos para as relações entre transportes urbanos, energia e meio ambiente. Dentro do horizonte de planejamento adotado, políticas governamentais e pressões da sociedade organizada, forçarão a uma busca de soluções visando minimizar problemas ambientais decorrentes do transporte urbano. Todavia, isto deverá ocorrer de forma a que haja uma compatibilização entre os objetivos de crescimento econômico e a necessidade de desenvolvimento dos transportes com um mínimo de agressão ao meio ambiente, garantindo-se o potencial produtivo e a expansão das atividades econômicas.

No quadro político-econômico-social, espera-se uma continuidade da relativa estabilização econômica decorrente do Plano Real, ora em execução. Entretanto, não se vislumbra, ao menos no curto prazo, uma forte expansão da indústria automobilística, mesmo que venha a configurar-se um cenário não recessivo para a economia.

Por outro lado, existe um mercado potencial substancial no país para todas as categorias de autoveículos; comparações internacionais de indicadores como o número total de veículos/habitante, número de automóveis/habitante, número de ônibus/mil habitantes, e outros deixam isto bastante claro. A concretização deste potencial, no entanto, exigirá, além do crescimento da economia como um todo, uma melhor distribuição de renda no país, entre as diversas classes sociais e regiões, um mercado mais competitivo e, sobretudo, uma atuação governamental mais consequente na área legislativa, nas políticas ambientais, creditícia e fiscal, no realismo das tarifas públicas e preços dos energéticos, na gestão equilibrada das balanças

comercial e de pagamentos, no fomento a uma maior competitividade e eficiência nos majoritários segmentos oligopolizados da economia brasileira, e nos investimentos públicos nas áreas social e de infra-estrutura básica, como saneamento e transportes, de forma a minimizar os graves problemas oriundas da alta taxa de urbanização do país nos últimos anos.

Acredita-se que, até a virada do século, o Brasil, entrará na fase final do seu processo de urbanização e transição demográfica. Nas projeções populacionais adotadas neste trabalho assume-se que um menor dinamismo das atividades econômicas urbanas irá ocasionar uma desaceleração do êxodo rural e que haverá uma continuidade, até o fim do século, da desaceleração das taxas de migração em geral, em uma magnitude tal que elas se aproximem das médias observadas nos anos 60 e 70, em função, sobretudo, da não incorporação de novas terras pela agricultura e da maior produtividade das terras já cultivadas, fixando em um maior grau o homem no campo. A população brasileira no final do século deve ser da ordem de 170 milhões de pessoas, das quais cerca de 80% residirão nas áreas urbanas. A proporção da população jovem diminuirá gradualmente, comparativamente à mais velha. Além disso, nas projeções da população segundo classes de localidade de residência observa-se a participação crescente das grandes cidades e a redução de importância das localidades pequenas e áreas rurais, indicando a importância crescente dos transportes urbanos, nos próximos anos, no país.

Os dados analisados nos estudos-de-casos, demonstram a predominância de dois modos de transporte urbano no país, nos próximos quinze anos : o ônibus e o automóvel particular. Atualmente, nas cidades analisadas, este dois modos de transporte urbano, juntos, são responsáveis por quase 90% dos deslocamentos motorizados.

A importância do ônibus no Brasil decorre da elevada porcentagem de pessoas que a modalidade transporta atualmente, bem como das dificuldades de implementação de outras alternativas modais, em magnitudes necessárias para reverter este quadro. Desta forma, qualquer melhoria no transporte urbano, tanto em termos ambientais quanto em termos das condições de qualidade dos serviços prestados à população, deve, necessariamente, passar por melhorias nos sistemas de ônibus. Por outro lado, o desejo de diminuição da participação do automóvel nos deslocamentos urbanos e o encorajamento visando o aumento nos índices de ocupação dos automóveis - atualmente a média é de apenas 1,5 passageiro por veículo -, certamente, também, passam por melhorias nos sistemas de transporte por ônibus.

As melhorias necessárias no transporte público de passageiros incluem : uma maior criação de corredores exclusivos e semi-exclusivos de ônibus; a pedestrianização de áreas de grande movimento; o ajuste automático da sinalização de acordo com os fluxos de tráfego; a definição de novas rotas de ônibus, com supressão de rotas ineficientes; a orientação adequada dos usuários, incluindo campanhas de "marketing"; a obrigatoriedade do uso de tacógrafos nos ônibus e sua efetiva fiscalização; a otimização do programa de investimentos a médio e longo prazos em infraestrutura viária, obras e equipamentos complementares; o controle do ruído e das emissões de poluentes dos autoveículos; a utilização mais intensa de ônibus especificamente projetados para o transporte urbano de passageiros, tróleibus e ônibus a gás natural comprimido; a expansão e melhoria do serviço dos sistemas existentes de metrô e trens suburbanos e a implementação, a curto e médio prazos, de metrôs de superfície e de sistemas monotrilhos, considerando, sempre, em todas as alternativas modais de transporte urbano, a sua compatibilização com a demanda.

As melhorias ambientais, tecnológicas e de qualidade dos serviços esperadas para o transporte urbano dentro do horizonte de planejamento deste trabalho passam pela execução de um planejamento abrangente e tem como principal alavancador o perfeito entrosamento das políticas e decisões dos três níveis do poder executivo no país : municipal, estadual e federal. Conjuntamente, as ações daqueles decisores deverão promover um ambiente econômico-social favorável, no qual possam ocorrer os avanços ambientais, tecnológicos e melhorias substanciais no transporte coletivo urbano e, conseqüentemente, a desejável diminuição da participação do automóvel nos deslocamentos motorizados dos grandes centros urbanos.

Finalmente, merecem comentários a demanda energética e a evolução das frotas, ao nível de cada cidade analisada, até o ano 2010. No tocante à demanda por combustíveis tradicionais, não se vislumbra nenhum gargalo para o atendimento das demandas por transporte urbano em cada uma das cidades estudadas, sobretudo, considerando-se que dentro do horizonte de projeção adotado, deve ocorrer um uso significativo de sistemas de transporte que utilizarão o gás natural e a eletricidade. Analisando-se as evoluções das frotas de automóveis, mesmo configurando-se o cenário tendencial, verifica-se que deve ocorrer uma melhoria na distribuição da posse de veículos. No caso dos ônibus, a evolução das frotas em cada cidade analisada mostra, também, uma evolução satisfatória do indicador habitantes por ônibus, em ambos os cenários.

9.1.3 A questão ambiental

A questão ambiental no setor de transportes e, particularmente no transporte urbano, passa pela questão energética. A evolução do transporte urbano tem obedecido à necessidade de se atender da melhor forma possível a demanda de passageiros, através de meios de transporte mais econômicos. Pode-se afirmar que o atendimento desta demanda, não obstante a qualidade dos serviços prestados ter paulatinamente deteriorado nos últimos anos, não impediu a expansão da produção e do desenvolvimento do país. Isto não significou, porém, que a evolução do transporte urbano, para a população em geral, se deu a menores custos sociais e ambientais.

O processo de evolução do transporte urbano no país, ocorreu dentro do processo de ocupação territorial dos grandes centros urbanos, onde o papel mais relevante para a unificação dos mercados, para a metropolização de grandes áreas, coube ao transporte rodoviário. Nesse sentido, o transporte rodoviário passou a fazer parte da forma de organização das cidades. Os trens suburbanos e bondes entraram em um processo de decadência e de extinção física, enquanto o transporte rodoviário, tanto coletivo como individual, assumiu uma maior responsabilidade na movimentação de pessoas.

Como se vê, ao analisar-se, mesmo que superficialmente, o transporte urbano em relação à questão ambiental, chega-se à conclusão da necessidade de uma reorientação na matriz energética do transporte urbano. As poluições sonora e do ar impõem soluções de transporte e alternativas energéticas como os sistemas de transporte eletrificados : metrô, tróleibus e trens suburbanos. Os sistemas eletrificados podem perfeitamente ser planejados para funcionar de uma forma integrada com os ônibus Diesel. Além disso, existem as vantagens ambientais do uso automotivo do gás natural, que pode ser usado, inclusive nos veículos em circulação através de adaptações não muito onerosas. Por outro lado, o transporte urbano sobre pneus contribuiu, em grande medida, para a ocupação desordenada do solo urbano, bem como favoreceu a verticalização excessiva em determinados corredores e o desmatamento, em algumas das cidades analisadas neste trabalho.

As questões que acabam de ser discutidas evidenciam a incapacidade do transporte servir como agente indutor do crescimento urbano, bem como a falácia da execução de um planejamento urbano não abrangente. Por tudo isso, é imprescindível a criação da consciência de que o problema ambiental e o problema energético, por serem parâmetros fundamentais para a expansão

dos sistemas de transporte, devem estar sendo contemplados no planejamento urbano de qualquer cidade, o que em geral, ainda não está acontecendo nas cidades brasileiras.

Além disso, esforços devem ser canalizados para o estabelecimento de uma política energética e ambiental para o país. Isto feito, certamente ter-se-ia uma maior velocidade de implementação de todas as ações que influem direta ou indiretamente na qualidade ambiental, inclusive, viabilizando o PROCONVE, na medida em que alternativas energéticas viessem a tornar-se, também, uma ferramenta no controle da poluição do ar..

A implantação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos para os poluentes emitidos por motores e autoveículos novos, foi um grande avanço no objetivo de se atenuar os impactos sobre o meio ambiente provocados pelo setor de transportes no Brasil. Todavia, a legislação ambiental atual encontra-se totalmente defasada em relação à aquela em vigência nos principais países desenvolvidos. Por exemplo, os limites impostos pelo PROCONVE para o ano de 1997 já estavam vigentes desde 1984 nos Estados Unidos. A não atualização daqueles limites pelo PROCONVE fará com que os níveis de emissão permitidos no Brasil para os veículos automotores sigam defasados de, no mínimo, dez anos, em relação aos principais países desenvolvidos.

Por conta de programas como o PROCONVE e da implementação de medidas locais restritivas às emissões de poluentes por autoveículos, aliados a um maior desenvolvimento tecnológico, a substituição da gasolina e do óleo Diesel em sistemas de transporte por energéticos alternativos seguramente se intensificará nos próximos quinze anos. A cronologia e o grau de profundidade deste processo, no entanto, são de difícil determinação, dada a complexidade dos fatores determinantes. Saliente-se que, continuando a atual importância relativa dos autoveículos rodoviários na futura estrutura sócio-econômica e não ocorrendo uma ruptura drástica e prolongada na atual estrutura de oferta de petróleo, este processo de substituição deverá ser gradual e contínuo e direcionado basicamente à minimização de impactos ambientais.

Como já vêm ocorrendo nos países desenvolvidos, as principais alternativas energéticas postas ao transporte urbano do país são o gás natural, o álcool e a eletricidade. O gás natural deverá ser bem aceito como energético nas estruturas de transporte urbano envolvendo ônibus, táxis e veículos de entrega. O álcool teria como seu principal representante o etanol. Seria a alternativa brasileira ao metanol utilizado nos Estados Unidos. Todavia, a sua utilização maciça

em substituição à gasolina em motores do ciclo Otto, dependerá fundamentalmente do equacionamento político-econômico do PROÁLCOOL. Saliente-se que o amplo uso do etanol em automóveis poderia abrir caminho para o uso de óleos vegetais em motores do ciclo Diesel. No que se refere ao uso de energia elétrica em sistemas de transporte coletivo de grande capacidade, já esta provada a sua viabilidade nos grandes centros urbanos. Entretanto, a expansão do uso deste energético depende fortemente de uma política de longo prazo que priorize as questões ambiental e energética. No tocante a sistemas de média capacidade utilizando energia elétrica, como é caso do tróleibus, somente será viabilizado a partir de uma política tarifária realista e, como no caso dos sistemas de grande capacidade, tenha-se, também, uma política de longo prazo priorizando as questões ambiental e energética. Finalmente, vale salientar que as possibilidades de um amplo uso do automóvel elétrico ainda estão fortemente atreladas à velocidade de desenvolvimento tecnológico das suas baterias, bem como à necessária redução de custos dos veículos e ao eventual sucesso da experiência em grande escala a ser iniciada na Califórnia em 1998. Os veículos elétricos poderão representar uma parcela significativa da frota de veículos leves nos países desenvolvidos em 2010. No Brasil, as perspectivas de utilização do automóvel elétrico são semelhantes, porém com uma defasagem estimada entre cinco a dez anos.

Além do uso de energéticos alternativos, espera-se que desenvolvimentos tecnológicos, sobretudo nos autoveículos consumidores de combustível fóssil, venham, também, a contribuir positivamente para a minimização tanto do consumo energético quanto da emissão de poluentes correspondentes. Os desenvolvimentos tecnológicos na indústria automobilística sempre surgiram em função de solicitações específicas do mercado, ou em resposta à regulamentações definidas a nível de governo regional ou nacional. Exemplos podem ser citados nas demandas de mercado por conforto e desempenho e nas regulamentações quanto à segurança, consumo específico e emissões de poluentes dos veículos. Dentro do horizonte de planejamento deste trabalho, não se espera um comportamento diferente da indústria automobilística nacional. Agregue-se a isto o fato de que o processo em curso, de estabilização econômica do país, envolve uma maior abertura ao comércio externo, o que necessariamente levará a uma maior agregação de tecnologia nos autoveículos produzidos no território nacional, em face da maior concorrência externa. Apesar da tendência de que as solicitações do mercado brasileiro estejam voltadas principalmente ao conforto e à segurança, o consumo específico de combustível e o controle das emissões de poluentes também

deverão ser preocupações constantes, e é provável que padrões bem mais rigorosos tenham que ser atendidos a partir do ano 2000.

De uma forma geral, até o ano 2010, horizonte de planejamento deste estudo, os resultados da modelagem energética e ambiental aplicada às cidades de Salvador, Brasília, Curitiba, Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro, mostram uma tendência de crescimento continuado dos níveis de emissões, mesmo no caso de configurar-se o cenário otimista de crescimento econômico.

A evolução prevista dos níveis de emissões é altamente preocupante. Das cidades analisadas, a situação mais crítica é a de São Paulo. Por suas ruas circulam 25% da frota de autoveículos do país. Mesma na hipótese de vir a configurar-se o cenário otimista para o crescimento econômico, os resultados obtidos para as seis cidades consideradas, dentro do horizonte de prospecção, indicam urgência na implementação de medidas que forcem a melhoria das más condições dos autoveículos, como incentivos a uma diminuição da idade média das frotas, melhoria da qualidade dos combustíveis, execução de uma política de intermodalidade e o uso de energéticos alternativos, sobretudo no transporte coletivo urbano através de ônibus Diesel.

São Paulo, Rio de Janeiro e Salvador são as cidades que reúnem as melhores condições, a curto prazo, para o uso de gás natural em ônibus e a execução de uma política de intermodalidade. As três já possuem redes de gasodutos de fácil acesso. No tocante à intermodalidade, a principal opção hoje aos ônibus Diesel é constituída pelos sistemas ferroviários existentes. Estes sistemas podem perfeitamente complementar as redes de ônibus, a partir de uma melhor gestão conjunta e um planejamento eficiente de transbordos de ônibus Diesel em estações de trens suburbanos. Ainda não tem-se definido os resultados da privatização em curso, em termos de incremento da intermodalidade.

A cidade de Campinas, também com pequenos esforços e vontade política, poderia executar uma política de intermodalidade, precisando de um redirecionamento na condução do sistema de VLT. O uso de tróleibus seria uma alternativa mais difícil de se viabilizar no curto e médio prazos. O uso de gás natural em ônibus é uma solução plenamente viável, a médio prazo, pelo acesso previsto a um gasoduto de porte suficiente à implementação de um programa deste tipo. Curitiba, por sua vez, em face da excelência de funcionamento do transporte coletivo sobre pneus existente, não abre espaço para a execução de uma política intermodal. Todavia, o uso do

gás natural como energético alternativo ao óleo Diesel é também factível a médio prazo, pela mesma razão já exposta para Campinas. Finalmente, tem-se Brasília, onde o sistema metroviário será a principal alternativa modal no Plano Piloto e cidades satélites próximas. O uso de energéticos alternativos em ônibus Diesel parece ser uma opção difícil, notadamente na ligação entre cidades satélites e o Plano Piloto. Nestes trechos, em face das grandes distâncias envolvidas, a renovação de passageiros é pequena, bem como as linhas atravessam áreas ainda não densamente povoadas. Nas cidades satélites possuidoras de um grande contingente populacional, uma opção interessante seria a utilização de tróleibus, tendo-se inclusive, neste caso, a topografia do planalto central como um aspecto favorável; tal opção no entanto, parece ser de difícil implementação, no curto ou médio prazos.

Considerado o conjunto das cidades enfocadas neste trabalho, em nenhuma se verificou um controle efetivo dos níveis de emissões de poluentes por parte dos órgãos públicos. Todas, sem exceção, conhecem e tem como balizador, os padrões de emissões estabelecidos pelo PROCONVE. Entretanto, não existem procedimentos a nível municipal, de inspeção periódica das suas respectivas frotas de autoveículos. Em São Paulo, por ocasião do inverno, existem algumas ações neste sentido por parte da CETESB. Deve ser salientado que para os veículos movidos a óleo Diesel o PROCONVE não estabelece, de uma forma clara, os padrões de emissões, o que, de certa forma, acaba isentando os municípios de uma ação mais efetiva no tocante ao controle de emissões para aqueles autoveículos.

Especificamente no tocante ao controle das emissões dos ônibus urbanos, Brasília e São Paulo possuem equipes de técnicos que atuam efetivamente no controle das emissões destes autoveículos, nas garagens e não em uso normal no sistema viário. Isto ocorre mais em função da falta de clareza das suas atribuições e responsabilidades e de respaldo de uma legislação específica para esse fim, naquelas cidades. Neste sentido, todo o esforço das equipes, na maioria das vezes, acaba diluindo-se, desmotivando os técnicos na execução de serviços extra garagens.

Neste contexto, vale salientar que a nível internacional, a experiência dos países da União Européia mostra um relativo sucesso no controle dos principais poluentes dos veículos automotores, nos anos 80. Regulamentações cada vez mais rígidas provocaram a agregação de novas tecnologias mais eficientes nos motores, a incorporação de mecanismos de controle das emissões nos autoveículos e o uso de combustíveis de melhor qualidade. Mesmo assim, verificou-

se, no início dos anos 90, um aumento absoluto das emissões, resultado de um crescimento das frotas de veículos e das quilometragens rodadas mais rápido que a implementação dos controles de emissões. Ressalte-se que, no Brasil, os padrões de emissões estabelecidos pelo PROCONVE são muito menos rígidos que os dos países da União Européia, sobretudo no que se refere aos veículos do ciclo Diesel.

9.1.4 Planejamento e políticas

No tocante ao planejamento urbano e sua relação com o transporte público coletivo, sem dúvida, o exemplo da cidade de Curitiba deve ser seguido, não só pelas outras cidades enfocadas neste trabalho, mas também por aquelas que se encontram em contínuo crescimento populacional. Apesar da questão ambiental não estar sendo priorizada, a implementação das ações de planejamento urbano e de transportes na cidade de Curitiba indiretamente tem provocado melhorias ambientais. Isto tem ocorrido, na medida em que, além da maior fluidez do tráfego, a boa qualidade do serviço prestado tem levado um número cada vez maior de pessoas a se utilizar do transporte coletivo, retirando conseqüentemente das ruas, uma razoável quantidade de automóveis.

De uma forma geral, nas cidades estudadas, a ausência de diretrizes específicas para se equacionar a questão ambiental, tem feito com que a avaliação ambiental fique restrita somente à fase de estudo de viabilidade técnico-econômica de novos projetos de transporte urbano. Tais avaliações sobre o transporte urbano acabam concentrando-se, prioritariamente, nos impactos sobre o meio físico, em detrimento da análise daqueles associados à poluição ambiental e sonora e dos aspectos sócio-comportamentais e urbanísticos.

A diminuição do consumo de combustíveis tradicionais e, conseqüentemente, das correspondentes emissões de poluentes nos grandes centros urbanos, depende do devido equacionamento da questão ambiental em todas as etapas do planejamento do transporte urbano, da adoção de uma política realista para os preços dos combustíveis automotores, uso de novas tecnologias mais eficientes, nos autoveículos, de sistemas de transporte coletivo adequados à demanda e de medidas efetivas para descongestionar as cidades.

No tocante ao preço dos combustíveis, propõem-se o uso de tributação diferenciada para estimular o uso de combustíveis alternativos e ambientalmente mais sustentáveis que os tradicionais. As receitas obtidas com os impostos sobre combustíveis, por sua vez, poderiam ser usadas para financiar os custos da vistoria dos autoveículos e do monitoramento da poluição, bem como dar-se incentivos fiscais à adoção de mecanismos de controle de emissões, como os catalisadores para os motores do ciclo Otto e retentores para os motores do ciclo Diesel. Tal política deve vir acompanhada de regulamentações relativas a padrões e controles de emissões. Quanto à implementação de uma política visando o descongestionamento das cidades, se pressupõe uma melhor organização e gestão empresarial do transporte urbano. Isto significa um melhor gerenciamento do trânsito por meio de medidas como : a separação do tráfego motorizado do não motorizado; o estímulo ao uso de bicicletas e a construção de ciclovias; a criação de áreas apenas para pedestres, onde autoveículos não possam circular; investimentos em melhorias do sistema viário, priorizando os transportes coletivos; políticas governamentais e investimentos que viabilizem a intermodalidade; o estímulo a taxas mais altas de ocupação dos automóveis; e o controle de estacionamentos. O controle de estacionamentos pode ser executado via taxação do acesso aos centros urbanos, taxação diferenciada para o horário comercial e pedágio eletrônico.

Em termos da distribuição modal dos transportes no país, sem uma clara política governamental de diminuição da fortíssima dependência que se tem hoje do transporte rodoviário de passageiros através de ônibus com motores Diesel, só se espera ligeiros aumentos na participação relativa dos outros modos de transporte, por conta das forças de mercado e da iniciativa privada. Nas cidades analisadas neste trabalho, deverá haver, também, algum incremento relativo no transporte urbano de passageiros através de metrô, pré-metrô, tróleibus e trens suburbanos, por iniciativa de algumas prefeituras e governos estaduais. Um aumento mais generalizado na participação destas alternativas no transporte urbano, passa por uma expressiva alavancagem do governo federal, através por exemplo de uma reorientação da matriz energética dos transportes e do estabelecimento de uma definição de políticas para o tratamento da questão ambiental, o que não se vislumbra no curto prazo.

As mudanças no transporte urbano estabelecidas pela Constituição Brasileira de 1988 implicaram em um repasse de atribuições aos estados e municípios, sem a realocação das fontes de recursos para aquele fim. De uma certa forma, aquelas mudanças provocaram um maior caos do

que aquele existente até então. Recursos que antes de 1988 eram canalizados diretamente para os transportes, acabaram, após a promulgação da Constituição, tendo outras aplicações que não só no setor de transportes, nos municípios e estados.

Das análises efetuadas ao longo deste trabalho, verificou-se que, além da falta de um planejamento mais consistente e abrangente, levando a uma melhor organização e gestão do transporte coletivo urbano, a falta de criatividade para o levantamento de recursos para novos investimentos e a indefinição de uma política tarifária realista, contribuem, em grande parcela, para a deterioração dos serviços ora prestados à população.

A demora para o claro estabelecimento das competências estaduais, municipais e federais, resultado das mudanças da Constituição de 1988, gerou, até agora mais problemas do que soluções, tendo como principal causa a falta de regulamentação de leis ordinárias. A reforma tributária contida na Constituição de 1988 modificou a repartição das receitas em favor dos estados e dos municípios, em detrimento da União. Todavia, a expectativa de uma ampliação de investimentos pelos municípios e estados nas áreas de infra-estrutura, como a de transportes, não ocorrem na velocidade esperada, não obstante a população diretamente interessada estar próxima dos recursos e, portanto, com um maior poder de pressão.

Nas cidades analisadas que possuem alternativas modais aos ônibus com motores Diesel, observou-se, para aquelas alternativas tarifas muito próximas do nível tarifário dos ônibus, apesar de seu custo operacional ser sensivelmente superior. Na implementação de uma política intermodal, em hipótese alguma devem ser negligenciadas as relações entre a tarifa e os custos operacionais dos vários modos de transporte. O sistema do VLT de Campinas é bom exemplo deste tipo de distorção.

A defasagem nas tarifas leva a uma redução na rentabilidade e, eventualmente, ao prejuízo econômico, favorecendo uma redução no nível de serviços, objetivando a manutenção do equilíbrio desejado. Por outro lado, não se deve perder de vista que o transporte coletivo urbano é um serviço que resulta em benefícios não só para os usuários, mas também para os setores econômicos, pela garantia de acessibilidade dos seus empregados e clientes. Neste sentido, é preciso questionar a atual forma de custear o transporte coletivo urbano, feita somente através do usuário, via tarifa, e pela sociedade, via subsídios proveniente dos impostos. É preciso viabilizar instrumentos que funcionem no sentido de que aqueles beneficiários indiretos do transporte

coletivo venham a contribuir de uma forma efetiva no custeamento do transporte urbano. A experiência da implantação do vale-transporte no país foi um bom indicador dos benefícios que se pode auferir com este tipo de financiamento.

A reorganização do transporte urbano no país deve necessariamente passar por profundas modificações no plano institucional. Até o momento, os investimentos em transportes urbanos no país, quer seja na área ambiental, quer seja na compra de material rodante, obras viárias, terminais, sistemas e equipamentos, têm sido realizados pelo poder público, exceto a aquisição de ônibus, que conta com uma forte participação do setor privado.

O quadro atual do país mostra uma tendência firme em direção a uma completa desindexação e abertura da economia, concomitantemente com um amplo processo de privatização.

Tal quadro está fortemente baseado na impossibilidade das três esferas de governo - municipal, estadual e federal - efetuarem novos investimentos de monta, face às suas capacidades de endividamento estarem esgotadas. Neste sentido, todos os setores econômicos que apresentam uma grande participação estatal deverão buscar alternativas para o seu crescimento. O setor de transportes e, particularmente o sub-setor de transporte urbano estão entre aqueles que necessitarão alterar o seu padrão de financiamento atual, fortemente dependente do aporte de recursos estatais.

Dentro do horizonte de planejamento considerado neste trabalho, melhorias significativas no transporte coletivo urbano dependerão fortemente de uma maior participação de capitais privados nos investimentos, garantindo-se uma razoável rentabilidade do capital investido, sob um controle fiscalizador estatal que precisa ser reforçado e redefinido para garantir os interesses maiores da sociedade.

O planejamento urbano "moderno" deve ser praticado integrando questões da urbanização, uso e ocupação do solo, energia e meio ambiente. Além disso, é necessária a participação do usuário na gestão do transporte público. Também os planejadores não podem ter como única premissa produzir mais transporte para as demandas crescentes, perdendo-se as possibilidades de um melhor gerenciamento da demanda.

Os estudos-de-casos mostraram que o planejamento do transporte urbano, é realizado tendo uma abrangência limitada ao sistema de transporte e procurando atender, na medida do

possível, a todos os aumentos de demanda. Tal prática, além de ter provocado uma degradação progressiva dos níveis de serviço, aumento do tempo de viagens, da poluição, das tarifas e do congestionamento dos sistemas existentes, tem imposto elevados custos econômicos, sociais e ambientais para a sociedade, sem, contudo, proporcionar soluções duradouras. Acrescente-se o agravante de os Planos Diretores das cidades que o possuem estarem totalmente defasados em relação à atual dinâmica de crescimento da mesmas. A não reorientação desta forma de fazer planejamento, permite antever grandes dificuldades futuras para o transporte urbano no país, sobretudo no que se refere aos congestionamentos e à poluição ambiental nos grandes centros urbanos.

9.1.5 As projeções obtidas nos estudos-de-casos

Automóveis

Inicialmente, deve ser reiterada a precariedade da base de dados sobre a frota de automóveis tanto para as cidades analisadas neste trabalho, quanto para o país, como um todo. Este fato, evidentemente, restringe a precisão da modelagem e das projeções dela resultantes. Desta forma, impõe-se uma análise criteriosa das projeções obtidas, sobretudo das de longo prazo.

De acordo com Bajay et alii (1992), a frota total de automóveis do país entre 1995 e 2010 terá um incremento de aproximadamente 10 milhões de veículos. De uma frota de 14 milhões de automóveis em 1995, atingir-se-á o ano 2010 com uma frota de, aproximadamente, 24 milhões de automóveis³⁶.

Assumindo que esta previsão venha a configurar-se no horizonte de planejamento deste trabalho, verificar-se-a uma elevação da participação do conjunto das frotas de automóveis de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, Região Metropolitana do Rio de Janeiro e São Paulo, na frota do país.

Nos cenários "tendencial" e "otimista", em 1995, os conjuntos das frotas de automóveis daquelas cidades são, respectivamente, da ordem de 5,2 e 5,3 milhões de veículos, representando, em ambos os cenários, um participação de, aproximadamente, 37% da frota de automóveis do

³⁶A frota de automóveis estimada para o país por Bajay et alii (1992), baseia-se na hipótese que o Produto Interno Bruto-PIB cresça a taxas médias de 4% a.a. entre 1995 e 2000, elevando-se a partir daí para um patamar anual de 5% até o ano 2010.

país. Esta participação ao longo de todo o período de planejamento adotado, cresce substancialmente. Ela atinge, no ano 2010, 49,5 % no cenário "tendencial" e 55 % no cenário "otimista". Este resultado indica uma tendência crescente de acirramento, no médio e longo prazos, dos congestionamentos e problemas ambientais nas cidades em questão.

Caso venha a configurar-se o cenário "tendencial", em 2010 todas as cidades analisadas neste trabalho, excetuando-se Salvador e Brasília, aumentarão suas participações no total da frota de automóveis do país. Destaque-se a elevação das participações das frotas de automóveis da cidade de São Paulo e da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que se elevação, respectivamente de 17 e 11 %, valor observado em 1995, para cerca de 24 e 15 %, em 2010. Campinas elevava sua participação de um ponto percentual, ou seja, de uma participação de 2,1 %, em 1995, passará para cerca de 3,1 %, em 2010. Curitiba, entre as cidades que aumentarão suas participações no total da frota nacional no período de 1995 e 2010, será aquela que apresentará o menor crescimento, cerca 0,2 pontos percentuais no período. Não obstante o crescimento absoluto previsto para sua frota de automóveis nesse período, a participação de Salvador no total da frota do país deverá declinar. No caso de Brasília, independentemente do cenário que vier a configurar-se, o total de sua frota de automóveis tenderá a manter uma participação praticamente idêntica ao longo de todo o período de planejamento considerado neste trabalho: em torno de 3 % da frota nacional de automóveis.

Caso venha a configurar-se o cenário "otimista", aquele que busca um crescimento sustentado das frotas de automóveis, privilegiando o crescimento econômico e a questão ambiental com uma maior ênfase, verifica-se, para todas as cidades exceto Brasília, uma elevação nas participações de suas frotas de automóveis comparativamente à frota total do país. Vale destacar os crescimentos a serem observados nas frotas de automóveis da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e da cidade de Campinas. Nestas cidades, o grande crescimento absoluto de suas frotas entre 1995 e 2010 deve elevar substancialmente as participações das suas frotas de automóveis no total da frota nacional. Entre 1995 e 2010, Campinas dobra sua participação, de um patamar de 2,1 % para 4,2 %, representando mais do que a triplicação de sua frota de automóveis. Similarmente, no mesmo período, a participação da frota de automóveis da Região Metropolitana do Rio de Janeiro eleva-se de 11,1 % para cerca de 19,3 %, resultando, também, na quase triplicação da sua frota de automóveis em quinze anos.

A tabela 9.1 ilustra as frotas de automóveis projetadas nos cenários "tendencial" e "otimista", para os anos de 1995 e 2010, para cada uma das cidades.

Tabela 9.1 Frotas projetadas por cidades, em unidades

Anos	1995		2010	
Cenários	Tendencial	Otimista	Tendencial	Otimista
Salvador	183000	185590	285128	425900
Curitiba	401946	406161	732051	885958
Brasília	431487	431278	722350	713091
Campinas	299000	299096	747646	1015988
Rio de Janeiro	1552569	1552569	3695458	4628614
São Paulo	2404020	2450800	5816380	5546080
Total	5272022	5325494	11999013	13215631

OBS: No caso da cidade de São Paulo, utilizou-se uma metodologia diferente daquela utilizada para as demais cidades. Um outro aspecto a ser destacado é o fato de que a frota para a cidade de São Paulo, foi estimada a partir das projeções das quilometragens dos automóveis, consumo específico e do percurso médio anual por veículo.

A partir das projeções das frotas de automóveis e da evolução populacional, pode-se analisar a evolução do índice de motorização para cada uma das cidades, comparativamente a este indicador para o país como um todo. Vale salientar que no tocante à evolução populacional, em ambos os cenários, as seis cidades no seu conjunto respondem por 16 % do total da população nacional (tabela 9.2).

As projeções das frotas e da população no cenário "tendencial", mostram que a cidade de Salvador seria a única a não atingir, o índice de motorização de 125 automóveis por mil habitantes do país como um todo, em 2010. Isto tem como principal causa o alto nível de concentração de renda observado na cidade, o que, de certa forma reflete a situação de grande parte do país. Salvador, neste cenário, apresenta no ano de 1995, um índice de motorização de 88 automóveis por mil habitantes, evoluindo em 2010, para 102 automóveis por mil habitantes.

Tabela 9.2 População das cidades estudadas e do país, em habitantes.

Cidades	1995	2010
Salvador	2.079.545	2.801.974
Curitiba	2.126.698	2.857.929
Brasília	1.672.430	2.249.498
Campinas	897.898	1.207.828
RM Rio de Janeiro	9.952.365	13.613.570
São Paulo	9.610.980	11.070.020
Total	26.339.916	33.800.819
Brasil	164.300.000	203.300.000

As demais cidades, independentemente do cenário modelado apresentam índices de motorização acima da média nacional no horizonte de planejamento.

As figuras 9.1 e 9.2, ilustram de uma forma comparativa, a evolução do índice de motorização nas cidades de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, Região Metropolitana do Rio de Janeiro e São Paulo, nos cenários "tendencial" e "otimista".

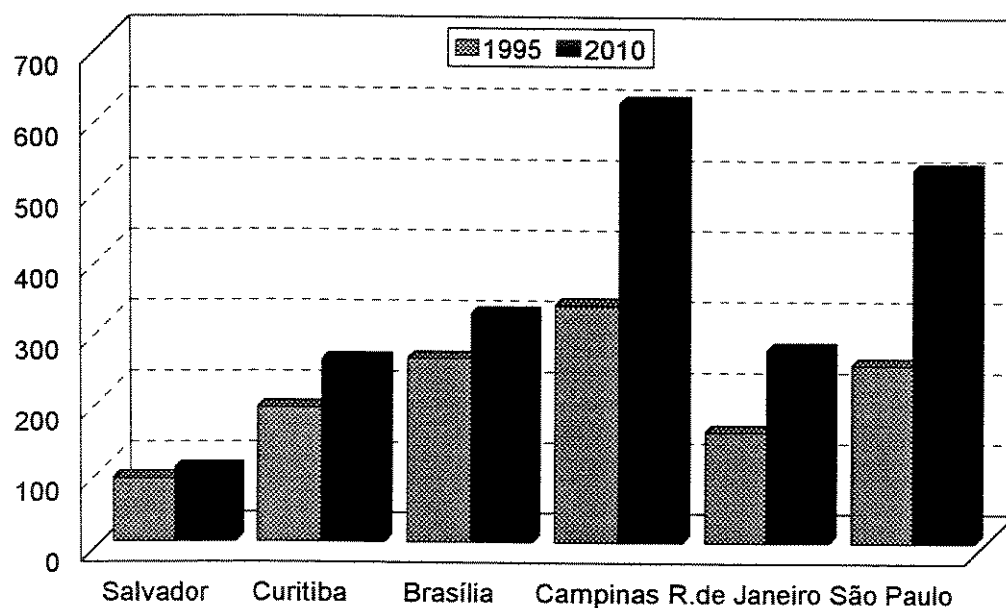


Figura 9.1 Evolução do indicador "n.de automóveis/mil habitantes" de 1995 a 2010 nas cidades estudadas neste trabalho, cenário "tendencial".

Independentemente dos cenários de desenvolvimento considerado, a análise comparativa mostra que as cidades de São Paulo, Campinas e Região Metropolitana do Rio de Janeiro, serão aquelas onde verificar-se-á as maiores elevações do índice de motorização, notadamente Campinas.

No caso de Curitiba, observa-se que, em ambos os cenários, haverá um pequeno crescimento do índice de motorização, praticamente nos mesmos níveis esperados para o crescimento populacional da cidade. De uma certa forma, a excelência do transporte coletivo da cidade acaba por inibir a elevação do índice de motorização, não obstante Curitiba possuir uma das maiores rendas per capita do país.

Brasília também apresentará um crescimento moderado do índice de motorização entre 1995 e 2010. Lá diferentemente de Curitiba, a renda média relativamente baixa dificulta um maior acesso ao automóvel, com o agravante de ter-se um transporte coletivo não tão eficiente; desta forma o crescimento do índice de motorização apresenta uma evolução bem próxima ao crescimento populacional esperado para a cidade.

A cidade de Salvador somente suplantará o índice médio de motorização do país caso venha a ocorrer o cenário otimista. Ressalte-se, que mesmo assim, isto somente ocorreria a partir de 2005.

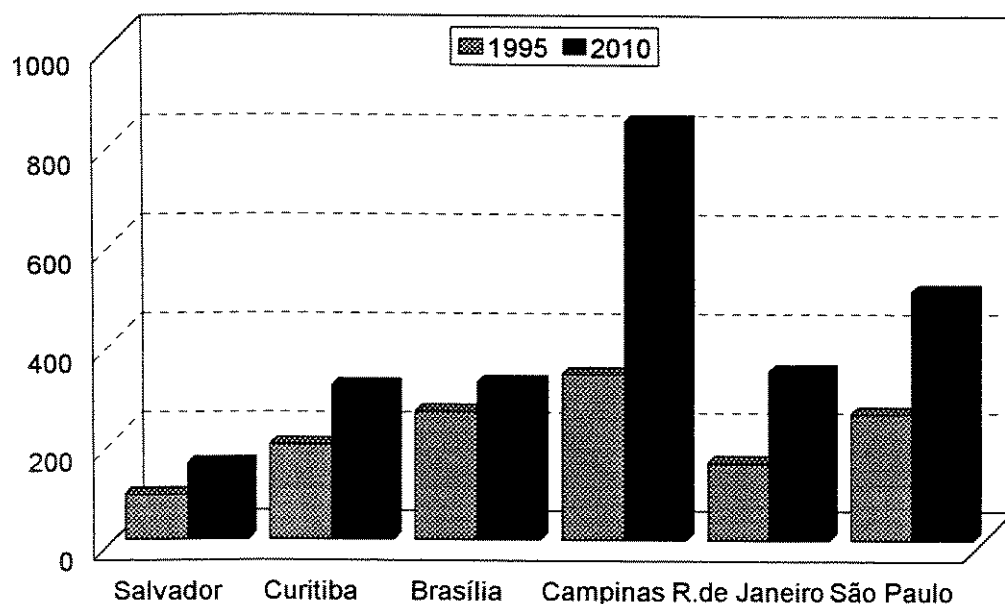


Figura 9.2 Evolução do indicador "n. de automóveis/mil habitantes" de 1995 a 2010 nas cidades estudadas neste trabalho, no cenário "otimista".

Ônibus

Considerado o conjunto da frota de ônibus das seis cidades enfocadas neste trabalho, observa-se que, independentemente do cenário de desenvolvimento que venha a verificar-se entre 1995 e 2010, sua participação declinará no total da frota nacional. De uma participação de 21 % em 1995, atingir-se-á em 2010, cerca de 12,2 e 13,4 %, respectivamente, nos cenários "tendencial" e "otimista". A frota nacional de ônibus urbano, de acordo com projeções de Bajay et alii (1992), será da ordem de 159 mil e 423 mil unidades, respectivamente, em 1995 e 2010³⁷.

Em 2010, a comparação cenário "tendencial" versus cenário "otimista", mostra um aumento na participação das cidades de Salvador e Brasília, no cenário "otimista", enquanto as demais cidades têm suas participações inalteradas nos dois cenários.

Todavia, ao proceder-se a uma análise ao longo do período de planejamento, por cenário, verifica-se, no cenário "tendencial", que excetuando-se a cidade de Salvador, todas as demais terão diminuídas as participações de suas frotas no conjunto da frota nacional de ônibus urbano.

No caso de ocorrer o cenário "otimista" entre 1995 e 2010, também, somente a cidade de Salvador terá ampliada a participação de sua frota de ônibus urbanos no conjunto da frota nacional (tabela 9.3). Assim, impõem-se um maior esforço governamental na implementação de políticas de intermodalidade e em melhorias, em geral, do transporte coletivo, caso contrário verificar-se-a uma diminuição do indicador habitantes por ônibus (figura 9.3).

A tabela 9.3, ilustra as projeções das frotas para cada uma das cidades enfocadas neste trabalho, bem como suas respectivas participações no total da frota nacional de ônibus urbanos.

Considerando-se a hipótese de ocorrência do cenário "otimista" ao longo de todo o período de planejamento, tem-se que: em 1995 o indicador habitantes por ônibus para o conjunto das seis cidades esta abaixo da média nacional de 1033 hab/ônibus e; em 2010 este indicador mostra que apenas a cidade de Salvador estará abaixo da média nacional prevista para a época, de 480 hab/ônibus.

³⁷A frota de ônibus urbano estimada para o país por Bajay et alii (1992), assume que o Produto Interno Bruto-PIB cresça a taxas médias de 4% a.a. entre 1995 e 2000, elevando-se a partir daí para um patamar anual de 5% até o ano de 2010.

Tabela 9.3 Frotas de ônibus por cidade e sua participação na frota nacional

Cidades	1995				2010			
	Cenário "tendencial"		Cenário "otimista"		Cenário "tendencial"		Cenário "otimista"	
	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%
Salvador	4714	2,9	4726	3,0	12321	2,9	16579	3,9
Curitiba	1538	1,0	1543	1,0	2419	0,6	2578	0,6
Brasília	1901	1,2	1939	1,2	2457	0,6	3175	0,8
Campinas	795	0,5	797	0,5	1093	0,3	1143	0,3
RMRJ	10894	6,9	10903	6,9	15734	3,7	15982	3,7
São Paulo	14641	9,2	14641	9,2	17423	4,1	17423	4,1
Total	34483	21,7	34549	21,7	51447	12,2	56880	13,4

A figura 9.3 ilustra a evolução do indicador habitantes por ônibus, caso venha a configurar-se o cenário de desenvolvimento "otimista" ao longo de todo o período de planejamento.

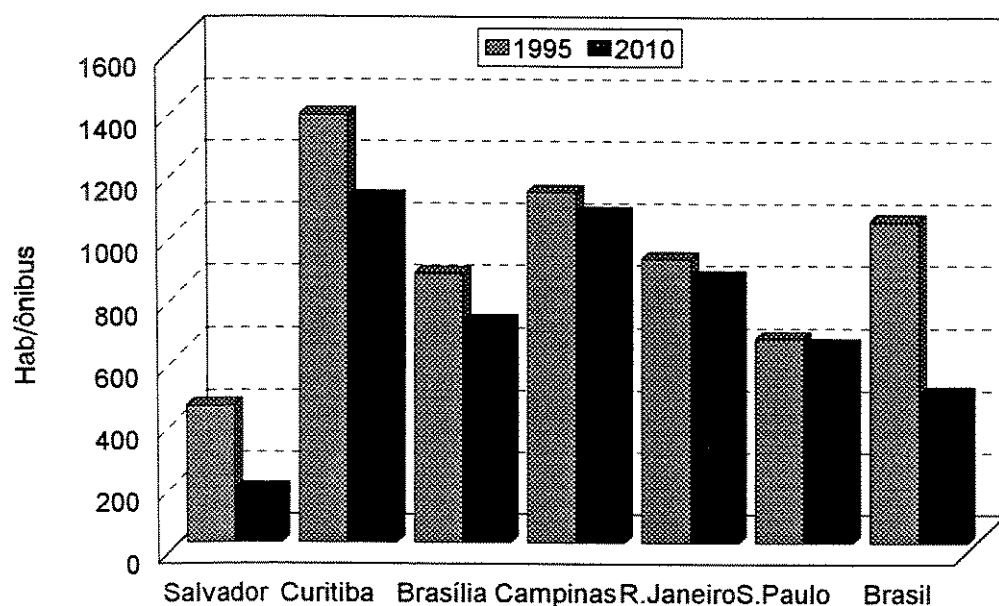


Figura 9.3 Evolução do indicador "n. de habitantes/ônibus" entre 1995 e 2010 nas cidades objeto de estudo, de acordo com o cenário "otimista".

Finalmente, deve ser salientado que o indicador n. de habitantes por ônibus deve ser criteriosamente analisado, pois o mesmo não traduz o efeito de movimentação da população. Dependendo da cidade, a urbanização crescente induz a que uma maior fração da população exerça atividades econômicas distantes de seus domicílios, obrigando portanto, que os passageiros utilizem os sistemas de transportes um número maior de vezes por dia. Nestes casos, mesmo tendo-se uma boa relação número de habitantes por ônibus, pode-se ter um transporte coletivo de péssima qualidade.

Emissões de poluentes

Em termos de volume das emissões de poluentes por autoveículos urbanos, os resultados das projeções dessas emissões por cidade, mostram que, independentemente do cenário de desenvolvimento que vier a ocorrer no horizonte de planejamento, o monóxido de carbono-CO- e o dióxido de carbono-CO₂- serão os poluentes que apresentarão os maiores volumes de emissões, tanto por automóveis quanto por ônibus.

Automóveis

A partir do ano base de 1995, no cenário "tendencial", excetuando-se a cidade de São Paulo, onde o volume de emissões per-capita de poluentes automotivos excede em muito o volume das outras cidades, Campinas, Brasília e Curitiba formam o grupo de cidades que mais emitem CO e CO₂, per-capita. A cidade de Salvador e a Região Metropolitana do Rio de Janeiro também apresentam emissões per-capita com valores expressivos, todavia, em patamares bem inferiores. A tabela 9.4 mostra, para as cidades de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas e para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, as emissões anuais per-capita para o CO, HC, NO_x, Aldeídos, SOX e CO₂, no ano base de 1995, neste cenário.

Em 2010, as projeções das emissões de poluentes por automóveis, nas cidades analisadas, quer seja no cenário "tendencial" ou no "otimista", mostram que o monóxido de carbono e o dióxido de carbono, continuarão sendo os poluentes que produzirão os maiores índices per-capita de emissão. No cenário "tendencial", São Paulo, Campinas e Brasília, serão as cidades que apresentarão os maiores índices per-capita para as emissões de CO. Já para o CO₂, destacam-se as

emissões per-capita projetadas para as cidades de Campinas e Brasília, que chegarão a superar as projetadas para a cidade de São Paulo, naquele ano.

Tabela 9.4 Emissões per-capita de poluentes automotivos, em kg/hab/ano, nas cidades analisadas neste trabalho, em 1995, no cenário "tendencial".

Cidades	CO	HC	NOx	Aldeídos	SOx	CO ₂
Salvador	9,60	1,10	0,80	0,05	0,07	35,80
Curitiba	13,90	1,50	1,19	0,06	0,12	53,47
Brasília	19,63	2,20	1,69	0,09	0,15	71,60
Campinas	20,56	2,33	1,78	0,10	0,16	72,51
RMRJ	9,54	1,07	0,82	0,05	0,08	41,54

Obs: 1- Emissões de poluentes de automóveis a gasolina : CO, HC, NOx, Aldeídos, SOx e CO₂

2- Emissões de poluentes de automóveis a álcool : CO, HC, NOx, e Aldeídos.

3- Para a gasolina 1m³ = 0,771 tEP e para o álcool 1m³ = 0,496 tEP.

No cenário "otimista", também, São Paulo, Campinas e Brasília apresentarão os maiores índices de emissões per-capita de CO. Já para o CO₂, igualmente ao cenário "tendencial", Campinas e Brasília apresentarão indicadores de emissões per-capita daquele poluente em um patamar superior ao da cidade de São Paulo. Neste cenário, deve ser destacada a grande elevação das emissões per-capita a ser observada na cidade de Curitiba, representando quase 70 % do índice esperado para São Paulo.

A tabela 9.5 apresenta as emissões per-capita para os vários poluentes de escapamento dos automóveis à álcool e à gasolina, em 2010, nos cenários "tendencial" e "otimista".

Ônibus

Inicialmente, é importante salientar que as projeções das emissões por cano de escapamento dos ônibus urbanos, em cada uma das cidades enfocadas neste trabalho, possibilitando a elaboração do indicador emissões per-capita, comprovam, mais uma vez, o consenso generalizado da maior sustentabilidade ambiental do transporte coletivo comparativamente ao individual, independentemente do cenário de desenvolvimento adotado.

De uma forma geral, quer seja no cenário "tendencial" ou no cenário "otimista", a análise das projeções dos indicadores de emissões per-capita de poluentes pelos ônibus, mostram que as emissões de CO₂ serão as mais representativas, vindo em um patamar bem menor as emissões de monóxido de carbono.

Tabela 9.5 Emissões per-capita "de poluentes automotivos, em kg/hab/ano, nas cidades analisadas, em 2010, nos cenários "tendencial" e "otimista".

Cidades	Cenário	CO	HC	NOx	Aldeídos	SOx	CO ₂
Salvador	T	4,40	0,66	1,02	0,03	0,09	50,27
	O	2,26	0,34	0,52	0,02	0,08	54,91
Curitiba	T	6,45	0,97	1,49	0,04	0,16	77,22
	O	3,92	0,59	0,90	0,02	0,23	119,40
Brasília	T	14,17	2,12	3,26	0,09	0,36	235,46
	O	7,27	1,09	1,68	0,05	0,39	286,77
Campinas	T	13,42	2,01	3,09	0,08	0,37	192,70
	O	7,03	1,05	1,62	0,04	0,41	240,01
RMRJ	T	3,38	0,51	0,57	0,03	0,07	37,16
	O	1,60	0,24	0,37	0,01	0,06	32,59
São Paulo	T	142,10	13,78	6,03	nc	0,99	183,91
	O	113,93	11,05	4,84	nc	0,81	175,44

Obs : nc = não computado

Considerando-se o ano base de 1995, tendo-se o cenário tendencial, observa-se que as emissões per-capita projetadas para as cidades de Salvador e Campinas, são as mais representativas, excetuando-se São Paulo. São Paulo, como no caso dos automóveis, apresenta níveis de emissões per-capita superiores a todas as demais cidades. Curitiba, por seu turno, é a cidade que apresenta o menor nível do indicador emissões per-capita para todos os poluentes considerados neste trabalho.

A tabela 9.6 mostra, para o ano de 1995, de uma forma comparativa, as emissões per-capita oriundas da utilização de ônibus urbano, nas cidades de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas e na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, no cenário "tendencial".

Tabela 9.6 Emissões per-capita de poluentes emitidos pelos ônibus urbanos, em kg/hab/ano, nas cidades objeto de estudo no cenário "tendencial", em 1995.

Cidades	CO	HC	NOx	PM	SOx	CO ₂
Salvador	2,18	0,14	1,10	0,23	0,32	25,00
Curitiba	0,09	0,01	0,07	0,01	0,02	7,60
Brasília	0,41	0,03	0,21	0,04	0,06	12,08
Campinas	1,83	0,12	0,92	0,19	0,27	24,70
RMRJ	1,58	0,10	0,80	0,17	0,23	18,52

Em 2010, tal como ocorre no caso dos automóveis, as emissões de CO e CO₂ serão as mais representativas, em ambos os cenários.

No caso de concretizar-se o cenário "tendencial", destacam-se as previsões de emissões per-capita de CO, HC, NOx, PM e SOx para a cidade de Salvador, muito próximas dos níveis projetados para a cidade de São Paulo. No caso do CO₂, a emissão per-capita de Salvador será praticamente a metade daquela projetada para a cidade de São Paulo. As demais cidades, quanto ao CO, apresentarão indicadores de emissões per-capita bem inferiores aqueles esperados para Salvador e São Paulo. Quanto ao CO₂, depois de São Paulo Campinas será a cidade que apresentará o maior nível de emissão per-capita deste poluente.

No caso do cenário "otimista", São Paulo e Salvador, serão as cidades que apresentarão os maiores níveis de emissão per-capita de CO. Já, no caso do CO₂, além de São Paulo que apresentará o maior índice de emissão per-capita, destaque-se o valor projetado deste indicador para a cidade de Campinas. A emissão per-capita de CO₂ de Campinas é praticamente o dobro da projeção deste indicador para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Curitiba será a cidade que apresentará o menor valor para este indicador, em 2010.

A tabela 9.7 mostra, para o ano 2010, os níveis de emissões per-capita oriundas do cano de escapamento dos ônibus urbanos, para as cidades em estudo.

Tabela 9.7 Emissões per-capita de poluentes emitidos pelos ônibus urbanos, em kg/hab/ano, nas cidades estudadas neste trabalho, nos cenários "tendencial" e "otimista", em 2010.

Cidades	Cenário	CO	HC	NOx	PM	SOx	CO ₂
Salvador	T	3,42	0,22	1,72	0,36	0,51	16,36
	O	2,51	0,15	1,06	0,11	0,37	15,38
Curitiba	T	0,24	0,02	0,12	0,03	0,04	7,80
	O	0,12	0,01	0,05	0,01	0,02	7,47
Brasília	T	0,16	0,02	0,14	0,03	0,04	16,39
	O	0,11	0,01	0,05	0,01	0,02	12,06
Campinas	T	1,40	0,09	0,71	0,15	0,21	25,85
	O	0,81	0,05	0,34	0,04	0,12	23,41
RMRJ	T	0,95	0,06	0,48	0,10	0,14	12,37
	O	0,35	0,02	0,15	0,02	0,05	11,42
São Paulo	T	3,83	0,25	1,54	0,41	0,57	34,05
	O	2,11	0,12	1,93	0,09	0,31	32,36

Emissões de CO₂ por automóveis e ônibus

A título ilustrativo, analisou-se as emissões de CO₂ agregando-se o total emitido por automóveis e ônibus no ano base de 1995 e no horizonte prospectivo de 2010. A tabela 9.8, apresenta o total das emissões de CO₂ por cidade, bem como as suas respectivas participações no total emitido pelo conjunto das seis cidades aqui consideradas, nos cenários "tendencial" e "otimista".

A cidade de São Paulo, independentemente do cenário, participa com um volume de emissões de CO₂ que representa mais de 50 % do total a ser emitido por automóveis e ônibus no âmbito das seis cidades enfocadas neste trabalho.

No caso de configurar-se o cenário "tendencial" no horizonte de planejamento, Salvador, Curitiba e a Região Metropolitana do Rio de Janeiro diminuirão suas respectivas participações no total de emissões de CO₂ do conjunto das seis cidades. Em contrapartida, Brasília, Campinas e São Paulo aumentarão suas participações.

Em 2010, comparando-se as participações de cada uma das cidades nos cenários "tendencial" e "otimista", verifica-se uma relativa estabilização na participação de Salvador. Ainda de forma comparativa observa-se um pequeno crescimento das participações de Curitiba, Brasília e Campinas, no cenário "otimista", e, sobretudo, uma redução das participações da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e São Paulo.

Tabela 9.8 Emissões de CO₂ , por cidade, em toneladas/ano, e em termos de participação relativa, em 1995 e em 2010, por cenários de desenvolvimento

Cidades	1995		2010			
	Cenário "tendencial"		Cenário "tendencial"		Cenário "otimista"	
	Total	%	Total	%	Total	%
Salvador	126452	5,7	186683	4,4	196967	4,6
Curitiba	129871	5,8	243004	5,7	362602	8,5
Brasília	139962	6,3	430688	10,2	506741	11,8
Campinas	87282	3,9	263972	6,3	318176	7,4
RMRJ	597765	27,0	674221	16,0	599167	14,0
São Paulo	1135426	51,3	2413508	57,4	2301167	53,7
Total	2216758	100,00	4211776	100,00	4284820	100,00

Demanda energética

Com a finalidade de analisar a evolução do consumo energético no transporte individual e coletivo em cada uma das cidades objeto de estudos, levantou-se dois indicadores. O primeiro representa o consumo de energia por habitante no transporte individual - tEP/habTI - e o segundo, é o consumo de energia por habitante no transporte coletivo - tEP/habTC -.

A tabela 9.9, apresenta estes indicadores para as cidades de Salvador, Curitiba, Brasília, Campinas, Região Metropolitana do Rio de Janeiro e São Paulo. Observe-se, na maioria dos casos, um "gap" entre o consumo per-capita do transporte individual e do transporte coletivo.

Finalmente, merecem alguns comentários os resultados da execução de um política de intermodalidade e de fomento do gás natural como alternativa energética, em todas as cidades. No

tocante a intermodalidade, se isto viesse a ocorrer, em 2010, no cenário "tendencial", ter-se-ia um deslocamento de 5546 ônibus urbanos, representando uma diminuição de quase 11 % do conjunto das frotas projetadas para as seis cidades. No cenário "otimista", ter-se-ia um deslocamento de 18871 ônibus, de um total projetado de 56880 unidades, representando 33 % daquele total. Com relação ao uso de gás natural, os resultados obtidos demonstram melhorias substanciais nos níveis de emissões para todas as cidades. Deve ser salientado que o desejável seria o de concatenar a intermodalidade e o uso de energético alternativos, o que, em algumas cidades, faria com que os níveis de emissões em 2010, oriundas do cano de escapamento dos ônibus, se aproximassem dos níveis verificados no início dos anos noventa.

Tabela 9.9 Indicadores da demanda energética

Cidades	1995			2010					
	Cenário tendencial			Cenário tendencial			Cenário otimista		
	tEP/ habTI	tEP/ habTC	TC/TI (%)	tEP/ habTI	tEP/ habTC	TC/TI (%)	tEP/ habTI	tEP/ha habTC	TC/TI (%)
Salvador	0,106	0,026	24,5	0,115	16,5	16,5	0,141	0,018	12,8
Curitiba	0,112	0,006	5,4	0,136	0,009	6,6	0,199	0,008	4,0
Brasília	0,183	0,016	8,7	0,248	0,019	7,7	0,303	0,014	4,6
Campinas	0,192	0,030	15,6	0,318	0,030	9,4	0,397	0,027	6,8
RMRJ	0,091	0,019	20,9	0,079	0,014	17,7	0,086	0,013	15,1
São Paulo	0,22	0,038	17,3	0,321	0,040	12,5	0,306	0,038	12,4

9.2 Recomendações

Este trabalho representou um esforço de pesquisa absolutamente inédito no país enfocando a realidade brasileira do transporte urbano no contexto mais amplo do planejamento urbano e explorando com profundidade as suas dimensões energética e ambiental. Sua abrangência, enfocando seis dos maiores centros urbanos do país, em termos de coleta e compilação de dados e informações, sua análise e síntese, modelagem, cenarização e elaboração de projeções, qualitativas e quantitativas, além de abrir espaço para uma série de desdobramentos futuros, em termos de

novos trabalhos, possibilitou a elaboração de inúmeras recomendações a órgãos governamentais federais, estaduais e municipais, empresas estatais e privadas de transporte urbano e proteção ambiental, fabricantes de veículos e componentes, bem como instituições de pesquisa que atuam nesta área.

Entre as várias possibilidades abertas para desdobramentos do trabalho até aqui executado pode-se citar a falta de um estudo detalhado da realidade nacional do transporte interurbano de passageiros e carga, em termos de planejamento, suas relações com a evolução tecnológica dos veículos, seu consumo energético e a poluição ambiental por eles causadas, possibilidades modais no âmbito nacional e as perspectivas de uma maior integração continental, particularmente no contêxto do MERCOSUL. Inúmeras outras opções existem para desdobramentos deste trabalho, como, por exemplo, o uso da metodologia aqui proposta para os estados brasileiros, desagregados por regiões administrativas. Além dos aspectos já analisados com detalhes neste trabalho, poder-se-ia aprofundar a avaliação dos impactos de programas de conservação e substituição de energéticos nos transportes e seus reflexos ambientais no curto, médio e longo prazos.

As principais recomendações que podem ser inferidas a partir deste estudo são :

- (a) A necessidade de atualizar e detalhar mais o acervo de dados e informações levantadas neste projeto, de forma facilitar a utilização regular da metodologia desenvolvida no estabelecimento de políticas de transporte do país.
- (b) Difundir a metodologia desenvolvida neste projeto, visando integrar energia e meio ambiente no planejamento urbano de transportes, em cidades com mais 200 mil habitantes.
- (c) O transporte urbano deve ter seu planejamento executado sob uma ótica mais abrangente, envolvendo questões relativas ao processo de urbanização, a evolução sócio-econômica-comportamental, energia e meio ambiente, sendo fundamental :
 - (i) Buscar soluções globais que enfatizem mais as relações sistêmicas do que o transporte isoladamente.
 - (ii) Reordenamento das atividades urbanas, ocupando-se espaços vazios e descentralizando-se atividades econômicas, reduzindo com isto distâncias e tempos de deslocamento.
 - (iii) Priorizar sempre que possível os modos de transporte a pé e de bicicleta, garantindo-se o conforto e a segurança de circulação.

(iv) Revitalizar espaços de convívios até aqui tomados pelos autoveículos.

(v) O transporte coletivo deve ser planejado a partir de modos compatíveis com a demanda e factíveis de substituir com vantagens energéticas e ambientais, tanto o transporte individual quanto aqueles grandes consumidores de combustíveis fósseis.

(vi) Desenvolver ações para a substituição parcial, no curto e médio prazos dos combustíveis tradicionais no setor de transportes- óleo Diesel e gasolina - por energéticos alternativos e ambientalmente mais sustentáveis.

(vii) Implementar políticas visando modos de transporte ambientalmente mais sustentáveis.

(viii) Priorizar a construção de corredores exclusivos e semi-exclusivos, para o transporte coletivo sobre pneus.

(ix) Fomentar o uso de modos de transporte e tecnologias que possibilitem a redução dos níveis de ruído nos transportes urbanos.

(d) Buscar um melhor gerenciamento da demanda, ao invés de continuar-se a atuar no viés de mais transporte como a única solução para demandas crescentes por deslocamentos urbanos.

(e) Fomento estatal para a formação de recursos humanos direcionados ao planejamento, organização e gestão dos transportes públicos.

(f) Fomentar a participação e investimentos privados no transporte coletivo urbano, com garantias de retorno econômico, salvaguardados, devidamente os interesses maiores da sociedade.

(g) Incentivar que a iniciativa privada participando da oferta de transportes públicos de média e grande capacidade, busque novas formas de receitas, como a publicidade e o patrocínio comercial, entre outras possibilidades.

(h) Buscar formas de envolver os beneficiários indiretos do transporte coletivo urbano, tendo em vista o seu financiamento, visando a ampliação e melhorias dos serviços prestados à sociedade, alterando-se a lógica do "paga quem utiliza" para "paga quem se beneficia".