

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Avaliação Energética e Estimativa das  
Emissões de Poluentes pelo Setor de  
Transportes da Região Administrativa  
de Campinas**

Autor : Francisco Jorge Pedroso Júnior

Orientador: Ennio Peres da Silva

01/96

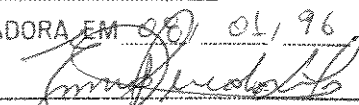
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
SUB COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

# Avaliação Energética e Estimativa das Emissões de Poluentes pelo Setor de Transportes da Região Administrativa de Campinas

Autor : Francisco Jorge Pedroso Júnior

Orientador: Ennio Peres da Silva

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA  
TESE DEFENDIDA POR FRANCISCO JORGE PE-  
DROSO JÚNIOR E APROVADA PELA  
COMISSÃO JULGADORA EM 08/01/96

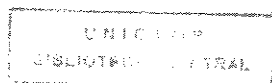
  
ORIENTADOR

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos.

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de Pós-Graduação da  
Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para obtenção do título de  
Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 1996

S.P. - Brasil



9606757

|             |           |
|-------------|-----------|
| UNIDADE     | BC        |
| N.º CHAMADA |           |
|             | T/UNICAMP |
|             | P343a     |
|             |           |
|             | 27425     |
|             | 667/96    |
|             | 01X       |
|             | R\$ 31,00 |
|             | 25/04/96  |
| N.º CDD     |           |

CM-00086973-0

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

P343a

Pedroso Júnior, Francisco Jorge

Avaliação energética e estimativa das emissões de poluentes pelo setor de transportes da região administrativa de Campinas / Francisco Jorge Pedroso Júnior.--Campinas, SP: [s.n.], 1996.

Orientador: Ennio Peres da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Transportes. 2. Poluentes. 3. Combustíveis.  
4. Energia - Consumo. I. Silva, Ennio Peres da.  
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

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

**Dissertação de Mestrado**

**Avaliação Energética e Estimativa das  
Emissões de Poluentes pelo Setor de  
Transportes da Região Administrativa  
de Campinas**

Autor : Francisco Jorge Pedroso Júnior

Orientador: Ennio Peres da Silva



Prof. Dr. Ennio Peres da Silva, Presidente  
IFGW - UNICAMP



Prof. Dr. Gilberto de Martino Jannuzzi  
FEM - UNICAMP



Prof. Dr. Waldir Luiz Ribeiro Gallo  
FEM - UNICAMP

Campinas, 08 de janeiro de 1996

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a meus pais, Francisco e Lyzetti, que tudo fizeram para minha educação e de meus irmãos, legando-nos a mais valiosa de todas heranças: amor e honestidade.

E a Você, Jana.

## **Agradecimentos**

Ao amigo e orientador Ennio Peres da Silva, pela confiança, dedicação e incentivo em meu desenvolvimento acadêmico e pessoal;

A sua esposa Áurea, por todo apoio e colaboração sincera prestada durante o trabalho;

À Janaína, pelo amor, companheirismo e paciência em todos momentos compartilhados;

A meus irmãos, por também acreditarem e seguirem os caminhos proporcionados por nossos pais;

A todos familiares: avós, primos e tios, pelo carinho, incentivo e respeito com que sempre me trataram;

Aos amigos, que manifestaram através de gestos e palavras simples, o apoio para que este trabalho fosse concretizado;

Aos colegas, de trabalho, que me auxiliaram e incentivaram a continuidade e a realização desta tese;

Aos companheiros de curso, pela amizade, dedicação e luta no decorrer de nossos caminhos universitários;

A Deus, por ter me concedido condições e oportunidades de escolher os melhores caminhos entre os homens e por eles caminhar.

Muito obrigado.

## Sumário

|                                                                                           |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Lista de Figuras</b>                                                                   | i    |
| <b>Lista de Tabelas</b>                                                                   | ii   |
| <b>Relação dos Anexos</b>                                                                 | v    |
| <b>Lista de Abreviaturas, Símbolos e Siglas</b>                                           | vi   |
| <b>Resumo/Abstract</b>                                                                    | viii |
| <br>                                                                                      |      |
| <b>Capítulo 1. Introdução</b>                                                             | 1    |
| 1.1.Considerações Iniciais                                                                | 1    |
| 1.2.Abordagem do Trabalho e Organização do Texto                                          | 3    |
| <br>                                                                                      |      |
| <b>Capítulo 2. Características Gerais da Região Administrativa de Campinas</b>            | 5    |
| <br>                                                                                      |      |
| <b>Capítulo 3. Características do Setor de Transportes da R.A.C.</b>                      | 11   |
| 3.1. Modo de Transporte Aéreo                                                             | 11   |
| 3.2. Modo de Transporte Ferroviário                                                       | 14   |
| 3.3. Modo de Transporte Hidroviário                                                       | 16   |
| 3.4. Modo de Transporte Rodoviário                                                        | 18   |
| 3.4.1 Caracterização da Malha Rodoviária                                                  | 18   |
| 3.4.2. Caracterização da Frota                                                            | 21   |
| 3.4.2.1. Estimativa da Frota                                                              | 21   |
| 3.4.2.2. Idade da Frota                                                                   | 25   |
| <br>                                                                                      |      |
| <b>Capítulo 4. Características e Consumo de Energia no Setor de Transportes da R.A.C.</b> | 33   |
| 4.1. Consumo de Derivados de Petróleo                                                     | 37   |
| 4.1.1. Consumo de Óleo Diesel                                                             | 38   |
| 4.1.2. Consumo de Gasolina                                                                | 39   |
| 4.1.3. Consumo de Querosene                                                               | 41   |
| 4.1.4. Consumo de Óleo Combustível                                                        | 41   |
| 4.2. Consumo de Biomassa                                                                  | 42   |
| 4.2.1. Consumo de Álcool Anidro                                                           | 42   |

|                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.2. Consumo de Álcool Hidratado                                                    | 44         |
| 4.3. Consumo de Eletricidade                                                          | 46         |
| 4.4. Consumo Energético por Modo de Transporte na R.A.C.                              | 47         |
| 4.4.1. Consumo Energético pelo Modo Rodoviário                                        | 48         |
| 4.4.2. Consumo Energético pelo Modo Ferroviário                                       | 51         |
| 4.4.3. Consumo Energético pelo Modo Aéreo                                             | 51         |
| 4.4.4. Consumo Energético pelo Modo Hidroviário                                       | 52         |
| <b>Capítulo 5. Análise Energética dos Veículos Automotivos</b>                        | <b>54</b>  |
| 5.1. Características Gerais dos Motores de Veículos Automotivos                       | 54         |
| 5.1.1. Motores de Ciclo Otto                                                          | 56         |
| 5.1.2. Motores de Ciclo Diesel                                                        | 58         |
| 5.2. Quilometragem Específica dos Veículos da R.A.C.                                  | 59         |
| 5.2.1. Quilometragem Rodada pelos Veículos na R.A.C.                                  | 59         |
| 5.2.2. Estimativa da Quilometragem Específica dos Veículos da R.A.C.                  | 61         |
| <b>Capítulo 6. Efeitos Ambientais e Emissões de Poluentes do Setor de Transportes</b> | <b>65</b>  |
| 6.1. Efeitos Ambientais das Emissões Veiculares                                       | 65         |
| 6.2. Quantificação das Emissões Veiculares na R.A.C.                                  | 71         |
| 6.2.1. Emissão pelo Tubo do Escapamento                                               | 71         |
| 6.2.2. Emissões Evaporativas                                                          | 78         |
| 6.2.3. Emissões do Respiro do Cáter                                                   | 78         |
| 6.2.4. Emissões de Material Particulado                                               | 79         |
| 6.3. Emissões do Setor de Transporte da R.A.C.                                        | 79         |
| <b>Capítulo 7. Análise dos Resultados</b>                                             | <b>81</b>  |
| <b>Capítulo 8. Conclusões e Recomendações</b>                                         | <b>89</b>  |
| 8.1. Conclusões                                                                       | 89         |
| 8.2. Recomendações                                                                    | 91         |
| <b>Referências Bibliográficas</b>                                                     | <b>94</b>  |
| <b>Anexos</b>                                                                         | <b>100</b> |
| <b>Apêndice</b>                                                                       | <b>142</b> |



## **Relação das Figuras**

### **Capítulo 2**

|                                                          |   |
|----------------------------------------------------------|---|
| Figura 2.1. Localização da R.A.C. no Estado de São Paulo | 5 |
|----------------------------------------------------------|---|

### **Capítulo 3**

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.1. Rede Aeroportuária do Estado de São Paulo                                                  | 12 |
| Figura 3.2. Movimento de Cargas e Passageiros no Aeroporto Internacional de Viracopos<br>(1985 - 1993) | 14 |
| Figura 3.3. Rede Ferroviária do Estado de São Paulo                                                    | 15 |
| Figura 3.4. Rede Hidroviária do Estado de São Paulo                                                    | 16 |

### **Capítulo 4**

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.1. Consumo de Energia no Setor de Transportes no Estado de São Paulo e na<br>R.A.C. ( $10^9$ kcal) | 34 |
| Figura 4.2. Evolução do Consumo de Energia per Capita (Gcal/habitante)                                      | 35 |
| Figura 4.3. Estrutura de Consumo de Derivados de Petróleo na R.A.C. em 1993 (%)                             | 37 |
| Figura 4.4. Evolução do Consumo de Óleo Diesel na R.A.C. ( $10^9$ kcal)                                     | 38 |
| Figura 4.5. Evolução do Consumo de Gasolina na R.A.C. ( $10^9$ kcal)                                        | 40 |
| Figura 4.6. Percentual de Álcool Anidro na Gasolina da R.A.C. (% em Volume)                                 | 44 |
| Figura 4.7. Evolução do Consumo de Biomassa na R.A.C. ( $10^9$ kcal)                                        | 45 |
| Figura 4.8. Estrutura de Consumo do Setor de Transportes da R.A.C. (%)                                      | 47 |
| Figura 4.9. Estrutura de Consumo do Modo Rodoviário na R.A.C. - 1982 (%)                                    | 49 |
| Figura 4.10. Estrutura de Consumo do Modo Rodoviário na R.A.C. - 1993 (%)                                   | 49 |

### **Capítulo 7**

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 7.1. Percentual da Quilometragem Percorrida por Categoria de Veículo na R.A.C.                               | 82 |
| Figura 7.2. Percentagem de Consumo de Combustível com a Finalidade de<br>Transporte de Passageiros na R.A.C. - 1993 | 85 |

## Relação da Tabelas

### Capítulo 2

|                                                                                               |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Tabela 2.1. Distribuição do Tamanho dos Municípios na R.A.C. em 1993                          | 8 |
| Tabela 2.2. Distribuição do Tamanho dos Municípios no Interior do Estado de São Paulo em 1991 | 8 |
| Tabela 2.3. Valor Adicionado em 1991 e Valor Adicionado <i>per capita</i> nas R.G. da R.A.C.  | 9 |

### Capítulo 3

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 3.1. Número de Aeródromos na R.A.C. por Natureza do Piso e Segundo o Tipo de Utilização (1986) | 13 |
| Tabela 3.2. Movimento de Aeronaves nos Aeroportos Estaduais da R.A.C.                                 | 13 |
| Tabela 3.3. Movimento Passageiros nos Aeroportos Estaduais da R.A.C.                                  | 13 |
| Tabela 3.4. Índice de Veículos em Relação à População em Algumas Cidades da R.A.C.                    | 21 |
| Tabela 3.5. Índice de Veículos em Relação à População Calculados para as Cidades da R.A.C.            | 23 |
| Tabela 3.6. Veículos Licenciados na 7a. CIRETRAN - Campinas - 1990 / 1993                             | 23 |
| Tabela 3.7. Porcentagem e Número de Veículos Estimados por Tipo para a Frota da R.A.C. - 1993         | 24 |
| Tabela 3.8. Taxas de Sucateamento para Diversas Categorias de Veículos (%)                            | 26 |
| Tabela 3.9. Estimativa do Número de Automóveis por Tipo de Combustível e Ano de Fabricação na R.A.C.  | 28 |
| Tabela 3.10. Estimativa do Número de Motocicletas por Tipo e Ano de Fabricação na R.A.C.              | 29 |
| Tabela 3.11. Estimativa do Número de Picapes por Tipo de Combustível e Ano de Fabricação na R.A.C.    | 30 |
| Tabela 3.12. Estimativa do Número de Utilitários por Tipo e Ano de Fabricação na R.A.C.               | 31 |
| Tabela 3.13. Estimativa do Número de Caminhões e Ônibus por Ano de Fabricação na R.A.C.               | 32 |

## Capítulo 4

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 4.1. Participação Percentual do Setor de Transportes no Consumo Total de Energia na R.A.C., Estado de São Paulo e Brasil | 33 |
| Tabela 4.2. Consumo Final de Energia por Categoria de Energéticos no Setor de Transportes da R.A.C. ( $10^9$ k cal)             | 36 |
| Tabela 4.3. Estrutura de Consumo de Energia por Categoria de Energético na R.A.C., Estado de São Paulo e Brasil (%)             | 36 |
| Tabela 4.4. Consumo de Óleo Diesel na R.A.C.                                                                                    | 39 |
| Tabela 4.5. Consumo de Gasolina na R.A.C.                                                                                       | 40 |
| Tabela 4.6. Consumo de Querosene para Aviação na R.A.C.                                                                         | 41 |
| Tabela 4.7. Consumo de Óleo Combustível na R.A.C.                                                                               | 42 |
| Tabela 4.8. Consumo de Álcool Anidro na R.A.C.                                                                                  | 43 |
| Tabela 4.9. Consumo de Álcool Hidratado na R.A.C.                                                                               | 45 |
| Tabela 4.10. Consumo de Eletricidade na R.A.C.                                                                                  | 46 |
| Tabela 4.11. Consumo de Energia Final por Modo de Transporte na R.A.C. ( $10^9$ kcal)                                           | 48 |
| Tabela 4.12. Consumo de Energia no Modo Rodoviário da R.A.C. ( $10^9$ kcal)                                                     | 50 |
| Tabela 4.13. Estrutura de Consumo de Combustíveis no Modo Rodoviário na R.A.C., Estado de São Paulo e Brasil - 1993 (%)         | 50 |
| Tabela 4.14. Consumo de Energia no Modo Ferroviário da R.A.C. ( $10^9$ kcal)                                                    | 51 |
| Tabela 4.15. Consumo de Energia no Modo Aéreo da R.A.C. ( $10^9$ kcal)                                                          | 52 |
| Tabela 4.16. Consumo de Energia no Modo Hidroviário da R.A.C. ( $10^9$ kcal)                                                    | 53 |

## Capítulo 5

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 5.1. Quilometragem Média Rodada por Motocicletas, Ônibus e Caminhões          | 59 |
| Tabela 5.2. Distribuição da Quilometragem Média Rodada por Faixa Etária de Automóvel | 60 |
| Tabela 5.3. Quilometragem Rodada pelos Veículos na R.A.C. em 1993 ( $10^3$ km)       | 60 |
| Tabela 5.4. Quilometragem Específica Média dos Veículos a Gasolina na R.A.C.         | 62 |
| Tabela 5.5. Quilometragem Específica Média dos Veículos a Diesel da R.A.C.           | 64 |

## Capítulo 6

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 6.1. Fatores de Emissão de Carbono e Dióxido de Carbono para o Álcool, Gasolina e Óleo Diesel | 72 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 6.2. Emissão de Carbono e Dióxido de Carbono para o Álcool, Gasolina e Óleo Diesel na R.A.C. - 1993                   | 72 |
| Tabela 6.3. Fatores de Emissão pelo Tubo de Escapamento de Veículos Nacionais Novos (g/km)                                   | 73 |
| Tabela 6.4. Fatores de Deterioração de Veículos a Álcool e a Gasolina                                                        | 75 |
| Tabela 6.5. Fatores de Emissão pelo Tubo do Escapamento pela Frota de Veículos a Álcool e a Gasolina da R.A.C. - 1993 (g/km) | 75 |
| Tabela 6.6. Fatores de Emissão de Motocicletas (g/km)                                                                        | 77 |
| Tabela 6.7. Fatores de Emissão de Veículos Movidos a Óleo Diesel (g/km)                                                      | 77 |
| Tabela 6.8. Emissão Total de Poluentes pelo Tubo do Escapamento e pelo Desgaste de Pneus (t)                                 | 79 |

## Capítulo 7

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 7.1. Composição da Frota de Veículos da R.A.C. em Número de Veículos - 1993  | 81 |
| Tabela 7.2. Quilometragem Percorrida e Percentual por Finalidade de Uso na R.A.C.   | 83 |
| Tabela 7.3. Consumo de Combustível e Energia por Categoria de Veículo na R.A.C.     | 83 |
| Tabela 7.4. Consumo de Combustível e Energia por Finalidade de Uso na R.A.C.        | 84 |
| Tabela 7.5. Percentual da Utilização de Energéticos por Finalidade de Uso na R.A.C. | 84 |
| Tabela 7.6. Emissão de Poluentes por Finalidade de Transporte na R.A.C. - 1993 (t)  | 86 |

## **Relação dos Anexos**

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1 - População Estimada da R.A.C.                                                             | 101 |
| Anexo 2 - Malha Rodoviária da R.A.C.                                                               | 107 |
| Anexo 3 - Médias Diárias de Tráfego nas Principais Rodovias da R.A.C. - 1990/1993                  | 108 |
| Anexo 4 - Extensão da Rede Rodoviária Municipal nas R.G. da R.A.C. e no Estado de São Paulo - 1993 | 114 |
| Anexo 5 - Índices de Habitantes por Veículos em Alguns Países                                      | 115 |
| Anexo 6 - Vendas de Veículos no Brasil por Tipo de Combustível - 1975/1993                         | 116 |
| Anexo 7 - Estimativa dos Veículos em Circulação no Brasil - 1993                                   | 119 |
| Anexo 8 - Participação Estimada de Cada Ano-modelo de Veículo na Frota na R.A.C.                   | 120 |
| Anexo 9 - Participação do Tipo de Combustível em Cada Ano-modelo da R.A.C..                        | 121 |
| Anexo 10 - Consumo de Energia no Setor de Transportes do Estado de São Paulo - 1980/1993           | 123 |
| Anexo 11 - Estimativas das Emissões Veiculares na Frota de Veículos Rodoviários da R.A.C.          | 128 |

## **Lista de Abreviaturas, Símbolos e Siglas**

a.a. - ao ano

A.I.V. - Aeroporto Internacional de Viracopos

ANFAVEA - Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores

C - carbono

cal - calorias

C.E. - quilometragem específica

C.E.A - quilometragem específica dos veículos movidos a álcool

C.E.D - quilometragem específica dos veículos movidos a óleo diesel

C.E.G - quilometragem específica dos veículos movidos a gasolina

C.E.M- quilometragem específica das motocicletas

C.E.S.P. - Companhia Energética de São Paulo

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental

CHO - aldeídos

CIRETRAN - Circunscrição Regional de Trânsito

CO - monóxido de carbono

CO<sub>2</sub> - dióxido de carbono

d - massa específica do combustível

F.D. - fator de deterioração

F.D.CO - fator de deterioração do monóxido de carbono

F.D.HC - fator de deterioração dos hidrocarbonetos

F.E. - fator de emissão

FEPASA - Ferrovias Paulista S.A.

g - gramas

G - Giga

h - hora

HC - hidrocarboneto

H<sub>2</sub>O - água

I.E.V. - Inventário de Emissão Veicular

k - quilo

kg - quilograma

km - quilômetro  
km<sup>2</sup> - quilômetro quadrado  
l - litro  
m - metro  
m<sup>3</sup> - metro cúbico  
M.D.T. - Média Diária de Tráfego de Veículos  
MP - material particulado  
MW - Mega Watts  
NO<sub>2</sub> - dióxido de nitrogênio  
NO<sub>x</sub> - óxido de nitrogênio  
O<sub>3</sub> - ozônio  
PAN - peróxiacetil nitrato  
P.I.B. - Produto Interno Bruto  
PM - peso molecular  
R.A.C. - Região Administrativa de Campinas  
REPLAN - Refinaria do Planalto  
R.G. - Região de Governo  
S - enxofre  
SEADE - Sistema Estadual de Análise de Dados  
SO<sub>2</sub> - dióxido de enxofre  
SO<sub>x</sub> - óxido de enxofre  
t - tonelada  
USEPA - United States Environmental Protection Agency  
US\$ - dólar  
V.L.T. - Veículos Leves sobre Trilhos

## **Resumo**

Esta dissertação procura avaliar o consumo de energia no Setor de Transportes da Região Administrativa de Campinas e os impactos ambientais decorrentes do uso de combustíveis. As caracterizações sobre a Região e seu Setor de Transportes são apresentadas.

Séries históricas demonstram as evoluções no consumo de energia por modo de transporte e tipos de combustíveis. As análises indicam o modo rodoviário como o maior consumidor de energia e maior emissor de poluentes.

Os poluentes emitidos e seus principais problemas relacionados ao meio ambiente e à saúde humana são descritos com maior detalhamento.

Uma análise energética dos veículos rodoviários e os índices de emissão associados auxiliam a elaboração das estimativas de emissão de poluentes para os diferentes combustíveis e veículos.

Os resultados fornecem subsídios para sugestões que possam contribuir com uma melhoria nos aspectos de consumo e emissão, bem como para serem utilizadas como ferramentas para um planejamento regional integrado.

## **Abstract**

This dissertation evaluates the transport energy consumption of Campinas Administrative Region and the environmental impacts resulted from transport fuel use. Characterizations about the Region and its transportation sector are introduced.

Historical series show the evolution of energy use by each fuel type and vehicle category. The analysis indicate the road mode as the major energy user and pollutants emitter.

The pollutants emitted and their main problems related to the environment and human health are detailed.

A road vehicles energetic analysis associated with specific emissions values is presented and used to estimate pollutants emissions for each kind of fuel and vehicle class.

The results provide subsidies for suggestions that can contribute for improving energy consumption, as well for being used as tools for an integrated regional planning.



# **Capítulo 1**

## **Introdução**

### **1.1. Considerações Iniciais**

Um dos principais fenômenos decorrentes da Revolução Industrial foi a separação entre os locais de residência e os de trabalho. Através da expansão do processo de industrialização houve uma alteração estrutural no sistema de distribuição espacial das cidades, levando a um crescimento urbano, na maioria das vezes desordenado. Mesmo nas cidades da Europa Ocidental e América do Norte, a industrialização gerou um movimento migratório até então não registrado. No Brasil, as cidades se expandiram muito a partir do século XIX e juntamente houve uma alteração estrutural das necessidades e dos meios de transporte (BARAT, 1985).

É fato concreto que o avanço do processo de urbanização até o estágio atual, com grandes centros urbanos, suburbanos e metropolitanos, deve-se em grande parte ao desenvolvimento dos sistemas de transporte, que muitas vezes induziram esse crescimento ou surgiram em função dele.

Na última década, a Região Administrativa de Campinas (R.A.C.) sofreu um grande incremento em sua população, com uma taxa geométrica de crescimento anual igual a 2,91%, segundo estatísticas, o índice mais elevado do Estado e também superior à média do País, como será visto com maiores detalhes mais adiante.

Esse crescimento foi em grande parte causado pela migração de pessoas provenientes de outras regiões e estados, atraídas pela expectativa de melhores condições de vida. O componente migratório contribuiu no período em 76% do crescimento líquido da população, como é descrito a seguir.

Aliadas ao crescimento populacional e à forte economia regional, as altas taxas de urbanização encontradas na R.A.C. ocasionam necessidades cada vez maiores da movimentação de pessoas e mercadorias que, se não forem acompanhadas por um planejamento adequado de expansão e melhoria dos sistemas e redes de transporte, podem comprometer em muitas localidades a qualidade de ar e de vida das populações que ali vivem e/ou trafegam. Torna-se então de extrema importância o conhecimento das fontes energéticas e dos modos de transporte que suprem as necessidades emergentes de todos os setores da sociedade.

Esta dissertação tem como objetivo realizar uma análise do setor de transportes da Região Administrativa de Campinas. O estudo consiste em apresentar as principais características da região e de sua infra-estrutura de transportes, atualizar os dados sobre a utilização de energéticos neste setor e estimar as emissões atmosféricas relacionadas a seu uso. A análise dos resultados obtidos gera índices sobre o estado atual do setor na região, úteis como fonte de dados para estudos ambientais, econômicos, energéticos e sociais que visem promover o desenvolvimento regional.

O trabalho se integra a um estudo de maior amplitude, financiado via projetos ligados ao CNPq e à FAPESP, em desenvolvimento por professores e alunos do Curso de Pós-graduação em Planejamento de Sistemas Energéticos, no âmbito da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, que, abordando outros setores econômicos e sociais da R.A.C., reunirá as ferramentas essenciais para um planejamento regional integrado.

## 1.2. Abordagem do Trabalho e Organização do Texto

Os objetivos principais da dissertação são a atualização dos consumos de energia no setor de transportes da R.A.C. e as estimativas da emissão de poluentes gerados por estes consumos.

Em linhas gerais, o trabalho pode ser dividido em três seções. A primeira é dedicada à caracterização da Região de forma abrangente, buscando identificar os elementos que subsidiarão a continuidade do trabalho. É formada pelos Capítulos 2 e 3 da dissertação, sendo que o segundo capítulo reúne as características demográficas, econômicas e sociais da Região. No Capítulo 3, o estado atual dos meios e sistemas de transporte utilizados na Região é mostrado. Os modos de transporte aéreo, ferroviário, hidroviário e rodoviário são descritos, com grande ênfase dada em sua infra-estrutura. Em particular, o modo rodoviário recebe maior atenção pelo fato de ser o maior modo de consumo de energéticos e emissão de poluentes.

A segunda seção consiste nas estimativas e análises dos consumos de energia. Os dados de consumo de energia para o setor de transporte da R.A.C. estavam disponíveis de 1982 a 1987; no Capítulo 4 são realizadas as estimativas para atualização destas informações até 1993, tomando-se como base os balanços energéticos estaduais. Ainda neste mesmo capítulo são apresentados os consumos de energia por modalidade de transporte, onde é detectada a predominância rodoviário sobre os demais. A partir destas informações todo o trabalho converge sobre este modo. O Capítulo 5 contém uma descrição básica do funcionamento dos motores dos veículos utilizados para o transporte rodoviário. É também realizada uma análise das quilometragens específicas dos veículos da Região através de estimativas da quilometragem rodada. Os resultados obtidos são comparados com valores de literatura.

A terceira seção do trabalho é destinada ao estudo das emissões de poluentes. Na primeira parte do sexto capítulo é realizada uma descrição qualitativa dos principais tipos de poluentes emitidos pelos motores e outras peças dos veículos, bem como os efeitos nocivos ao ambiente e à saúde humana. A segunda parte deste capítulo contém as informações, a metodologia e o procedimento de cálculo das estimativas das emissões. O Capítulo 7 realiza uma análise geral dos resultados obtidos, com um diagnóstico do consumo de energia para

cada categoria de veículo e finalidade de transporte. Finalmente, os resultados fornecem os principais subsídios para as conclusões e recomendações contidas no Capítulo 8.

Onze anexos complementam o texto. O primeiro apresenta as populações da Região Administrativa por cidade e por Região de Governo ao longo do período de 1980 a 1993. O segundo anexo contém um mapa da malha rodoviária da Região e o terceiro, as médias diárias de tráfego nas principais rodovias desta malha. O Anexo 4 mostra a extensão das redes rodoviárias municipais para cada Região de Governo da R.A.C. e para o Estado de São Paulo. No Anexo 5 estão apresentados os índices de habitantes por veículo em vários países. Do sexto ao nono anexos estão reunidas as informações para as estimativas da frota veicular da R.A.C.: dados de venda de veículos no Brasil por tipo de combustível, estimativa dos veículos em circulação no Brasil e participação de cada ano-modelo de fabricação e tipo de combustível na frota da R.A.C. O Anexo 10 contém os consumos de energia do setor de transporte do Estado de São Paulo. Finalmente, o Anexo 11 apresenta as estimativas detalhadas para cada categoria de veículo, ano de fabricação e combustível utilizado.

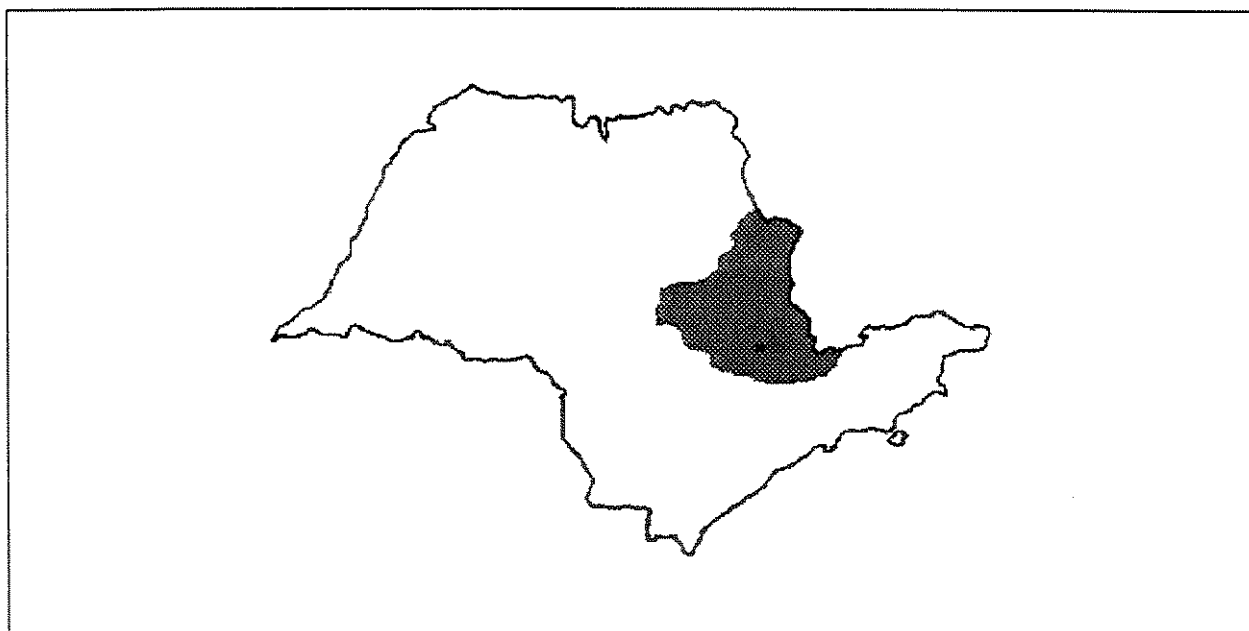
No Apêndice I estão as massas específicas, poderes caloríficos e coeficientes de conversão utilizados para os combustíveis abordados.

## Capítulo 2

### Características Gerais da Região Administrativa de Campinas

A Região Administrativa de Campinas é uma das catorze Regiões Administrativas do Estado de São Paulo. Apresenta topografia pouco acidentada com colinas baixas e vales não acentuados. Está localizada geograficamente na porção Nordeste do Estado de São Paulo, como pode ser visto na figura a seguir (CANAVARROS, 1994).

**Figura 2.1. Localização da R.A.C. no Estado de São Paulo**



Fonte: CESP, 1985

A R.A.C. ocupa uma área de 27.079 km<sup>2</sup>, 10,9% da área total do Estado. Possui atualmente noventa municípios, dentre os quais sete foram criados segundo a Lei número

7.764 de 30/12/91 e tiveram suas instalações em 07/01/93. São eles: Engenheiro Coelho, Estiva Gerbi, Holambra, Hortolândia, Saltinho, Tuiuti e Vargem (SEADE, 1993 a).

Os dados populacionais apresentados e utilizados neste trabalho são referentes ao período de 1980 a 1993 e não abordam esses novos municípios discriminadamente pelos nomes. No entanto estão de outra forma incluídos entre os dados, visto que eles já pertenciam à R.A.C. antes de serem desmembrados de suas cidades de origem (SEADE, 1992). Participam então os oitenta e três municípios, distribuídos entre as sete Regiões de Governo que compõem a Região Administrativa de Campinas, apresentados a seguir :

- Região de Governo de Bragança Paulista: Águas de Lindóia, Amparo, Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Bragança Paulista, Joanópolis, Lindóia, Monte Alegre do Sul, Nazaré Paulista, Pedra Bela, Pinhalzinho, Piracaia, Serra Negra e Socorro;
- Região de Governo de Campinas: Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Indaiatuba, Itapira, Jaguariúna, Mogi Guaçu, Mogi Mirim, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara D'Oeste, Santo Antônio da Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo;
- Região de Governo de Jundiaí: Cabreúva, Campo Limpo Paulista, Itatiba, Itupeva, Jarinu, Jundiaí, Louveira, Morungaba e Várzea Paulista;
- Região de Governo de Limeira: Araras, Conchal, Cordeirópolis, Iracemápolis, Leme, Limeira, Pirassununga e Santa Cruz da Conceição;
- Região de Governo de Piracicaba: Águas de São Pedro, Capivari, Charqueada, Elias Fausto, Mombuca, Piracicaba, Rafard, Rio das Pedras, Santa Maria da Serra e São Pedro;
- Região de Governo de Rio Claro: Analândia, Brotas, Corumbataí, Ipeúna, Itirapina, Rio Claro, Santa Gertrudes e Torrinha;
- Região de Governo de São João da Boa Vista: Aguaí, Águas da Prata, Caconde, Casa Branca, Divinolândia, Espírito Santo do Pinhal, Itobi, Mococa, Santa Cruz das Palmeiras, Santo Antônio do Jardim, São João da Boa Vista, São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma, Tambaú, Tapiratiba e Vargem Grande do Sul.

Possuía em 1980 3.212.263 habitantes (SEADE, 1992) e, em 1993 4.487.270 (SEADE, 1995), segundo os Censos Demográficos e estimativas dos respectivos anos. Concentra atualmente 14% da população do Estado que é de 32.669.104 habitantes. Os dados da população por cidade e por Região de Governo ao longo do período em questão estão disponíveis no Anexo 1. A R.A.C. foi a região que apresentou na década de 1980 a maior taxa geométrica de crescimento anual da população no Estado, igual a 2,91%, superior à média Paulista de 2,12% e também à do País de 1,93% (SEADE, 1993 c).

O crescimento populacional é resultante da soma de dois componentes: vegetativo e migratório. O componente vegetativo é simplesmente o saldo resultante entre o número de nascimentos menos o número de óbitos; o primeiro termo depende diretamente das taxas de fecundidade da população, do planejamento familiar e dos métodos e técnicas de controle de natalidade adotados. O segundo termo desse componente é um efeito da qualidade de vida dessa população, que interfere diretamente na expectativa de vida e no aumento da faixa etária média da população. O componente migratório é constituído pelo saldo resultante entre a entrada e a saída de migrantes e são muitas as variáveis que interferem nesse componente, entre as quais a busca de melhor qualidade de vida, oferta de empregos, decisões políticas como reforma agrária, etc.

Na taxa geométrica de crescimento anual da população da R.A.C., o componente migratório foi o que mais contribuiu no período em estudo, tendo participação em 76% do crescimento. Além disso, outro fator contribuiu para o aumento na participação relativa do componente migratório: a queda na taxa de fecundidade no Estado, que diminuiu de 3,4 filhos por mulher para 2,5 entre 1980 e 1991. Isso significa que do aumento líquido de 1.408.531 habitantes, 1.070.484 nasceram em outras regiões e transferiram-se para a R.A.C., enquanto apenas 338.047 são naturais da Região (SEADE, 1992).

Esse comportamento difere do que ocorreu no Estado de São Paulo, que na última década apresentou o componente vegetativo na ordem de 91% e o migratório de 9%, e também do Brasil que possui atualmente um componente migratório praticamente nulo (SEADE, 1992).

Embora tenha sido elevada, a taxa geométrica de crescimento anual da população da R.A.C. não foi uniforme, variando bastante entre suas Regiões de Governo. Contudo não foram apenas os grandes municípios que atraíram os maiores contingentes populacionais para a Região, já que são notadas elevadas taxas de migração também em pequenos municípios (SEADE, 1992).

Predominam na R.A.C. os pequenos municípios com menos de 30.000 habitantes: são 50 cidades, cerca de 60% do total de 83, mas que abrigam apenas 14,6% da população. Prevalece uma tendência de maiores municípios na Região em relação ao interior do Estado, como pode ser notado pela tabela a seguir, na qual é mostrada a distribuição do tamanho dos municípios e população.

**Tabela 2.1 - Distribuição do Tamanho dos Municípios da R.A.C. em 1993**

| Número de Habitantes | Número de Municípios | %          | População (Habitantes) | %          |
|----------------------|----------------------|------------|------------------------|------------|
| < 10.000             | 18                   | 22         | 98.105                 | 2,2        |
| 10.000 - 30.000      | 32                   | 39         | 558.384                | 12,4       |
| 30.000 - 50.000      | 9                    | 11         | 335.037                | 7,5        |
| 50.000 - 100.000     | 13                   | 16         | 885.101                | 19,7       |
| > 100.000            | 11                   | 13         | 2.610.643              | 58,2       |
| <b>Total</b>         | <b>83</b>            | <b>100</b> | <b>4.487.270</b>       | <b>100</b> |

Fonte: SEADE, 1995

**Tabela 2.2 - Distribuição do Tamanho dos Municípios no Interior do Estado de São Paulo em 1991**

| Número de Habitantes | Percentual de Municípios (%) | Percentual de População (%) |
|----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| < 10.000             | 43                           | 6                           |
| 10.000 - 30.000      | 30                           | 13                          |
| 30.000 - 50.000      | 11                           | 11                          |
| 50.000 - 100.000     | 8                            | 15                          |
| > 100.000            | 8                            | 55                          |
| <b>Total</b>         | <b>100</b>                   | <b>100</b>                  |

Fonte: SEADE, 1992



Quanto à taxa de urbanização, na R.A.C. a evolução foi de 83,36% em 1980 para 89,94% em 1991; um aumento de 6,5 pontos percentuais, aproximando-se da média do Estado que foi de 88,64% para 92,79%. Essa elevação na taxa de urbanização não foi ocasionada somente pelo aumento relativo do número de habitantes nas zonas urbanas em relação às zonas rurais, mas também devido a uma diminuição no número de habitantes rurais (SEADE, 1993 c). No tocante às características econômicas da região, como não é disponível o PIB regional, mostraremos o valor adicionado em 1991, que o representará nesse trabalho.

**Tabela 2.3 - Valor Adicionado em 1991 e Valor Adicionado *per capita* nas R.G. da R.A.C.**

| Região de Governo | Valor Adicionado<br>(em US\$ 1000) | Valor Adicionado per capita<br>(US\$/Habit.) |
|-------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
| Bragança Pta.     | 505.744                            | 1.331                                        |
| Campinas          | 9.334.941                          | 4.623                                        |
| Jundiaí           | 2.008.766                          | 3.761                                        |
| Limeira           | 1.285.664                          | 2.765                                        |
| Piracicaba        | 924.396                            | 2.341                                        |
| Rio Claro         | 427.665                            | 2.275                                        |
| S.J. da Boa Vista | 725.833                            | 1.810                                        |
| <b>R.A.C.</b>     | <b>15.213.010</b>                  | <b>3.471</b>                                 |

Fonte: SEADE, 1992

\* US\$ (médio de 1991)= CR\$ 441,64

Se compararmos esses valores adicionados *per capita* ao PIB nacional, veremos que a média da R.A.C. é 36,5% superior à do País, que é de 2.543 dólares por habitante, embora em algumas Regiões de Governo seja inferior.

Segundo CANAVARROS (1994), o segmento industrial é bastante desenvolvido e diversificado pelas Regiões de Governo da R.A.C., voltado para a produção de bens de consumo duráveis e não duráveis, bens de capital e processamento de matéria-prima agrícola. Destacam-se os segmentos de celulose e papel com 28% da produção estadual, couros e peles, também com 28%, e têxtil com 21%.

Ainda de acordo com a mesma referência, a Região de Governo de Campinas é a mais importante da R.A.C., pela sua grande e diversificada produção. Nela são encontradas tanto

produções agropecuária e agroindustrial, como diversos segmentos da indústria (adubos, rações, máquinas e implementos agrícolas, produtos químicos, alimentos, bebidas, metalurgia, papel e celulose, cerâmica, têxtil etc).

As atividades agrícolas predominantes nas Regiões de Governo de Campinas, Limeira, Piracicaba e Rio Claro são as lavouras da cana-de-açúcar e da laranja, enquanto na R.G. de Jundiaí a avicultura e fruticultura são fortes. Um expressivo rebanho bovino leiteiro é encontrado nas Regiões de Governo de Bragança Paulista e São João da Boa Vista, sendo esta última a primeira em produção leiteira e na cafeicultura.

A agroindústria concentra-se principalmente nas Regiões de Campinas, Limeira e Piracicaba, respondendo em média por 27% do açúcar, 22% do álcool e 26% dos sucos cítricos produzidos no Estado.

A Região também se destaca por ser um pólo de desenvolvimento tecnológico com importantes centros de pesquisa como o CPqD (TELEBRÁS) e o Centro Tecnológico para Informática. Destacam-se também importantes universidades, como a UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas e a PUCCAMP - Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

Em decorrência dessa forte e diversificada economia, houve fortalecimento do setor terciário e de serviços financeiros. Como consequência, uma infra-estrutura de apoio para a comercialização e transporte de mercadorias e pessoas está localizada na Região, com importante aeroporto e rodovias do Estado e do País, como veremos no capítulo a seguir.

## **Capítulo 3**

### **Características do Setor de Transportes da R.A.C.**

Este capítulo descreve as características do setor de transportes na Região, abordando os quatro modos existentes: aéreo, ferroviário, hidroviário e rodoviário. A tratativa é dada em função das informações disponíveis e, nos casos de maior relevância, são apresentadas estimativas. A importância de cada modo poderá ser verificada em função dos aspectos apresentados.

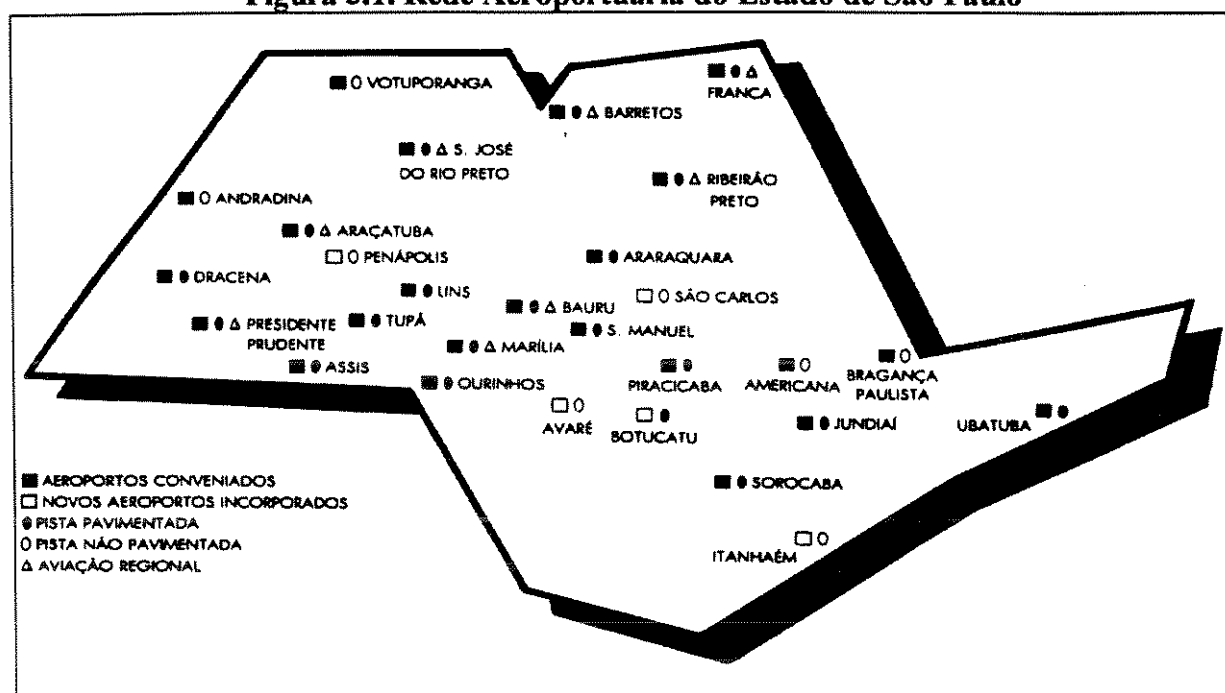
Apesar de utilizado na Região numa escala relativamente alta, o transporte por dutovias não será considerado neste trabalho. Sua aplicação deve-se principalmente ao transporte de petróleo para a refinaria em Paulínia e posterior distribuição de parte de derivados, além de uma parcela de distribuição de álcool automotivo. É válido lembrar que a implementação de dutos reduz as emissões pelo percurso e os riscos associados ao transporte de combustíveis.

#### **3.1. Subsetor de Transporte Aéreo**

De uma maneira geral, podemos caracterizar os aeroportos em três tipos: os Internacionais, que recebem aviões de grande porte e realizam conexões domésticas e internacionais, os Estaduais, que possuem movimento de aviões de médio e pequeno porte e são normalmente utilizados para vôos de natureza doméstica, e os Aeródromos, pistas de pequeno porte, na maioria municipais.

Na Figura 3.1, está apresentada a Rede Aeroportuária do Estado de São Paulo, que compreende os aeroportos com pista em torno de 1.500 m de comprimento por 30 m de largura, dimensões essas suficientes para aviação regional que emprega jatinhos do tipo Fokker e jatinhos executivos (SEADE, 1987). Dentre os aeroportos mostrados na figura, apenas quatro deles estão localizados na R.A.C.: Americana, Bragança Paulista, Jundiaí e Piracicaba. As tabelas a seguir contém as informações sobre a movimentação de aeronaves e passageiros nesses aeroportos.

**Figura 3.1. Rede Aeroportuária do Estado de São Paulo**



Fonte: SECRETARIA de TRANSPORTES do ESTADO S.P., 1986

Em 1993, o movimento total de Aeronaves (pousos mais decolagens) nos Aeroportos Estaduais na R.A.C. representou 10% dessa categoria de aeroportos da Rede Estadual. Esse movimento varia muito de ano para ano: em 1986 foi de 15.124 aeronaves, em 1987 subiu para 24.824, decrescendo então para os valores da tabela acima, não sendo possível notar alguma tendência histórica com os poucos dados disponíveis (SEADE, 1995). Já o número de passageiros, embarques, desembarques e mais os em trânsito, sempre cresceu no mesmo período. De 6.087 (1,5% do total do Estado nessa categoria) em 1986 aumentou para 17.272 (4,5% do total do Estado) em 1993 (SEADE, 1995). As informações sobre os volumes de carga e mala postal não se encontram disponíveis.

**Tabela 3.1. Número de Aeródromos na R.A.C. por Natureza do Piso e Segundo o Tipo de Utilização (1986)**

|                         | <b>Gramma</b> | <b>Terra</b> | <b>Asfalto</b> | <b>Concreto</b> | <b>Outros *</b> |
|-------------------------|---------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Público</b>          | -             | 13           | 3              | -               | 1               |
| <b>Público Restrito</b> | -             | -            | -              | -               | -               |
| <b>Militar</b>          | -             | -            | 1              | -               | -               |
| <b>Privado</b>          | 3             | 17           | 1              | -               | 3               |
| <b>R.A.C.</b>           | <b>3</b>      | <b>30</b>    | <b>5</b>       | <b>1**</b>      | <b>4</b>        |

Fonte: SEADE, 1987

\* Incluem os pisos de areia, cascalho, argila, asfalto/gramma, asfalto/terra, terra/gramma.

\*\* Tipo de utilização Público e Militar

**Tabela 3.2. Movimento de Aeronaves nos Aeroportos Estaduais da R.A.C. (Número de Pousos e Decolagens)**

| <b>Cidades</b>   | <b>1990</b>    | <b>1991</b>    | <b>1992</b>    | <b>1993</b>    |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Americana        | 192            | -              | -              | -              |
| Bragança Pta.    | 11.617         | 11.656         | 10.020         | 6.014          |
| Jundiaí          | 3.958          | 4.237          | 3.187          | 2.369          |
| Piracicaba       | 6.063          | 6.340          | 5.556          | 5.535          |
| <b>R.A.C.</b>    | <b>21.830</b>  | <b>22.233</b>  | <b>18.763</b>  | <b>13.918</b>  |
| <b>Estado SP</b> | <b>126.551</b> | <b>134.370</b> | <b>119.930</b> | <b>131.545</b> |

Fonte: SEADE, 1993 b, 1995

**Tabela 3.3. Movimento de Passageiros nos Aeroportos Estaduais da R.A.C.**

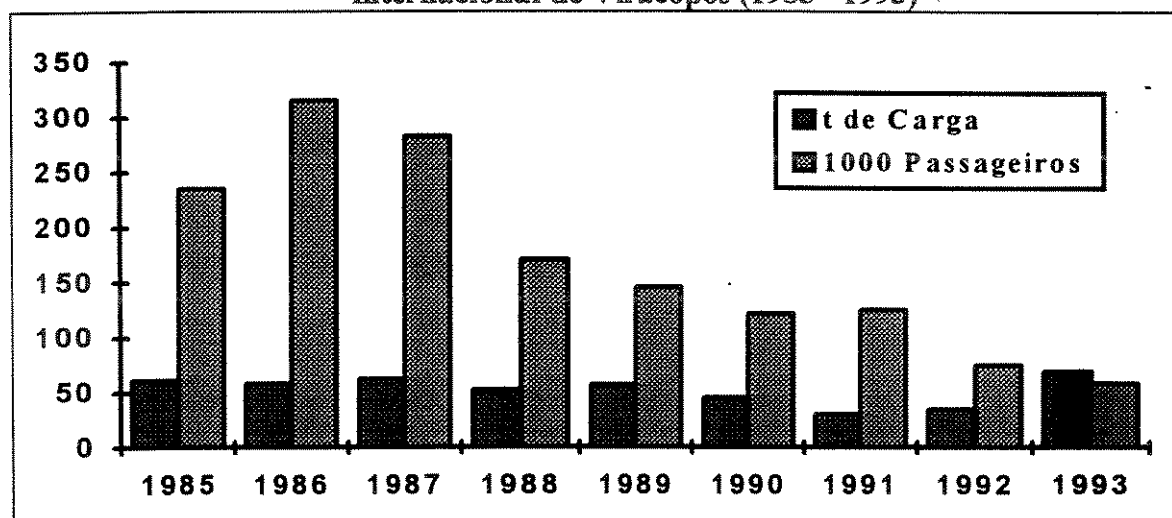
| <b>Cidades</b>   | <b>1990</b>    | <b>1991</b>    | <b>1992</b>    | <b>1993</b>    |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Americana        | 597            | -              | -              | -              |
| Bragança Pta.    | 2.225          | 1.057          | 665            | 884            |
| Jundiaí          | 2.926          | 2.973          | 2.231          | 1.942          |
| Piracicaba       | 6.638          | 8.403          | 12.548         | 14.446         |
| <b>R.A.C.</b>    | <b>12.386</b>  | <b>12.433</b>  | <b>15.444</b>  | <b>17.272</b>  |
| <b>Estado SP</b> | <b>424.097</b> | <b>379.355</b> | <b>323.817</b> | <b>384.026</b> |

Fonte: SEADE, 1993 b, 1995

Na R.A.C., especificamente na cidade de Campinas, está localizado o Aeroporto Internacional de Viracopos (A.I.V.), importante opção para substituição, em caso de necessidade, do Aeroporto Internacional de Guarulhos na Grande São Paulo, este último

inaugurado em 1985. Em 1993, o Aeroporto de Viracopos participou em 4,4% do movimento de aeronaves em aeroportos considerados Internacionais no Estado de São Paulo (incluem-se o de Guarulhos e o de Congonhas, apesar do segundo estar sendo utilizado apenas para vôos domésticos). De um total de aproximadamente 13.800 pousos e decolagens em 1993, 80% foram devido a viagens domésticas e 20% a internacionais. As viagens internacionais nesse aeroporto representam apenas 5,7% das ocorridas no Estado. Nesse mesmo ano, o A.I.V. foi responsável por apenas 0,53% do trânsito de passageiros em aeroportos desse porte no Estado. Do movimento de 55.427 passageiros, 97% tem por natureza viagens domésticas. No entanto, as cifras são mais representativas quanto ao aspecto transporte de cargas, para o qual ele está mais direcionado. Em 1993 o A.I.V. movimentou 69.097 toneladas de carga (em 1992, 35.500 t), 17% do total entre os três grandes aeroportos do Estado, sendo que 70% desse movimento é de natureza internacional. O movimento de carga postal é baixo, 2,6% do total do Estado (SEADE, 1995).

**Figura 3.2. Movimento de Cargas e Passageiros no Aeroporto Internacional de Viracopos (1985 - 1993)**



Fonte: SEADE, 1992, 1993 b

### 3.2. Subsetor de Transporte Ferroviário

Segundo CANAVARROS (1994), a malha ferroviária presente na Região possui grande importância estratégica. Pode-se destacar o Terminal Graneleiro da FEPASA em Campinas e o Terminal da REPLAN, que atende à refinaria na distribuição de derivados de petróleo para várias regiões do Estado de São Paulo, bem como para outros estados. Os



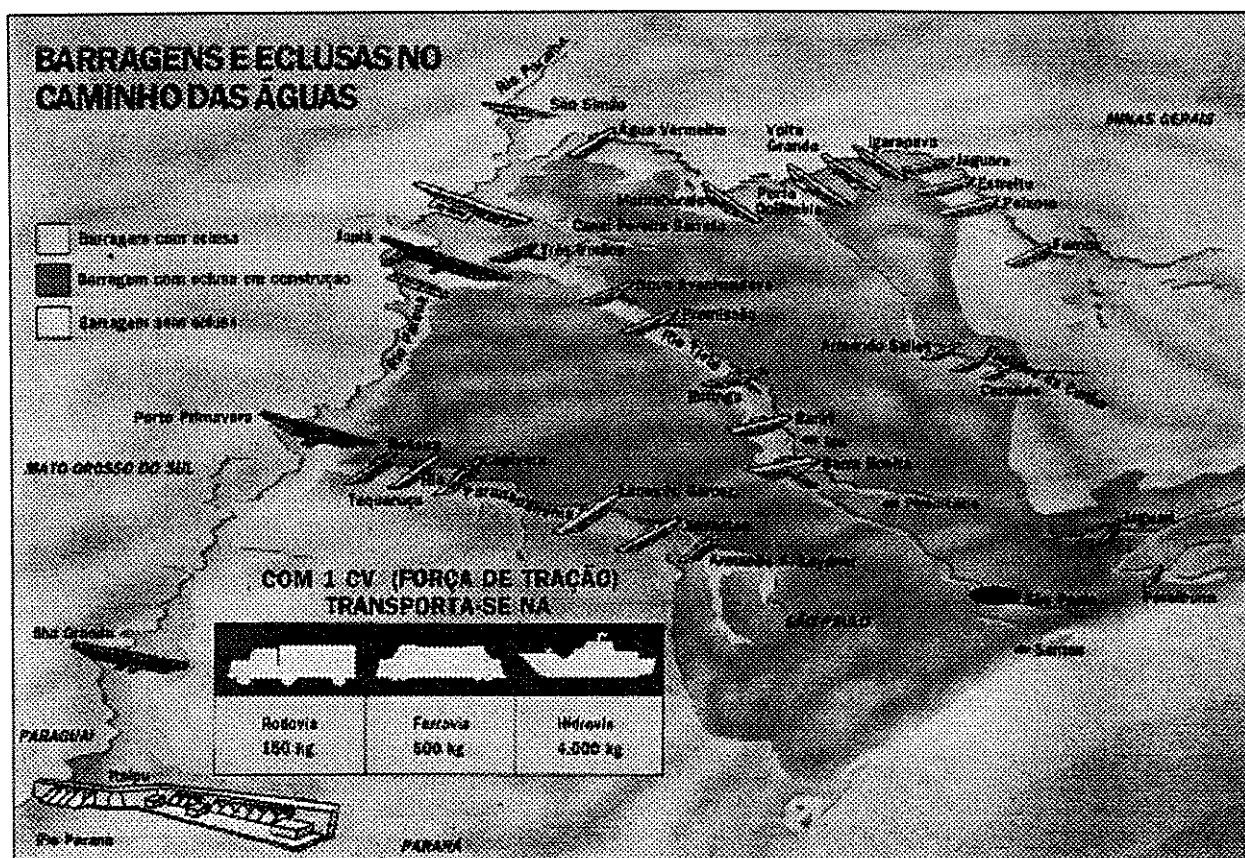
### 3.3. Subsetor de Transporte Hidroviário

A R.A.C. é pouco beneficiada em recursos hídricos navegáveis para transporte interno de cargas e passageiros a volumes significativos, mas possui um ponto de ligação com a hidrovia Tietê-Paraná, que é importante meio de integração com as perspectivas de mercado que se originam com a formação do MERCOSUL.

Na Figura 3.4 pode-se visualizar a Hidrovia Tietê-Paraná e sua proximidade à R.A.C., mais precisamente na região de Piracicaba, em Santa Maria da Serra. Pela cidade Anhumas, que não pertence politicamente à região de estudo, é possível integração às redes rodoviárias da R.A.C., que serão descritas mais adiante.

Atualmente a hidrovia possui 1.040 km navegáveis, desde São Simão no Rio Paranaíba em Goiás até Anhumas no Rio Tietê e Santa Maria da Serra no Rio Piracicaba (REVISTA TRANSPORTE MODERNO, 1993).

Figura 3.4. Rede Hidroviária do Estado de São Paulo



Fonte: BECCARI, 1992



O prolongamento da hidrovia a montante do Reservatório de Barra Bonita permitiu escoamento de mercadorias entre vários centros de produção e consumo. Têm acesso facilitado cidades bastante desenvolvidas como Americana, Campinas, Jundiaí, Limeira e Piracicaba na R.A.C., a capital São Paulo e o Porto de Santos. Pode atender de forma integrada importantes nós de transporte terrestre e estrategicamente a REPLAN em Paulínia (CESP, 1984).

O transporte de grãos desde São Simão até Santa Maria da Serra, com percurso de 770 km sobre água e 8 dias de viagem, já ocorre desde 1991. A Petrobrás Distribuidora tem realizado experiências trazendo álcool da região de Araçatuba até a REPLAN num percurso de 370 km pelo rio (REVISTA TRANSPORTE MODERNO, 1993).

Há duas possibilidades para a execução de novo prolongamento: pelo Rio Piracicaba ou pelo Rio Tietê, com a utilização de eclusas, como descrito a seguir. A construção de uma barragem dotada de sistema de eclusas em Santa Maria da Serra, localizada a cerca de 20 Km de Piracicaba, possibilitará para a Região maior acesso à hidrovia Tietê-Paraná. A elevação dos níveis das águas do Rio Piracicaba é um dos impactos ambientais decorrentes do projeto (CESP, 1984).

A Barragem de Santa Maria da Serra fica a 20 km da foz do Rio Piracicaba no Tietê e seu represamento atingiria o Salto do Piracicaba a 53 km a montante, vencendo um desnível de 17,5 m. O projeto tem como finalidade primeira a navegação, embora permita ainda um aproveitamento hidroelétrico de 10,8 MW. O Salto do Piracicaba é outra dificuldade que implica grandes dispêndios para desapropriações. Outro problema técnico encontrado, além da baixa vazão a montante, é a barragem de Americana, impedindo a ligação com a Bacia do Rio Grande. É importante lembrar que esses projetos podem trazer grandes benefícios econômicos, energéticos e sociais, mas acarretando grandes danos ambientais e contrapondo projetos existentes atualmente, como o de recuperação das Bacias do Piracicaba e Capivari (MARTINS e MONTICELI, 1993).

O prolongamento da hidrovia pelo Rio Tietê não avança pelo centro da R.A.C., mas em direção a São Paulo, que atualmente se encontra a 220 km do final da hidrovia. O projeto seria

viabilizado economicamente com o rateio dos custos das obras entre a navegação e o aproveitamento energético. Há necessidade de instalação de cinco barragens eclusadas (CESP, 1984).

### **3.4. Subsetor de Transporte Rodoviário**

#### **3.4.1. Caracterização da Malha Rodoviária**

A R.A.C. possui uma extensa malha rodoviária asfaltada, que atende a praticamente todos os seus municípios e constitui o principal elo de ligação, escoamento de passageiros e cargas intra e inter-regional. Esta malha é composta quase exclusivamente de rodovias estaduais e municipais. Uma figura da malha rodoviária da R.A.C. é apresentada no Anexo 2.

A única rodovia federal que passa pela Região é a BR-381, ou Rodovia Fernão Dias, que liga a Região Metropolitana de São Paulo à de Belo Horizonte em Minas Gerais, cortando a R.A.C. em sua porção de extremo Sudeste. Vinda de Minas, essa rodovia entra na R.A.C. e no Estado de São Paulo por entre as cidades de Joanópolis e Pedra Bela na Região de Governo de Bragança Paulista, passa próximo à cidade de Bragança Paulista e corta a Rodovia SP-65 (D. Pedro I), na altura de Atibaia, indo então em direção de Guarulhos. Entre as rodovias da Região, estão as principais do Estado. A seguir descreveremos as de maior porte e importância e suas respectivas Médias Diárias de Tráfego de Veículos (MDT).

A aferição da MDT, ou volume médio de trânsito, é efetuada por amostragem, sendo que a coleta estatística é realizada nos meses de abril (4ª e 5ª feira), julho (6ª feira e sábado) e em outubro (domingo, 2ª e 3ª feiras). As estações coletoras estão situadas no meio de cada trecho, dando uma amostra mais legítima do tráfego rodoviário, sem sofrer influência do trânsito local, resultando da soma da contagem do tráfego nas duas direções (SEADE, 1993 a).

**Rodovia Anhangüera - SP-330** - Liga a capital do Estado à região de Uberaba no Triângulo Mineiro. A rodovia corta a R.A.C. vindo da capital, entrando na R.A.C. em seu extremo Sul, próximo à cidade de Cabreúva na Região de Governo de Jundiá; passa então por

Jundiaí, Campinas, Sumaré, Americana, Limeira, Araras, Leme e finalmente por Pirassununga na R.G. de Limeira.

É a rodovia que possui a maior extensão na Região, cerca de 160 km. Possui pista dupla com duas faixas por pista, havendo a ocorrência de trechos com três pistas. O tráfego de veículos é intenso, nas modalidades de carga, passeio e transporte coletivo. O trecho de maior Média Diária de Tráfego está entre Campinas e Sumaré, onde ela recebe o fluxo de veículos das Rodovias Bandeirantes e D.Pedro I. No ano de 1993, a MDT neste trecho foi de 60.800 veículos, sendo composta de 73% veículos de passeio, 22% de carga e 5% ônibus. Entre Sumaré e Americana a MDT passou a ser de 60.780 veículos, decrescendo à medida que se dirige ao interior do Estado. A menor MDT registrada é de 10.831 veículos após a cidade de Pirassununga, com alteração também da proporção das modalidades de veículo: 54% de passeio, 41% de carga e 5% ônibus (SEADE, 1995).

**Rodovia dos Bandeirantes - SP-348** - Proveniente da cidade de São Paulo, entra na R.A.C. em Cabreúva, próximo à intersecção com a Rodovia Anhangüera, seguindo-a paralelamente até a metade do trecho entre Campinas e Sumaré, onde também se encontra a ligação da Anhangüera com a D.Pedro I.

Possuía em 1993 uma distribuição dos tipos de veículos de aproximadamente 80% de passeio, 17% de carga e 3% ônibus em toda sua extensão, apresentando as MDT de 49.000 entre São Paulo e Jundiaí e de cerca de 25.300 entre Jundiaí e Campinas (SEADE, 1995).

A extensão presente na R.A.C. é de cerca de 50 Km e forma junto com a Anhangüera a principal ligação entre a cidade sede da R.A.C. e a capital do Estado. Possui duas pistas com três faixas em cada.

**Rodovia Dom Pedro I - SP-65** - Liga a Rodovia Anhangüera na altura de Campinas à Rodovia Presidente Dutra, BR-116, que dá acesso ao Rio de Janeiro e também ao Litoral Norte de São Paulo. A última cidade da R.A.C. por que passa é Nazaré Paulista na R.G. de Bragança Paulista.

O trecho de maior MDT, 28.777 veículos, está entre a Rodovia Anhangüera e a SP-332 que vai em direção a Paulínia, município em que se encontra a maior refinaria de petróleo do país. O fluxo ainda permanece intenso por poucos quilômetros adiante até a SP-340, que vai em direção à região de São João da Boa Vista, ao Norte. O fluxo de veículos vai decrescendo à medida em que se afasta de Campinas, ficando a MDT em torno de 7.800 veículos entre Itatiba e Nazaré Paulista (SEADE, 1995). Foi duplicada durante a década de 80. Possui duas pistas com duas faixas cada.

**Rodovia Washington Luís - SP-310** - Inicia-se na rodovia Anhangüera próxima a Limeira e segue em direção a São José do Rio Preto a Noroeste do Estado e Goiás. Passa na R.A.C. pelas cidades de Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Rio Claro e Itirapina. Praticamente divide o fluxo da Rodovia Anhangüera em dois. Em 1993, a MDT foi de 16.400 a 18.500 veículos nos trechos entre Cordeirópolis, Rio Claro e Itirapina (SEADE, 1995).

**SP-340** - Parte da Rodovia D. Pedro I no trecho de Campinas em direção ao Norte da R.A.C., possibilitando acesso a Minas Gerais. Passa por Jaguariúna, Mogi Mirim, Mogi Guaçu e Aguai, encontrando-se então com a SP-225. Possui pista dupla com duas faixas cada, tendo trechos com três faixas, num total de cerca de 85 Km.

**Rodovia Santos Dumont - SP-79** - Parte de Campinas rumo Sudoeste indo até Salto, passando por Indaiatuba. Dá acesso à região de Sorocaba e à Rodovia Castelo Branco (SP-280) através da Rodovia do Açúcar (SP-300). Possui pista dupla com duas faixas cada, tendo trechos com três faixas.

**Rodovia Luiz de Queiroz - SP-304** - Liga a Rodovia Anhangüera, no trecho próximo a Americana, à cidade de Piracicaba. Possui pista dupla com duas faixas cada até Piracicaba, prolongando-se então em pista única até Santa Maria da Serra.

Não há dados disponíveis sobre o tráfego nas três últimas rodovias acima. As rodovias de pista única não serão descritas devido ao grande número existente e à falta de mais dados. Os valores das MDT apresentadas podem ser vistos com maiores detalhes no Anexo 3.

Além destas rodovias, a R.A.C. possui uma extensa rede de rodovias municipais que não estarão descritas detalhadamente devido a sua complexidade. Esta rede compreende uma extensão de cerca de 20.000 km sendo aproximadamente 96% não pavimentada. Comparada à rede municipal de Estado, esta rede representa cerca de 11% do total. Os dados sobre a rede rodoviária municipal por Região de Governo estão apresentados no Anexo 4.

### 3.4.2. Caracterização da Frota

Os dados oficiais sobre a frota de veículos da R.A.C. não estão disponíveis no momento. É de se destacar a grande dificuldade existente para acesso a essas informações atualmente. As informações para continuidade do trabalho somente se tornaram possíveis através de contatos pessoais diretamente junto a algumas Delegacias de Trânsito. Mesmo assim, muitas não possuem recursos para compilar e organizar as estatísticas. A caracterização será feita através de estimativas.

#### 3.4.2.1. Estimativa da Frota

Estimativas serão aplicadas como recurso para desenvolvimento e registro no trabalho, utilizando como principal ferramenta a frota veicular existente na cidade de Campinas e de outras cidades da R.A.C. apresentadas abaixo.

**Tabela 3.4. Índice de Veículos em Relação à População em  
Algumas Cidades da R.A.C. - 1993**

| <b>Cidade</b>       | <b>Veíc./mil hab.</b> | <b>Hab./Veíc.</b> | <b>Habitantes</b> | <b>Veículos</b> |
|---------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Bragança Paulista   | 133                   | 7,52              | 103.295           | 13.738          |
| Campinas *          | 293                   | 3,41              | 873.612           | 256.070         |
| Indaiatuba          | 103                   | 9,71              | 110.515           | 11.383          |
| Itatiba             | 134                   | 7,46              | 65.231            | 8.741           |
| Jundiaí *           | 375                   | 2,67              | 291.219           | 109.196         |
| Paulínia            | 123                   | 8,13              | 40.068            | 4.928           |
| Rio Claro           | 163                   | 6,13              | 141.593           | 23.080          |
| <b>Médias/Total</b> | <b>263</b>            | <b>3,81</b>       | <b>1.625.533</b>  | <b>427.136</b>  |

Fonte: Melo, 1994

\* Dados de Campinas e Jundiaí obtidos por contato pessoal junto aos CIRETRAN das respectivas cidades

As sete cidades mostradas na Tabela 3.4 representam 36% da população existente na R.A.C. Comparando-se os valores da tabela anterior com as populações apresentadas no Anexo 1, nota-se a existência de um certo grau de correlação entre as frotas e o número de habitantes nos municípios, ou seja, quanto maior a população, maior a área urbana ocupada e, conseqüentemente, maiores as distâncias a serem percorridas e maior a necessidade do uso de veículos. Outro fator é o maior poder aquisitivo da população das grandes cidades (Tabela 2.3), o que implica numa tendência ao aumento do número *per capita* de veículos nestes municípios.

Há grande variação entre as densidades veiculares nos municípios da Região apontados acima, mesmo sendo a maioria das cidades pertencentes à Região de Governo de Campinas ou situadas bastante próximas a ela.

Os índices apresentados nestas cidades são comparáveis aos de alguns países desenvolvidos: o valor de 2,67 hab./veic. em Jundiaí é próximo à média da Espanha de 2,5 hab./veic. em 1992, ou próximo aos índices do Japão e do Reino Unido entre 1984 e 1986 (ANFAVEA, 1994). Há também cidades cujos índices são próximos aos de países menos ricos como a Iugoslávia e o México. Os índices de veículos por habitantes nestes e em alguns outros países podem ser vistos no Anexo 5.

Para a estimativa do número de veículos para os 64% restantes da população, trabalharemos com as médias ponderadas dos números de habitantes por veículo apresentados na tabela anterior, com separação em três categorias de municípios: menores que 100 mil, entre 100 e 200 mil e maiores que 200 mil habitantes. Para a primeira faixa foram utilizados os valores das frotas e populações das cidades de Itatiba e Paulínia; para a segunda, Bragança Paulista, Indaiatuba e Rio Claro e para a última faixa os valores das cidades de Campinas e Jundiaí, obtendo-se os valores da tabela a seguir.

Aplicando-se os valores adotados e utilizando os dados sobre população apresentada no Anexo 1, chega-se a uma estimativa de 895.171 veículos na R.A.C. em 1993. Isso equivale a uma média de 199 veículos para cada 1.000 habitantes, ou cerca de 5 habitantes por veículo, mostrando a discrepância da Região em relação ao restante do país, uma vez que em 1992, foi

estimado no Brasil um índice de 11,3 habitantes por veículo (ANFAVEA, 1994). O índice de 5 hab./veíc. é próximo aos 4,9 hab./veíc. da Polônia em 1992. Os países mais desenvolvidos da Europa e os Estados Unidos já apresentavam índices bem mais reduzidos durante a década de 70.

**Tabela 3.5. Índice de Veículos em Relação à População  
Calculados para as Cidades da R.A.C.**

| <b>Tamanho das Cidades<br/>(Número de Habitantes)</b> | <b>Veículos por<br/>1000 Habitantes</b> | <b>Habitantes por<br/>Veículo</b> |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| Até 100.000                                           | 130                                     | 7,70                              |
| De 100.000 até 200.000                                | 136                                     | 7,37                              |
| Acima de 200.000                                      | 314                                     | 3,19                              |

Na tabela 3.6. a seguir estão apresentados o número de veículos por categoria na cidade de Campinas entre 1990 e 1993.

**Tabela 3.6. Veículos Licenciados na 7a. CIRETRAN - Campinas**

| <b>Tipo de Veículo</b> | <b>1990</b>    | <b>1991</b>    | <b>1992</b>   | <b>1993</b>    |
|------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| Automóvel              | 164.275        | 205.611        | 171.000       | 204.197        |
| Motocicleta            | 15.564         | 13.333         | 14.200        | 12.921         |
| Picape                 | 7.037          | 7.006          | 9.200         | 10.474         |
| Utilitário             | 6.733          | 7.919          | 7.500         | 10.448         |
| Caminhão               | 8.111          | 8.005          | 7.800         | 9.061          |
| Reboque                | 2.087          | 2.106          | 2.800         | 4.262          |
| Ônibus                 | 1.986          | 2.128          | 2.100         | 4.707          |
| <b>Total</b>           | <b>205.793</b> | <b>246.108</b> | <b>214600</b> | <b>256.070</b> |

Fonte: Contato Pessoal na 7a. CIRETRAN - Campinas

Os tipos de veículos apontadas na Tabela 3.6 acima possuem características diferentes entre si, tanto em caráter construtivo como de uso. Os automóveis são os veículos automotores leves movidos a álcool e a gasolina utilizados para o transporte de passageiros. Alguns tipos de automóveis têm uso misto mas esta finalidade será desconsiderada para esta categoria. As motocicletas englobam os veículos motorizados de duas rodas em todos os níveis de potência.

As picapes constituem os veículos dotados de caçamba, com peso até 3,5 toneladas. Os utilitários compreendem as peruas, “jeeps” e “vans”. Estes dois tipos de veículos são conhecidos como a categoria dos comerciais leves e são movidos a álcool, gasolina e óleo diesel.

Os caminhões são os veículos de carga com peso bruto superior a 3,5 toneladas e não serão consideradas diferenças entre seus portes e tipos durante as análises. Juntamente com os ônibus, formam a classe dos veículos comerciais pesados. Os reboques são veículos não motorizados e que são tracionados pelos outros tipos. Há reboques pequenos que podem ser puxados por automóveis ou comerciais leves, bem como reboques de grande porte tracionados por caminhões.

Novamente por falta de informações disponíveis, a estimativa da estrutura da frota veicular da Região será baseada na média da cidade de Campinas entre os anos de 1990 a 1993. Estes valores estão sendo assumidos pelo fato de que o número de veículos na cidade de Campinas representa 29% da frota estimada. Desta forma, chega-se ao percentual e o número de veículos existentes por tipo na Região, mostrado na tabela abaixo.

**Tabela 3.7. Porcentagem e Número de Veículos Estimados por Tipo para a Frota da R.A.C. - 1993**

| <b>Tipo de Veículo</b> | <b>(%)</b> | <b>Número</b>  |
|------------------------|------------|----------------|
| Automóvel              | 80,8       | 723.298        |
| Motocicleta            | 6,1        | 54.606         |
| Picape                 | 3,7        | 33.121         |
| Caminhão               | 3,6        | 32.226         |
| Reboque                | 1,2        | 10.742         |
| Ônibus                 | 1,1        | 9.847          |
| Utilitário             | 3,5        | 31.331         |
| <b>Total</b>           | <b>100</b> | <b>895.171</b> |

Comparando os dados acima com as estatísticas de veículos em Salvador/BA em 1992, apresentada por NOGUEIRA et alli (1993), é notado que, além do número de veículos da frota, as proporções de cada categoria de veículo são muito parecidas. Analisando as



estatísticas para Salvador percebe-se que a cidade possui uma frota de cerca de 252.000 veículos e que destes, 80,6% são automóveis, 4,5% motocicletas, 7,9% picapes, 3,9% caminhões, 0,8% reboques e 2,2% ônibus. A diferença entre as percentagens de veículo na frota é admissível pelas próprias características regionais e pela maneira como são compiladas as estatísticas. Por exemplo, em Salvador não está explícita a categoria dos utilitários que pode estar contabilizada em conjunto com os automóveis ou entre as picapes.

Outro ponto a ser também levado em consideração, é o fato de Salvador ser uma Região Metropolitana com cerca de 2,5 milhões de habitantes, tendo portanto algumas características parecidas com a R.A.C. como, por exemplo, possuir um forte centro industrial e ser um polo de atração regional. Tal fato reforça a hipótese de se utilizar a proporção mostrada na Tabela 2.10 para estimativa do número de veículos da R.A.C. Os dados sobre Salvador estão apresentados agregados para os veículos anteriores a 1989 (com cinco ou mais anos de uso) e de ano a ano entre 1990 e 1992, por categoria de veículo, e serão utilizados para comparação com as estimativas para a R.A.C.

#### **3.4.2.2. Idade da Frota**

É importante para o desenvolvimento futuro do trabalho o conhecimento de algumas características sobre a frota, tais como a idade média e os tipos de combustíveis utilizados. A idade da frota estará sendo representada pelos agrupamentos anos-modelo, os quais se referem ao total existente de veículos fabricados num determinado ano e que carregam consigo características próprias, tais como avanços tecnológicos, introdução de novos modelos, etc. Esta é uma informação bastante importante pois, a partir da estrutura percentual de anos-modelo adotada, define-se os resultados de quilometragem rodada e os fatores de emissão médios para a frota.

Para a estimativa do percentual de cada ano-modelo na frota da R.A.C. foram estudadas três metodologias, baseadas em índices de retirada de veículos, também conhecidos como taxas de sucateamento ou ainda taxas de sobrevivência. A escolha da melhor metodologia foi feita a partir da aplicação das taxas de sucateamento apresentadas em cada modelo, aos valores de venda de veículos no Brasil apresentados pela ANFAVEA (1994), e da

comparação do resultado obtido com a estimativa da frota em circulação no país em 1993, seguindo dados apresentados também pela mesma referência.

O primeiro método baseia-se num estudo realizado pela CETESB (1986), o qual indicou que a vida-média da frota de um determinado ano-modelo é de cerca de 11 anos, sendo que em média cada ano-modelo permanece na frota 22 anos. O resultado obtido da aplicação deste modelo aos dados de venda no país resulta numa diferença de número de veículos 36% inferior à frota estimada em circulação no país.

O segundo modelo estudado foi baseado numa curva das taxas de sobrevivência elaborada pela Mercedes-Benz do Brasil (MBB, 1989). A curva considera, para os veículos comerciais a diesel, caminhões e ônibus, uma permanência na frota de 16 anos. Uma extrapolação desta curva foi aplicada para os automóveis considerando uma permanência de 22 anos na frota. A diferença obtida, em relação à frota estimada em circulação no país, foi 5% inferior.

O terceiro método foi elaborado a partir dos índices de sucateamento, para as várias categorias de veículos, determinados em estudo realizado pela SEPLATEC - Serviços, Planejamento e Assessoria Técnica Ltda. (GONÇALVES DOS REIS, 1991) e apresentados por BAJAY et alli (1991). Os índices de sucateamento deste modelo estão apresentados na tabela abaixo.

**Tabela 3.8. Taxas de Sucateamento para Diversas Categorias de Veículos (%)**

| Categoria                           | Limite de Vida<br>Útil (Anos) | Taxa de Sucateamento<br>1º ao 10º ano | Taxa de Sucateamento<br>10º ano em diante |
|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
| Automóveis e Utilitários            | 19                            | 1,0                                   | 1,8                                       |
| Caminhões Leves                     | 16                            | 1,0                                   | 3,0                                       |
| Caminhões Médios e<br>Semipesados   | 18                            | 1,0                                   | 2,3                                       |
| Caminhões Pesados e<br>Extrapesados | 20                            | 1,0                                   | 1,45                                      |
| Ônibus e Microônibus                | 18                            | 1,0                                   | 2,3                                       |

Fonte: SEPLATEC, 1991

Para aplicação das taxas apresentadas na tabela anterior, foi considerado o tempo de vida de 18 anos e a taxa de retirada de 2,3% ao ano, a partir do décimo ano, como média para a categoria dos caminhões. As mesmas taxas de sucateamento dos utilitários foram aplicadas para as picapes. O resultado obtido foi apenas 2% superior à frota estimada para o Brasil, sendo esta a metodologia escolhida para o cálculo em função da menor diferença obtida.

As taxas de retirada de veículos da Tabela 3.8. são então aplicadas aos valores de venda de cada tipo de veículo em cada ano de fabricação no Brasil, contidos no Anexo 6. Com este procedimento, obtem-se então, uma estimativa do número de veículos em circulação no País, que é apresentado no Anexo 7.

Com estes dados é possível verificar-se o perfil da idade da frota nacional nas diferentes categorias de veículos e sua distribuição percentual. Este perfil da frota nacional de veículos será aplicado ao total de cada tipo de veículo da frota da R.A.C. Esta consideração leva em conta a grande participação da Região em relação ao Estado de São Paulo que, por sua vez, é responsável por 40% do total de venda de veículos no País. A participação de cada ano-modelo por categoria de veículo para a R.A.C. está apresentada no Anexo 8 e foi obtida a partir do Anexo 7.

As estimativas dos tipos de combustíveis utilizados pela frota veicular da Região também são baseadas nos dados de venda de veículos no mercado interno no período, sendo adotadas as mesmas proporções admitindo-se as seguintes considerações: automóveis movidos a gasolina e a álcool, motocicletas movidas a gasolina e os caminhões e ônibus considerados todo movidos a Diesel, devido à pequena participação dos outros combustíveis nas respectivas categorias (ANFAVEA, 1994). Os percentuais de veículos por tipo de combustível, ano-modelo e categoria de veículo estão apresentados no Anexo 9. Nas tabelas a seguir estão mostradas as frotas de cada categoria de veículo estimadas segundo o tipo de combustível e ano de fabricação.

Voltando a comparar as estimativas com as estatísticas de Salvador, percebe-se que as percentagens de automóveis com cinco ou mais anos de uso são bastante próximas: 76,5% na R.A.C. e 78,5% em Salvador. As percentagens para as motocicletas com cinco anos ou mais

de uso também são próximas, sendo 77% na R.A.C. e 78% em Salvador. Essa ligeira diferença pode ser devida a uma pequena quantidade de veículos mais novos na R.A.C. ou, pelo fato das estimativas da R.A.C. para o ano de 1993, que levaram em conta a venda de veículos no Brasil, estarem sendo comparadas com estatísticas de 1992 em Salvador, ano em que houve certa instabilidade política e econômica e menores vendas de veículos no país.

**Tabela 3.9. Estimativa do Número de Automóveis  
por Tipo de Combustível e Ano de Fabricação na R.A.C.**

| <b>Ano</b>      | <b>Gasolina</b> | <b>Álcool</b>  | <b>Total</b>   |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| 1975            | 34.729          | -              | 34.729         |
| 1976            | 37.166          | -              | 37.166         |
| 1977            | 36.934          | -              | 36.934         |
| 1978            | 44.224          | -              | 44.224         |
| 1979            | 46.632          | 140            | 46.772         |
| 1980            | 32.577          | 12.985         | 45.562         |
| 1981            | 18.681          | 7.520          | 26.201         |
| 1982            | 20.527          | 12.635         | 33.162         |
| 1983            | 4.248           | 32.689         | 36.937         |
| 1984            | 1.778           | 31.142         | 32.920         |
| 1985            | 1.504           | 36.102         | 37.606         |
| 1986            | 3.350           | 39.057         | 42.407         |
| 1987            | 1.463           | 24.662         | 26.125         |
| 1988            | 4.156           | 31.674         | 35.830         |
| 1989            | 14.370          | 22.476         | 36.846         |
| 1990            | 30.357          | 4.616          | 34.973         |
| 1991            | 30.084          | 8.584          | 38.668         |
| 1992            | 27.615          | 11.062         | 38.677         |
| 1993            | 42.133          | 15.426         | 57.559         |
| <b>Subtotal</b> | <b>432.528</b>  | <b>290.770</b> | <b>723.298</b> |

**Tabela 3.10. Estimativa do Número de Motocicletas  
por Ano de Fabricação na R.A.C.**

| <b>Ano</b>   | <b>Número</b> |
|--------------|---------------|
| 1975         | 2.481         |
| 1976         | 2.526         |
| 1977         | 2.571         |
| 1978         | 2.619         |
| 1979         | 2.667         |
| 1980         | 2.715         |
| 1981         | 2.766         |
| 1982         | 2.817         |
| 1983         | 2.868         |
| 1984         | 2.923         |
| 1985         | 2.951         |
| 1986         | 2.980         |
| 1987         | 3.009         |
| 1988         | 3.041         |
| 1989         | 3.073         |
| 1990         | 3.102         |
| 1991         | 3.134         |
| 1992         | 3.166         |
| 1993         | 3.197         |
| <b>Total</b> | <b>54.606</b> |

Obs: todas a gasolina

**Tabela 3.11. Estimativa do Número de Picapes  
por Tipo de Combustível e Ano de Fabricação na R.A.C.**

| <b>Ano</b>      | <b>Gasolina</b> | <b>Álcool</b> | <b>Diesel</b> | <b>Total</b>  |
|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| 1975            | 1.097           | -             | 11            | 1.108         |
| 1976            | 973             | -             | 22            | 995           |
| 1977            | 576             | -             | 42            | 618           |
| 1978            | 731             | -             | 73            | 804           |
| 1979            | 801             | 16            | 299           | 1.116         |
| 1980            | 629             | 273           | 377           | 1.279         |
| 1981            | 267             | 142           | 691           | 1.100         |
| 1982            | 245             | 298           | 891           | 1.434         |
| 1983            | 97              | 675           | 590           | 1.362         |
| 1984            | 51              | 1.038         | 613           | 1.702         |
| 1985            | 57              | 1.213         | 552           | 1.822         |
| 1986            | 106             | 1.434         | 581           | 2.121         |
| 1987            | 100             | 1.327         | 501           | 1.928         |
| 1988            | 170             | 1.318         | 773           | 2.261         |
| 1989            | 651             | 1.028         | 956           | 2.635         |
| 1990            | 1.462           | 227           | 802           | 2.491         |
| 1991            | 1.416           | 471           | 774           | 2.661         |
| 1992            | 1.186           | 659           | 652           | 2.497         |
| 1993            | 1.479           | 771           | 937           | 3.187         |
| <b>Subtotal</b> | <b>12.094</b>   | <b>10.890</b> | <b>10.137</b> | <b>33.121</b> |

As percentagens de veículos com mais de cinco anos para as picapes são também bastante próximas entre a R.A.C. e Salvador, 67% e 65%, respectivamente. Já os utilitários apresentados a seguir, não há como compará-los, pois não é mostrada esta categoria nas estatísticas de Salvador e não há como saber em que categorias e de que forma foram contabilizados.

**Tabela 3.12. Estimativa do Número de Utilitários  
por Tipo e Ano de Fabricação na R.A.C.**

| <b>Ano</b>      | <b>Gasolina</b> | <b>Álcool</b> | <b>Diesel</b> | <b>Total</b>  |
|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| 1975            | 3.294           | -             | 7             | 3.301         |
| 1976            | 3.577           | -             | 14            | 3.591         |
| 1977            | 2.309           | -             | 21            | 2.330         |
| 1978            | 2.509           | -             | 30            | 2.539         |
| 1979            | 2.367           | 2             | 29            | 2.398         |
| 1980            | 1.773           | 35            | 39            | 1.847         |
| 1981            | 792             | 35            | 43            | 870           |
| 1982            | 592             | 415           | 43            | 1.050         |
| 1983            | 262             | 577           | 30            | 869           |
| 1984            | 162             | 905           | 34            | 1.101         |
| 1985            | 146             | 759           | 40            | 945           |
| 1986            | 271             | 822           | 52            | 1.145         |
| 1987            | 253             | 775           | 64            | 1.092         |
| 1988            | 354             | 1.066         | 86            | 1.506         |
| 1989            | 771             | 582           | 73            | 1.426         |
| 1990            | 1.137           | 122           | 71            | 1.330         |
| 1991            | 802             | 88            | 74            | 964           |
| 1992            | 958             | 160           | 32            | 1.150         |
| 1993            | 1.556           | 295           | 26            | 1.877         |
| <b>Subtotal</b> | <b>23.885</b>   | <b>6.638</b>  | <b>808</b>    | <b>31.331</b> |

Para os caminhões e ônibus, apresentados na página a seguir, as percentagens de veículos com cinco ou mais anos são também bastante próximas. Os caminhões da R.A.C. com este tempo de uso compõem 83% desta categoria de veículo e em Salvador 86%. Já os ônibus com esta faixa etária são 70% na R.A.C. e 73% em Salvador.

**Tabela 3.13. Estimativa do Número de Caminhões e Ônibus  
por Ano de Fabricação na R.A.C.**

| <b>Ano</b>      | <b>Caminhões</b> | <b>Ônibus</b> |
|-----------------|------------------|---------------|
| 1976            | 1.878            | 487           |
| 1977            | 2.546            | 546           |
| 1978            | 2.310            | 551           |
| 1979            | 2.340            | 548           |
| 1980            | 2.512            | 561           |
| 1981            | 1.732            | 457           |
| 1982            | 1.300            | 409           |
| 1983            | 1.070            | 343           |
| 1984            | 1.362            | 320           |
| 1985            | 1.839            | 385           |
| 1986            | 2.427            | 462           |
| 1987            | 1.946            | 553           |
| 1988            | 1.931            | 720           |
| 1989            | 1.713            | 532           |
| 1990            | 1.481            | 571           |
| 1991            | 1.502            | 954           |
| 1992            | 939              | 787           |
| 1993            | 1.398            | 661           |
| <b>Subtotal</b> | <b>32.226</b>    | <b>9.847</b>  |

Obs: todos a diesel

Os dados obtidos oficialmente em Salvador, quando comparados aos dados estimados pelos índices de sucateamento adotados e pelos valores de venda de veículos no país por ano e por tipo de combustível, fornecem bom grau de confiabilidade na metodologia utilizada para as estimativas da R.A.C., visto que são pequenas as diferenças entre as faixas de idade obtidas.



# Capítulo 4

## Características e Consumo de Energia no Setor de Transportes da R.A.C.

Segundo CANAVARROS (1994), o setor de transportes foi responsável por cerca de 29% do consumo de energia na Região em 1992, valor próximo aos 30% de participação do mesmo setor no consumo do Estado de São Paulo; valores altos se comparados ao Brasil no qual sua participação atinge apenas 20%.

Esses valores destacam a intensidade e a relevância do uso de energia com a finalidade de tração para o transporte na Região e no Estado de São Paulo, conforme pode ser conferido na tabela a seguir.

**Tabela 4.1. Participação Percentual do Setor de Transportes no Consumo Total de Energia na R.A.C., Estado de São Paulo e Brasil**

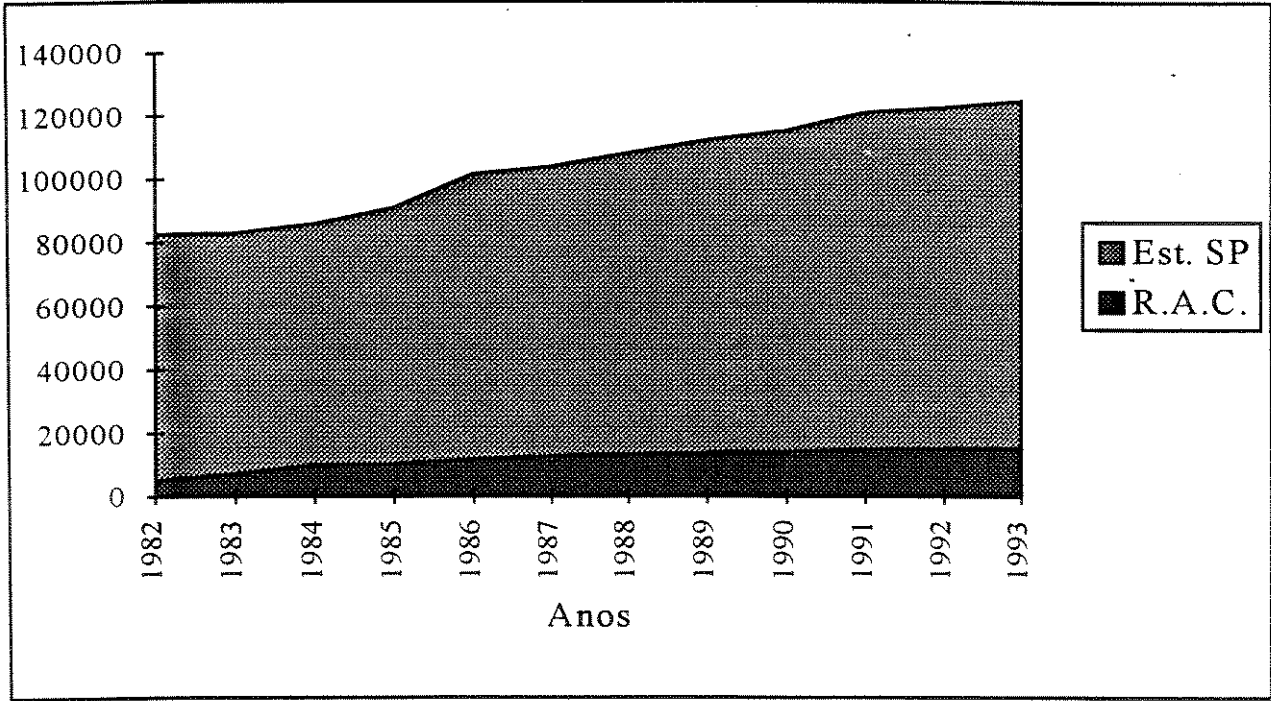
| Ano            | 1982 | 1985 | 1988 | 1990 | 1991 | 1993 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|
| R.A.C.         | 16,0 | 25,6 | 27,7 | 27,8 | 28,8 | 29,2 |
| Est. São Paulo | 25,5 | 28,0 | 29,5 | 30,4 | 30,8 | 30,0 |
| Brasil         | 20,2 | 17,9 | 18,1 | 19,1 | 19,5 | 19,3 |

Fonte: BARONE, 1990  
CANAVARROS, 1994  
CESP, 1994  
MME, 1994

Apenas para melhor situar este aspecto, verifica-se que a participação deste setor é de 24% no Japão, 25% na Alemanha e França, 30% no Reino Unido, 35% nos Estados Unidos e 38% na Itália (MARTIN, 1992).

Para o estudo em questão foi adotado o período de 1982 a 1993, em função da disponibilidade dos dados e confiabilidade das informações. A evolução do consumo de energia pelo Setor de Transportes da Região em comparação ao Estado está mostrada na figura a seguir. Os valores de consumo são apresentados em calorias, e não em Joule (Unidade Internacional), em razão das fontes utilizadas no trabalho estarem também nesta unidade.

**Figura 4.1. Consumo de Energia no Setor de Transportes no Estado de São Paulo e na R.A.C. (10<sup>9</sup> kcal)**



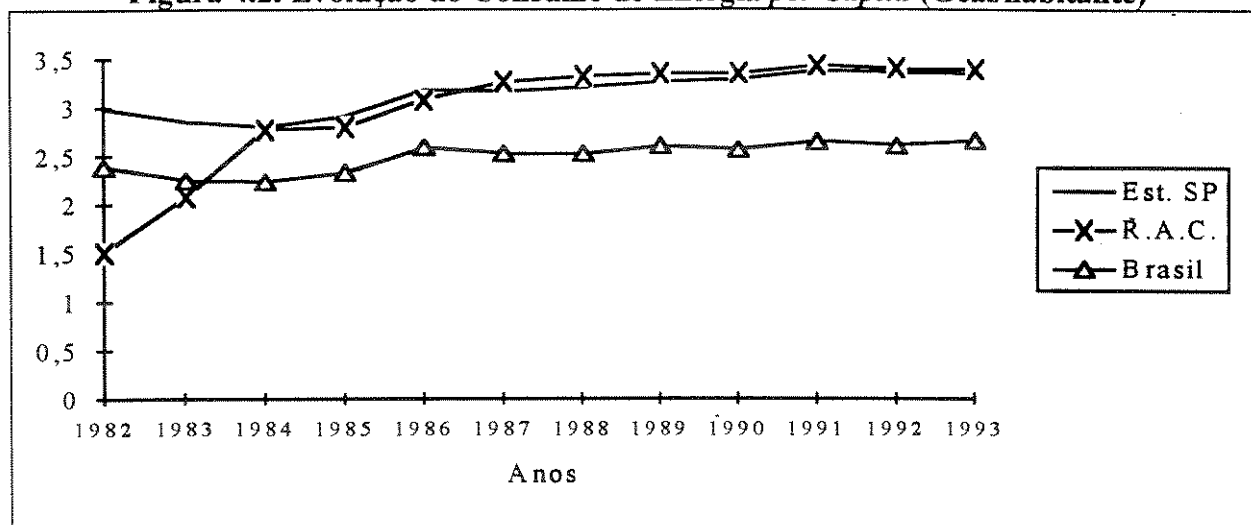
Fonte: BARONE, 1990  
C.E.S.P., 1994  
\* 1kcal = 4,184 kJoules

Os dados de 1982 até 1987 foram extraídos de BARONE (1990), principal base de dados para o trabalho. Já os de 1988 a 1993, foram estimados a partir das tendências das taxas de crescimento do Estado de São Paulo (CESP, 1994). O consumo no Estado é a referência mais próxima à R.A.C., sendo que ela própria tem participação considerável sobre este consumo. As planilhas de consumo de combustíveis e energia para o setor de transportes no Estado de São Paulo estão apresentadas no Anexo 10.

O consumo estimado para o setor de transportes da R.A.C. no ano de 1993 é de 15.647 bilhões de kcal, representando 14,3% do consumo total de energia projetado para o mesmo setor no Estado. Este valor é também bastante próximo ao da participação da população da Região no Estado, como visto no primeiro capítulo. As estimativas são próximas às realizadas por CANAVARROS (1994), apesar de fontes e metodologias diferentes terem sido seguidas.

Durante o período trabalhado por BARONE (1990), o setor praticamente duplicou sua participação no consumo de energia para transporte no Estado. De um valor de apenas 6,6% em 1982, atinge 13,9% em 1987. Estes dados mostram um aumento *per capita* bastante considerável de 1,51 Gcal /habitante em 1980, para 3,39 Gcal /habitante em 1993. O Gráfico abaixo mostra a evolução do consumo *per capita* de energia para transporte.

**Figura 4.2. Evolução do Consumo de Energia *per Capita* (Gcal/habitante)**



Fonte: BARONE, 1990

M.M.E., 1994

SEADE, 1992

IBGE, 1992

\* 1 Gcal/Habitante = 4,186 GJoule/Habitante

O consumo *per capita* cresceu rapidamente em função das altas taxas de aumento no consumo verificadas entre 1982 e 1984 por BARONE (1990) nos principais combustíveis utilizados. Entre 1984 e 1986, o consumo *per capita* acompanhou as tendências do Estado, o que reforça o uso das mesmas como referências para as estimativas da R.A.C. Em 1987 o consumo *per capita* da R.A.C. supera o do Estado e segundo as estimativas atinge o valor de 3,39 Gcal/hab. em 1993, superior à média do Estado que é de 3,35. Os dados a seguir

apresentam a evolução do consumo por categoria de energéticos pelo setor de transportes da Região.

**Tabela 4.2. Consumo Final de Energia Estimado por Categoria de Energéticos no Setor de Transportes da R.A.C. (10<sup>9</sup> k cal \*\*)**

| Ano             | 1982 * | 1985 * | 1988   | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Deriv. Petróleo | 4.438  | 8.475  | 10.229 | 11.149 | 11.763 | 12.121 | 12.503 |
| Biomassa        | 606    | 1.754  | 3.016  | 3.027  | 3.156  | 3.085  | 3.030  |
| Elettricidade   | 71     | 98     | 102    | 104    | 109    | 111    | 114    |
| Total           | 5.115  | 10.327 | 13.347 | 14.280 | 15.028 | 15.317 | 15.647 |

Fonte: \* BARONE, 1990; demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento do Est. SP (CESP, 1994)

\*\* 1kcal = 4,184 kJoules

Nota-se um aumento geral da ordem de 200% no consumo total, bastante superior aos encontrados em São Paulo e no Brasil, que são de 41% e 34%, respectivamente. Mas, analisando de forma isolada cada categoria de energético, vemos que o maior crescimento foi da biomassa, com uma taxa geométrica de 15,8% ao ano, superior aos valores de 12,5% ocorrido em São Paulo e 11,2% no Brasil. Já os derivados de petróleo, principais contribuintes deste crescimento, tiveram taxa de 9,87% ao ano, valor elevado se comparado ao Estado e ao País, que tiveram este índice em torno de 1,7%. A eletricidade cresceu em média 4,4% ao ano, valor similar ao País. Na tabela abaixo vemos a estrutura percentual de consumo da Região comparativamente ao Estado e ao País no início e fim do período.

**Tabela 4.3. Estrutura de Consumo de Energia por Categoria de Energético na R.A.C., Estado de São Paulo e Brasil (%)**

| Ano  | Categoria             | R.A.C. | Est. SP | Brasil |
|------|-----------------------|--------|---------|--------|
| 1982 | Derivados de Petróleo | 86,8   | 89,0    | 91,7   |
|      | Biomassa              | 11,8   | 10,3    | 7,3    |
|      | Elettricidade         | 1,4    | 0,7     | 1,1    |
| 1993 | Derivados de Petróleo | 79,9   | 78,3    | 81,7   |
|      | Biomassa              | 19,4   | 21,0    | 17,3   |
|      | Elettricidade         | 0,7    | 0,7     | 1,0    |

Fonte: BARONE, 1990

C.E.S.P., 1994

M.M.E., 1994

Nota-se que as modificações se deveram em grande parte às variações entre as participações dos derivados de petróleo e a biomassa. Os dados mostram que a R.A.C. em

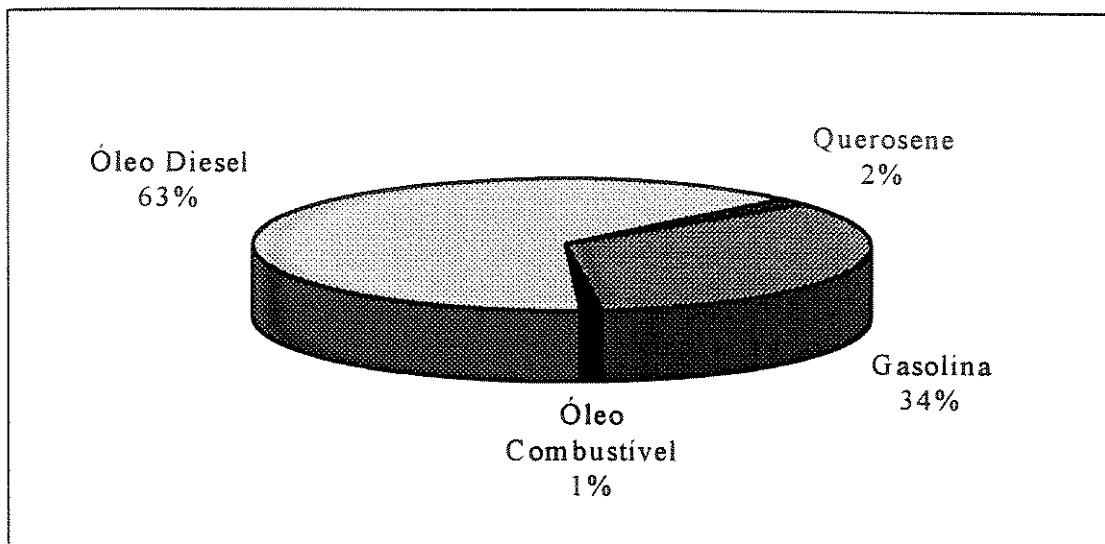
1982 já possuía 12% de participação da biomassa em sua estrutura, mostrando significativo avanço no uso desse tipo de energético, em grande parte sendo adicionado à gasolina como veremos posteriormente. Em 1993 passou para 19,4%, com uma variação similar ao Estado de São Paulo.

A seguir, são apresentados os consumos de combustíveis e energia por categoria e por tipo, sendo os valores de 1982 a 1987 extraídos de BARONE (1990) e os restantes, obtidos por elaboração própria, segundo as estimativas realizadas com as mesmas taxas de crescimento do Estado de São Paulo (CESP, 1994).

#### 4.1. Consumo de Derivados de Petróleo

Conforme apresentado, os derivados de petróleo representam a maior parte do consumo em termos energéticos, cerca de 84% do total, correspondendo a  $12.503 \times 10^9$  kcal. A categoria inclui a gasolina, o óleo diesel, o óleo combustível e o querosene. A composição do consumo dessa categoria no ano de 1993 está apresentada na Figura abaixo.

**Figura 4.3. Estrutura de Consumo de Derivados de Petróleo na R.A.C. em 1993 (%)**



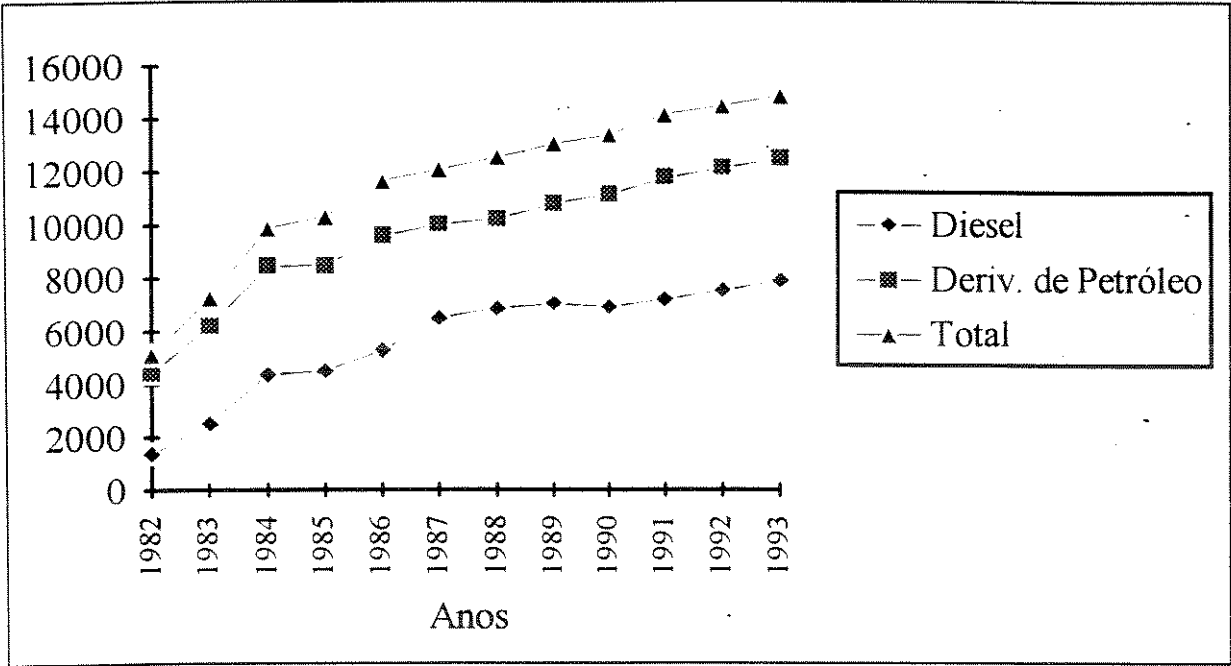
A seguir são apresentadas as características e evoluções do consumo de cada tipo de derivado de petróleo.

4.1.1. Consumo de Óleo Diesel

O óleo diesel, em termos energéticos, foi o maior contribuidor no consumo de energia pelo Setor de Transportes na Região, sendo responsável em 1993 por 50% do total de energia consumida e por 63% dos derivados de petróleo.

A evolução de sua contribuição pode ser vista na Figura a seguir e na Tabela da página seguinte.

Figura 4.4. Evolução do Consumo de Óleo Diesel na R.A.C. (10<sup>9</sup> kcal)



\* 1kcal = 4,184 kJoules

Seu consumo, que em 1982 representava apenas 27% do total e 31% entre o dos derivados de petróleo, aumentou numa taxa geométrica média de 17% ao ano durante o período de estudo. O uso deste energético está difundido em três setores: rodoviário, ferroviário e hidroviário, sendo o primeiro seu maior consumidor com cerca de 97% do total. Os outros dois setores representaram em 1993 apenas 2% e 1% respectivamente.

O alto incremento verificado em seu consumo nos primeiros anos do período por BARONE (1990) contradiz as tendências ocorridas no Estado de São Paulo e no País, nos quais o crescimento foi muito pequeno e até mesmo negativo.

**Tabela 4.4. Consumo de Óleo Diesel na R.A.C.**

| Ano  | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | 10 <sup>9</sup> k cal* |
|------|--------------------------------|------------------------|
| 1982 | 159                            | 1.380                  |
| 1983 | 292                            | 2.532                  |
| 1984 | 504                            | 4.362                  |
| 1985 | 521                            | 4.514                  |
| 1986 | 608                            | 5.266                  |
| 1987 | 749                            | 6.490                  |
| 1988 | 792                            | 6.864                  |
| 1989 | 812                            | 7.032                  |
| 1990 | 797                            | 6.903                  |
| 1991 | 829                            | 7.184                  |
| 1992 | 868                            | 7.524                  |
| 1993 | 910                            | 7.886                  |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;

Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento  
do Est. SP (CESP, 1994)

\*1kcal = 4,184 kJoules

#### **4.1.2. Consumo de Gasolina**

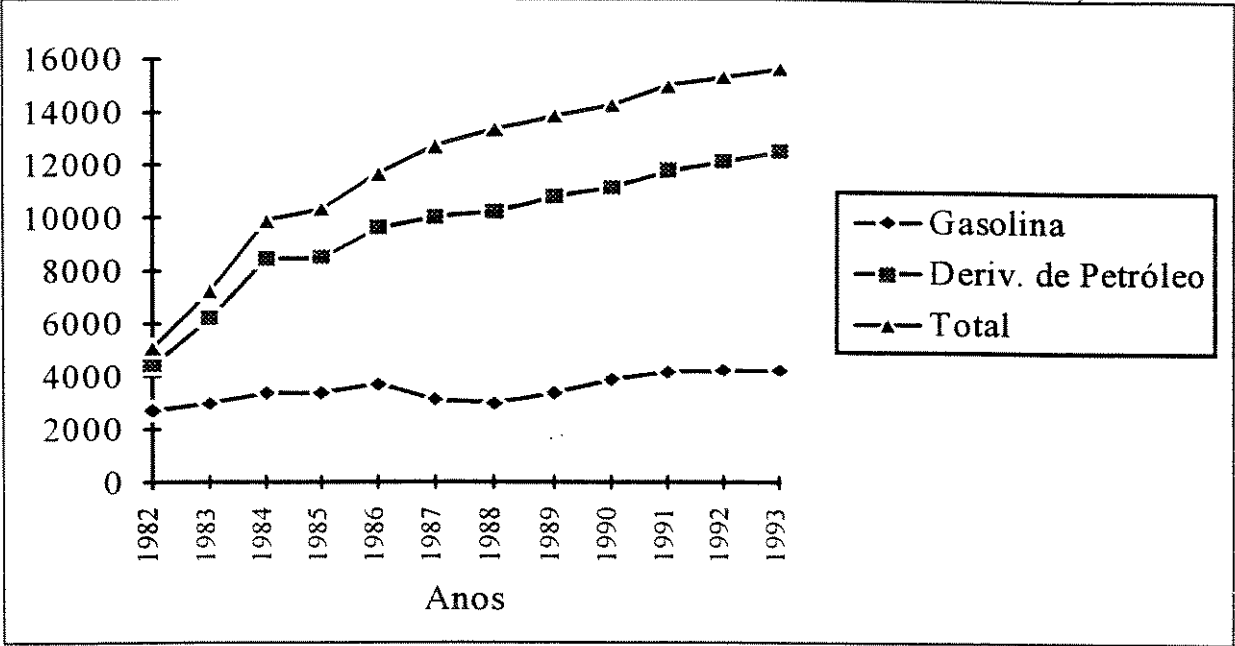
Em termos de consumo energético a gasolina foi o segundo tipo de energético mais consumido no período. Sua participação entre os derivados de petróleo atinge 34% do consumo na Região e 27% do total em 1993. Apresentou durante o período de estudo uma taxa geométrica de crescimento de 4,2% a.a..

A estrutura de consumo da gasolina é formada sobre o setor rodoviário com praticamente todo seu consumo. Durante o período de estudo o setor aéreo consumiu este energético a partir de 1985 com volumes de apenas 1000 m<sup>3</sup> por ano, o que em 1993 equivale a 0,2% do consumo.

Novamente, o crescimento do consumo de gasolina entre 1982 e 1984 apresentado por BARONE (1990) é bastante alto, contrariando o ocorrido no Estado de São Paulo e no Brasil, sendo que nos anos posteriores o crescimento acompanha as tendências do estado de do país.

Diante desta comparação e as realizadas com outros derivados de petróleo, as informações da referência relativas ao período de 1982 a 1984 são de certa forma duvidosas.

Figura 4.5. Evolução do Consumo de Gasolina na R.A.C. (10<sup>9</sup> kcal)



\* 1kcal = 4,184 kJoules

Tabela 4.5. Consumo de Gasolina na R.A.C.

| Ano  | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | 10 <sup>9</sup> k cal * |
|------|--------------------------------|-------------------------|
| 1982 | 346                            | 2.692                   |
| 1983 | 384                            | 2.991                   |
| 1984 | 431                            | 3.358                   |
| 1985 | 433                            | 3.377                   |
| 1986 | 477                            | 3.718                   |
| 1987 | 396                            | 3.086                   |
| 1988 | 383                            | 2.984                   |
| 1989 | 435                            | 3.390                   |
| 1990 | 497                            | 3.872                   |
| 1991 | 538                            | 4.195                   |
| 1992 | 541                            | 4.215                   |
| 1993 | 544                            | 4.236                   |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;  
Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento  
do Est. SP (CESP, 1994)

\*1kcal = 4,184 kJoules



#### 4.1.3. Consumo de Querosene

O querosene tem seu uso exclusivo no setor de transportes para a aviação. Seu montante de consumo atinge apenas 1,5% do total de energia consumida para transporte na Região e declinou bastante desde o início do período de estudo. O consumo diminuiu em altas taxas a partir de 1985, com a entrada em operação do Aeroporto Internacional de Cumbica, em Guarulhos, na Região Metropolitana de São Paulo, o qual absorveu grande parte do movimento de aeronaves do Aeroporto Internacional de Viracopos.

**Tabela 4.6. Consumo de Querosene para Aviação na R.A.C.**

| Ano  | $10^3 \text{ m}^3$ | $10^9 \text{ k cal}^*$ |
|------|--------------------|------------------------|
| 1982 | 39                 | 320                    |
| 1983 | 68                 | 554                    |
| 1984 | 72                 | 593                    |
| 1985 | 55                 | 448                    |
| 1986 | 46                 | 380                    |
| 1987 | 39                 | 316                    |
| 1988 | 29                 | 239                    |
| 1989 | 31                 | 255                    |
| 1990 | 29                 | 237                    |
| 1991 | 30                 | 249                    |
| 1992 | 29                 | 238                    |
| 1993 | 28                 | 228                    |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;  
Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento  
do Est. SP (CESP, 1994)

\*1kcal = 4,184 kJoules

#### 4.1.4. Consumo de Óleo Combustível

O óleo combustível é o energético derivado de petróleo de menor consumo pelo setor de transportes na R.A.C., apenas 1,2%, representando 1% do total de energia consumida em 1993. Sua taxa de crescimento foi de 11,5% a.a., muito próxima à média de crescimento dos

derivados de petróleo na Região. A alta taxa é devida ao grande crescimento ocorrido entre 1982 e 1983. Se desprezarmos estes valores, a taxa cai para somente 2,1% a.a.

**Tabela 4.7. Consumo de Óleo Combustível na R.A.C.**

| Ano  | $10^3 \text{ m}^3$ | $10^9 \text{ k cal}^*$ |
|------|--------------------|------------------------|
| 1982 | 5                  | 46                     |
| 1983 | 13                 | 122                    |
| 1984 | 14                 | 134                    |
| 1985 | 14                 | 136                    |
| 1986 | 14                 | 137                    |
| 1987 | 15                 | 141                    |
| 1988 | 15                 | 142                    |
| 1989 | 15                 | 140                    |
| 1990 | 14                 | 136                    |
| 1991 | 14                 | 136                    |
| 1992 | 15                 | 144                    |
| 1993 | 16                 | 153                    |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;

Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento do Est. SP (CESP, 1994)

\*1kcal = 4,184 kJoules

## 4.2. Consumo de Biomassa

A biomassa é a outra categoria de energético que possui valor relevante na Região atualmente, possuindo consumo de  $3.030 \times 10^9 \text{ kcal}$ , 19,4% do total do Setor. É formada por apenas um tipo de componente químico - o álcool etílico - consumido em duas formas: anidro e hidratado.

### 4.2.1. Consumo de Álcool Anidro

O consumo de álcool anidro como combustível está atrelado ao da gasolina, pois é utilizado como aditivo antidetonante para a mesma. Seu uso adicionado à gasolina já foi experimentado no Brasil antes da Segunda Guerra Mundial (OLIVEIRA, 1991). Sua

participação no consumo total em 1993 atinge somente 4% do total, ou seja,  $596 \times 10^9$  kcal. É utilizado exclusivamente pelo setor de transporte rodoviário. Os dados sobre seu consumo estão na tabela a seguir.

**Tabela 4.8. Consumo de Álcool Anidro na R.A.C.**

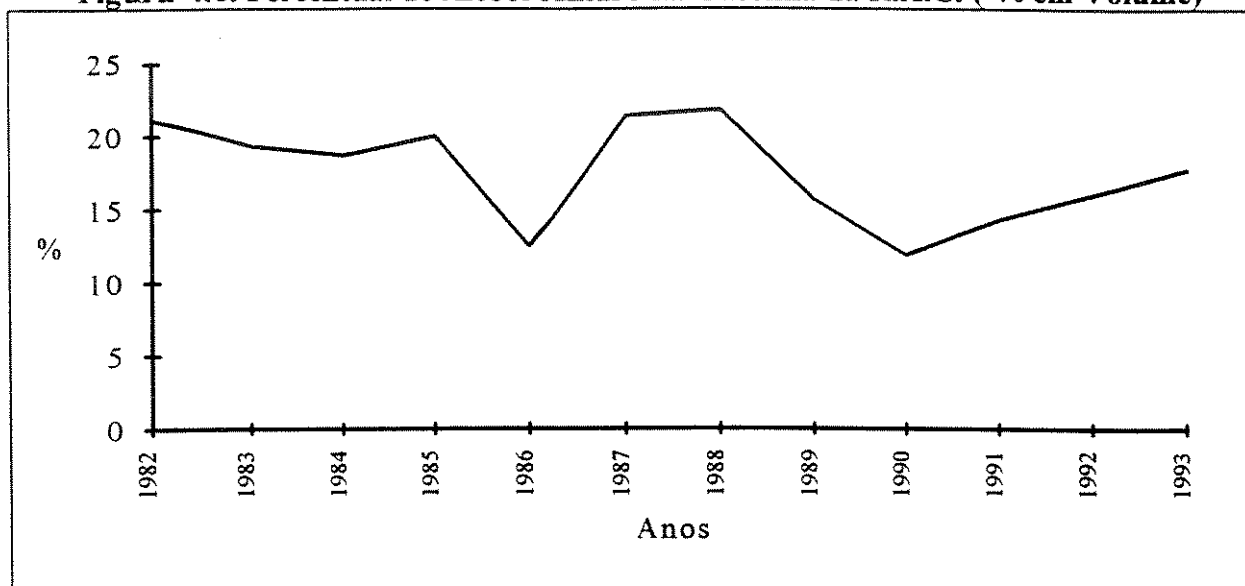
| Ano  | $10^3 \text{ m}^3$ | $10^9 \text{ k cal}^*$ |
|------|--------------------|------------------------|
| 1982 | 92                 | 465                    |
| 1983 | 92                 | 467                    |
| 1984 | 99                 | 503                    |
| 1985 | 108                | 545                    |
| 1986 | 68                 | 346                    |
| 1987 | 108                | 545                    |
| 1988 | 107                | 543                    |
| 1989 | 81                 | 409                    |
| 1990 | 67                 | 339                    |
| 1991 | 90                 | 458                    |
| 1992 | 103                | 522                    |
| 1993 | 118                | 596                    |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;  
Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento  
do Est. SP (CESP, 1994)  
\*1kcal = 4,184 kJoules

Nota-se que em 1982 sua participação era bem maior que em 1993: 9% contra cerca de 4% do consumo total de energia.

No início do período é notada forte relação entre o consumo de álcool anidro e gasolina. Em certos anos, notam-se diminuições nas porcentagens de álcool anidro misturado à gasolina devido às faltas ocorridas nestas épocas. No geral acompanha as tendências do Estado de São Paulo. Atualmente, é de conhecimento que a porcentagem de álcool anidro na mistura álcool/gasolina é de 22% em volume. As diferenças sobre este valor nos cálculos em cada ano podem ser causadas pelas variações de estoque ocorridas.

**Figura 4.6. Percentual de Álcool Anidro na Gasolina da R.A.C. ( % em Volume)**



#### **4.2.2. Consumo de Álcool Hidratado**

O álcool hidratado é o energético de biomassa de maior consumo, um montante de 2.434 bilhões de kcal. Representa cerca de 80% do total de biomassa consumida na Região. Sua participação no consumo total da R.A.C. em 1982 era de apenas 2,8% do total, atingindo 15,6% em 1993.

No último ano do período estudado por BARONE (1990), entre 1986 e 1987, a taxa de crescimento do consumo de álcool hidratado foi negativa, contrariando as tendências do Estado e também do país, por sinal, bem próximas. A taxa de crescimento entre estes anos foi reestimada seguindo a mesma proporção entre a Região de Campinas e o Estado de São Paulo, resultando em valores mais coerentes.

A taxa média de crescimento anual obtida foi de 29,6%, a maior entre todos energéticos do setor. As taxas de crescimento mais altas encontram-se no início do período de estudo, época em que o programa nacional para utilização desse combustível estava sendo consolidado. Sua tendência acompanha a do Estado e do País durante todo o período. O gráfico abaixo mostra a evolução do consumo de biomassa por tipo.

**Tabela 4.9. Consumo de Álcool Hidratado na R.A.C.**

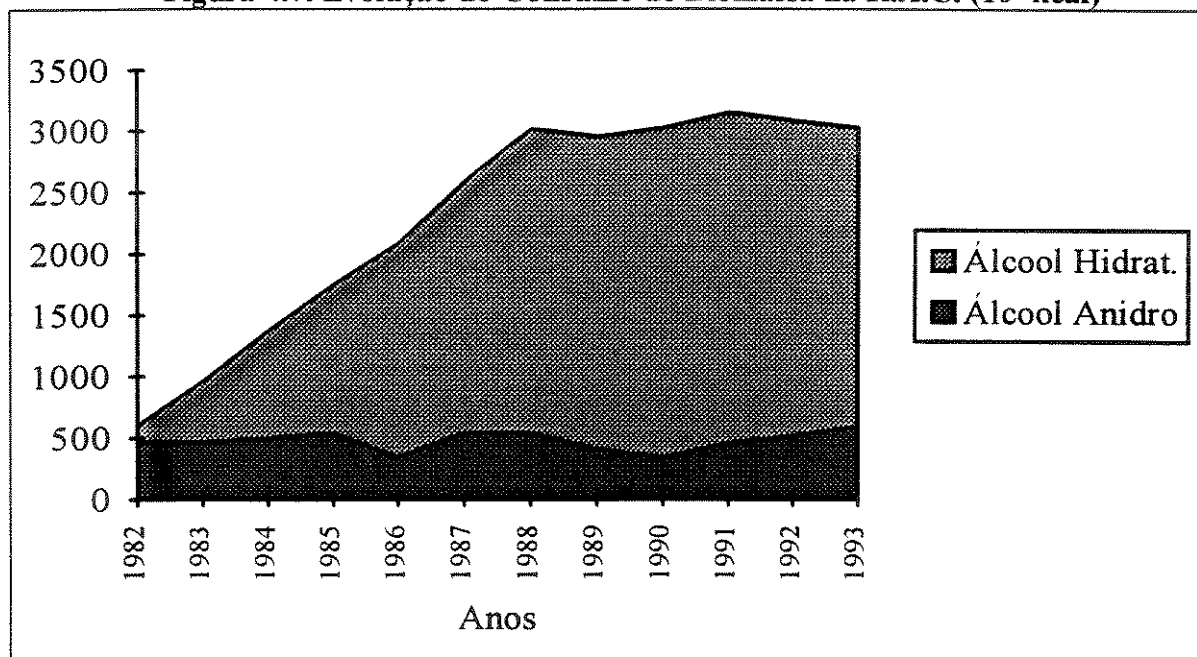
| Ano  | $10^3 \text{ m}^3$ | $10^9 \text{ k cal}$ |
|------|--------------------|----------------------|
| 1982 | 29                 | 141                  |
| 1983 | 103                | 497                  |
| 1984 | 182                | 876                  |
| 1985 | 251                | 1.209                |
| 1986 | 362                | 1.743                |
| 1987 | 426                | 2.051                |
| 1988 | 514                | 2.473                |
| 1989 | 529                | 2.545                |
| 1990 | 558                | 2.688                |
| 1991 | 560                | 2.698                |
| 1992 | 532                | 2.563                |
| 1993 | 506                | 2.434                |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;

Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento  
do Est. SP (CESP, 1994)

\*1kcal = 4,184 kJoules

**Figura 4.7. Evolução do Consumo de Biomassa na R.A.C. ( $10^9 \text{ kcal}$ )**



\* 1kcal = 4,184 kJoules

### 4.3. Consumo de Eletricidade

A eletricidade utilizada para transporte apresentou o menor consumo na Região, 0,8% do total, com uma taxa de crescimento de 4,4% a.a., valor idêntico ao encontrado para o mesmo período no Brasil e superior aos 2,8% encontrados para o Estado. A eletricidade tem sua participação no transporte rodoviário e ferroviário com aproximadamente 18,5 e 81,5%, respectivamente.

**Tabela 4.10. Consumo de Eletricidade na R.A.C.**

| Ano  | GWh | 10 <sup>9</sup> k cal * |
|------|-----|-------------------------|
| 1982 | 83  | 71                      |
| 1983 | 86  | 74                      |
| 1984 | 101 | 87                      |
| 1985 | 114 | 98                      |
| 1986 | 116 | 100                     |
| 1987 | 113 | 97                      |
| 1988 | 119 | 102                     |
| 1989 | 120 | 103                     |
| 1990 | 121 | 104                     |
| 1991 | 127 | 109                     |
| 1992 | 130 | 111                     |
| 1993 | 133 | 114                     |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;

Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento  
do Est. SP (CESP, 1994)

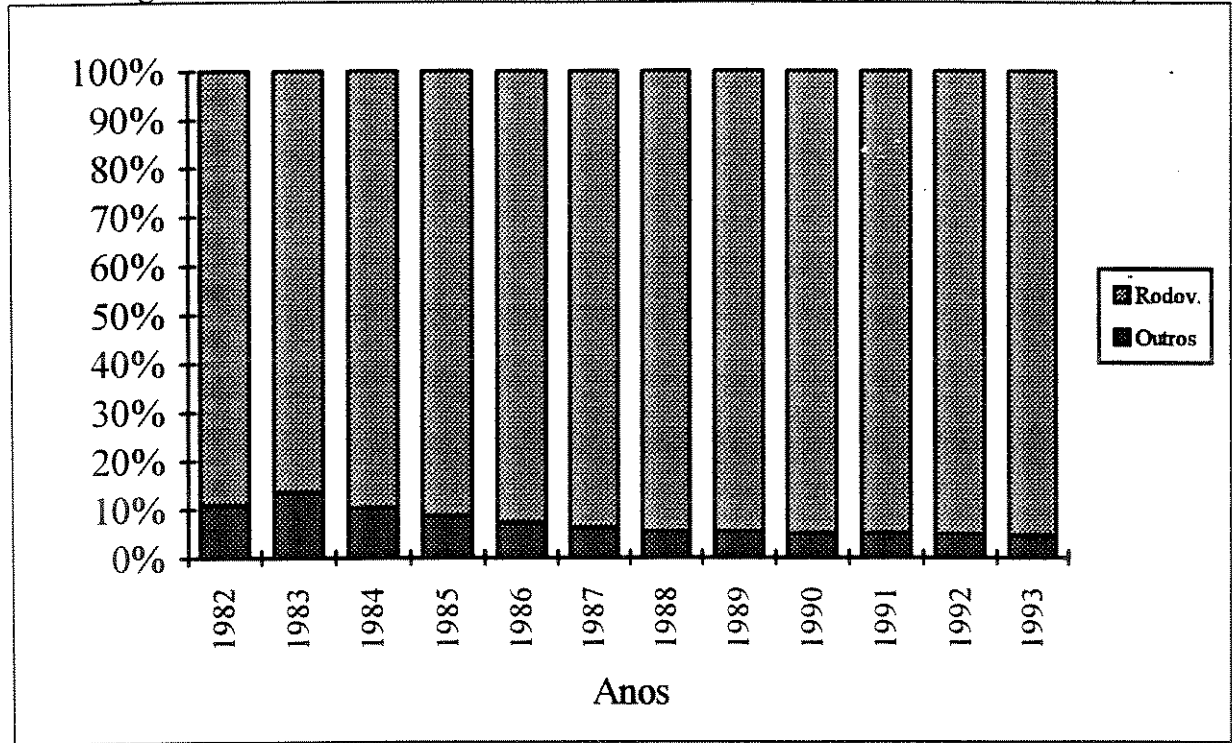
\*1kcal = 4,184 kJoules

**4.4. Consumo Energético por Modo de Transporte na R.A.C.**

Como visto anteriormente, o Setor de Transportes possui grande peso sobre o consumo total de energia na R.A.C., representando cerca de 29% do consumo final, com praticamente 100% sob a forma de combustíveis.

O consumo modal de energia apresentou na R.A.C. a estrutura observada na figura e tabela apresentadas a seguir. Conforme pode ser visto, a maior parte do consumo deve-se ao modo rodoviário, predominante durante todo o período, chegando em 1993 a cerca de 95% do consumo final para transporte na Região.

**Figura 4.8. Estrutura de Consumo do Setor de Transportes da R.A.C. (%)**



Os outros três modos dividem os 5% restantes com menos de 2% cada. Portanto maior parte da atenção será destinada ao modo de transporte rodoviário e os outros modos apenas terão seus consumos apresentados.

**Tabela 4.11. Consumo de Energia Final por Modo de Transporte na R.A.C. (10<sup>9</sup> kcal \*)**

| Ano  | Rodoviário | Ferrovário | Aéreo | Hidroviário | Total  |
|------|------------|------------|-------|-------------|--------|
| 1982 | 4.556      | 97         | 321   | 141         | 5.115  |
| 1983 | 6.254      | 175        | 554   | 254         | 7.237  |
| 1984 | 8.897      | 146        | 595   | 275         | 9.913  |
| 1985 | 9.423      | 184        | 452   | 268         | 10.327 |
| 1986 | 10.839     | 216        | 388   | 247         | 11.690 |
| 1987 | 11.932     | 218        | 324   | 252         | 12.726 |
| 1988 | 12.619     | 228        | 246   | 255         | 13.348 |
| 1989 | 13.124     | 231        | 264   | 256         | 13.875 |
| 1990 | 13.555     | 229        | 246   | 250         | 14.280 |
| 1991 | 14.278     | 239        | 258   | 255         | 15.030 |
| 1992 | 14.579     | 249        | 247   | 241         | 15.316 |
| 1993 | 14.916     | 260        | 238   | 233         | 15.647 |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;

Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento  
do Est. SP (CESP, 1994)

\*1kcal = 4,184 kJoules

#### **4.4.1. Consumo Energético pelo Modo Rodoviário**

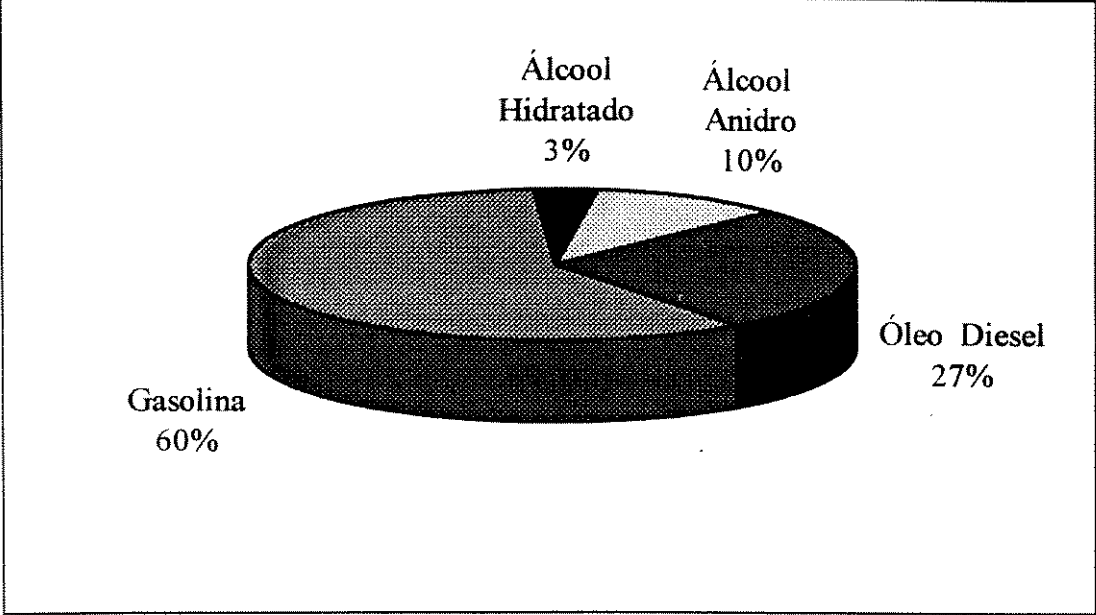
O modo rodoviário apresentou uma taxa média de crescimento de 11,4% a.a. em termos energéticos, bastante superior às taxas de 3,2% e 4,4% encontradas para o Estado e para o País. Em geral este modo possui maior participação percentual sobre o consumo final na R.A.C. do que em São Paulo e no Brasil: 95% contra 87 e 89% respectivamente. A intensidade com que é utilizado na Região reflete as características da forte economia e infra-estruturas presentes.

Nota-se pelos gráficos a seguir, uma inversão entre as proporções dos combustíveis fósseis utilizados. Os dois mais consumidos são os derivados de petróleo gasolina e óleo diesel. No início do período, a gasolina representava 60% do consumo energético rodoviário e o óleo diesel 27%. Já em 1993 essas proporções eram de 28% e 52% respectivamente. Apesar desta grande alteração, não é verificada substituição entre eles pois durante todo o período sempre

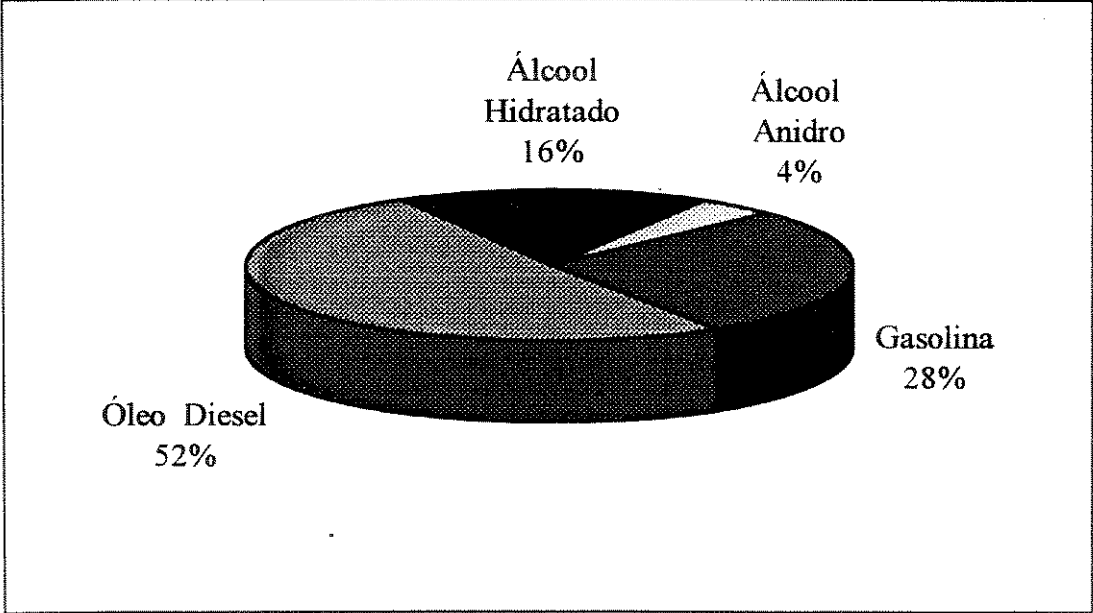


tiveram consumos crescentes e finalidades de uso diferentes. Apenas a gasolina teve uma ligeira queda em 1987 e 1988, como poderá ser visto na próxima tabela.

**Figura 4.9. Estrutura de Consumo do Modo Rodoviário na R.A.C. - 1982 (%)**



**Figura 4.10. Estrutura de Consumo do Modo Rodoviário na R.A.C. - 1993 (%)**



Os combustíveis de biomassa também apresentaram alterações entre suas proporções pelo fato do álcool anidro acompanhar o consumo da gasolina, que teve sua participação diminuída e pela grande penetração do álcool hidratado ocorrida sobretudo no início do período.

Nos gráficos anteriores, a eletricidade, único energético não combustível, não aparece representada devida sua pequena participação, inferior a 0,5% durante todo o período. Os valores de energia consumida por tipo de energético estão apresentados no quadro a seguir.

**Tabela 4.12. Consumo de Energia no Modo Rodoviário da R.A.C. (10<sup>9</sup> kcal \*)**

| Ano  | Óleo Diesel | Gasolina | Alcool Hidratado | Alcool Anidro | Eletricidade | Total  |
|------|-------------|----------|------------------|---------------|--------------|--------|
| 1982 | 1.247       | 2.691    | 141              | 465           | 12           | 4.556  |
| 1983 | 2.287       | 2.991    | 497              | 467           | 12           | 6.254  |
| 1984 | 4.148       | 3.356    | 876              | 503           | 14           | 8.897  |
| 1985 | 4.280       | 3.373    | 1.209            | 545           | 16           | 9.423  |
| 1986 | 5.024       | 3.710    | 1.743            | 346           | 16           | 10.839 |
| 1987 | 6.241       | 3.078    | 2.051            | 545           | 17           | 11.932 |
| 1988 | 6.608       | 2.977    | 2.473            | 543           | 18           | 12.619 |
| 1989 | 6.770       | 3.382    | 2.545            | 409           | 18           | 13.124 |
| 1990 | 6.645       | 3.864    | 2.688            | 339           | 19           | 13.555 |
| 1991 | 6.916       | 4.186    | 2.698            | 458           | 20           | 14.278 |
| 1992 | 7.268       | 4.206    | 2.563            | 522           | 20           | 14.579 |
| 1993 | 7.639       | 4.226    | 2.434            | 596           | 21           | 14.916 |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;

Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento do Est. SP (CESP, 1994)

\*1kcal = 4,184 kJoules

A partir da estrutura mostrada na Tabela 4.11, que considera apenas o consumo dos combustíveis excluindo a eletricidade, comparando-a da mesma forma com o Estado de São Paulo e o Brasil, é possível verificar que há boa coerência nas estimativas pois as estruturas são até certo ponto bastante próximas, como pode ser visto na tabela a seguir.

**Tabela 4.13. Estrutura de Consumo de Combustíveis no Modo Rodoviário na R.A.C., Estado de São Paulo e Brasil - 1993 (%)**

| Combustível      | R.A.C | São Paulo* | Brasil ** |
|------------------|-------|------------|-----------|
| Alcool Anidro    | 4     | 5          | 4         |
| Alcool Hidratado | 16    | 19         | 15        |
| Gasolina         | 28    | 31         | 27        |
| Óleo Diesel      | 52    | 45         | 54        |

Fonte: \* CESP, 1994

\*\* MME, 1994

#### 4.4.2. Consumo Energético pelo Modo Ferroviário

Na R.A.C., o modo ferroviário apresenta consumo de apenas dois tipos de energéticos: a eletricidade e o óleo diesel, com apenas 1,7% do consumo total de energia para transporte.

**Tabela 4.14. Consumo de Energia no Modo Ferroviário (10<sup>9</sup> kcal \*)**

| Ano  | Óleo Diesel | Eletricidade | Total |
|------|-------------|--------------|-------|
| 1982 | 38          | 59           | 97    |
| 1983 | 113         | 62           | 175   |
| 1984 | 73          | 73           | 146   |
| 1985 | 102         | 82           | 184   |
| 1986 | 132         | 84           | 216   |
| 1987 | 138         | 80           | 218   |
| 1988 | 143         | 85           | 228   |
| 1989 | 146         | 85           | 231   |
| 1990 | 144         | 85           | 229   |
| 1991 | 150         | 89           | 239   |
| 1992 | 158         | 91           | 249   |
| 1993 | 167         | 93           | 260   |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;

Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento  
do Est. SP (CESP, 1994)

\* 1kcal = 4,184 kJoules

A taxa de crescimento de consumo pelo setor foi de 9,4% a.a. Conforme pode ser visto pela tabela acima, a eletricidade cresceu numa taxa de 4,2% a.a. enquanto que o óleo diesel apresentou um valor de 14,4% a.a.

#### 4.4.3. Consumo Energético pelo Modo Aéreo

O consumo de energia no modo aéreo é devido principalmente ao uso de querosene de aviação, como pode ser visto na tabela na página seguinte. Representa 1,6% do consumo de energia para transporte na Região. Vale ressaltar que estes valores de consumo são contabilizados para a R.A.C. mas nem sempre estes energéticos são consumidos dentro da

própria região, pela característica das grandes distâncias percorridas por este modo de transporte.

**Tabela 4.15. Consumo de Energia no Modo Aéreo ( $10^9$  kcal \*)**

| Ano  | Querosene | Gasolina | Total |
|------|-----------|----------|-------|
| 1982 | 320       | 1        | 321   |
| 1983 | 554       | 0        | 554   |
| 1984 | 593       | 2        | 595   |
| 1985 | 448       | 4        | 452   |
| 1986 | 380       | 8        | 388   |
| 1987 | 316       | 8        | 324   |
| 1988 | 239       | 7        | 246   |
| 1989 | 255       | 9        | 264   |
| 1990 | 237       | 9        | 246   |
| 1991 | 249       | 9        | 258   |
| 1992 | 238       | 9        | 247   |
| 1993 | 228       | 10       | 238   |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;

Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento  
do Est. SP (CESP, 1994)

\*1kcal = 4,184 kJoules

Não foi possível correlacionar estes consumos com os dados sobre número de viagens e passageiros transportados.

#### **4.4.4. Consumo Energético pelo Modo Hidroviário**

O consumo de energia no modo hidroviário representa apenas 1,6% do consumo total no Setor de Transportes da Região. O consumo é baseado nos óleos combustível e diesel como pode ser visto na tabela na página a seguir.

**Tabela 4.16. Consumo de Energia no Modo Hidroviário (10<sup>9</sup> kcal \*)**

| Ano  | Óleo Combustível | Óleo Diesel | Total |
|------|------------------|-------------|-------|
| 1982 | 46               | 95          | 141   |
| 1983 | 122              | 132         | 254   |
| 1984 | 134              | 141         | 275   |
| 1985 | 136              | 132         | 268   |
| 1986 | 137              | 110         | 247   |
| 1987 | 141              | 111         | 252   |
| 1988 | 142              | 113         | 255   |
| 1989 | 140              | 116         | 256   |
| 1990 | 136              | 114         | 250   |
| 1991 | 136              | 119         | 255   |
| 1992 | 144              | 97          | 241   |
| 1993 | 153              | 80          | 233   |

Fonte: Valores de 1982 a 1987 - BARONE, 1990;

Demais: estimados segundo mesma taxa de crescimento  
do Est. SP (CESP, 1994)

\*1kcal = 4,184 kJoules

Diante do quadro de consumo apresentado, vemos que o modo rodoviário é o principal contribuidor e, conseqüentemente, é o maior responsável pela emissão de poluentes decorrentes dos processos de combustão de energéticos para uso no setor de transportes. Um fator agravante é que grande parte deste consumo ocorre nos ambientes urbanos. Portanto, as análises sobre as eficiências e emissões serão aplicadas somente ao modo rodoviário.

É importante também, lembrar que os valores de consumo de combustíveis são contabilizados para a R.A.C.- mas nem sempre estes energéticos são utilizados dentro da própria região, pelas características de mobilidade e das grandes distâncias percorridas, principalmente no modos rodoviário de carga e no aéreo, como já comentado anteriormente. Neste estudo, será considerado que todo o consumo ocorre dentro dos limites da região, de forma que as saídas de combustíveis para consumo fora da mesma sejam compensadas por entradas.

## **Capítulo 5**

### **Análise Energética dos Veículos Automotivos**

Neste capítulo, estão apresentados os princípios básicos de funcionamento dos motores utilizados nos veículos automotivos, para um melhor entendimento do uso e da quilometragem específica de cada categoria. As quilometragens específicas de cada categoria de motor, obtidas junto à literatura, são também apresentadas e servem de base para comparações com os resultados estimados para a R.A.C.

Motores são máquinas térmicas utilizadas para conversão de energia em trabalho. Para cada fonte energética há um tipo de motor adequado a seu funcionamento, ou seja, de acordo com a forma em que se encontra disponível a fonte de energia (eletricidade, combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos), há uma concepção tecnológica para sua transformação em trabalho.

#### **5.1. Características Gerais dos Motores de Veículos Automotivos**

Os motores utilizados para tração de veículos podem ser separados em dois grupos: os movidos a combustíveis e os movidos a eletricidade.

Os motores elétricos utilizam a corrente para a geração de campos eletromagnéticos que fornecem a força motriz para a produção de trabalho. Possuem grande atratividade do ponto de vista ambiental devido à emissão praticamente nula durante o uso, pela ausência de gases de escape. Atualmente são pouco utilizados na Região e têm sido desenvolvidos em

alguns países para veículos destinados aos grandes centros urbanos (HUGUES, 1991). Convém lembrar que a eletricidade ocasiona impactos durante sua geração que podem ser tão graves quanto a emissão pelos motores a combustão.

Os motores de combustão utilizam a energia química contida nos combustíveis, que é liberada durante o processo de reação com o oxigênio do ar. A transformação se dá através do aproveitamento da energia de expansão dos gases produzidos durante a combustão, convertendo-a em força motriz. Sempre há a presença de um fluido de trabalho nestes motores, que realiza os processos de geração de trabalho. Os motores deste tipo são classificados em de combustão externa e interna (SMITH e VAN NESS, 1980).

Nos motores de combustão externa, como por exemplo as caldeiras e máquinas a vapor, o calor proveniente dos produtos da combustão é transferido ao fluido de trabalho através de superfícies metálicas. Esse fluido, por sua vez, transfere a energia durante a produção de trabalho e retorna a seu estado inicial ao fim de cada ciclo. Portanto, o fluido operante passa por um ciclo de processo e retorna a seu estado original.

Já os motores de combustão interna recebem esse nome pelo fato de que o fluido de trabalho é criado no interior da câmara onde se processa a geração de trabalho. A mistura ar e combustível reage formando os produtos da combustão que constituem o fluido operante do sistema. Isso representa uma grande vantagem em relação às máquinas de vapor com combustão externa, nas quais o calor é transmitido através de superfícies metálicas, o que limita as condições de trabalho (pressão e temperatura) em função dos materiais existentes. Pelo contrário, nas máquinas de combustão interna as pressões e temperaturas elevadas estão disponíveis dentro do sistema de aproveitamento de energia, não havendo necessidade de troca térmica através de paredes ou tubos (SMITH e VAN NESS, 1980). Este é o principal tipo de motor utilizado para o transporte automotivo, pois suas características favorecem a construção compacta, bastante adequada para aplicações não-estacionárias.

Para um melhor entendimento, descreveremos de forma qualitativa os princípios de operação dos principais tipos de motores de combustão interna.

### 5.1.1. Motores de Ciclo Otto

De maneira simplificada podemos resumir o princípio de funcionamento desse tipo em cinco etapas. Na primeira, o ciclo inicia-se através da admissão praticamente isocórica da mistura ar-combustível nos cilindros dos pistões dos motores através de válvulas. Estas válvulas são fechadas a seguir, durante a segunda etapa do ciclo, e a mistura ar-combustível é comprimida quase que adiabaticamente do ponto morto do lado da manivela em direção ao ponto morto do lado do cabeçote (VAN WYLEN e SONNTAG, 1976).

Na terceira etapa do processo, o combustível entra em ignição pela ação de centelhas, num processo muito rápido em relação à velocidade de movimento do pistão, de forma que o volume permanece aproximadamente constante. A expansão dos gases de combustão sobre o pistão o faz retornar em direção ao ponto morto do lado da manivela que transmite, através de mecanismos, a força motriz para os eixos de tração do veículo, quarta etapa do processo. Finalmente, as válvulas de descarga são abertas e o calor é rejeitado deixando o sistema juntamente com os gases.

Rendimentos térmicos da ordem de apenas 20 a 30% são obtidos neste tipo de motor (MELLO, 1989) o que, entre outros fatores, está diretamente ligado à sua razão de compressão: maiores taxas de compressão resultam em rendimentos maiores. Por sua vez, a razão de compressão limita-se às características detonantes do combustível, as quais aumentam devido ao aumento de pressão. Portanto, a máxima razão de compressão a ser utilizada é fixada pelas condições de detonação dos combustíveis. O aumento das razões de compressão dos motores e, em consequência, da eficiência deve-se em muito ao desenvolvimento de combustíveis com melhores características antidetonantes (VAN WYLEN e SONNTAG, 1976). Os motores de ciclo Otto são bastante comuns nos veículos leves e os principais combustíveis utilizados no Brasil são o álcool hidratado e a gasolina.

O rendimento dos veículos depende da configuração de cada modelo, ou seja, da combinação única de motor, sistema de transmissão, carroceria etc. Pode ser representado pelo consumo específico em litros por quilometro rodado (l/km) mas é apresentado no trabalho em termos da quilometragem específica em unidade de espaço por volume de combustível



consumido - km/l. Portanto, é de se esperar quilometragens específicas diferentes em função dos combustíveis utilizados. A quilometragem específica dos veículos movidos a álcool é inferior ao dos movidos a gasolina, apesar de possuir maior rendimento, implicando em um consumo por litro cerca de 20% maior (MELLO, 1989). Já OLIVEIRA (1991) admite um consumo cerca de 25% superior do álcool em relação à gasolina. A eficiência dos veículos nacionais, avaliada pela quilometragem específica, é considerada dentro dos padrões internacionais (KOMOR et alli, 1993).

BAJAY e BUONFIGLIO (1992) apresentam séries históricas (1977 a 1990) sobre as frotas nacionais de automóveis a álcool e a gasolina. Em 1990 a quilometragem específica apresentada é de 9,19 km/l para a frota movida a álcool e 12,03 km/l para a frota a gasolina; portanto uma diferença entre as quilometragens específicas para as frotas movidas a esses dois tipo de combustíveis de cerca de 31%. Se utilizarmos as séries históricas e extrapolarmos os valores de quilometragem específica para 1993, segundo as taxas de aumento da mesma entre os últimos anos do período apresentado, teremos 9,22 km/l para a frota movida a álcool e 12,43 km/l para a frota a gasolina. Neste caso, a diferença é de 34,8% pelo fato da gasolina ter apresentado tendência de crescimento da quilometragem específica superior ao álcool neste período, através da introdução de inovações tecnológicas como, por exemplo, motores com injeção eletrônica.

A quilometragem específica é bastante influenciada por uma série de fatores, além das características técnicas dos veículos, tais como os costumes e hábitos de dirigir, que variam de pessoa para pessoa, aceleração maior ou menor dos veículos, condução do veículo com motor frio, velocidade média de percurso, o próprio percurso (cidade ou estrada), condições de manutenção etc (HUGUES, 1991). Outro fator que apresenta grande influência no aumento da quilometragem específica são as condições de tráfego, que se vêm agravando nos centros urbanos, implicando em congestionamentos que levam a uma velocidade de tráfego cada vez mais lenta, resultando em freqüentes acelerações e desacelerações. A análise e métodos de avaliação e melhoria das condições ambientais, ligados à maneira de dirigir, são apresentados por KEMWORTHY e NEWMAN(1992).

### 5.1.2. Motores de Ciclo Diesel

Os motores de Ciclo Diesel possuem concepção de funcionamento bem diferente dos de Ciclo Otto descritos anteriormente. A principal característica é que, devido às temperaturas muito elevadas no final do processo de compressão do ar, a combustão ocorre de maneira espontânea (SMITH e VAN NESS, 1980). Por este motivo são também chamados de motor de ignição por compressão (VAN WYLEN e SONNTAG, 1976).

A compressão é iniciada sem que o combustível seja injetado. Após comprimido o ar pelo pistão, o combustível é injetado numa taxa bastante lenta em relação ao movimento do pistão, sendo o calor então transmitido praticamente a pressão constante, para que a combustão ocorra nessa condição. A expansão dos gases faz com que o pistão retorne em direção ao ponto morto oposto à injeção de combustível, originando a força motriz do processo. Neste ponto ocorre a descarga dos gases e a admissão do ar (VAN WYLEN e SONNTAG, 1976).

Em geral, para uma mesma razão de compressão, a eficiência do motor de ciclo Otto é mais elevada que o de ciclo Diesel. No entanto, devido à maior dificuldade em se evitar a detonação com a pré-ignição dos combustíveis nos motores de ciclo Otto, razões de compressão mais elevadas podem ser aplicadas nos motores Diesel (SMITH e VAN NESS, 1980). O rendimento térmico dos motores de ciclo Diesel varia de 34 a 40% (MELLO, 1989).

A quilometragem específica é bastante variável em função da aplicação. Valores médios de 2,52 a 2,60 km/l são apresentados para ônibus da frota da Companhia Municipal de Transportes Coletivos de São Paulo (BORBA, 1985). Este consumo depende também da taxa média de ocupação do veículo.

Para os caminhões, a quilometragem específica é diretamente relacionada à carga transportada pelo veículo e geralmente apresentada em quantidade de energia por tonelada x quilômetro transportado.

ÂNGELO (1987) descreve para caminhões pesados um consumo de 0,0311 litros de diesel por t.km. Este tipo de veículo, se for operado com sua capacidade nominal de 25

toneladas, apresentará uma quilometragem específica de 1,29 km/l. Com a capacidade ajustada para 16,75 toneladas, em função das condições reais de tráfego observadas pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, apresenta um consumo de 1,92 km/l. Para caminhões médios de 12 t de capacidade, o consumo é de 0,0429 l /t.km, que operado com a capacidade nominal apresentará quilometragem específica de 1,94 km/l. Já com uma ocupação de 8,04 t terá uma quilometragem específica de 2,9 km/l.

**5.2. Quilometragem Específica dos Veículos da R.A.C.**

Esta seção é dedicada ao cálculo das quilometragens específicas dos veículos da Região Administrativa de Campinas. Este cálculo é feito através da quilometragem percorrida pelos veículos dividida pelo consumo de combustíveis.

**5.2.1. Quilometragem Rodada pelos Veículos na R.A.C.**

Para obtenção das quilometragens totais percorridas pelos veículos automotores da R.A.C. são feitas estimativas baseadas em valores médios de quilômetros rodados por ano por veículo. Estas estimativas também serão utilizadas posteriormente na determinação da emissão de poluentes.

Os valores de quilometragem média para cada categoria de veículo foram extraídos de trabalhos realizados pela CETESB (1986) e MURGEL et alli (1987), e que foram aplicados em estudos mais recentes como por NOGUEIRA et alli (1993). Na Tabela 5.1 estão apresentadas as quilometragens médias anuais para as motocicletas, ônibus e caminhões e na Tabela 5.2 está apresentada a distribuição da quilometragem média rodada por faixa etária de automóveis, que também será aplicada às camionetas e utilitários movidos a álcool e a gasolina..

**Tabela 5.1. Quilometragem Média Rodada por Motocicletas, Ônibus e Caminhões**

| <b>Tipo de Veículo</b> | <b>Média Anual (km)</b> |
|------------------------|-------------------------|
| Motocicleta            | 12.000                  |
| Ônibus                 | 80.000                  |
| Caminhão               | 80.000                  |

Fonte: MURGEL, 1987

**Tabela 5.2. Distribuição da Quilometragem Média Rodada  
por Faixa Etária de Automóvel**

| <b>Idade (anos)</b> | <b>Média Anual (km)</b> |
|---------------------|-------------------------|
| 1                   | 22.000                  |
| 2                   | 19.000                  |
| 3                   | 17.000                  |
| 4                   | 15.000                  |
| 5                   | 14.000                  |
| 6                   | 14.000                  |
| 7                   | 14.000                  |
| 8                   | 13.000                  |
| 9                   | 13.000                  |
| 10                  | 13.000                  |
| 11                  | 10.000                  |
| >12                 | 9.000                   |

Fonte: CETESB, 1986

Aplicando-se os valores das duas tabelas acima aos dados estimados para cada categoria de veículo e combustível da frota da R.A.C. estimada no terceiro capítulo (Tabelas 3.7 e 3.9), chega-se aos valores de quilometragem apresentados na Tabela 5.3.

**Tabela 5.3. Quilometragem Rodada pelos Veículos na R.A.C. em 1993 (10<sup>3</sup> km)**

|                 | <b>Gasolina</b>  | <b>Álcool</b>    | <b>Diesel</b>    | <b>Total</b>      |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Automóveis      | 5.270.172        | 3.876.419        | -                | 9.146.591         |
| Motocicletas    | 655.272          | -                | -                | 655.272           |
| Picapes         | 165.587          | 153.539          | 810.979          | 1.130.105         |
| Utilitários     | 267.492          | 89.245           | 64.644           | 421.381           |
| Caminhões       | -                | -                | 2.578.080        | 2.578.080         |
| Ônibus          | -                | -                | 787.760          | 787.760           |
| <b>Subtotal</b> | <b>6.358.523</b> | <b>4.119.203</b> | <b>4.241.463</b> | <b>14.719.189</b> |

Analisando os dados estimados sobre quilometragem, que estão diretamente relacionados aos níveis de utilização de cada categoria de veículo, percebe-se que os automóveis são os principais colaboradores na distância total percorrida. Seus 9,1 bilhões de quilômetros rodados representam 62% do total de 14,7 bilhões de quilômetros percorridos pelos veículos da Região. Em termos de quilometragem percorrida por tipo de combustível, a gasolina tem a maior representação, com 6,3 bilhões de quilômetros em 1993 e 43% do total rodado, sendo a maior parte, 83%, devida aos automóveis de passageiros. Em segundo lugar temos o álcool com 28% e em terceiro o óleo diesel com 29%.

Já em termos volumétricos, ou seja, em litros ou metros cúbicos, o óleo diesel representa 43% do consumo, a mistura álcool anidro/gasolina 32% e o álcool hidratado 25%, relação por sua vez desproporcional se comparada às quilometragens percorridas devido aos diferentes poderes caloríficos e rendimentos encontrados entre os três tipos de combustível.

É importante ressaltar que nem sempre a quilometragem foi realmente percorrida dentro da Região pela própria característica de mobilidade do setor e do modo em estudo.

### **5.2.2. Estimativa da Quilometragem Específica dos Veículos da R.A.C.**

Cruzando-se os dados obtidos para as quilometragens percorridas com as estimativas de consumo de combustíveis, podemos calcular alguns valores de quilometragem específica em unidade de quilômetro por litro (km/l) para comparar aos obtidos junto à literatura. É também comum a apresentação do rendimento em consumo específico (l/km) como já comentado anteriormente. O consumo em unidade de volume de gasolina utilizado é a soma do álcool anidro mais a gasolina pois, como já foi dito, estes combustíveis são consumidos conjuntamente e a mistura é chamada genericamente de gasolina.

MURGEL et alli (1987) consideram, para o cálculo das emissões de enxofre pelo tubo de escapamento, uma quilometragem específica 79% superior para as motocicletas em relação à frota de automóveis a gasolina. Partindo desta premissa e considerando o mesmo rendimento dos automóveis para os veículos comerciais leves (utilitários e picapes) a gasolina, calculamos

para este tipo de combustível uma quilometragem específica média para estas três categorias de veículo (C.E.G) e outro para as motocicletas (C.E.M).

Por outro lado, a relação entre o C.E.M e o C.E.G pode ter se alterado em função da composição atual da frota e de inovações tecnológicas ocorridas na mesma. Nota-se que 40% da frota de motocicletas no ano de 1993 é formada por veículos de ano de fabricação posteriores a 1987, ano de publicação da referência utilizada. Se considerarmos relações superiores entre o C.E.M e C.E.G, teremos uma elevação na quilometragem específica das motocicletas acompanhado de uma diminuição do C.E.G como pode ser visto na Tabela 5.4.

**Tabela 5.4. Quilometragem Específica Média dos Veículos a Gasolina na R.A.C.**

| Relação C.E.M / C.E.G          | Quilometragem Específica (km/l) |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1,80<br>(MURGEL et alli, 1987) | C.E.M = 16,52<br>C.E.G = 9,18   |
| 2                              | C.E.M = 18,25<br>C.E.G = 9,12   |
| 2,5                            | C.E.M = 22,56<br>C.E.G = 9,02   |
| 3                              | C.E.M = 26,88<br>C.E.G = 8,96   |

Conforme pode ser notado, os C.E.G estão abaixo dos apontados anteriormente que foram obtidos de literatura (entre 12 - 12,5 km/l). Em parte, isto pode ser causado pela grande proporção de veículos mais antigos: os automóveis movidos a gasolina com mais de 10 anos de uso compõe 64% do total estimado deste tipo de veículo. Mas devido às características da R.A.C., tais como ser densamente povoada e possuir grandes cidades com tráfego intenso mesmo nas rodovias, a quilometragem específica tende a diminuir, tornando-se mais próxima à média dos veículos com percurso em cidades. Os valores de quilometragem específica obtidos de BAJAY e BUONFIGLIO (1992) foram calculados admitindo-se 60% do percurso realizado em estradas e 40% em cidades.

Com relação ao álcool, adotamos a mesma premissa de rendimentos similares entre automóveis e veículos comerciais, neste caso todos também leves, encontrando um consumo médio para as três categorias (C.E.A) de 8,14 km/l. O resultado está coerente, pois verifica-se teoricamente um poder calorífico do álcool inferior ao da gasolina, bem como um C.E. também inferior na prática, embora o álcool seja mais eficiente. Mas também está inferior ao obtido em literatura (da ordem de 9,2 km/l).

Se considerarmos a diferença entre a quilometragem específica dos veículos a gasolina e a álcool equivalente ao resultado da estimativa para 1993, ou seja, igual a 34,8%; a quilometragem específica dos veículos a álcool seria de 6,81 km/l. Com este índice, para se atender à quilometragem percorrida estimada, seriam necessários 605 mil m<sup>3</sup> de álcool hidratado, cerca de 20% superior ao consumo estimado. Isto pode indicar a presença de comércio de álcool clandestino na Região, a adulteração do produto (mistura de água) ou que a quilometragem específica dos veículos a gasolina está muito baixo.

Outro ponto a ser levado em consideração são os índices de quilometragem percorrida por cada tipo de veículo. As estimativas para a R.A.C. foram realizadas a partir de dados obtidos de estudo publicado pela CETESB em 1986 e, se comparadas às apresentadas por NOGUEIRA et alli (1993), conseguidas em pesquisas de campo em Salvador, indicam valores médios de quilometragem percorrida por ano inferiores. Os veículos a álcool de Salvador apresentam uma média de 15.129 km/ano e os da R.A.C. 13.653 km/ano. Da mesma forma, os veículos a gasolina de Salvador também apresentam maior quilometragem média, que os da R.A.C., 13.352 km/ano contra 12.672 km/ano, respectivamente. Já os valores para os veículos movidos a diesel são mais próximos: o valor médio de Salvador é de 79.641 km/ano e o adotado para a R.A.C. é de 80.000 km/ano.

O método utilizado tem forte dependência do perfil de idade da frota e dos índices de sucateamento utilizados, o que pode levar a resultados menores de quilometragem percorrida e, em consequência, a quilometragens específicas também menores.

Para o óleo diesel, apesar de relatadas as quilometragens específicas em cada categoria de veículo, as mesmas variam de acordo com o nível de ocupação destes principalmente nos comerciais pesados, quer seja em massa de carga ou passageiros transportados.

Se considerarmos que os veículos comerciais leves a diesel possuem o desempenho de 10 km/l (a literatura apresenta o valor de 9,72 km/l para um modelo de veículo comercial leve, novo, movido a diesel -REVISTA QUATRO RODAS, 1993) e realizarmos um balanço entre as quilometragens e consumo total de óleo diesel, chega-se ao valor de 4,24 km/l para os veículos comerciais pesados.

Para os ônibus, acredita-se que o C.E. encontrado deva estar próximo à média desta categoria de veículo, uma vez que é esperada uma evolução tecnológica em relação ao C.E. mostrado anteriormente (entre 2,5 e 2,6 km/l em 1985).

Na frota de caminhões, o C.E. é bastante influenciado pelo porte e nível de ocupação dos veículos. Pelos dados obtidos sobre o número de reboques ou carretas no Capítulo 3, verifica-se que perto de um terço do número de caminhões deve ser de grande porte e traciona carretas. Segundo GONÇALVES DOS REIS (1991), na frota em circulação no país, 62% dos caminhões são de pequeno e médio porte, inferiores a 20t de capacidade. Este tipo de veículo apresenta C.E. bastante inferior à média encontrada. Como os caminhões representam grande parte da quilometragem dos veículos movidos a diesel tendo grande peso sobre o consumo do mesmo é de se esperar que os níveis de ocupação que vêm sendo praticados são bastante inferiores às capacidades nominais de carga destes veículos elevando desta forma o C.E. médio.

Outro ponto a ser considerado é a expectativa de evolução tecnológica no sentido de melhoria nas quilometragens específicas em relação aos valores obtidos em literatura.

**Tabela 5.5. Quilometragem Específica Média dos Veículos a Diesel da R.A.C.**

| <b>Categoria de Veículo</b> | <b>Quilometragem Específica<br/>(km/l)</b> |
|-----------------------------|--------------------------------------------|
| Picapes / Utilitários       | 10,00*                                     |
| Caminhões / Ônibus          | 4,24                                       |

\* Valor Assumido



## **Capítulo 6**

### **Efeitos Ambientais e Emissões de Poluentes do Setor de Transportes**

#### **6.1. Efeitos Ambientais das Emissões Veiculares**

Os efeitos ambientais decorrentes da utilização dos meios de transporte são muitos e atingem dimensões não apenas locais e regionais, mas também de nível global.

Os automóveis e veículos automotores utilizados atualmente constituem o maior número de fontes unitárias não-estacionárias de emissão de poluentes. Vários tipos de resíduos, provenientes em grande parte da combustão de derivados de petróleo, são produzidos nas câmaras dos motores no processo de combustão. As análises do conjunto destas fontes unitárias de poluição podem resultar em cifras espantosas. Por exemplo, o oxigênio consumido no planeta pelos processos de combustão de derivados de petróleo com a finalidade de transporte corresponde a aproximadamente três vezes o metabolizado pelo conjunto da humanidade (ANTP, 1989).

A principal agravante de dimensão global deste processo é a emissão de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), um dos possíveis causadores do efeito estufa e do aquecimento do planeta. As moléculas de gás carbônico reeitem para a Terra parte da radiação infravermelha recebida do Sol e não absorvida pela Terra e que seria emitida para o espaço.

A gravidade do problema reside no fato de que a maior parte desse carbono é fóssil, oriundo de reservas de suprimentos não-renováveis isoladas há milhares de anos e que não

participam mais do atual ciclo da superfície terrestre. Isso causa um aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera que não pode ser reabsorvido pela natureza. A concentração do gás carbônico na atmosfera antes da Revolução Industrial era estimado em cerca de 280 p.p.m. e atualmente é medido em cerca de 350 p.p.m. (GREENE, 1993). O aumento dos desflorestamentos e os processos de desertificação encontrados em várias regiões agravam ainda mais o problema.

No entanto, não apenas o gás carbônico, outros gases como o metano, óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e clorofluorcarbonos (CFC) também contribuem para a formação do efeito estufa mas não serão tratados neste trabalho (FAIS, 1993).

Estima-se uma frota mundial de 613.530.000 de veículos em 1992 (ANFAVEA, 1994). Segundo projeções baseadas nas tendências de crescimento populacional, este valor poderá chegar a ser maior que 1 bilhão no ano 2.030 (BOYLE, 1990).

Atualmente cerca de 20% das emissões globais de CO<sub>2</sub>, e de 25 a 40% das emissões de compostos que produzem chuvas ácidas são causadas devido ao tráfego de veículos (BOYLE, 1990). O setor de transportes é responsabilizado por 20% do aquecimento global do planeta. Segundo FAIS (1993), a Região Sudeste brasileira é um dos pontos de nosso território mais suscetíveis à ocorrência de chuvas ácidas causadas pelo setor de transportes.

Segundo BLEVISS (1990), os países da América Latina terão até o ano 2.000 o dobro do número de veículos em relação a 1986. O Brasil apresenta a maior frota de veículos entre os países em desenvolvimento (FAIS, 1993) e é mais eficiente na emissão de carbono fóssil por quantidade de energia consumida na forma de combustíveis pelos automóveis, graças ao uso de fontes renováveis como a cana-de-açúcar, que pode ser considerada de efeito nulo na emissão de gases estufa (MOREIRA, 1993).

A seguir será apresentada uma relação dos principais resíduos gerados durante a conversão da energia nos motores e suas conseqüências para a natureza e a saúde humana.

**-Gás carbônico (CO<sub>2</sub>):** é o principal produto gerado pela oxidação do carbono contido nos combustíveis, sendo intrínseco aos processos de combustão eficientes. Como já comentado anteriormente, tem grande participação no efeito estufa. Devido a seu caráter ácido, auxilia a redução do pH das chuvas. Nem sempre é considerado nos estudos em nível local ou regional;

**-Vapor d'Água (H<sub>2</sub>O):** como o gás carbônico, é resultante dos processos de combustão de hidrocarbonetos. Não tem efeitos nocivos diretos. O principal problema causado é a oxidação e o enferrujamento de peças e partes mecânicas dos veículos, como os escapamentos. Esta ação é mais forte nos combustíveis com maior teor de hidrogênio ou que possuam água incorporada, como por exemplo o álcool etílico hidratado. Não é considerado nos estudos em nível local ou regional;

**-Monóxido de Carbono (CO):** é resultante da combustão incompleta do carbono com o oxigênio, sendo um gás insípido, inodoro, incolor e um pouco menos denso que o ar (CORREA et alli, 1990). Possui grande conteúdo energético, significando sua emissão desperdício de energia e ineficiência do processo. Contribui indiretamente na acumulação de gases estufa na atmosfera (BLEVISS, 1990).

É um produto tóxico para os seres humanos, podendo causar diminuição da audição, dores de cabeça e cardíacas, alterações no sistema nervoso e no desenvolvimento de fetos. É altamente reativo com a hemoglobina do sangue, cerca de 210 vezes mais que o oxigênio, combinando-se com a mesma de forma irreversível, formando a carboxi-hemoglobina, ocupando o lugar que seria destinado ao transporte do oxigênio e ocasionando a diminuição da capacidade respiratória. A redução da acuidade visual e dos reflexos, dores de cabeça e estresse do sistema cárdio-respiratório são sintomas de exposição excessiva a este composto (ALVARES et alli, 1993 b). Dependendo da concentração, pode em poucos minutos levar à morte (INST, 1992).

**-Hidrocarbonetos (HC):** são compostos de carbono e hidrogênio do próprio combustível que, por ineficiência do processo, não foram queimados ou, ainda, que se evaporaram a partir dos sistemas de alimentação e dos respiros do cárter. Sua emissão implica

também em desperdício de energia. Pode ter várias formas, desde moléculas simples a mais complexas.

São substâncias tóxicas com alto poder irritante atacando olhos, nariz, pele e trato respiratório (NOGUEIRA et alli, 1993). Podem causar doenças de sangue graves e irreversíveis como leucopenia, anemia plasmática e até mesmo leucemia (INST, 1992). Alguns tipos têm ação carcinogênica e teratogênica (ALVARES et alli, 1993 b).

**-Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>):** formado pela oxidação do enxofre contido nos combustíveis, dependendo, portanto, a emissão do teor do mesmo. O dióxido de enxofre reage com carbonatos de cálcio e magnésio produzindo sulfatos. Tendo forte ação corrosiva em pedras calcárias, é responsável por danos em construções e monumentos históricos (NOGUEIRA et alli, 1993).

Na atmosfera, o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) oxida-se por reação fotoquímica transformando-se em SO<sub>3</sub> que, combinando-se com a umidade do ar, forma o ácido sulfúrico, que se precipita com as chuvas. Este processo é conhecido como “chuva ácida”, sendo os óxidos de enxofre seu principal componente. Causa acidificação das águas, alterando o pH e atacando os peixes e a vida aquática. Nos solos, causa lesões e morte das folhas através de alterações do processo de fotossíntese, além de diminuir a resistência a pragas (CORREA et alli, 1990).

É altamente solúvel nas passagens úmidas do aparelho respiratório superior, resultando num aumento da produção de muco. Os danos às regiões mais profundas do sistema respiratório ocorrem quando absorvido em partículas inaláveis na forma de sulfatos (ALVARES et alli, 1993 b). Contribui para a causa de vários tipos de doenças respiratórias como irritação de garganta e nariz e inflamação da mucosa. Provoca espasmos passageiros dos músculos lisos dos bronquíolos pulmonares, causando redução do movimento ciliar no trato respiratório e constrição das vias (CORREA et alli, 1990). Pode agravar outras doenças já existentes, como asma, bronquite e câncer pulmonar. Doenças cardíacas, anemia, diminuição da resistência orgânica a infecções e retardamento do crescimento de crianças também são ações desse poluente (INST, 1992).

**-Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>):** são formados a partir do nitrogênio presente no próprio ar admitido nas câmaras dos motores e utilizado para a combustão. Sua formação está bastante ligada às condições (temperatura e pressão) existentes dentro dos motores e também ao projeto dos mesmos, sendo as duas principais formas o monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido (NO<sub>2</sub>).

Agrava doenças respiratórias e causa irritação nos olhos, nariz, garganta e pulmão. Produz edema pulmonar quando inalado em excesso. Aumenta a susceptibilidade às infecções como pneumonia bacteriana (CORREA et alli, 1990). Devido sua baixa solubilidade, dá origem a nitro-aminas, algumas com poder carcinogênico. Também colabora na formação de chuvas ácidas. Exerce ação oxidante sobre tintas e tem poder inibidor da fotossíntese (NOGUEIRA et alli, 1993).

**-Aldeídos (CHO):** formados a partir de reações químicas, as emissões ocorrem principalmente nos veículos a álcool. Causam os mesmos tipos de irritação que o NO<sub>x</sub>, citado anteriormente, podendo também causar câncer (NOGUEIRA et alli, 1993).

**-Material Particulado (MP):** pode ter origem na fuligem dos gases de escape, bem como no desgaste dos freios e dos pneus.

Causa doenças no sistema nervoso e no aparelho respiratório como asma, bronquite, fibrose, dispnéia e até câncer pulmonar. Pode aumentar o risco de se desenvolver câncer de estômago e causa irritação nos olhos (INST, 1992).

Além das consequências tóxicas, diminui a visibilidade nas vias de trânsito, acelera a ocorrência de reações atmosféricas, deteriora estruturas, causa sujeira nas edificações e vias em geral e corrosão em tintas (NOGUEIRA et alli, 1993). A legislação ambiental fixa padrões de qualidade do ar para três tipos de MP: fumaça, partículas totais em suspensão (PTS) e partículas inaláveis (PI), conforme apresentado por ALVARES et alli (1993 b).

**-Oxidantes Fotoquímicos:** não são gerados diretamente nos processos de combustão. São substâncias formadas a partir de reações químicas na atmosfera, entre hidrocarbonetos e

óxidos de nitrogênio, sob a ação da radiação solar. As principais são o ozônio (O<sub>3</sub>) e o PAN (peróxiacetil nitrato), sendo que suas misturas com outros contaminantes formam na atmosfera o “smog” fotoquímico.

Produzem irritação nos olhos e no aparelho respiratório. O ozônio é nocivo nas camadas inferiores da atmosfera, mesmo em concentrações baixas. Causa deterioração de borrachas e ataca pinturas. Apesar de serem removidos pela ação da vegetação e do solo, agem como inibidores da fotossíntese e produzem lesões nas folhas dos vegetais (CORREA et alli, 1990).

Outro tipo de poluição causada pelos veículos é a sonora, devido à alta emissão de ruído provocada pelos motores. É agravada pelas condições de trânsito congestionado, quando ocorre maior frequência de acelerações. Segundo BAJAY et alli (1991), a CETESB registrou situações de ruído em grandes centros urbanos brasileiros em níveis que superam os valores considerados suportáveis internacionalmente. A impaciência de alguns motoristas também colabora de maneira negativa nestas ocasiões com o uso das buzinas que, por sinal, não trazem benefícios. A avaliação deste tipo de poluição não será tratada neste trabalho.

Uma outra questão que se levanta, mas do ponto de vista social, sobre o uso de veículos, é quanto à ocupação do solo. Nas cidades uma grande área é destinada exclusivamente às vias de tráfego, havendo situações em que as vias chegam a ocupar até 50% do espaço físico (ANTP, 1989).

Estudos realizados demonstram a existência de um ciclo vicioso: à medida que se desenvolvem os espaços urbanos, maiores são as necessidades de deslocamentos, o que faz com que se perca a autonomia física para os deslocamentos, implicando numa necessidade cada vez maior dos meios de transporte, os quais por sua vez exigem aumentos da infraestrutura para seu bom funcionamento. Quando há um indício de ruptura em algum ponto deste ciclo, quer seja por deficiências na infra-estrutura ou por ineficiência dos meios e sistemas de transporte, as taxas de mobilidade nas cidades ficam reduzidas, fazendo com que a noção de mobilidade proporcionada pelos veículos se torne ilusória devido ao grande tempo de percurso e velocidades médias extremamente baixas (ANTP, 1989). A análise mais detalhada e profunda das questões a respeito da ocupação do solo fogem ao escopo deste trabalho.

## **6.2. Quantificação das Emissões Veiculares na R.A.C.**

Emissões veiculares são o conjunto de gases e partículas expelidas pelos veículos durante seu uso. Podem ter várias formas de origem, desde o processo de combustão, como visto no capítulo anterior, até mesmo ao desgaste de peças e acessórios.

Em geral estas emissões são quantificadas em função da quilometragem percorrida, ou seja, através de índices ou fatores de emissão por km rodado nos automóveis. Desta forma percebe-se que, numa frota de veículos, este tipo de emissão está condicionada a três influências principais: a quilometragem percorrida pela frota, o grau de avanço tecnológico desses veículos (através do aumento de suas eficiências) e a qualidade dos combustíveis utilizados. Estas três influências se interrelacionam por questões culturais, econômicas e sociais, podendo cada uma ter um peso diferenciado sobre a resultante.

A ferramenta utilizada neste trabalho para a estimativa é o Inventário de Emissão Veicular - I.E.V. e segue a metodologia utilizada pela CETESB. Esta metodologia de cálculo é similar à utilizada pela United States Environmental Protection Agency - USEPA. Nela, considera-se que a emissão de um determinado poluente é igual à somatória das emissões pelos veículos da frota circulante, ou seja, à somatória das emissões de cada ano-modelo. Cada ano-modelo é definido como sendo a frota total de um modelo específico de veículo fabricada num determinado ano, sendo que suas características representam a média desta frota.

As principais formas de emissão são descritas a seguir, juntamente com os argumentos, considerações e subsídios necessários para o cálculo estimado das emissões na Região.

### **6.2.1. Emissões pelo Tubo do Escapamento**

Compreende os gases e as partículas expelidas pelo escapamento dos veículos, resultantes das reações químicas ocorridas durante o processo de combustão. Os poluentes emitidos são gás carbônico ou dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), aldeídos (CHO), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ) e material particulado (MP) (MURGEL et alli, 1987).

Para o gás carbônico os fatores de emissão empregados estão representados originalmente em unidade de massa de gás (kg de carbono e gás carbônico) por unidade de energia de combustível consumido (UHLIG, 1995).

**Tabela 6.1. Fatores de Emissão de Carbono e Dióxido de Carbono para o Álcool, Gasolina e Óleo Diesel**

| Combustível | kg C/Gcal | kg CO <sub>2</sub> /Gcal |
|-------------|-----------|--------------------------|
| Álcool      | 107,95    | 392,04                   |
| Gasolina    | 79,08     | 287,02                   |
| Óleo Diesel | 84,52     | 306,69                   |

Fonte: UHLIG, 1995

\* 1 Gcal = 4,184 GJoules

Utilizando as estimativas de consumo de combustível pelo setor de transportes da R.A.C. em 1993, a emissão calculada de gás carbônico total é de cerca de 4,8 milhões de toneladas, como aponta a tabela abaixo.

**Tabela 6.2. Emissão de Carbono e Dióxido de Carbono para o Álcool, Gasolina e Óleo Diesel na R.A.C. - 1993**

| Combustível                   | 10 <sup>3</sup> t de Carbono | 10 <sup>3</sup> t de CO <sub>2</sub> |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Álcool*                       | 327,1                        | 1.187,9                              |
| <b>Subtotal Renovável</b>     | <b>327,1</b>                 | <b>1.187,9</b>                       |
| Gasolina                      | 335,0                        | 1.215,8                              |
| Óleo Diesel                   | 666,5                        | 2.418,6                              |
| <b>Subtotal Não-renovável</b> | <b>1.001,5</b>               | <b>3.634,4</b>                       |
| <b>Total</b>                  | <b>1.328,6</b>               | <b>4.822,3</b>                       |

\* Anidro e Hidratado

Para os outros poluentes, os fatores de emissão (F.E.) médios dos veículos nacionais são obtidos através de ensaios seguindo-se a norma NBR-6601-Análise dos Gases de Escapamentos de Veículos Rodoviários Leves a Gasolina, que também é aplicada aos veículos movidos a álcool. Os F.E. obtidos em ensaio que serão utilizados nas estimativas estão apresentados nas tabelas a seguir.



**Tabela 6.3. Fatores de Emissão pelo Tubo de Escapamento  
de Veículos Nacionais Novos\* (g/km)**

| Ano-<br>-Modelo | Gasolina |      |      |       | Alcool |      |      |       |
|-----------------|----------|------|------|-------|--------|------|------|-------|
|                 | CO       | HC   | NOx  | CHO   | CO     | HC   | NOx  | CHO   |
| Pré-80          | 54,0     | 4,7  | 1,2  | 0,050 | 18,0   | 1,6  | 1,0  | 0,160 |
| 80-83           | 33,0     | 3,0  | 1,4  | 0,050 | 18,0   | 1,6  | 1,0  | 0,160 |
| 84-85           | 28,0     | 2,4  | 1,6  | 0,050 | 16,9   | 1,6  | 1,2  | 0,180 |
| 86-87           | 22,0     | 2,0  | 1,9  | 0,040 | 16,0   | 1,6  | 1,8  | 0,110 |
| 88              | 18,5     | 1,7  | 1,8  | 0,040 | 13,3   | 1,7  | 1,4  | 0,110 |
| 89              | 16,2     | 1,6  | 1,6  | 0,040 | 12,8   | 1,6  | 1,1  | 0,110 |
| 90              | 13,3     | 1,4  | 1,4  | 0,040 | 10,8   | 1,3  | 1,2  | 0,110 |
| 91              | 11,5     | 1,3  | 1,3  | 0,040 | 8,4    | 1,1  | 1,0  | 0,110 |
| 92              | 6,22     | 0,56 | 0,63 | 0,013 | 3,64   | 0,59 | 0,54 | 0,035 |
| 93              | 4,90     | 0,44 | 0,62 | 0,015 | 4,43   | 0,63 | 0,55 | 0,042 |

Fonte: CETESB, 1994

\* Quando zero km

Devido à utilização dos veículos, as características de emissão, principalmente de monóxido de carbono e hidrocarbonetos, são alteradas com o desgaste de peças e componentes dos motores. As estimativas das emissões destes dois poluentes em veículos usados a álcool e a gasolina podem ser realizadas através da aplicação de um coeficiente aos fatores de emissão dos veículos novos. Este coeficiente é conhecido como Fator de Deterioração (F.D.) e pode também ser obtido pela análise das emissões dos veículos ao longo de suas vidas, seguindo-se a norma NBR-6601.

Pelo fato de não estarem disponíveis os F.D. dos veículos nacionais, adotaremos a metodologia de cálculo utilizada pela United States Environmental Protection Agency - USEPA, levando em conta a similaridade tecnológica de modelos sem controle de emissão.

Para os automóveis nacionais anteriores a 1977, MURGEL et alli (1987) utilizaram os Fatores de Deterioração dos modelos pré-1968 dos Estados Unidos e para os veículos fabricados a partir de 1977, foram utilizados os F.D. para os modelos 1968/69. Neste estudo utilizaremos apenas este último fator, uma vez que trabalharemos de forma agregada com os veículos pré-80, sendo que os veículos pré-77 compõe apenas 9% desta faixa.

Os F.D. para o monóxido de carbono (F.D.CO) e para os hidrocarbonetos (F.D.HC) são calculados respectivamente pelas equações e são funções da quilometragem média acumulada rodada por ano-modelo de veículo:

$$F.D.CO = \frac{56,34 + 2,55 \times Y}{56,34}$$

$$F.D.HC = \frac{4,43 + 0,25 \times Y}{4,43}$$

onde,  $Y = \frac{\text{quilometragem acumulada pelo veículo}}{1,61 \times 10.000}$

A partir de 100.000 km , ou equivalente a 6 anos de uso, admite-se que passa a ocorrer estabilização na degradação do motor, limitando valor de Y a 6,21 (MURGEL et alli, 1987).

Para o NOx, considera-se que não há deterioração ao longo do uso, ocorrendo inclusive uma tendência de diminuição da emissão deste componente devido ao desgaste dos anéis e pistões, o que causa diminuição dos picos de temperatura dentro dos cilindros, principais formadores destes óxidos.

Assim, para o CO e para os HC, os fatores de emissão para um determinado ano-modelo passam a ser os F.E. dos veículos novos multiplicados pelo respectivo F.D. Para o NOx, os F.E. são sempre os mesmos.

Na tabela a seguir estão apresentadas as quilometragens atuais percorridas, as estimativas das quilometragens acumuladas, bem como os fatores de deterioração calculados. E na próxima tabela, os fatores de emissão pelo tubo do escapamento da frota de veículos a álcool e a gasolina da R.A.C. em 1993.

**Tabela 6.4. Fatores de Deterioração de Veículos a Álcool e a Gasolina**

| <b>Ano</b> | <b>km Anual*</b> | <b>km Acumulada</b> | <b>Y</b> | <b>F.D.co</b> | <b>F.D.HC</b> |
|------------|------------------|---------------------|----------|---------------|---------------|
| Pré-80     | 9.000            | 200.000             | 6,21     | 1,28          | 1,35          |
| 1980       | 9.000            | 191.000             | 6,21     | 1,28          | 1,35          |
| 1981       | 9.000            | 182.000             | 6,21     | 1,28          | 1,35          |
| 1982       | 9.000            | 173.000             | 6,21     | 1,28          | 1,35          |
| 1983       | 10.000           | 164.000             | 6,21     | 1,28          | 1,35          |
| 1984       | 13.000           | 154.000             | 6,21     | 1,28          | 1,35          |
| 1985       | 13.000           | 141.000             | 6,21     | 1,28          | 1,35          |
| 1986       | 13.000           | 128.000             | 6,21     | 1,28          | 1,35          |
| 1987       | 14.000           | 115.000             | 6,21     | 1,28          | 1,35          |
| 1988       | 14.000           | 101.000             | 6,21     | 1,28          | 1,35          |
| 1989       | 14.000           | 87.000              | 5,40     | 1,24          | 1,30          |
| 1990       | 15.000           | 73.000              | 4,53     | 1,21          | 1,26          |
| 1991       | 17.000           | 58.000              | 3,60     | 1,16          | 1,20          |
| 1992       | 19.000           | 41.000              | 2,55     | 1,12          | 1,14          |
| 1993       | 22.000           | 22.000              | 1,37     | 1,06          | 1,08          |

\* Fonte: CETESB, 1986

**Tabela 6.5. Fatores de Emissão pelo Tubo do Escapamento pela Frota de Veículos a Álcool e a Gasolina da R.A.C. - 1993 (g/km)**

| <b>Ano Modelo</b> | <b>Gasolina</b> |             |             |              | <b>Álcool</b> |             |             |             |
|-------------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
|                   | <b>CO</b>       | <b>HC</b>   | <b>NOx</b>  | <b>CHO</b>   | <b>CO</b>     | <b>HC</b>   | <b>NOx</b>  | <b>CHO</b>  |
| Pré-80            | 69,18           | 6,35        | 1,2         | 0,05         | 23,06         | 2,16        | 1           | 0,16        |
| 80-83             | 42,28           | 4,06        | 1,4         | 0,05         | 23,06         | 2,16        | 1           | 0,16        |
| 84-85             | 35,87           | 3,24        | 1,6         | 0,05         | 21,65         | 2,16        | 1,2         | 0,18        |
| 86-87             | 28,18           | 2,70        | 1,9         | 0,04         | 20,50         | 2,16        | 1,8         | 0,11        |
| 88                | 23,70           | 2,30        | 1,8         | 0,04         | 17,04         | 2,30        | 1,4         | 0,11        |
| 89                | 20,16           | 2,09        | 1,6         | 0,04         | 15,93         | 2,09        | 1,1         | 0,11        |
| 90                | 16,03           | 1,76        | 1,4         | 0,04         | 13,02         | 1,63        | 1,2         | 0,11        |
| 91                | 13,38           | 1,56        | 1,3         | 0,04         | 9,77          | 1,32        | 1           | 0,11        |
| 92                | 6,94            | 0,64        | 0,63        | 0,013        | 4,06          | 0,67        | 0,54        | 0,035       |
| 93                | 5,20            | 0,47        | 0,62        | 0,015        | 4,70          | 0,68        | 0,55        | 0,042       |
| <b>Média</b>      | <b>35,2</b>     | <b>3,32</b> | <b>1,13</b> | <b>0,038</b> | <b>17,55</b>  | <b>1,92</b> | <b>1,22</b> | <b>0,12</b> |

Os fatores de emissão médios representam o valor de emissão característico da frota como um todo, sendo resultante da média ponderada dos fatores de emissão da frota de cada ano-modelo. Esta ponderação leva em conta o número de veículos por ano de fabricação, estimado no Capítulo 3 (Tabelas 3.9 a 3.13), e os fatores de emissão pelo tubo do escapamento de veículos novos, também para cada ano de fabricação, aplicados aos respectivos fatores de deterioração, calculados na Tabela 6.4. Estes F.E. são aplicados para toda a frota movida a álcool e a gasolina, inclusive picapes e utilitários.

A partir de 1992, alguns veículos nacionais passaram a ser expedidos das fábricas com catalisadores no tubo do escapamento, o que em parte contribuiu para fatores de emissão médios, para monóxido de carbono e hidrocarbonetos, inferiores nos anos de 1992 e 1993 em relação aos anos anteriores. Como nem todos veículos novos estavam sendo equipados com este acessório, serão considerados coeficientes para o cálculo dos fatores de deterioração similares aos aplicados para os anos-modelo anteriores.

Além destes poluentes acima, os materiais particulados e os óxidos de enxofre devem ser considerados. O F.E. médio do material particulado pelo tubo do escapamento de veículos a gasolina será considerado 0,21 g/km e foi extraído de MURGEL et alii, 1987. O álcool terá este F.E. considerado desprezível.

Quanto aos óxidos de enxofre, suas emissões são devidas à presença de enxofre nos combustíveis e, portanto, podem ser estimadas a partir de balanços materiais sobre a composição dos combustíveis. O álcool pode ser considerado como não poluente neste aspecto pois é isento de enxofre. A fórmula para cálculo do fator de emissão de SO<sub>2</sub> (F.E. SO<sub>2</sub>) é a seguinte:

$$F.E. SO_2 = \frac{PM SO_2 \times d \times \%S}{PM S \times 100 \times C.E.}$$

onde: PM SO<sub>2</sub> - peso molecular do SO<sub>2</sub> (g);

d - massa específica do combustível (g/l);

%S - teor de enxofre no combustível;

PM S - peso molecular do enxofre (g);

C.E. - quilometragem específica média de combustível (km/l).

Considerando se a densidade da gasolina igual a 738 g/l, um teor de enxofre de 0,08% e um consumo médio de 9,18 km/l, o F.E. SO<sub>2</sub> obtido é 0,129 g/km.

Os F.E. dos outros tipos de veículos não estão disponíveis de forma desagregada por ano-modelo como os dos veículos automotores a álcool e a gasolina e serão apresentados como F.E. médios para as frotas das outras categorias de veículos.

**Tabela 6.6. Fatores de Emissão de Motocicletas (g/km)**

| Poluente          | Fator de Emissão |
|-------------------|------------------|
| CO                | 19,8             |
| HC                | 3,83             |
| NO <sub>x</sub>   | 0,13             |
| SO <sub>x</sub> * | 0,072            |
| MP                | 0,07             |

Fonte: MURGEL et alli, 1987

\* Calculado (C=16.43 km/l)

É válido lembrar que as motocicletas em geral são equipadas com motores de dois e de quatro tempos e, portanto, o fator de emissão médio deve considerar a participação de cada tipo de motor na frota (MURGEL et alli, 1987). Os motores de dois tempos têm emissão cerca de dez vezes maior e eficiência de 20 a 25% menor que os motores de quatro tempos (KOMOR et alli, 1993). Apesar desta consideração, os F.E. das motocicletas foram extraídos do Inventário de Emissão Veicular (MURGEL et alli, 1987), pois não temos no momento dados sobre o “mixing” destes tipos de motor na frota.

**Tabela 6.7. Fatores de Emissão de Veículos Movidos a Óleo Diesel (g/km)**

| Poluente        | Fator de Emissão                               |
|-----------------|------------------------------------------------|
| CO              | 17,8                                           |
| HC              | 2,9                                            |
| NO <sub>x</sub> | 13,0                                           |
| SO <sub>x</sub> | 0,851* (veíc. leves)<br>2,01** (veíc. pesados) |
| MP              | 0,81                                           |

Fonte: ALVARES et alli, 1993 b

\* Calculado (C=10.0 km/l)

\*\* Calculado (C= 4,24 km/l)

Os valores da Tabela 6.7. foram apresentados e aplicados em quase todos os trabalhos da bibliografia utilizada; contudo, alguns autores apresentam fatores de emissão do CO inferiores e do NOx superiores. ALVARES et alli (1993 a) apresentam para ônibus movidos a diesel F.E.CO de 12,7 g/km e F.E.NOx de 21,0 g/km. mas que não foram aplicados neste trabalho pois as variações que estes F.E. têm sobre a emissão total da frota a diesel, calculada com base na Tabela 6.7 sobre a frota total, é de apenas 2% e de 0,5% respectivamente.

A frota de táxis, apesar de possuir configurações idênticas aos automóveis comuns, apresenta modos de operação diferentes e valores de quilometragens médias percorridas superiores aos automóveis particulares e, em consequência, índices de emissão também diferentes. São também mais fáceis de receber incentivos ao uso de outros combustíveis, devendo ser tratados como uma categoria à parte na quantificação das emissões de poluentes. Neste estudo a frota de táxis estará agregada aos automóveis particulares e não será considerada uma categoria distinta, uma vez que não se dispõe de informações a respeito de sua dimensão.

#### **6.2.2. Emissões Evaporativas**

Correspondem à ocorrência de emanações de vapores através dos respiros, juntas e conexões dos sistemas de alimentação de combustível e dependem basicamente da volatilidade dos combustíveis, do projeto dos sistemas de vedação e contenção e das condições ambiente (MURGEL et alli, 1987). São compostas basicamente por hidrocarbonetos mas não serão consideradas no trabalho.

#### **6.2.3. Emissões do Respiro do Câster**

Ocorrem devido ao vazamento de gases e vapores oriundos dos gases de combustão e frações de combustíveis não queimados, respectivamente, através dos anéis de vedação dos pistões durante os períodos de compressão e explosão do motor. Também têm origem a partir do óleo lubrificante e seus produtos de destilação e pirólise. É constituído basicamente de hidrocarbonetos (MURGEL et alli, 1987). O PROCONVE, instituído em 1986 estabelece que em 1988 este tipo de emissão deve ser nulo nos veículos automotores leves com ciclo Otto, e

em 1989 nulo nos motores com ciclo Diesel. Este tipo de emissão não será considerado no trabalho.

**6.2.4. Emissões de Material Particulado**

Além da emissão pelos gases de combustão, como já apresentado, outra forma de geração deste tipo de poluente é pelo desgaste de pneus e das pastilhas e lonas dos freios. Apesar de haver poucas informações sobre a emissão de materiais particulados pelos sistemas de freios, é possível considerá-la substancialmente inferior à produzida pelo desgaste dos pneus. A emissão de material particulado por desgaste será considerada igual a 0,12 g/km como uma média para toda a frota (MURGEL et alli, 1987).

**6.3. Emissões do Setor de Transportes da R.A.C.**

Conforme visto anteriormente, o modo de transporte rodoviário é o que apresenta maior consumo de energia na Região e conseqüentemente maior emissão de poluentes. Os combustíveis utilizados são o álcool, a gasolina e o óleo diesel. Aplicando-se os valores estimados de quilometragem percorrida pela frota no ano de 1993, calculados no capítulo 5, aos fatores de emissão, em cada categoria de veículo chegamos aos resultados da Tabela 6.8.

As planilhas de cálculo das emissões por tipo de combustível utilizado e categoria de veículo estão apresentadas no Anexo 11.

**Tabela 6.8. Emissão Total de Poluentes pelo Tubo do Escapamento e pelo Desgaste de Pneus na R.A.C. - 1993 (t)**

|              | CO      | HC     | NOx    | CHO | SOx   | MP<br>(escap.) | MP<br>(pneu) | Sub-<br>total |
|--------------|---------|--------|--------|-----|-------|----------------|--------------|---------------|
| Gasolina     | 200.750 | 18.938 | 6.444  | 215 | 736   | 1.198          | 684          | 228.965       |
| Álcool       | 72.309  | 7.898  | 5.006  | 509 | -     | -              | 494          | 86.216        |
| Diesel       | 75.498  | 12.300 | 55.139 | -   | 7.510 | 3.436          | 509          | 154.392       |
| Motocicletas | 12.974  | 2.510  | 85     | -   | 46    | 46             | 79           | 15.740        |
| Total        | 361.531 | 41.646 | 66.674 | 724 | 8.292 | 4.680          | 1.766        | 485.313       |

Os resultados indicam que o poluente de maior participação na emissão total é o monóxido de carbono com cerca de 74% do total emitido, sendo os veículos movidos a gasolina sua maior fonte. O segundo poluente de maior emissão são os óxidos de nitrogênio com 14% do total e, em seguida, os hidrocarbonetos com 9%. Os óxidos de enxofre participam com 2% do total e os materiais particulados do cano do escapamento e dos pneus com 1%. A participação dos aldeídos é irrisória.

Para os veículos movidos a álcool e a gasolina, apesar de terem sido utilizados os mesmos fatores de emissão em todas as categorias que utilizam os respectivos combustíveis, nota-se pelo Anexo 11 que há uma variação no fator de emissão médio entre as categorias, devido principalmente às diferenças entre as idades médias e quilometragens rodadas.

Entre as categorias de veículos movidos a diesel não é possível notar estas relações pois as quilometragens rodadas e os fatores de emissão foram considerados os mesmos para todos anos-modelo. É possível apenas verificar em que faixas etárias estão concentradas as emissões de poluentes.



## Capítulo 7

### Análise dos Resultados

A frota de veículos rodoviários da R.A.C. estimada para 1993 é composta por 895.171 veículos, sendo que 884.429 (99%) são dotados de tração própria e os restantes são carretas. Dos veículos dotados de sistema de tração, 59% do total são equipados com motores a gasolina, 35% com motores a álcool e apenas 6% com motores a óleo diesel, como pode ser visto na tabela abaixo.

**Tabela 7.1. Composição da Frota de Veículos da R.A.C.  
em Número de Veículos - 1993**

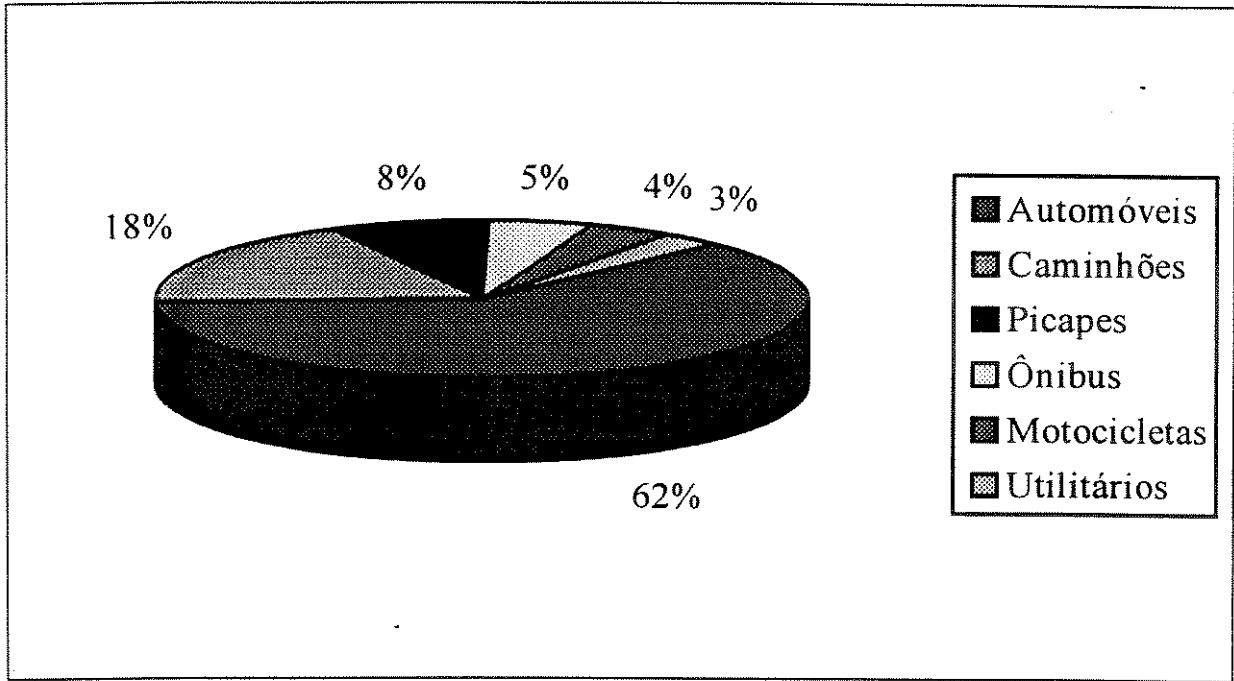
| <b>Categoria</b>   | <b>Gasolina</b> | <b>Álcool</b>  | <b>Diesel</b> | <b>Total</b>   |
|--------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|
| Automóveis         | 432.528         | 290.770        | -             | 723.298        |
| Motocicletas       | 54.606          | -              | -             | 54.606         |
| Comerciais Leves   | 35.979          | 17.528         | 10.945        | 64.452         |
| Comerciais Pesados | -               | -              | 42.073        | 42.073         |
| <b>Total</b>       | <b>523.113</b>  | <b>308.298</b> | <b>53.018</b> | <b>884.429</b> |

Os automóveis são a grande maioria, 82% do total, sendo 60% movidos a gasolina e 40% a álcool. A categoria dos veículos comerciais leves agrupa as picapes e utilitários, contendo 7% da frota motorizada, sendo 56% movidos a gasolina, 27% a álcool e 17% a diesel. A categoria comerciais pesados agrupa os caminhões e ônibus com 5% do total da frota. Nesta categoria todos os veículos são movidos a diesel. As motocicletas representam 6% do total.

O modo rodoviário consumiu, em 1993, 14.133 bilhões de kcal, 95% do total de energia do Setor de Transportes. Apesar da baixa representatividade, em número, dos motores a diesel, eles são responsáveis por 51% da energia consumida neste modo, sendo outros 32% consumidos pelos motores que utilizam a mistura álcool anidro/gasolina e outros 16% restantes pelos motores que operam com o álcool hidratado. Esta desproporcionalidade entre consumo de energia e número de tipos e motor é devida às diferenças entre as categorias e níveis de utilização de cada tipo de veículo da frota, além dos diferentes poderes caloríficos e rendimentos encontrados entre os três tipos de combustível e veículos.

Através dos dados sobre quilometragem estimada no capítulo 5, chega-se ao gráfico abaixo, no qual é possível visualizar a participação de cada tipo de veículo na quilometragem total percorrida.

**Figura 7.1. Percentual da Quilometragem Percorrida por Categoria de Veículo na R.A.C.**



Se considerarmos que o transporte de passageiros é feito exclusivamente com os automóveis, motocicletas e ônibus, o mesmo representa 72% da quilometragem total percorrida na Região. Partindo também da consideração de que os caminhões, as picapes e os utilitários, considerados comerciais, são utilizados também de forma exclusiva para carga, eles

representam os outros 28% restantes da quilometragem rodada como pode ser visto na tabela a seguir.

**Tabela 7.2. Quilometragem Percorrida e Percentual por Finalidade de Uso**

| Finalidade de Transporte | Quilometragem Percorrida<br>(1.000 km) | Percentual (%) |
|--------------------------|----------------------------------------|----------------|
| Passageiros              | 10.589.623                             | 72             |
| Cargas                   | 4.129.566                              | 28             |

É notada a predominância da finalidade do transporte de passageiros, considerando que deve haver uma pequena variação nestes valores pois é de conhecimento que, embora em menores proporções, algumas categorias de veículos são utilizadas entre uma finalidade e outra, com um certo grau de uso misto.

É possível, utilizando os resultados obtidos de consumo total de combustível no capítulo 4 e quilometragem específica dos veículos do capítulo 5, chegar aos valores de volume de combustível e energia consumidos por categoria de veículo e finalidade de uso.

**Tabela 7.3. Consumo de Combustível e Energia por Categoria de Veículo**

|                     | Unidade              | Gasolina | Álcool  | Diesel  | Total            |
|---------------------|----------------------|----------|---------|---------|------------------|
| <b>Automóveis</b>   | m <sup>3</sup>       | 573.958  | 476.176 | -       | <b>1.050.134</b> |
|                     | 10 <sup>9</sup> kcal | 4.187    | 2.290   | -       | <b>6.477</b>     |
| <b>Picape</b>       | m <sup>3</sup>       | 18.033   | 18.861  | 81.098  | <b>117.992</b>   |
|                     | 10 <sup>9</sup> kcal | 132      | 91      | 703     | <b>926</b>       |
| <b>Utilitários</b>  | m <sup>3</sup>       | 29.132   | 10.963  | 6.464   | <b>46.559</b>    |
|                     | 10 <sup>9</sup> kcal | 212      | 53      | 56      | <b>321</b>       |
| <b>Caminhão</b>     | m <sup>3</sup>       | -        | -       | 608.503 | <b>608.503</b>   |
|                     | 10 <sup>9</sup> kcal | -        | -       | 5.270   | <b>5.270</b>     |
| <b>Ônibus</b>       | m <sup>3</sup>       | -        | -       | 185.935 | <b>185.935</b>   |
|                     | 10 <sup>9</sup> kcal | -        | -       | 1.610   | <b>1.610</b>     |
| <b>Motocicletas</b> | m <sup>3</sup>       | 39.877   | -       | -       | <b>39.877</b>    |
|                     | 10 <sup>9</sup> kcal | 291      | -       | -       | <b>291</b>       |
| <b>Subtotal</b>     | m <sup>3</sup>       | 661.000  | 506.000 | 882.000 | <b>2.049.000</b> |
|                     | 10 <sup>9</sup> kcal | 4.822    | 2.434   | 7.639   | <b>14.895</b>    |

**Tabela 7.4. Consumo de Combustível e Energia por Finalidade de Uso**

| <b>Finalidade</b> | <b>m3</b> | <b>10<sup>9</sup> kcal</b> | <b>% da energia</b> |
|-------------------|-----------|----------------------------|---------------------|
| Passageiros       | 1.275.946 | 8.378                      | 56,2                |
| Carga             | 773.054   | 6.517                      | 43,8                |
| Total             | 2.049.000 | 14.895                     | 100,0               |

Os veículos comerciais leves constituem uma possível fonte de variação nestes percentuais pois muitos picapes e utilitários são também utilizados para o transporte de passageiros; no entanto, esta fonte de incerteza é pequena se verificarmos que o consumo destas duas categorias de veículos representa apenas 6 e 2% do total, respectivamente. No máximo a variação poderá chegar a 4%, quando ocorreria uma divisão igual do consumo destas categorias entre as duas finalidades.

**Tabela 7.5. Percentual da Utilização de Energéticos por Finalidade de Uso**

|                    | <b>Gasolina</b> | <b>Álcool</b> | <b>Diesel</b> | <b>Total</b> |
|--------------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|
| <b>Passageiros</b> | 93              | 94            | 21            | 54           |
| <b>Carga</b>       | 7               | 6             | 79            | 46           |

Conforme pode ser visto acima, o álcool e a gasolina são utilizados predominantemente nos automóveis, para o transporte de passageiros; a menor parte é utilizada nas picapes e utilitários, os quais consideramos serem utilizadas com a finalidade de transporte de cargas.

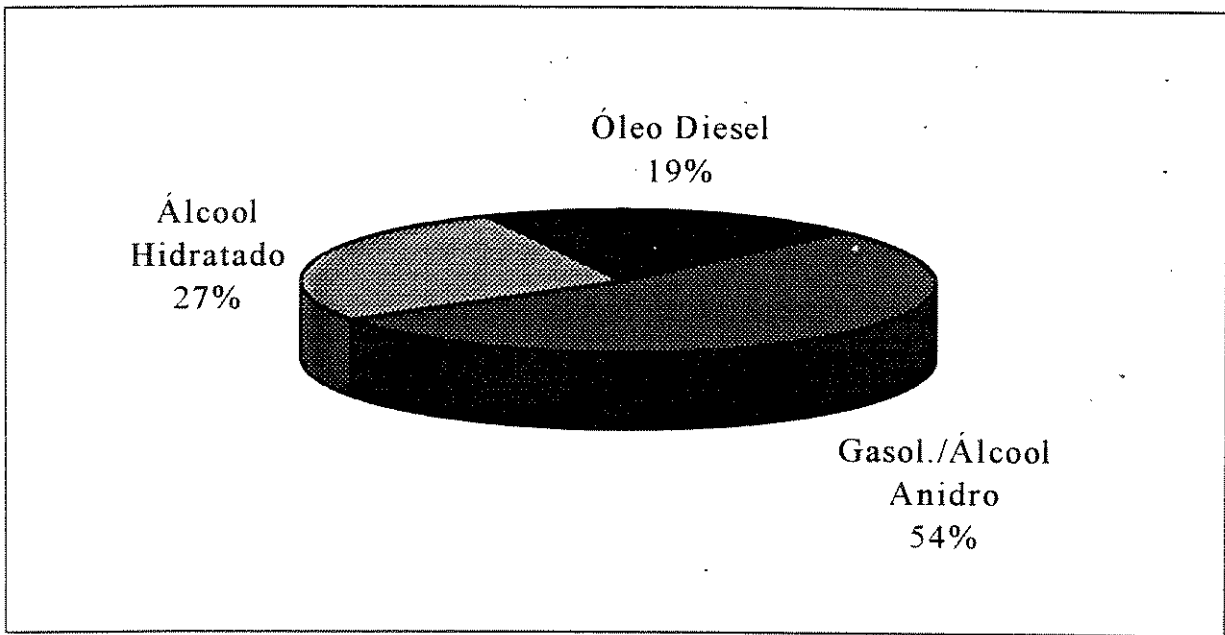
O óleo diesel tem seu maior uso para o transporte de carga. Segundo apontado por BAJAY et alli (1991), no país o transporte de carga é responsável por 80% do consumo de óleo diesel e o de passageiros pelos 20% restantes, o que mostra que os resultados obtidos são bastante coerentes. Dos 80% do diesel consumido para o transporte de cargas, cerca de 16% são destinados ao transporte urbano de cargas e 64% ao interurbano. Em relação ao transporte de passageiros, 14% referem-se ao transporte urbano e 6% ao interurbano (BAJAY et alli, 1991).

Segundo WRIGHT e SANT'ANNA (1989), os centros urbanos brasileiros atraem grande número de viagens, sendo que os ônibus e os automóveis, juntos, são responsáveis por

90% das viagens motorizadas. Numa média nacional, 56% são deslocamentos ocorridos por ônibus, 6% por trens e metrô e 32% por meio de automóveis particulares. Os 6% restantes são realizados por outros modos.

No total de energia consumida, os balanços energéticos estaduais do começo do período de estudo indicam que cerca de 33% do consumo de energia é destinado ao transporte interurbano e 67% ao urbano (C.E.E., 1985).

**Figura 7.2. Percentagem de Consumo de Combustível com a Finalidade de Transporte de Passageiros na R.A.C. - 1993**



No gráfico acima está representada a estrutura de consumo no transporte rodoviário de passageiros. É importante notar que 81% da energia é utilizada para o transporte individual e apenas 19% para os tipos de transporte coletivo. No transporte de cargas, o uso do óleo diesel predomina com 92,5% do total. O álcool e a gasolina completam os 7,5% restantes com 2,2 e 5,3% respectivamente.

Diante do quadro apresentado, é importante destacar que boa parte da emissão veicular estimada deve estar sendo praticada nas áreas urbanas, onde estão concentradas as maiores parcelas da população da R.A.C. Praticamente toda a população está exposta aos efeitos dos poluentes emitidos pelo setor de transportes.

Quanto à emissão de gás carbônico pelo modo de transporte rodoviário, a mesma atingiu 4,7 milhões de toneladas no ano de 1993, ou aproximadamente 1 tonelada de gás carbônico por habitante. É de suma importância lembrar que cerca de 25% do carbono contido no gás não é de origem fóssil, mas sim proveniente de fontes renováveis de energia (biomassas) e que podem ser consideradas como tendo efeito líquido nulo sobre a formação do efeito “estufa”.

Para os outros poluentes, que têm efeito predominante em níveis locais e regionais, a emissão em 1993 totaliza 485,3 mil toneladas, apontando um índice de 17,9 tonelada por km<sup>2</sup> ou cerca de 108 kg de poluente por habitante. Até o momento não há ocorrências ou registros de situações críticas de qualidade do ar devido às emissões veiculares na Região. Apenas para melhor situar: Santiago no Chile possuía uma população de 4,7 milhões de habitantes em 1988, similar à atual população da R.A.C., e uma emissão total de 45,53 kg *per capita*, sendo atribuído ao setor de transportes apenas 28,7 kg por habitante (FAIS, 1993).

D'AVIGNON (1993) considera que nos grandes centros urbanos a quantidade de poluentes lançados na atmosfera pode superar 150 kg por pessoa ao ano. Os veículos com motor a combustão respondem por pelo menos 60% deste volume, sendo que em áreas não industrializadas podem chegar a 100%.

A cidade de São Paulo, capital do Estado, com frequência sofre os efeitos da poluição do ar que, na maioria das vezes, tem como vetor principal a frota de veículos automotores e as péssimas condições de tráfego na Região Metropolitana. Em 1988, as emissões totais chegavam a 133,85 kg por habitante. Considerando-se que 86% é devido ao tráfego de veículos, chega-se a um valor de emissão *per capita* de 115 kg, superior apenas 6,5% ao índice encontrado para a R.A.C. em 1993; por outro lado, isto significa uma emissão de cerca de 208 t/km<sup>2</sup>, muito superior à R.A.C. Este índice elevado é devido à maior concentração de veículos e à maior densidade populacional encontradas na Região Metropolitana de São Paulo. A situação é ainda mais grave na região central da cidade de São Paulo, onde a alta densidade populacional proporcionada pela grande concentração urbana, além de elevar o índice de emissão por unidade de área, os altos edifícios prejudicam a dispersão dos poluentes, piorando a situação da qualidade do ar.

Apesar de baixo o índice de emissão por quilômetro quadrado na R.A.C., se considerada apenas a cidade de Campinas, que possui 29% dos veículos estimados, verifica-se um índice de 174 t/km<sup>2</sup>, cerca de dez vezes maior que a média da Região, e um valor *per capita* de 161 kg/hab. Apesar de serem índices elevados, que se aproximam daqueles observados em São Paulo, ainda não são notadas situações críticas na cidade, principalmente por menores emissões/km<sup>2</sup> e condições melhores de dispersão. Portanto, é de extrema importância a avaliação não só pelos valores de emissão por habitante mas também pelos índices por área, juntamente com aspectos ambientais, sócio-demográficos e urbanísticos.

Cerca de 50% da emissão na R.A.C. é causada pela combustão de gasolina, 32% pela de óleo diesel e 18% pela de álcool hidratado. Analisando a emissão de poluentes por finalidade de transporte é possível verificar que o transporte de passageiros tem 70% de participação sobre a emissão de poluentes e, como visto anteriormente, 72% da quilometragem percorrida, apresentando um índice de emissão médio de 31,8 g de poluente por quilômetro rodado. Já o transporte de cargas participa com 30% da emissão e apresenta uma média de 36,0 g de poluente por quilômetro rodado.

**Tabela 7.6. Emissão de Poluentes por Finalidade de Transporte - 1993 (t)**

| Transporte  | CO      | HC     | NOx    | CHO | SOx   | MP    | MP<br>pneu | Sub-<br>total |
|-------------|---------|--------|--------|-----|-------|-------|------------|---------------|
| Passageiros | 280.001 | 29.670 | 20.978 | 679 | 2.310 | 1.791 | 1.272      | 336.699       |
| % Emissão   | 83,2    | 8,8    | 6,2    | 0,2 | 1,7   | 1,0   | 0,4        | 69,4          |
| Carga       | 81.531  | 11.975 | 45.696 | 45  | 5.983 | 2.888 | 496        | 148.614       |
| % Emissão   | 54,9    | 8,1    | 13,7   | 0,1 | 1,7   | 1,0   | 0,4        | 30,6          |

O transporte rodoviário de passageiros pode ser caracterizado como coletivo, realizado por ônibus, e individual, realizado por automóveis e motocicletas. O transporte individual é responsável por praticamente 91% da poluição deste tipo de finalidade. Os automóveis movidos a álcool hidratado representam 26,5%, os a gasolina 68,5% e as motocicletas 6% desta emissão. O transporte coletivo, realizado apenas por ônibus a diesel responde por 9% da emissão para transporte de passageiros.

Voltando ao transporte rodoviário de cargas, o óleo diesel é responsável sozinho por 84,5% da emissão desta finalidade, enquanto a gasolina participa com 12,2% e o álcool com 3,3%. Os caminhões são os grandes emissores com 64% do total, restando os outros 36% aos veículos comerciais leves. Os caminhões também respondem pela maior parte da quilometragem rodada, 62%.

Estudo realizado por MURGEL e SZWARC (1987) demonstra que as condições de tráfego têm forte influência no aumento das emissões veiculares. Os estudos e metodologias relativos à emissão de poluentes pelos veículos têm como referência uma velocidade média de tráfego de 31,5 km/h. Porém, nos centros urbanos, em função do tráfego congestionado há uma queda da velocidade média. Considerando para o ensaio de emissões um ciclo com velocidade média de 19 km/h para veículos leves a álcool e a gasolina, verificou-se um aumento, em relação ao ciclo de referência, de 25% nas emissões de monóxido de carbono, 20% nas emissões de hidrocarbonetos e uma redução de 15% nas emissões de NOx. O consumo médio de combustível aumenta também em 20%. Portanto, é de se esperar que os valores estimados de emissão possam ser ainda superiores, devido à parcela de tráfego realizada em situações de congestionamento.



## **Capítulo 8**

### **Conclusões e Recomendações**

#### **8.1. Conclusões**

A Região Administrativa de Campinas possui um complexo sistema de transportes, cujo desempenho é fundamental para promover o desenvolvimento de outros setores econômicos e sociais. A base do setor está estruturada sobre o modo rodoviário, justificada principalmente por sua grande mobilidade, dinamismo e versatilidade em relação aos outros. Este modo é responsável pela maior parte da energia consumida, em torno de 95% do total, havendo predomínio do uso de derivados de petróleo.

O transporte de passageiros representa cerca de três quartos da quilometragem percorrida na Região, e 56% da energia consumida. Isto mostra um maior rendimento na transformação da energia dos combustíveis em quilometragem rodada se comparado à outra finalidade, a de transporte de cargas. Apesar deste maior rendimento, a emissão de poluentes de efeitos locais e regionais, associado ao transporte de passageiros, representa cerca 70% do total emitido na Região.

No transporte de passageiros, a mistura álcool anidro/gasolina e o álcool hidratado são utilizados para o transporte individual, correspondendo a 81% do total consumido. O diesel para a finalidade de transporte de passageiros é utilizado nos meios de transporte coletivo, representando os outros 19% consumidos.

Os altos valores adicionados *per capita*, comparados ao País, indicam maior poder aquisitivo da população, explicando esta maciça utilização dos automóveis e a predominância no uso individual do transporte que, em parte, também reflete descrédito em relação ao transporte coletivo.

O transporte rodoviário de cargas depende basicamente do uso de óleo diesel, sendo o grande responsável pelas emissões de compostos provocadores de chuvas ácidas na R.A.C. Para redução das emissões por esta finalidade de uso, há de se considerar em primeiro lugar substituições energéticas e em segundo, alterações intermodais.

Com relação ao dióxido de carbono, poluidor de efeito global, o índice de uma tonelada por habitante pode se tornar grave, uma vez que é apenas a parcela emitida pelo setor de transportes e não considera as emissões *per capita* pelos setores residencial, comercial e, principalmente, industrial.

Do ponto de vista das emissões veiculares, uso do álcool hidratado deve ser incentivado pois é um grande limitador na quantidade de dióxido de carbono com efeito estufa e também por possuir menores fatores de emissão que a gasolina e o diesel para os outros tipos de poluentes. Mesmo sua utilização associado à gasolina traz efeitos benéficos. Do ponto de vista ambiental mais geral, deve-se considerar todo o processo de produção da cana, colheita, muitas vezes associada a queimada, processamento de cana e destilação, quando diversos impactos ambientais deverão ser considerados. Entretanto, esta análise está fora do escopo deste trabalho.

Quanto à emissão de poluentes locais e regionais, não há registros do acontecimento de calamidades na R.A.C., mas os índices mostram que a Região está defasada poucos anos, em relação à cidade de São Paulo no tocante à emissão *per capita*, no entanto, quanto à emissão e concentração veicular por quilômetro quadrado para a Região como um todo, os índices são bastante inferiores. É importante lembrar que a Região é um sistema aberto e que nem sempre as emissões ocorrem e têm seus efeitos dentro da área estudada, bem como os consumos energéticos e quilometragens percorridas.

## 8.2. Recomendações

No âmbito de estratégias e políticas para utilização dos meios e sistemas de transporte, procurando-se evitar que as maiores cidades da R.A.C. venham a sofrer os problemas já conhecidos da cidade de São Paulo, quando medidas paliativas e polêmicas como o rodízio de veículos se tornam inevitáveis, são colocadas as seguintes recomendações:

- i) em primeiro lugar incentivar o uso do transporte coletivo, de forma a minimizar os consumos e emissões associadas ao transporte de passageiros. As experiências transformadoras realizadas no sistema de transporte coletivo da cidade de Curitiba apontam uma redução de 28 a 30% no uso de veículos de transporte individual, acompanhada logicamente de diminuições do consumo de combustíveis e emissões de poluentes associados a esta categoria (REVISTA QUATRO RODAS, 1993);
- ii) substituir energéticos também pode contribuir para minimizar as emissões veiculares pelo transporte coletivo numa eventual expansão do sistema e mesmo para o transporte individual de passageiros, particulares ou taxis. O uso de gás natural em substituição ao diesel, prevendo-se a criação de uma nova frota de ônibus na R.A.C. por exemplo, poderia hoje, mantendo-se a atual relação de 80% de transporte individual de passageiros e 20% coletivo, reduzir a emissão global desta categoria de veículo em 30% e, em 6% o total emitido para transporte de passageiros. Os principais ganhos de redução na emissão são para o SO<sub>x</sub> e os MP, praticamente zero (D'AVIGNON, 1993). É importante destacar que se a conversão de veículos movidos a combustíveis líquidos para gás natural não proporcionar condições adequadas de operação, os benefícios esperados em relação à emissão poderão ser insignificantes.
- iii) implantar sistemas de transporte coletivo utilizando energia elétrica (troleibus e metrô de superfície), principalmente nos grandes centros urbanos, reduzindo as emissões veiculares com baixos impactos ambientais na Região, uma vez que a maior parte da eletricidade consumida é produzida fora da R.A.C. (CANAVARROS, 1994), ou seja, seus efeitos ambientais não afetam a região, e os combustíveis substituídos, principalmente o diesel,

também não são produzidos totalmente na R.A.C., não implicando portanto em perdas regionais de divisas;

- iv) buscar aprimoramento tecnológico dos veículos é essencial para melhorar as quilometragens específicas e reduzir as emissões atmosféricas. Como sugestão, pode ser implementado junto às empresas de transporte de carga e de passageiros, concessão de incentivos para renovação mais freqüente da frota por modelos mais eficientes e menos poluentes. Outra maneira de controlar melhor os fatores de emissão é através de certificação de veículos quanto à emissão de poluentes para liberação do licenciamento;
- v) implementar o uso do álcool através de políticas que venham a incentivar seu uso, na medida em que pode contribuir de forma significativa na minimização da emissão de gás carbônico, principal responsável pelo efeito estufa. A equalização do custo por quilômetro rodado em relação a outros combustíveis fósseis, acompanhada de programas para conscientização dos benefícios ambientais podem surtir efeito no aumento de sua participação sobre o consumo total, trazendo também benefícios econômicos, divisas e empregos pois a indústria sucro-alcooleira tem importante participação regional;
- vi) aplicar leis de tráfego e técnicas de manejo de forma a reduzir a circulação de veículos nas zonas centrais dos centros urbanos, por exemplo, através da implantação de “calçadas” e ruas restritas à circulação de transportes coletivos e carga/descarga, mais rigor na aplicação de penalidades para infrações como estacionamento que restringem a fluidez do trânsito, criação de faixas de tráfego para veículos com maior taxa de ocupação etc.;
- vii) desenvolver e executar planos de zoneamento urbano que levem em conta a minimização dos impactos ambientais de sua aplicação, tal como limitar a construção de prédios nas zonas centrais que venham a dificultar e impedir a dispersão de poluentes;
- viii) definir políticas ambientais e de transporte, com objetivos e metas claras, relativas ao uso dos sistemas de transporte. Por exemplo: programas de educação ambiental aplicados como disciplina escolar, divulgação de informações sobre problemas de saúde causados por emissões veiculares são estímulos à maior iniciativa e participação da população em

campanhas para melhoria do tráfego, fazendo com que não sejam esperadas atitudes paternalistas das administrações públicas para sanar os problemas existentes, mas que conscientize que a solução depende de cada indivíduo.

Algumas sugestões são dadas para aplicação do método, dos resultados obtidos e para a continuidade dos trabalhos segundo este tema:

- i) obter dados reais a respeito da frota de veículos, sua idade e os tipos de combustíveis utilizados trazem resultados mais acurados, uma vez que fazem parte da base de toda metodologia de cálculo. Em trabalhos mais detalhados é interessante levantar informações mais precisas, inclusive sobre circulação de veículos considerados não pertencentes à região em estudo;
- ii) desenvolver metodologias mais acuradas para o cálculo das taxas de sucateamento e das estimativas do perfil de idade da frota, se não estiverem disponíveis informações precisas, pois estes índices modificam sensivelmente os fatores de emissão da frota;
- iii) melhorar e desenvolver um método adequado à estimativa das quilometragens médias percorridas também leva a resultados mais precisos. Pesquisas de campo podem levar a resultados mais realistas sobre os hábitos de determinadas populações;
- iv) aplicar os índices e procedimentos descritos para estimativas e projeções em micro-regiões da área estudada, que venham a ser críticas do ponto de vista de poluição e tráfego intenso, ou mesmo em outras regiões, desde que ponderadas as devidas peculiaridades de cada uma;
- v) utilizar as informações sobre emissões de poluentes como fonte de dados para estudos de impactos ambientais e doenças respiratórias relacionadas aos poluentes discutidos e trabalhados nesta dissertação;
- vi) ter os dados como ferramentas em discussões setoriais que venham a surgir, bem como em estudos de planejamento integrado que busquem um desenvolvimento sustentável e a garantia de uma boa qualidade de vida.

## Referências Bibliográficas

- ALVARES JR., O. M., BRANCO, G. M., SZWARC, A. *Aspectos ambientais do trânsito de veículos nos centros urbanos*. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), set. 1993 a. 13 p
- ALVARES JR., O. M., BRANCO, G. M., SZWARC, A. *Aspectos ambientais do trólebus*. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), set. 1993 b. 12 p
- ÂNGELO, C. F. O consumo de energia no transporte. *Revista São Paulo Energia*, Ano 4, p.38, nov/dez 1987.
- ANFAVEA, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. *Anuário Estatístico 1957-1993*. São Paulo, 1994, 122 p
- ANTP, Comissão de Circulação e Urbanismo da Associação Nacional de Transportes . Públicos. Não-transporte, a reconquista do tempo social. *Revista dos Transportes Públicos*, Ano 11, n.44, jun 1989
- BAJAY, S.V., et alli. *Estudo prospectivo sobre a evolução dos veículos automotores - Relatório técnico final*. Campinas: Universidade de Campinas, dez 1991. 502 p
- BAJAY, S.V., BUONFIGLIO, A. As demandas de álcool e da gasolina no Brasil. *Revista Brasileira de Energia*, v.2, n.2, p.7-19, 1992.
- BAJAY, S.V., BERNI, M. D. Transporte urbano: planejamento energético e ambiental. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA E I SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE ENERGIA, out 1993, Rio de Janeiro. p. 389 - 395
- BARAT, J. Transporte urbano e energia. *Economia & Tecnologia da Energia*. Ed. Marco Zero e FINEP, 1985. p. 554 - 561

BARONE, Jussara Colombini. O balanço energético como instrumento para o planejamento energético. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, 1990. 155 p. Dissertação (Mestrado)

BECCARI, A., OLIVEIRA, M. As estradas de água. *Revista Globo Ciência*, Ano 1, n.7, p.59, fev 1992

BLEVISS, D.B., The role of automobile - future transportation, environmental and energy needs. *Energy Policy*, p. 137- 148, mar 1990

BORBA, J. V. Uso de Diesel B no transporte urbano. *Revista dos Transportes Públicos*, Ano 7, n.27, p. 69 - 75, mar 1985

BOYLE, S. Transport and energy policies - Only connect. *Energy Policy*, p.34-41, jan/fev 1990

CANAVARROS, Otacílio Borges. O consumo e o potencial de energia da Região Administrativa de Campinas - Possibilidades de substituição de energéticos. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, 1994. Dissertação (Mestrado)

CIRETRAN, 7ª, Contato Pessoal com Sr. Vicente, Campinas, mar 1995.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Avaliação das propostas de Controle de emissão de gás de escapamento de veículos automotores leves*. São Paulo: jan 1986.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Seminário interno sobre emissão veicular*. São Paulo: CETESB, 1994.

CEE, Conselho Estadual de Energia. *Balanço Energético do Estado de São Paulo - 1982 e 1983*. São Paulo, CESP, 1985. 110p

- CESP, Companhia Energética do Estado de São Paulo. *Estudo para Implantação e Navegação nos Rios Paraná e Tietê*. p. 16-18, São Paulo: abril 1984.
- CESP, Companhia Energética do Estado de São Paulo. *Sinopse do balanço energético do Estado de São Paulo 1992: ano base 1992*. São Paulo: 1994. 25p
- CORREA, P. E. C., SACAMOTO, Y., ANAN, M. Contribuições dos veículos na poluição atmosférica. *Revista Saneamento Ambiental*, n. 24, p. 24 - 29, 1992.
- D'AVIGNON, A. L. A. Avaliação das emissões de escapamento de veículos convertidos a gás natural. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA E I SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE ENERGIA. out 1993, Rio de Janeiro. p. 707 - 771
- FAIS, A. Automotive emissions in developing countries - relative implications for global warming, acidification and urban air quality. *Transportation Research - an International Journal*. p. 167 - 182. Vol.27 A, n. 3, 1993.
- IBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Anuário Estatístico do Brasil*, 1992.
- GEIPOT, Ministério dos Transportes, *Anuário Estatístico dos Transportes*, 1988
- GONÇALVES DOS REIS, N., A frota está mais velha. *Revista Transporte Moderno*, jan 1991, p 24-27
- GREENE, D. L. Transportation and energy: the global environmental change. *Transportation Research - an International Journal*. p. 163 - 166. Vol.27 A, n. 3, 1993
- HUGHES, P. The role of passenger transport in CO2 reduction strategies. *Energy Policy*, p.149-160, mar, 1991
- INST, Instituto Nacional de Saúde no Trabalho, *Risco Ambiental*. Brasil, 1992, 80 p



KEMWORTHY, J. R., NEWMAN, P. W. G. Ecology of urban driving - methodology.

*Transportation Research - an International Journal*. p. 263 - 166. Vol. 26 A, n. 3, 1992

KOMOR, P., et alli. Technologies for improving transportation energy efficiency in the

Developing World. *Transportation Research - an International Journal*, p. 359 - 372.

Vol.27 A, n. 5, set 1993

MARTIN, J. M., *Économie et politique de l'énergie*, Paris: Armand Colin Éditeur,

1992.193p

MARTINS, J. P., MONTICELI, J. J. *A luta pela água nas bacias dos rios Piracicaba e*

*Capivari*. Campinas, 1993.

MELLO, J. C. Transportes e meio ambiente. *Revista dos Transportes Públicos*, Ano 11,

n.45, p. 77 - 88, set 1989

MELO, R., As pequenas notáveis, *Revista Exame*, Ano 26, n. 19, p. 22 - 30, set 1994

MBB, Mercedes-Benz do Brasil. Os veículos comerciais e o PROCONVE. São Paulo: 1989,

15p

MME, Ministério das Minas e Energia. *Balanço energético nacional 1994: ano base 1993*.

Brasília: 1994. 140p

MOREIRA, J. G. S., et alli. Contribuição das energias renováveis para redução das

emissões de gases poluidores: perspectiva da matriz energética vis-à-vis ao meio ambiente. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA E I SEMINÁRIO

LATINO AMERICANO DE ENERGIA, out 1993, Rio de Janeiro. p. 241 - 247.

MURGEL BRANCO, G., FARAH, E. L., SZWARC, A., Novos limites de emissão para motores diesel e a qualidade do combustível. SEMINÁRIO SOBRE QUALIDADE E USO DE COMBUSTÍVEIS PARA VEÍCULOS PESADOS. São Paulo, 1993, 14 p

MURGEL, E. M., SZWARC, A. Efeito das condições de tráfego na emissão de poluentes de veículos leves. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). São Paulo: CETESB, 1987. 13p

MURGEL, E. M., et alli, Inventário de emissão veicular. Metodologia de cálculo. *Revista Engenharia Sanitária*. Vol. 26, n.3, p.292-296, jul/set 1987

NOGUEIRA, E. M., ROCHA, A. L. N., VALENÇA JR., J. A. P. O uso de energéticos como combustíveis em veículos automotores e sua influência sobre a qualidade do ar. Estudo de caso em Salvador. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA E I SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE ENERGIA, out 1993, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, A., Reassessing the Brazilian alcohol programme. *Energy Policy*, p. 47 - 55, jan/fev 1991

REVISTA QUATRO RODAS. Entrevista com ex-prefeito de Curitiba: Jaime Lerner, por Carlos Costa, p. 78 - 81, Seção Mercado, p.128, mai, 1993

REVISTA TRANSPORTE MODERNO. No balanço do trem, p. 45 - 45, Rio Tietê ganha mais carga, p. 14 - 16, jun, 1993

RODRIGUES, J. C., NOVAES, A. G. N. Consumo energético urbano no transporte de passageiros. *Revista dos Transportes Públicos*, Ano 5, n.19, p. 21 - 37, mar 1983

SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1986*. São Paulo, 1987.

SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *O Novo Retrato de São Paulo - Avaliação do Censo Demográfico de 1991*. São Paulo, 1992.

SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1991*. São Paulo, 1993 a.

SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1992*. São Paulo 1993 b.

SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *Perfil Municipal do Estado de São Paulo*. São Paulo/SP, 1993 c.

SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1993*. São Paulo, 1995.

SECRETARIA DE TRANSPORTES DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Transportes: participação, descentralização e bom senso*. São Paulo: 1986. 104 p

SMITH, J. M., VAN NESS, H. C. *Introdução à termodinâmica da engenharia química*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980. Cap 11: Conversão de Calor em Trabalho, p. 462-481.

UHLIG, Alexandre. *Modelo Cascata: um instrumento de planejamento energético aplicado ao setor sucro alcooleiro no estado de São Paulo*. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1995. 154 p Dissertação (Mestrado)

VAN WYLEN, G. J., SONNTAG, R. E. *Fundamentos da termodinâmica clássica*. São Paulo: Ed. São Paulo, 1976. Cap 9: Alguns Ciclos Motores e Refrigeração, p. 198-213.

WRIGHT, C. L., SANT'ANNA, J. A. Problemas e perspectivas dos transportes urbanos na década de 90. *Revista dos Transportes Públicos*, Ano 11, n.44, p. 43 - 53, jun 1989

## **ANEXOS**

**Anexo 1 - População Estimada da R.A.C.**

| <b>Anos</b>                      | <b>1980</b> | <b>1981</b> | <b>1982</b> | <b>1983</b> | <b>1984</b> | <b>1985</b> | <b>1986</b> |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>R.A.C.</b>                    | 3196969     | 3286871     | 3385491     | 3483989     | 3585169     | 3689409     | 3796709     |
| <b>R.G. de Bragança Paulista</b> | 288495      | 296066      | 303789      | 311761      | 319687      | 327865      | 336194      |
| 01- Águas de Lindóia             | 9120        | 9358        | 9599        | 9844        | 10094       | 10348       | 10605       |
| 02- Amparo                       | 41466       | 42261       | 43062       | 43868       | 44679       | 45495       | 46317       |
| 03- Atibaia                      | 57446       | 59639       | 61903       | 64238       | 66648       | 69132       | 71693       |
| 04- Bom Jesus dos Perdões        | 7054        | 7275        | 7501        | 7733        | 7970        | 8212        | 8460        |
| 05- Bragança Paulista            | 83705       | 85776       | 87880       | 90017       | 92186       | 94385       | 96616       |
| 06- Joanópolis                   | 7744        | 7791        | 7838        | 7882        | 7925        | 7967        | 8006        |
| 07- Lindóia                      | 3192        | 3270        | 3349        | 3429        | 3510        | 3592        | 3676        |
| 08- Monte Alegre do Sul          | 4851        | 4906        | 4960        | 5014        | 5068        | 5120        | 5173        |
| 09- Nazaré Paulista              | 8371        | 8632        | 8900        | 9173        | 9452        | 9739        | 10031       |
| 10- Pedra Bela                   | 4682        | 4727        | 4772        | 4815        | 4859        | 4902        | 4943        |
| 11- Pinhalzinho                  | 6369        | 6535        | 6705        | 6978        | 7054        | 7232        | 7413        |
| 12- Piracaia                     | 13677       | 14107       | 14548       | 15000       | 15462       | 15935       | 16418       |
| 13- Serra Negra                  | 17251       | 17627       | 18006       | 18389       | 18776       | 19168       | 19563       |
| 14- Socorro                      | 23567       | 24162       | 24766       | 25381       | 26004       | 26638       | 27280       |
| <b>R.G. de Campinas</b>          | 1399531     | 1443462     | 1495062     | 1545391     | 1597527     | 1651533     | 1707485     |
| 01- Americana                    | 121552      | 124279      | 127040      | 129834      | 132662      | 135521      | 138410      |
| 02- Artur Nogueira               | 15802       | 16654       | 17548       | 18486       | 19470       | 20502       | 21584       |
| 03- Campinas                     | 661992      | 677487      | 693197      | 709121      | 725253      | 741587      | 758120      |
| 04- Cosmópolis                   | 23067       | 24072       | 25115       | 26198       | 27321       | 28487       | 29696       |
| 05- Indaiatuba                   | 55731       | 58835       | 62099       | 65531       | 69137       | 72925       | 76903       |
| 06- Itapira                      | 47800       | 45577       | 49355       | 50136       | 50917       | 51700       | 52483       |
| 07- Jaguariúna                   | 15093       | 15809       | 16555       | 17333       | 18143       | 18987       | 19866       |
| 08- Mogi Guaçu                   | 73113       | 75762       | 78491       | 81300       | 84192       | 87168       | 90228       |
| 09- Mogi Mirim                   | 50436       | 51634       | 52851       | 54085       | 55336       | 56603       | 57885       |
| 10- Monte Mor                    | 13890       | 14684       | 15520       | 16400       | 17327       | 18301       | 19325       |
| 11- Nova Odessa                  | 21743       | 22662       | 23616       | 24605       | 25629       | 26690       | 27788       |
| 12- Paulínia                     | 20573       | 21686       | 22856       | 24082       | 25369       | 26720       | 28136       |
| 13- Pedreira                     | 21295       | 21830       | 22375       | 22928       | 23491       | 24061       | 24639       |
| 14- Santa Bárbara do Oeste       | 75866       | 80504       | 85407       | 90588       | 96064       | 101848      | 107956      |
| 15- Santo Antônio da Posse       | 10825       | 11112       | 11405       | 11703       | 12007       | 12315       | 12629       |
| 16- Sumaré                       | 100589      | 108284      | 116542      | 125403      | 134909      | 145103      | 156033      |
| 17- Valinhos                     | 48670       | 50197       | 51762       | 53363       | 55003       | 56680       | 58395       |
| 18- Vinhedo                      | 21494       | 22394       | 23328       | 24295       | 25297       | 26335       | 27409       |

Fonte: SEADE, 1993, 1995

| Anos                        | 1980   | 1981   | 1982   | 1983   | 1984   | 1985   | 1986   |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>R.G. de Jundiáí</b>      | 399447 | 409642 | 420194 | 431117 | 442428 | 454148 | 466293 |
| 01- Cabreúva                | 11624  | 12146  | 12690  | 13255  | 13843  | 14453  | 15087  |
| 02- Campo Limpo Paulista    | 21636  | 23147  | 24758  | 26477  | 28308  | 30260  | 32339  |
| 03- Itatiba                 | 41377  | 42925  | 44522  | 46169  | 47867  | 49615  | 51416  |
| 04- Itupeva                 | 10110  | 10662  | 11242  | 11851  | 12490  | 13160  | 13863  |
| 05- Jarinu                  | 6155   | 6485   | 6832   | 7195   | 7575   | 7975   | 8394   |
| 06- Jundiáí                 | 258328 | 261202 | 264052 | 266876 | 269671 | 272436 | 275168 |
| 07- Louveira                | 10254  | 10697  | 11158  | 11635  | 12130  | 12645  | 13177  |
| 08- Morungaba               | 6501   | 6644   | 6790   | 6937   | 7086   | 7236   | 7388   |
| 09- Várzea Paulista         | 33462  | 35734  | 38150  | 40722  | 43458  | 46368  | 49461  |
| <b>R.G. de Limeira</b>      | 338487 | 348752 | 359260 | 370013 | 381011 | 392257 | 403755 |
| 01- Araras                  | 64714  | 66550  | 68425  | 70337  | 72287  | 74275  | 76300  |
| 02- Conchal                 | 12945  | 13429  | 13927  | 14440  | 14969  | 15514  | 16076  |
| 03- Cordeirópolis           | 9334   | 9648   | 9971   | 10302  | 10641  | 10989  | 11346  |
| 04- Iracemápolis            | 8230   | 8519   | 8816   | 9123   | 9437   | 9760   | 10092  |
| 05- Leme                    | 45977  | 47682  | 49440  | 51253  | 53120  | 55043  | 57023  |
| 06- Limeira                 | 149798 | 154402 | 159114 | 163934 | 168863 | 173903 | 179052 |
| 07- Pirassununga            | 44811  | 45819  | 46841  | 47874  | 48920  | 49977  | 51047  |
| 08- Santa Cruz da Conceição | 2678   | 2703   | 2726   | 2750   | 2774   | 2796   | 2819   |
| <b>R.G. de Piracicaba</b>   | 294437 | 302698 | 311130 | 319735 | 328514 | 337468 | 346597 |
| 01- Águas de São Pedro      | 1086   | 1131   | 1178   | 1227   | 1278   | 1330   | 1385   |
| 02- Capivari                | 25052  | 25787  | 26539  | 27307  | 28091  | 28890  | 29707  |
| 03- Charqueada              | 8872   | 9035   | 9200   | 9365   | 9531   | 9699   | 9867   |
| 04- Elias Fausto            | 8244   | 8512   | 8786   | 9067   | 9356   | 9652   | 9954   |
| 05- Mombuca                 | 2657   | 2654   | 2651   | 2647   | 2642   | 2637   | 2631   |
| 06- Piracicaba              | 213343 | 219101 | 224966 | 230939 | 237019 | 243205 | 249498 |
| 07- Rafard                  | 5895   | 6105   | 6321   | 6543   | 6771   | 7006   | 7247   |
| 08- Rio das Pedras          | 13394  | 13841  | 14299  | 14769  | 15251  | 15746  | 16253  |
| 09- Santa Maria da Serra    | 2805   | 2918   | 3034   | 3154   | 3278   | 3406   | 3539   |
| 10- São Pedro               | 13089  | 13614  | 14156  | 14717  | 15297  | 15897  | 16516  |
| <b>R.G. de Rio Claro</b>    | 149315 | 152634 | 155999 | 159403 | 162851 | 166336 | 169863 |
| 01- Analândia               | 2292   | 2351   | 2413   | 2474   | 2538   | 2602   | 2667   |
| 02- Brotas                  | 11216  | 11482  | 11752  | 12026  | 12304  | 12585  | 12870  |
| 03- Corumbataí              | 2791   | 2826   | 2859   | 2892   | 2926   | 2959   | 2991   |
| 04- Ipeúna                  | 1838   | 1904   | 1973   | 2043   | 2116   | 2190   | 2267   |
| 05- Itirapina               | 6889   | 7125   | 7368   | 7618   | 7874   | 8137   | 8408   |
| 06- Rio Claro               | 109821 | 112178 | 114562 | 116972 | 119406 | 121864 | 124344 |
| 07- Santa Gertrudes         | 7947   | 8157   | 8370   | 8586   | 8806   | 9029   | 9257   |
| 08- Torrinha                | 6521   | 6611   | 6702   | 6792   | 6881   | 6970   | 7059   |

Fonte: SEADE, 1993, 1995

| Anos                                | 1980   | 1981   | 1982   | 1983   | 1984   | 1985   | 1986   |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>R.G. de São João da Boa Vist</b> | 327257 | 333617 | 340057 | 346569 | 353151 | 359802 | 366522 |
| 01- Aguai                           | 16979  | 17486  | 18006  | 18537  | 19080  | 19634  | 20200  |
| 02- Águas da Prata                  | 5708   | 5796   | 5885   | 5973   | 6062   | 6151   | 6239   |
| 03- Caconde                         | 16392  | 16485  | 16577  | 16665  | 16750  | 16832  | 16910  |
| 04- Casa Branca                     | 21698  | 22022  | 22346  | 22670  | 22993  | 23316  | 23638  |
| 05- Divinolândia                    | 10247  | 10393  | 10539  | 10685  | 10829  | 10974  | 11118  |
| 06- Espírito Santo do Pinhal        | 33293  | 33661  | 34025  | 34385  | 34742  | 35095  | 35443  |
| 07- Itobi                           | 5724   | 5818   | 5913   | 6008   | 6103   | 6198   | 6294   |
| 08- Mococa                          | 47149  | 48116  | 49093  | 50079  | 51073  | 52075  | 53086  |
| 09- Santa Cruz das Palmeira         | 16008  | 16472  | 16948  | 17433  | 17928  | 18433  | 18948  |
| 10- Santo Antônio do Jardim         | 5498   | 5521   | 5543   | 5564   | 5584   | 5603   | 5620   |
| 11- São João da Boa Vista           | 55745  | 56890  | 58048  | 59215  | 60394  | 61581  | 62779  |
| 12- São José do Rio Pardo           | 36035  | 36769  | 37509  | 38257  | 39011  | 39772  | 40538  |
| 13- São Sebastião da Grama          | 11321  | 11376  | 11428  | 11479  | 11527  | 11572  | 11616  |
| 14- Tambau                          | 15384  | 15757  | 16135  | 16520  | 16909  | 17304  | 17705  |
| 15- Tapiratiba                      | 9846   | 10017  | 10189  | 10362  | 10536  | 10709  | 10883  |
| 16- Vargem Grande do Sul            | 20230  | 21038  | 21873  | 22737  | 23630  | 24553  | 25505  |

Fonte: SEADE, 1993, 1995

| Anos                             | 1987    | 1988    | 1989    | 1990    | 1991    | 1992    | 1993    |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>R.A.C.</b>                    | 3907163 | 4020869 | 4137913 | 4258418 | 4382452 | 4434861 | 4487270 |
| <b>R.G. de Bragança Paulista</b> | 344678  | 353316  | 362099  | 371036  | 380114  | 384253  | 388392  |
| 01- Águas de Lindóia             | 10867   | 11133   | 11402   | 11676   | 11951   | 12211   | 12470   |
| 02- Amparo                       | 47141   | 47970   | 48801   | 49635   | 50472   | 51215   | 51957   |
| 03- Atibaia                      | 74331   | 77049   | 79847   | 82727   | 85691   | 88632   | 91573   |
| 04- Bom Jesus dos Perdões        | 8713    | 8973    | 9237    | 9508    | 9782    | 10060   | 10337   |
| 05- Bragança Paulista            | 98877   | 101167  | 103485  | 105832  | 108204  | 105750  | 103295  |
| 06- Joanópolis                   | 8045    | 8082    | 8117    | 8150    | 8180    | 8197    | 8214    |
| 07- Lindóia                      | 3760    | 3846    | 3933    | 4020    | 4107    | 4184    | 4260    |
| 08- Monte Alegre do Sul          | 5224    | 5275    | 5325    | 5374    | 5422    | 5682    | 5941    |
| 09- Nazaré Paulista              | 10331   | 10636   | 10948   | 11267   | 11592   | 11898   | 12203   |
| 10- Pedra Bela                   | 4984    | 5024    | 5063    | 5102    | 5138    | 5174    | 5210    |
| 11- Pinhalzinho                  | 7598    | 7785    | 7975    | 8167    | 8362    | 8542    | 8721    |
| 12- Piracaia                     | 16913   | 17419   | 17935   | 18462   | 19000   | 19511   | 20022   |
| 13- Serra Negra                  | 19962   | 20364   | 20769   | 21177   | 21590   | 21947   | 22303   |
| 14- Socorro                      | 27932   | 28593   | 29262   | 29939   | 30623   | 31255   | 31886   |
| <b>R.G. de Campinas</b>          | 1765466 | 1825560 | 1887837 | 1952404 | 2019329 | 2025446 | 2031563 |
| 01- Americana                    | 141329  | 144277  | 147250  | 150249  | 153273  | 155900  | 158526  |
| 02- Artur Nogueira               | 22717   | 23904   | 25148   | 26449   | 27811   | 24428   | 21045   |
| 03- Campinas                     | 774845  | 791755  | 808842  | 826100  | 843516  | 858564  | 873612  |
| 04- Cosmópolis                   | 30948   | 32246   | 33590   | 34983   | 36421   | 37514   | 38606   |
| 05- Indaiatuba                   | 81081   | 85465   | 90065   | 94890   | 99949   | 105232  | 110515  |
| 06- Itapira                      | 53265   | 54047   | 54827   | 55605   | 56381   | 57065   | 57749   |
| 07- Jaguariúna                   | 20781   | 21732   | 22722   | 23752   | 24819   | 24557   | 24295   |
| 08- Mogi Guaçu                   | 93375   | 96609   | 99931   | 103343  | 106848  | 106680  | 106511  |
| 09- Mogi Mirim                   | 59184   | 60498   | 61826   | 63168   | 64523   | 65801   | 67078   |
| 10- Monte Mor                    | 20402   | 21535   | 22725   | 23976   | 25291   | 26634   | 27976   |
| 11- Nova Odessa                  | 28925   | 30102   | 31319   | 32578   | 33876   | 35180   | 36484   |
| 12- Paulínia                     | 29620   | 31176   | 32805   | 34511   | 36298   | 38183   | 40068   |
| 13- Pedreira                     | 25226   | 25821   | 26424   | 27034   | 27653   | 28222   | 28791   |
| 14- Santa Bárbara do Oeste       | 114404  | 121210  | 128389  | 135962  | 143945  | 152264  | 160582  |
| 15- Santo Antônio da Posse       | 12948   | 13272   | 13600   | 13934   | 14272   | 14550   | 14828   |
| 16- Sumaré                       | 167747  | 180300  | 193745  | 208143  | 223553  | 190720  | 157887  |
| 17- Valinhos                     | 60149   | 61941   | 63771   | 65640   | 67545   | 69356   | 71166   |
| 18- Vinhedo                      | 28520   | 29670   | 30858   | 32087   | 33355   | 34600   | 35844   |

Fonte: SEADE, 1993, 1995



| Anos                        | 1987   | 1988   | 1989   | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>R.G. de Jundiáí</b>      | 478885 | 491943 | 505486 | 519540 | 534129 | 548049 | 561968 |
| 01- Cabreúva                | 15744  | 16427  | 17135  | 17870  | 18631  | 19425  | 20219  |
| 02- Campo Limpo Paulista    | 34552  | 36909  | 39417  | 42085  | 44924  | 47906  | 50888  |
| 03- Itatiba                 | 53270  | 55178  | 57142  | 59160  | 61236  | 63234  | 65231  |
| 04- Itupeva                 | 14601  | 15374  | 16184  | 17033  | 17921  | 18820  | 19718  |
| 05- Jarinu                  | 8833   | 9293   | 9774   | 10277  | 10802  | 11322  | 11842  |
| 06- Jundiáí                 | 277864 | 280521 | 283135 | 285706 | 288228 | 289724 | 291219 |
| 07- Louveira                | 13729  | 14301  | 14893  | 15506  | 16140  | 16794  | 17448  |
| 08- Morungaba               | 7543   | 7698   | 7854   | 8012   | 8174   | 8315   | 8455   |
| 09- Várzea Paulista         | 52749  | 56242  | 59952  | 63891  | 68073  | 72511  | 76948  |
| <b>R.G. de Limeira</b>      | 415502 | 427500 | 439750 | 452250 | 465002 | 476730 | 488457 |
| 01- Araras                  | 78363  | 80463  | 82599  | 84772  | 86983  | 88960  | 90937  |
| 02- Conchal                 | 16654  | 17249  | 17862  | 18491  | 19137  | 19769  | 20400  |
| 03- Cordeirópolis           | 11712  | 12087  | 12472  | 12865  | 13267  | 13639  | 14010  |
| 04- Iracemópolis            | 10432  | 10782  | 11141  | 11508  | 11886  | 12248  | 12609  |
| 05- Leme                    | 59061  | 61158  | 63313  | 65529  | 67803  | 69885  | 71967  |
| 06- Limeira                 | 184313 | 189683 | 195164 | 200755 | 206456 | 211764 | 217071 |
| 07- Pirassununga            | 52127  | 53217  | 54317  | 55427  | 56547  | 57529  | 58511  |
| 08- Santa Cruz da Conceição | 2840   | 2861   | 2882   | 2903   | 2923   | 2938   | 2952   |
| <b>R.G. de Piracicaba</b>   | 355896 | 365367 | 375013 | 384827 | 394800 | 401550 | 408299 |
| 01- Águas de São Pedro      | 1441   | 1498   | 1558   | 1620   | 1684   | 1749   | 1814   |
| 02- Capivari                | 30539  | 31388  | 32251  | 33131  | 34026  | 34891  | 35755  |
| 03- Charqueada              | 10036  | 10205  | 10375  | 10545  | 10712  | 10878  | 11044  |
| 04- Elias Fausto            | 10263  | 10580  | 10904  | 11235  | 11570  | 11907  | 12243  |
| 05- Mombuca                 | 2625   | 2617   | 2610   | 2602   | 2598   | 2593   | 2587   |
| 06- Piracicaba              | 255894 | 262394 | 268995 | 275696 | 282492 | 286162 | 289832 |
| 07- Rafard                  | 7494   | 7749   | 8011   | 8279   | 8553   | 8790   | 9026   |
| 08- Rio das Pedras          | 16773  | 17304  | 17850  | 18407  | 18978  | 19511  | 20043  |
| 09- Santa Maria da Serra    | 3676   | 3817   | 3963   | 4114   | 4268   | 4412   | 4556   |
| 10- São Pedro               | 17155  | 17815  | 18496  | 19198  | 19919  | 20659  | 21399  |
| <b>R.G. de Rio Claro</b>    | 173427 | 177027 | 180660 | 184329 | 188024 | 191421 | 194817 |
| 01- Analândia               | 2733   | 2800   | 2868   | 2938   | 3008   | 3078   | 3148   |
| 02- Brotas                  | 13159  | 13450  | 13745  | 14044  | 14344  | 14641  | 14937  |
| 03- Corumbataí              | 3024   | 3056   | 3087   | 3118   | 3148   | 3177   | 3206   |
| 04- Ipeuna                  | 2346   | 2427   | 2511   | 2596   | 2685   | 2775   | 2865   |
| 05- Itirapina               | 8684   | 8969   | 9260   | 9558   | 9862   | 10175  | 10487  |
| 06- Rio Claro               | 126846 | 129368 | 131909 | 134468 | 137041 | 139317 | 141593 |
| 07- Santa Gertrudes         | 9488   | 9722   | 9959   | 10200  | 10444  | 10685  | 10926  |
| 08- Torrinhã                | 7147   | 7235   | 7321   | 7407   | 7492   | 7574   | 7655   |

Fonte: SEADE, 1993, 1995

| Anos                                | 1987   | 1988   | 1989   | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>R.G. de São João da Boa Vist</b> | 373309 | 380156 | 387068 | 394032 | 401054 | 407414 | 413774 |
| 01- Aguai                           | 20778  | 21367  | 21968  | 22579  | 23202  | 23789  | 24375  |
| 02- Águas da Prata                  | 6328   | 6415   | 6503   | 6591   | 6678   | 6768   | 6857   |
| 03- Caconde                         | 16984  | 17056  | 17123  | 17187  | 17248  | 17290  | 17331  |
| 04- Casa Branca                     | 23959  | 24278  | 24597  | 24913  | 25226  | 25481  | 25735  |
| 05- Divinolândia                    | 11262  | 11405  | 11547  | 11688  | 11827  | 11944  | 12060  |
| 06- Espírito Santo do Pinhal        | 35788  | 36126  | 36460  | 36787  | 37109  | 37348  | 37586  |
| 07- Itobi                           | 6389   | 6484   | 6579   | 6673   | 6768   | 6854   | 6939   |
| 08- Mococa                          | 54104  | 55128  | 56159  | 57195  | 58237  | 59172  | 60107  |
| 09- Santa Cruz das Palmeira         | 19473  | 20008  | 20553  | 21107  | 21672  | 22211  | 22749  |
| 10- Santo Antônio do Jardim         | 5636   | 5651   | 5665   | 5677   | 5685   | 5692   | 5699   |
| 11- São João da Boa Vista           | 63985  | 65199  | 66420  | 67648  | 68884  | 69937  | 70989  |
| 12- São José do Rio Pardo           | 41309  | 42086  | 42867  | 43651  | 44438  | 45158  | 45878  |
| 13- São Sebastião da Gramma         | 11657  | 11695  | 11731  | 11764  | 11794  | 11816  | 11837  |
| 14- Tambaú                          | 18110  | 18521  | 18936  | 19356  | 19782  | 20193  | 20603  |
| 15- Tapiratiba                      | 11058  | 11233  | 11408  | 11583  | 11756  | 11928  | 12099  |
| 16- Vargem Grande do Sul            | 26489  | 27504  | 28552  | 29633  | 30748  | 31839  | 32930  |

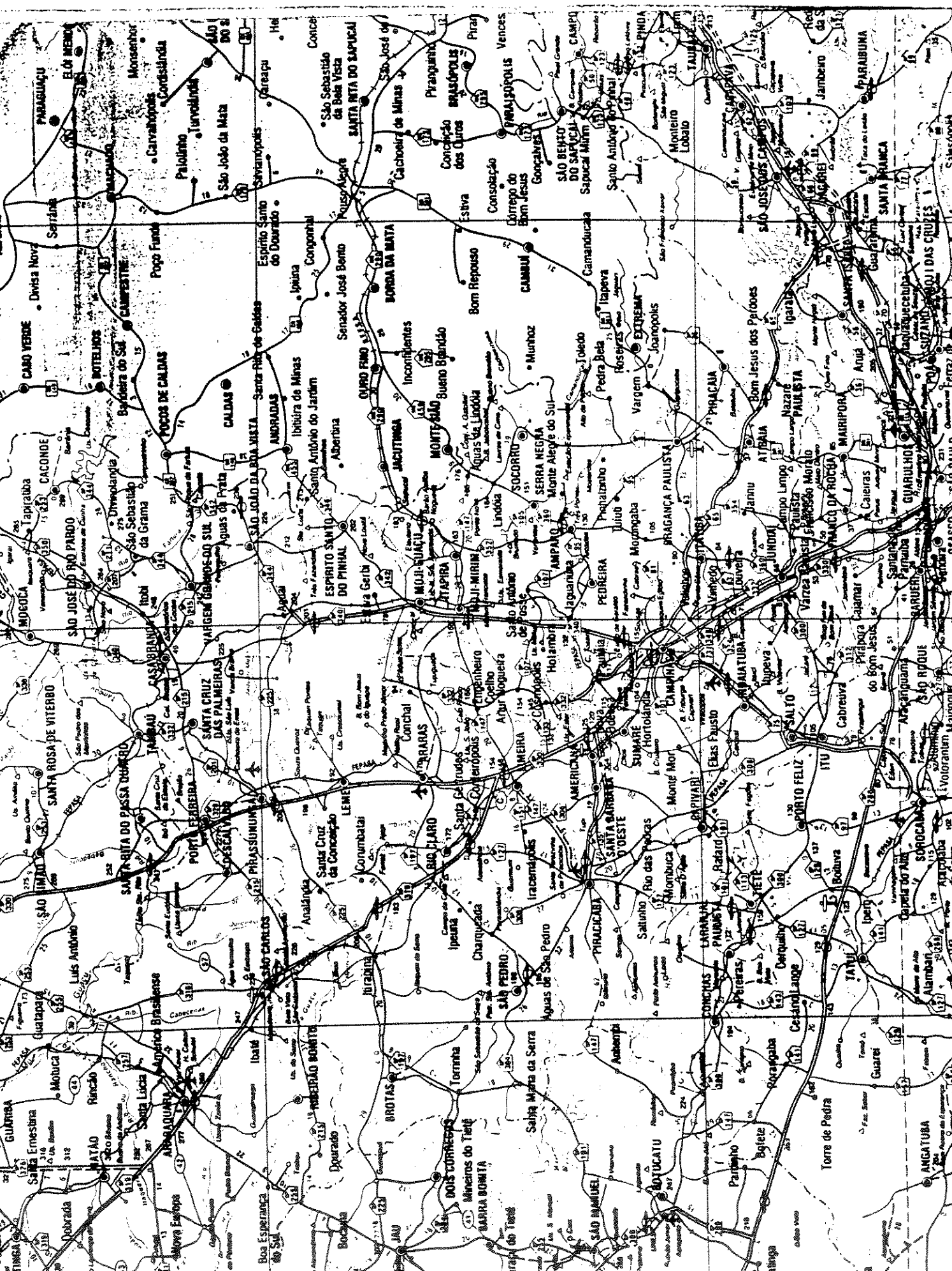
Fonte: SEADE, 1993, 1995

Obs: nas somatórias das R.G.'s e da R.A.C. estão contabilizadas os novos municípios criadas no ano de 1993.

| Região de Governo         | Municípios        | Popul.        |
|---------------------------|-------------------|---------------|
| R.G. de Bragança Paulista | Tuiuti            | 4238          |
|                           | Vargem            | 5173          |
| R.G. de Campinas          | Engenheiro Coelho | 7089          |
|                           | Estiva Gerbi      | 7052          |
|                           | Holambra          | 5960          |
|                           | Hortolândia       | 99510         |
| R.G. de Piracicaba        | Saltinho          | 4952          |
| <b>Total</b>              |                   | <b>133974</b> |

Fonte: SEADE, 1995

## Anexo 2 - Malha Rodoviária da R.A.C.



**Anexo 3 - Médias Diárias de Tráfego nas Principais Rodovias da R.A.C. - 1990/1993**

**Médias Diárias do Tráfego Total de Veículos por Trechos da Rodovia Anhangüera - SP 330**

| Trechos                                       | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  |
|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Jundiá - Campinas                             | 24313 | 25306 | 23850 | 22811 |
| Campinas - Sumaré                             | 51085 | 59800 | 59727 | 60797 |
| Sumaré - Acesso Americana                     | -     | 51762 | 52840 | 60780 |
| Acesso Americana - SP 147 (Limeira)           | 29709 | 40109 | 34831 | 33959 |
| SP 147(Limeira)-SP 310(Via Washington Luís)   | 29083 | 32568 | 29224 | 33893 |
| SP 310 (Via Washington Luís)-SP 191(Araras)   | 14477 | 15786 | 16029 | 18089 |
| SP 191 (Araras) - Acesso Leme                 | 15001 | 17330 | 15154 | 15154 |
| Acesso Leme - SP 225 (Pirassununga)           | 14168 | 15744 | 13845 | 13845 |
| SP 225 (Pirassununga)-SP 215 (Porto Ferreira) | 10087 | 11972 | 11637 | 10831 |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Veículos de Passeio por Trechos da Rodovia Anhangüera - SP 330**

| Trechos                                       | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  |
|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Jundiá - Campinas                             | 15958 | 17248 | 17417 | 16924 |
| Campinas - Sumaré                             | 34585 | 42950 | 43422 | 44369 |
| Sumaré - Acesso Americana                     | -     | 35783 | 36644 | 42892 |
| Acesso Americana - SP 147 (Limeira)           | 18278 | 26979 | 23045 | 21066 |
| SP 147(Limeira)-SP 310(Via Washington Luís)   | 18141 | 20627 | 17977 | 20224 |
| SP 310 (Via Washington Luís)-SP 191(Araras)   | 8630  | 9889  | 9721  | 10409 |
| SP 191 (Araras) - Acesso Leme                 | 8484  | 10950 | 9265  | 9265  |
| Acesso Leme - SP 225 (Pirassununga)           | 8470  | 9765  | 8233  | 8233  |
| SP 225 (Pirassununga)-SP 215 (Porto Ferreira) | 5419  | 6398  | 6279  | 5879  |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Veículos de Carga por Trechos da Rodovia Anhangüera - SP 330**

| Trechos                                       | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  |
|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Jundiá - Campinas                             | 6813  | 6469  | 4740  | 4263  |
| Campinas - Sumaré                             | 14494 | 14146 | 13438 | 13566 |
| Sumaré - Acesso Americana                     | -     | 14124 | 14287 | 15974 |
| Acesso Americana - SP 147 (Limeira)           | 10192 | 11738 | 10497 | 11273 |
| SP 147(Limeira)-SP 310(Via Washington Luís)   | 9758  | 10636 | 10039 | 12302 |
| SP 310 (Via Washington Luís)-SP 191(Araras)   | 5247  | 5307  | 5577  | 7011  |
| SP 191 (Araras) - Acesso Leme                 | 5827  | 5739  | 5237  | 5237  |
| Acesso Leme - SP 225 (Pirassununga)           | 5075  | 5294  | 4908  | 4908  |
| SP 225 (Pirassununga)-SP 215 (Porto Ferreira) | 4135  | 4890  | 4679  | 4418  |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Ônibus por Trechos da Rodovia Anhangüera - SP 330**

| Trechos                                       | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
|-----------------------------------------------|------|------|------|------|
| Jundiá - Campinas                             | 1542 | 1589 | 1693 | 1624 |
| Campinas - Sumaré                             | 2006 | 2704 | 2867 | 2862 |
| Sumaré - Acesso Americana                     | -    | 1855 | 1909 | 1914 |
| Acesso Americana - SP 147 (Limeira)           | 1239 | 1392 | 1289 | 1620 |
| SP 147(Limeira)-SP 310(Via Washington Luís)   | 1184 | 1305 | 1208 | 1367 |
| SP 310 (Via Washington Luís)-SP 191(Araras)   | 600  | 590  | 731  | 669  |
| SP 191 (Araras) - Acesso Leme                 | 690  | 641  | 652  | 652  |
| Acesso Leme - SP 225 (Pirassununga)           | 623  | 685  | 704  | 704  |
| SP 225 (Pirassununga)-SP 215 (Porto Ferreira) | 533  | 684  | 679  | 534  |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego Total de Veículos por Trechos da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348**

| Trechos             | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| São Paulo - Jundiaí | 44840 | 46757 | 46897 | 49035 |
| Jundiaí - Campinas  | 24453 | 26027 | 24977 | 25374 |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Veículos de Passeio por Trechos da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348**

| Trechos             | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| São Paulo - Jundiaí | 34342 | 36737 | 37612 | 38864 |
| Jundiaí - Campinas  | 18041 | 19648 | 19751 | 20259 |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Veículos de Carga por Trechos da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348**

| Trechos             | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
|---------------------|------|------|------|------|
| São Paulo - Jundiaí | 9137 | 8692 | 7843 | 8698 |
| Jundiaí - Campinas  | 5686 | 5637 | 4421 | 4245 |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Ônibus por Trechos da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348**

| Trechos             | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
|---------------------|------|------|------|------|
| São Paulo - Jundiaí | 1361 | 1328 | 1442 | 1473 |
| Jundiaí - Campinas  | 726  | 742  | 805  | 870  |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego Total de Veículos por Trechos da Rodovia Dom Pedro I - SP 065**

| Trechos                                  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nazaré Paulista - Bom Jesus dos Perdões  | 5649  | 7792  | 7895  | 7739  |
| Bom Jesus dos Perdões - BR 381 (Atibaia) | 10284 | 7288  | 7385  | 7965  |
| BR 381 (Atibaia) - SP 360 (Itatiba)      | 8737  | 7014  | 7110  | 7982  |
| SP 360 (Itatiba) - Valinhos              | -     | 8557  | 8674  | 12879 |
| Valinhos - Trevo Souza (Campinas)        | 10538 | 10931 | 11072 | 13812 |
| Trevo Souza (Campinas)-SP 340 (Campinas) | -     | 16782 | 16979 | 18781 |
| SP 340 (Campinas) - SP 332 (Campinas)    | -     | 21564 | 21824 | 22427 |
| SP 332(Campinas) - Trevo km142(Campinas) | -     | 27263 | 27609 | 28357 |
| Trevo km142(Campinas)-SP 330(Anhangüera) | 25828 | 27673 | 28015 | 28777 |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Veículos de Passeio por Trechos da Rodovia Dom Pedro I - SP 065**

| Trechos                                  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nazaré Paulista - Bom Jesus dos Perdões  | 2929  | 5386  | 5440  | 4704  |
| Bom Jesus dos Perdões - BR 381 (Atibaia) | 5697  | 4887  | 4936  | 5084  |
| BR 381 (Atibaia) - SP 360 (Itatiba)      | 3807  | 4337  | 4380  | 4928  |
| SP 360 (Itatiba) - Valinhos              | -     | 5480  | 5535  | 9691  |
| Valinhos - Trevo Souza (Campinas)        | 6979  | 7766  | 7844  | 10531 |
| Trevo Souza (Campinas)-SP 340 (Campinas) | -     | 13843 | 13982 | 15732 |
| SP 340 (Campinas) - SP 332 (Campinas)    | -     | 17078 | 17248 | 17765 |
| SP 332(Campinas) - Trevo km142(Campinas) | -     | 20700 | 20907 | 21534 |
| Trevo km142(Campinas)-SP 330(Anhangüera) | 18766 | 21078 | 21288 | 21927 |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Veículos de Carga por Trechos da Rodovia Dom Pedro I - SP 065**

| Trechos                                  | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
|------------------------------------------|------|------|------|------|
| Nazaré Paulista - Bom Jesus dos Perdões  | 2649 | 2332 | 2379 | 2955 |
| Bom Jesus dos Perdões - BR 381 (Atibaia) | 4494 | 2328 | 2374 | 2802 |
| BR 381 (Atibaia) - SP 360 (Itatiba)      | 4747 | 2545 | 2596 | 2913 |
| SP 360 (Itatiba) - Valinhos              | -    | 2902 | 2960 | 3002 |
| Valinhos - Trevo Souza (Campinas)        | 3419 | 2961 | 3020 | 3062 |
| Trevo Souza (Campinas)-SP 340 (Campinas) | -    | 2714 | 2768 | 2807 |
| SP 340 (Campinas) - SP 332 (Campinas)    | -    | 3941 | 4020 | 4076 |
| SP 332(Campinas) - Trevo km142(Campinas) | -    | 5881 | 6007 | 6091 |
| Trevo km142(Campinas)-SP 330(Anhangüera) | 6542 | 5903 | 6021 | 6106 |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Ônibus por Trechos da Rodovia Dom Pedro I - SP 065**

| Trechos                                  | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
|------------------------------------------|------|------|------|------|
| Nazaré Paulista - Bom Jesus dos Perdões  | 71   | 74   | 76   | 80   |
| Bom Jesus dos Perdões - BR 381 (Atibaia) | 93   | 73   | 75   | 79   |
| BR 381 (Atibaia) - SP 360 (Itatiba)      | 183  | 132  | 134  | 141  |
| SP 360 (Itatiba) - Valinhos              | -    | 175  | 179  | 186  |
| Valinhos - Trevo Souza (Campinas)        | 140  | 204  | 208  | 219  |
| Trevo Souza (Campinas)-SP 340 (Campinas) | -    | 225  | 229  | 242  |
| SP 340 (Campinas) - SP 332 (Campinas)    | -    | 545  | 556  | 586  |
| SP 332(Campinas) - Trevo km142(Campinas) | -    | 682  | 695  | 732  |
| Trevo km142(Campinas)-SP 330(Anhangüera) | 520  | 692  | 706  | 744  |

Fonte: SEADE, 1995



**Médias Diárias do Tráfego Total de Veículos por Trechos da Rodovia Washington Luís - SP 310**

| Trechos                            | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| SP 330 (Cordeirópolis) - Rio Claro | 15344 | 17642 | 16392 | 16392 |
| Rio Claro (SP127) - SP 191         | -     | -     | 15480 | 18513 |
| SP 191 - SP 225 (Itirapina)        |       |       |       | 14707 |
| SP 225 (Itirapina) - São Carlos    | 11708 | 12170 | 12159 | 10528 |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Veículos de Passeio por Trechos da Rodovia Washington Luís - SP 310**

| Trechos                                    | 1990 | 1991  | 1992  | 1993  |
|--------------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| SP 330 (Cordeirópolis) - Rio Claro (SP127) | 9248 | 11162 | 10025 | 10025 |
| Rio Claro (SP127) - SP 191                 | -    | -     | 9082  | 9325  |
| SP 191 - SP225 (Itirapina)                 | 7798 | 10358 | 9802  | 7498  |
| SP 225 (Itirapina) - São Carlos            | 6430 | 6653  | 6569  | 5335  |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Veículos de Carga por Trechos da Rodovia Washington Luís - SP 310**

| Trechos                            | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
|------------------------------------|------|------|------|------|
| SP 330 (Cordeirópolis) - Rio Claro | 5415 | 5822 | 5792 | 5792 |
| Rio Claro (SP127) - SP 191         | -    | -    | -    | 8433 |
| SP 191 - SP225 (Itirapina)         | 6493 | 6479 | 7639 | 6556 |
| SP 225 (Itirapina) - São Carlos    | 4875 | 5086 | 5018 | 4774 |

Fonte: SEADE, 1995

**Médias Diárias do Tráfego de Ônibus por Trechos da Rodovia Washington Luís - SP 310**

| Trechos                            | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
|------------------------------------|------|------|------|------|
| SP 330 (Cordeirópolis) - Rio Claro | 681  | 658  | 575  | 575  |
| Rio Claro (SP127) - SP 191         | -    | -    | -    | 755  |
| SP 191 - SP225 (Itirapina)         | 469  | 556  | 493  | 653  |
| SP 225 (Itirapina) - São Carlos    | 403  | 431  | 572  | 419  |

Fonte: SEADE, 1995

**Anexo 4 - Extensão da Rede Rodoviária Municipal nas RG's da R.A.C.  
e no Estado de São Paulo - 1993**

| <b>Região</b>                        | <b>Não<br/>Pavimentada</b> | <b>Pavimentada</b> | <b>Total</b> |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------|
| <b>R.G. de Bragança Paulista</b>     | 2968,7                     | 55,8               | 3024,5       |
| Bragança Paulista                    | 348,0                      | -                  | 348,0        |
| <b>R.G. de Campinas</b>              | 3160,5                     | 187,4              | 3347,9       |
| Campinas                             | 383,6                      | 16,5               | 400,1        |
| <b>R.G. de Jundiaí</b>               | 1356,6                     | 53,6               | 1410,2       |
| Jundiaí                              | 165,0                      | 6,5                | 171,5        |
| <b>R.G. de Limeira</b>               | 2223,6                     | 120,3              | 2343,9       |
| Limeira                              | 464,4                      | 22,9               | 487,3        |
| <b>R.G. de Piracicaba</b>            | 2462,9                     | 87,0               | 2549,9       |
| Piracicaba                           | 839,5                      | 5,0                | 844,5        |
| <b>R.G. de Rio Claro</b>             | 2573,3                     | 96,9               | 2670,2       |
| Rio Claro                            | 324,3                      | 5,7                | 330,0        |
| <b>R.G. de São João da Boa Vista</b> | 4588,9                     | 208,1              | 4797,0       |
| São João da Boa Vista                | 388,4                      | 11,6               | 400,0        |
| <b>R.A. de Campinas</b>              | 19334,5                    | 809,1              | 20143,6      |
| <b>Estado de São Paulo</b>           | 167483,3                   | 7767,6             | 175250,9     |

Fonte: SEADE, 1995

### Anexo 5 - Índices de Habitantes por Veículo em Alguns Países

| País              | 1980        | 1984        | 1988        | 1992        |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Estados Unidos    | 1,4         | 1,4         | 1,3         | 1,3         |
| Canadá            | 1,8         | 1,8         | 1,6         | 1,6         |
| Austrália         | 2,0         | 1,8         | 1,7         | 1,8         |
| Itália            | 3,0         | 2,5         | 2,3         | 1,8         |
| Alemanha          | 2,5         | 2,3         | 1,9         | 1,9         |
| França            | 2,5         | 2,3         | 2,2         | 2,0         |
| Japão             | 3,1         | 2,7         | 2,3         | 2,0         |
| Reino Unido       | 3,2         | 2,7         | 2,3         | 2,2         |
| Suécia            | 2,7         | 2,5         | 2,2         | 2,2         |
| Alemanha Oriental | 5,3         | 4,7         | 4,3         | -           |
| Bélgica           | 2,8         | 3,0         | 2,5         | 2,2         |
| Espanha           | 4,2         | 3,7         | 3,1         | 2,5         |
| Tcheco-Eslováquia | 6,6         | 5,2         | 4,5         | 3,9         |
| Polônia           | 11,6        | 8,7         | 7,0         | 4,9         |
| Argentina         | 6,6         | 5,9         | 5,7         | 5,5         |
| Iugoslávia        | 8,4         | 7,3         | 5,8         | 6,4         |
| México            | 12,7        | 11,2        | 11,0        | 8,5         |
| C.E.I.            | 15,5        | 12,8        | 12,0        | 11,0        |
| <b>Brasil</b>     | <b>11,8</b> | <b>11,2</b> | <b>10,9</b> | <b>11,3</b> |

Fonte: ANFAVEA, 1994

**Anexo 6 - Vendas de Veículos no Brasil por Tipo de Combustível - 1975/1993****Automóveis**

| <b>Ano</b> | <b>Gasolina</b> | <b>Alcool</b> | <b>Diesel</b> | <b>Total</b> |
|------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|
| 1975       | 661332          | -             | -             | 661332       |
| 1976       | 695207          | -             | -             | 695207       |
| 1977       | 678824          | -             | -             | 678824       |
| 1978       | 797942          | -             | -             | 797942       |
| 1979       | 826462          | 2271          | -             | 828733       |
| 1980       | 566676          | 226352        | -             | 793028       |
| 1981       | 318929          | 128679        | -             | 447608       |
| 1982       | 344468          | 211761        | -             | 556229       |
| 1983       | 70098           | 538401        | -             | 608499       |
| 1984       | 28670           | 503565        | -             | 532235       |
| 1985       | 23892           | 578177        | -             | 602069       |
| 1986       | 53094           | 619290        | -             | 672384       |
| 1987       | 23084           | 387176        | -             | 410260       |
| 1988       | 64734           | 492010        | -             | 556744       |
| 1989       | 220984          | 345598        | -             | 566582       |
| 1990       | 462470          | 70250         | 71            | 532791       |
| 1991       | 453642          | 129139        | 291           | 583072       |
| 1992       | 411976          | 164840        | 489           | 577305       |
| 1993       | 622137          | 227289        | 1136          | 850562       |

Fonte: ANFAVEA, 1994

**Picapes**

| <b>Ano</b> | <b>Gasolina</b> | <b>Alcool</b> | <b>Diesel</b> | <b>Total</b> |
|------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|
| 1975       | 60577           | -             | 610           | 61187        |
| 1976       | 52735           | -             | 1193          | 53928        |
| 1977       | 30704           | -             | 2246          | 32950        |
| 1978       | 38215           | -             | 3816          | 42031        |
| 1979       | 41148           | 800           | 15396         | 57344        |
| 1980       | 31735           | 13747         | 19074         | 64556        |
| 1981       | 13222           | 7019          | 34222         | 54463        |
| 1982       | 11903           | 14489         | 43331         | 69723        |
| 1983       | 4596            | 32287         | 28183         | 65066        |
| 1984       | 2431            | 48677         | 28675         | 79783        |
| 1985       | 2624            | 56334         | 25592         | 84550        |
| 1986       | 4909            | 65924         | 26673         | 97506        |
| 1987       | 4494            | 60440         | 22858         | 87792        |
| 1988       | 7574            | 59420         | 34840         | 101834       |
| 1989       | 29064           | 45804         | 42590         | 117458       |
| 1990       | 64526           | 10061         | 35431         | 110018       |
| 1991       | 61835           | 20641         | 33846         | 116322       |
| 1992       | 51381           | 28501         | 28175         | 108057       |
| 1993       | 63390           | 32995         | 40153         | 136538       |

Fonte: ANFAVEA, 1994

**Utilitários (jeeps e vans)**

| <b>Ano</b> | <b>Gasolina</b> | <b>Alcool</b> | <b>Diesel</b> | <b>Total</b> |
|------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|
| 1975       | 57011           | -             | 116           | 57127        |
| 1976       | 60787           | -             | 256           | 61043        |
| 1977       | 38543           | -             | 368           | 38911        |
| 1978       | 41138           | -             | 499           | 41637        |
| 1979       | 38096           | 43            | 474           | 38613        |
| 1980       | 28056           | 544           | 612           | 29212        |
| 1981       | 12277           | 544           | 677           | 13498        |
| 1982       | 9028            | 6325          | 652           | 16005        |
| 1983       | 3916            | 8640          | 455           | 13011        |
| 1984       | 2380            | 13294         | 508           | 16182        |
| 1985       | 2137            | 11040         | 577           | 13754        |
| 1986       | 3913            | 11835         | 748           | 16496        |
| 1987       | 3611            | 11067         | 901           | 15579        |
| 1988       | 5004            | 15052         | 1202          | 21258        |
| 1989       | 10773           | 8127          | 1022          | 19922        |
| 1990       | 15744           | 1685          | 984           | 18413        |
| 1991       | 11000           | 1202          | 1011          | 13213        |
| 1992       | 12994           | 2162          | 442           | 15598        |
| 1993       | 20894           | 3951          | 363           | 25208        |

Fonte: ANFAVEA, 1994

**Caminhões**

| Ano  | Gasolina | Alcool | Diesel | Total |
|------|----------|--------|--------|-------|
| 1976 | 8209     | -      | 66762  | 74971 |
| 1977 | 1874     | -      | 88373  | 90247 |
| 1978 | 519      | -      | 78372  | 78891 |
| 1979 | 1174     | 6      | 77526  | 78706 |
| 1980 | 583      | -      | 81350  | 81933 |
| 1981 | 61       | 1058   | 54819  | 55938 |
| 1982 | 121      | 919    | 40217  | 41257 |
| 1983 | 206      | 2045   | 32322  | 34573 |
| 1984 | 82       | 2613   | 40189  | 42884 |
| 1985 | 22       | 1894   | 53748  | 55664 |
| 1986 | 104      | 1514   | 70236  | 71854 |
| 1987 | 51       | 539    | 55795  | 56385 |
| 1988 | 15       | 128    | 54769  | 54912 |
| 1989 | 60       | 49     | 48069  | 48178 |
| 1990 | 122      | 5      | 41186  | 41313 |
| 1991 | 123      | 3      | 41338  | 41464 |
| 1992 | 58       | 7      | 25594  | 25659 |
| 1993 | 66       | -      | 37703  | 37769 |

Fonte: ANFAVEA, 1994

**Ônibus**

| Ano  | Gasolina | Alcool | Diesel | Total |
|------|----------|--------|--------|-------|
| 1976 | 14       | -      | 10972  | 10986 |
| 1977 | 26       | -      | 12012  | 12038 |
| 1978 | 2        | -      | 11859  | 11861 |
| 1979 | 5        | -      | 11524  | 11529 |
| 1980 | -        | -      | 11532  | 11532 |
| 1981 | 1        | 7      | 9171   | 9179  |
| 1982 | -        | 3      | 8042   | 8045  |
| 1983 | -        | -      | 6575   | 6575  |
| 1984 | -        | 14     | 5983   | 5997  |
| 1985 | -        | -      | 7141   | 7141  |
| 1986 | -        | -      | 8488   | 8488  |
| 1987 | -        | -      | 10068  | 10068 |
| 1988 | -        | -      | 12968  | 12968 |
| 1989 | -        | -      | 9485   | 9485  |
| 1990 | -        | -      | 10091  | 10091 |
| 1991 | -        | -      | 16683  | 16683 |
| 1992 | -        | -      | 13609  | 13609 |
| 1993 | -        | -      | 11320  | 11320 |

Fonte: ANFAVEA, 1994

## Anexo 7 - Estimativa dos Veículos em Circulação no Brasil - 1993

| Ano             | Automóveis      | Picapes        | Utilitários   | Caminhões     | Ônibus        |
|-----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| 1975            | 513194          | 47481          | 44331         | -             | -             |
| 1976            | 549214          | 42603          | 48224         | 50672         | 8338          |
| 1977            | 545774          | 26492          | 31284         | 68666         | 9354          |
| 1978            | 653514          | 34423          | 34101         | 62306         | 9429          |
| 1979            | 691163          | 47825          | 32203         | 63106         | 9385          |
| 1980            | 673281          | 54808          | 24801         | 67765         | 9606          |
| 1981            | 387181          | 47110          | 11676         | 46706         | 7821          |
| 1982            | 490038          | 61426          | 14100         | 35069         | 7015          |
| 1983            | 545824          | 58364          | 11671         | 28864         | 5871          |
| 1984            | 486463          | 72922          | 14790         | 36733         | 5481          |
| 1985            | 555710          | 78040          | 12695         | 49609         | 6591          |
| 1986            | 626662          | 90876          | 15374         | 65460         | 7911          |
| 1987            | 386055          | 82612          | 14660         | 52503         | 9474          |
| 1988            | 529464          | 96844          | 20216         | 52085         | 12333         |
| 1989            | 544485          | 112877         | 19145         | 46194         | 9115          |
| 1990            | 516807          | 106717         | 17861         | 39950         | 9788          |
| 1991            | 571411          | 113996         | 12949         | 40511         | 16349         |
| 1992            | 571532          | 106976         | 15442         | 25338         | 13473         |
| 1993            | 850562          | 136538         | 25208         | 37703         | 11320         |
| <b>Subtotal</b> | <b>10688332</b> | <b>1418931</b> | <b>420731</b> | <b>869241</b> | <b>168655</b> |

**Total Estimado de Veículos = 13.565.890**

**Total Estimado de Veículos pela ANFAVEA em 1992 = 13.253.000**

**Total Estimado de Veículos em 1993\* segundo dados da ANFAVEA = 13.301.174**

**Diferença entre as duas estimativas = 2%**

Obs: não estão sendo consideradas as motocicletas

\* Considerando a mesma taxa de crescimento entre 1991 e 1992

**Anexo 8 - Participação Estimada de Cada Ano-modelo de Veículo na Frota da R.A.C.( em % )**

| <b>Ano</b>   | <b>Automóveis</b> | <b>Motocicletas</b> | <b>Picapes</b> | <b>Utilitários</b> | <b>Caminhões</b> | <b>Ônibus</b> |
|--------------|-------------------|---------------------|----------------|--------------------|------------------|---------------|
| 1975         | 4.80              | 4.54                | 3.35           | 10.54              | -                | -             |
| 1976         | 5.14              | 4.63                | 3.00           | 11.46              | 5.83             | 4.94          |
| 1977         | 5.11              | 4.71                | 1.87           | 7.44               | 7.90             | 5.55          |
| 1978         | 6.11              | 4.80                | 2.43           | 8.11               | 7.17             | 5.59          |
| 1979         | 6.47              | 4.88                | 3.37           | 7.65               | 7.26             | 5.56          |
| 1980         | 6.30              | 4.97                | 3.86           | 5.89               | 7.80             | 5.70          |
| 1981         | 3.62              | 5.07                | 3.32           | 2.78               | 5.37             | 4.64          |
| 1982         | 4.58              | 5.16                | 4.33           | 3.35               | 4.03             | 4.16          |
| 1983         | 5.11              | 5.25                | 4.11           | 2.77               | 3.32             | 3.48          |
| 1984         | 4.55              | 5.35                | 5.14           | 3.52               | 4.23             | 3.25          |
| 1985         | 5.20              | 5.40                | 5.50           | 3.02               | 5.71             | 3.91          |
| 1986         | 5.86              | 5.46                | 6.40           | 3.65               | 7.53             | 4.69          |
| 1987         | 3.61              | 5.51                | 5.82           | 3.48               | 6.04             | 5.62          |
| 1988         | 4.95              | 5.57                | 6.83           | 4.81               | 5.99             | 7.31          |
| 1989         | 5.09              | 5.63                | 7.96           | 4.55               | 5.31             | 5.40          |
| 1990         | 4.84              | 5.68                | 7.52           | 4.25               | 4.60             | 5.80          |
| 1991         | 5.35              | 5.74                | 8.03           | 3.08               | 4.66             | 9.69          |
| 1992         | 5.35              | 5.80                | 7.54           | 3.67               | 2.91             | 7.99          |
| 1993         | 7.96              | 5.86                | 9.62           | 5.99               | 4.34             | 6.71          |
| <b>Total</b> | <b>100.00</b>     | <b>100.00</b>       | <b>100.00</b>  | <b>100.00</b>      | <b>100.00</b>    | <b>100.00</b> |



**Anexo 9 - Participação do Tipo de Combustível em cada Ano-modelo na R.A.C. (%)**

**Automóveis**

| <b>Ano</b> | <b>Gasolina</b> | <b>Álcool</b> | <b>Total</b> |
|------------|-----------------|---------------|--------------|
| 1975       | 100.0           | -             | 100.0        |
| 1976       | 100.0           | -             | 100.0        |
| 1977       | 100.0           | -             | 100.0        |
| 1978       | 100.0           | -             | 100.0        |
| 1979       | 99.7            | 0.3           | 100.0        |
| 1980       | 71.5            | 28.5          | 100.0        |
| 1981       | 71.3            | 28.7          | 100.0        |
| 1982       | 61.9            | 38.1          | 100.0        |
| 1983       | 11.5            | 88.5          | 100.0        |
| 1984       | 5.4             | 94.6          | 100.0        |
| 1985       | 4.0             | 96.0          | 100.0        |
| 1986       | 7.9             | 92.1          | 100.0        |
| 1987       | 5.6             | 94.4          | 100.0        |
| 1988       | 11.6            | 88.4          | 100.0        |
| 1989       | 39.0            | 61.0          | 100.0        |
| 1990       | 86.8            | 13.2          | 100.0        |
| 1991       | 77.8            | 22.2          | 100.0        |
| 1992       | 71.4            | 28.6          | 100.0        |
| 1993       | 73.2            | 26.8          | 100.0        |

**Caminhões: 100% a diesel**

**Ônibus: 100% a diesel**

**Motocicletas: 100% a gasolina**

**Picapes**

| <b>Ano</b> | <b>Gasolina</b> | <b>Álcool</b> | <b>Diesel</b> | <b>Total</b> |
|------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|
| 1975       | 99.0            | -             | 1.0           | 100.0        |
| 1976       | 97.8            | -             | 2.2           | 100.0        |
| 1977       | 93.2            | -             | 6.8           | 100.0        |
| 1978       | 90.9            | -             | 9.1           | 100.0        |
| 1979       | 71.8            | 1.4           | 26.8          | 100.0        |
| 1980       | 49.2            | 21.3          | 29.5          | 100.0        |
| 1981       | 24.3            | 12.9          | 62.8          | 100.0        |
| 1982       | 17.1            | 20.8          | 62.1          | 100.0        |
| 1983       | 7.1             | 49.6          | 43.3          | 100.0        |
| 1984       | 3.0             | 61.0          | 36.0          | 100.0        |
| 1985       | 3.1             | 66.6          | 30.3          | 100.0        |
| 1986       | 5.0             | 67.6          | 27.4          | 100.0        |
| 1987       | 5.2             | 68.8          | 26.0          | 100.0        |
| 1988       | 7.5             | 58.3          | 34.2          | 100.0        |
| 1989       | 24.7            | 39.0          | 36.3          | 100.0        |
| 1990       | 58.7            | 9.1           | 32.2          | 100.0        |
| 1991       | 53.2            | 17.7          | 29.1          | 100.0        |
| 1992       | 47.5            | 26.4          | 26.1          | 100.0        |
| 1993       | 46.4            | 24.2          | 29.4          | 100.0        |

**Utilitários (jeeps e vans)**

| <b>Ano</b> | <b>Gasolina</b> | <b>Álcool</b> | <b>Diesel</b> | <b>Total</b> |
|------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|
| 1975       | 99.8            | 0             | 0.2           | 100.0        |
| 1976       | 99.6            | 0             | 0.4           | 100.0        |
| 1977       | 99.1            | 0             | 0.9           | 100.0        |
| 1978       | 98.8            | -             | 1.2           | 100.0        |
| 1979       | 98.7            | 0.1           | 1.2           | 100.0        |
| 1980       | 96.0            | 1.9           | 2.1           | 100.0        |
| 1981       | 91.0            | 4.0           | 5.0           | 100.0        |
| 1982       | 56.4            | 39.5          | 4.1           | 100.0        |
| 1983       | 30.1            | 66.4          | 3.5           | 100.0        |
| 1984       | 14.7            | 82.2          | 3.1           | 100.0        |
| 1985       | 15.5            | 80.3          | 4.2           | 100.0        |
| 1986       | 23.7            | 71.7          | 4.6           | 100.0        |
| 1987       | 23.2            | 71.0          | 5.8           | 100.0        |
| 1988       | 23.5            | 70.8          | 5.7           | 100.0        |
| 1989       | 54.1            | 40.8          | 5.1           | 100.0        |
| 1990       | 85.5            | 9.2           | 5.3           | 100.0        |
| 1991       | 83.3            | 9.0           | 7.7           | 100.0        |
| 1992       | 83.3            | 13.9          | 2.8           | 100.0        |
| 1993       | 82.9            | 15.7          | 1.4           | 100.0        |

**Anexo 10 - Consumo Energia no Setor de Tranportes do Estado de São Paulo - 1980/1993**

**Óleo Diesel**

| (1000 m3) |            |            |             |       |
|-----------|------------|------------|-------------|-------|
| Ano       | Rodoviário | Ferrovário | Hidroviário | Total |
| 1980      | 3407       | 109        | 207         | 3723  |
| 1981      | 3368       | 110        | 200         | 3678  |
| 1982      | 3388       | 111        | 164         | 3663  |
| 1983      | 3472       | 112        | 201         | 3785  |
| 1984      | 3522       | 110        | 208         | 3840  |
| 1985      | 3606       | 114        | 267         | 3987  |
| 1986      | 3842       | 116        | 287         | 4245  |
| 1987      | 4034       | 117        | 306         | 4457  |
| 1988      | 4271       | 121        | 312         | 4704  |
| 1989      | 4376       | 124        | 320         | 4820  |
| 1990      | 4295       | 122        | 314         | 4731  |
| 1991      | 4470       | 127        | 327         | 4924  |
| 1992      | 4698       | 134        | 268         | 5100  |
| 1993      | 4938       | 141        | 220         | 5299  |

Fonte: CESP,1994

| (10*9 kcal) |            |            |             |       |
|-------------|------------|------------|-------------|-------|
| Ano         | Rodoviário | Ferrovário | Hidroviário | Total |
| 1980        | 29515      | 944        | 1793        | 32252 |
| 1981        | 29177      | 953        | 1733        | 31863 |
| 1982        | 29350      | 962        | 1421        | 31733 |
| 1983        | 30078      | 970        | 1741        | 32789 |
| 1984        | 30511      | 953        | 1802        | 33266 |
| 1985        | 31239      | 988        | 2313        | 34539 |
| 1986        | 33283      | 1005       | 2486        | 36774 |
| 1987        | 34947      | 1014       | 2651        | 38611 |
| 1988        | 37000      | 1048       | 2703        | 40751 |
| 1989        | 37909      | 1074       | 2772        | 41756 |
| 1990        | 37208      | 1057       | 2720        | 40985 |
| 1991        | 38724      | 1100       | 2833        | 42657 |
| 1992        | 40699      | 1161       | 2322        | 44181 |
| 1993        | 42775      | 1225       | 1903        | 45902 |

Fonte: CESP,1994

**Gasolina**

|      | (1000 m3)  |       |       | (10*9 kcal) |       |       |
|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| Ano  | Rodoviário | Aéreo | Total | Rodoviário  | Aéreo | Total |
| 1980 | 4002       | 22    | 4024  | 31178       | 171   | 31348 |
| 1981 | 3922       | 20    | 3942  | 30554       | 156   | 30709 |
| 1982 | 3717       | 22    | 3739  | 28957       | 171   | 29128 |
| 1983 | 3147       | 17    | 3164  | 24517       | 132   | 24649 |
| 1984 | 2781       | 16    | 2797  | 21665       | 124   | 21790 |
| 1985 | 2719       | 11    | 2730  | 21181       | 87    | 21268 |
| 1986 | 3017       | 15    | 3032  | 23504       | 116   | 23620 |
| 1987 | 2783       | 14    | 2797  | 21681       | 109   | 21790 |
| 1988 | 2693       | 12    | 2705  | 20980       | 93    | 21073 |
| 1989 | 3058       | 15    | 3073  | 23823       | 117   | 23940 |
| 1990 | 3496       | 15    | 3511  | 27234       | 118   | 27352 |
| 1991 | 3789       | 15    | 3804  | 29518       | 117   | 29634 |
| 1992 | 3806       | 16    | 3822  | 29649       | 125   | 29775 |
| 1993 | 3824       | 17    | 3840  | 29790       | 135   | 29916 |

Fonte: CESP,1994

**Óleo Combustível**

|      | (1000 m3)  |             |       | (10*9 kcal) |             |       |
|------|------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------|
| Ano  | Ferrovário | Hidroviário | Total | Ferrovário  | Hidroviário | Total |
| 1980 | 10         | 420         | 430   | 95          | 4006        | 4101  |
| 1981 | 3          | 637         | 640   | 29          | 6075        | 6104  |
| 1982 | 3          | 581         | 584   | 29          | 5541        | 5570  |
| 1983 | 3          | 520         | 523   | 29          | 4959        | 4988  |
| 1984 | 1          | 569         | 570   | 10          | 5427        | 5437  |
| 1985 | 1          | 667         | 668   | 10          | 6361        | 6371  |
| 1986 | 1          | 685         | 686   | 10          | 6533        | 6543  |
| 1987 | 1          | 755         | 756   | 10          | 7200        | 7210  |
| 1988 | 1          | 761         | 762   | 10          | 7258        | 7268  |
| 1989 | 1          | 750         | 751   | 10          | 7153        | 7163  |
| 1990 | 1          | 730         | 731   | 10          | 6962        | 6972  |
| 1991 | 1          | 728         | 729   | 10          | 6943        | 6953  |
| 1992 | 1          | 772         | 773   | 10          | 7363        | 7373  |
| 1993 | 1          | 819         | 820   | 10          | 7808        | 7818  |

Fonte: CESP,1994

**Querosene - Modo Aéreo**

| Ano  | (1000 m3) | (10*9 kcal) |
|------|-----------|-------------|
| 1980 | 421       | 3444        |
| 1981 | 430       | 3518        |
| 1982 | 379       | 3101        |
| 1983 | 352       | 2880        |
| 1984 | 313       | 2561        |
| 1985 | 388       | 3174        |
| 1986 | 473       | 3870        |
| 1987 | 479       | 3919        |
| 1988 | 363       | 2970        |
| 1989 | 386       | 3158        |
| 1990 | 360       | 2945        |
| 1991 | 377       | 3084        |
| 1992 | 361       | 2954        |
| 1993 | 346       | 2828        |

Fonte: CESP,1994

**Gás Natural: 3 milhões m3 = 25 x 10\*9 kcal ( Modo Rodoviário, 1992)**

**Álcool Etílico Anidro - Modo Rodoviário**

| Ano  | (1000 m3) | (10*9 kcal) |
|------|-----------|-------------|
| 1980 | 995       | 5037        |
| 1981 | 446       | 2258        |
| 1982 | 799       | 4045        |
| 1983 | 845       | 4277        |
| 1984 | 822       | 4161        |
| 1985 | 803       | 4065        |
| 1986 | 894       | 4525        |
| 1987 | 787       | 3984        |
| 1988 | 784       | 3969        |
| 1989 | 590       | 2987        |
| 1990 | 489       | 2475        |
| 1991 | 661       | 3346        |
| 1992 | 754       | 3817        |
| 1993 | 860       | 4354        |

Fonte: CESP,1994

**Álcool Etílico Hidratado - Modo Rodoviário**

| Ano  | (1000 m3) | (10*9 kcal) |
|------|-----------|-------------|
| 1980 | 217       | 1045        |
| 1981 | 615       | 2961        |
| 1982 | 713       | 3432        |
| 1983 | 1176      | 5661        |
| 1984 | 1701      | 8189        |
| 1985 | 2196      | 10572       |
| 1986 | 2898      | 13951       |
| 1987 | 3121      | 15024       |
| 1988 | 3764      | 18120       |
| 1989 | 3874      | 18649       |
| 1990 | 4091      | 19694       |
| 1991 | 4106      | 19766       |
| 1992 | 3900      | 18775       |
| 1993 | 3704      | 17833       |

Fonte: CESP,1994

**Elettricidade**

| Ano  | GWh        |            |       | (10*9 kcal) |            |       |
|------|------------|------------|-------|-------------|------------|-------|
|      | Rodoviário | Ferrovário | Total | Rodoviário  | Ferrovário | Total |
| 1980 | 30         | 576        | 606   | 26          | 495        | 521   |
| 1981 | 47         | 604        | 651   | 40          | 519        | 560   |
| 1982 | 64         | 639        | 703   | 55          | 550        | 605   |
| 1983 | 76         | 631        | 707   | 65          | 543        | 608   |
| 1984 | 90         | 655        | 745   | 77          | 563        | 641   |
| 1985 | 103        | 631        | 734   | 89          | 543        | 631   |
| 1986 | 112        | 662        | 774   | 96          | 569        | 666   |
| 1987 | 118        | 694        | 812   | 101         | 597        | 698   |
| 1988 | 124        | 734        | 858   | 107         | 631        | 738   |
| 1989 | 126        | 736        | 862   | 108         | 633        | 741   |
| 1990 | 131        | 741        | 872   | 113         | 637        | 750   |
| 1991 | 137        | 773        | 910   | 118         | 665        | 783   |
| 1992 | 141        | 790        | 931   | 121         | 679        | 801   |
| 1993 | 145        | 807        | 952   | 125         | 694        | 819   |

Fonte: CESP,1994

**Energia Secundária por Modo de Transporte (10\*9 kcal)**

| Ano  | Rodoviário | Ferrovário | Aéreo | Hidrovário | Total  |
|------|------------|------------|-------|------------|--------|
| 1980 | 66800      | 1535       | 3615  | 5799       | 77748  |
| 1981 | 64989      | 1501       | 3674  | 7808       | 77973  |
| 1982 | 65838      | 1540       | 3272  | 6962       | 77613  |
| 1983 | 64598      | 1542       | 3012  | 6700       | 75852  |
| 1984 | 64603      | 1526       | 2685  | 7228       | 76043  |
| 1985 | 67145      | 1540       | 3261  | 8674       | 80620  |
| 1986 | 75359      | 1584       | 3986  | 9018       | 89948  |
| 1987 | 75736      | 1620       | 4028  | 9851       | 91236  |
| 1988 | 80176      | 1689       | 3063  | 9960       | 94888  |
| 1989 | 83476      | 1717       | 3275  | 9924       | 98392  |
| 1990 | 86724      | 1704       | 3063  | 9681       | 101172 |
| 1991 | 91472      | 1775       | 3201  | 9775       | 106223 |
| 1992 | 93061      | 1850       | 3079  | 9684       | 107675 |
| 1993 | 94875      | 1929       | 2963  | 9710       | 109478 |

Fonte: CESP,1994

Anexo 11 - Emissão Veicular na Frota de Veículos da R.A.C. - 1993

Automóveis a Gasolina

| Ano-Modelo | Distância (1.000 km) | Emissão (ton) |         |        |       |       |  |        | MP    | MPpneu | Subtotal |
|------------|----------------------|---------------|---------|--------|-------|-------|--|--------|-------|--------|----------|
|            |                      | CO            | HC      | NOx    | CHO   | SOx   |  |        |       |        |          |
| 1975       | 312558               | 21622.1       | 1983.8  | 375.1  | 15.6  | 40.3  |  | 65.6   | 37.5  |        | 24140.1  |
| 1976       | 334496               | 23139.7       | 2123.1  | 401.4  | 16.7  | 43.1  |  | 70.2   | 40.1  |        | 25834.4  |
| 1977       | 332402               | 22994.8       | 2109.8  | 398.9  | 16.6  | 42.9  |  | 69.8   | 39.9  |        | 25672.7  |
| 1978       | 398020               | 27534.2       | 2526.3  | 477.6  | 19.9  | 51.3  |  | 83.6   | 47.8  |        | 30740.7  |
| 1979       | 419687               | 29033.0       | 2663.8  | 503.6  | 21.0  | 54.1  |  | 88.1   | 50.4  |        | 32414.1  |
| 1980       | 293192               | 12394.8       | 1187.8  | 410.5  | 14.7  | 37.8  |  | 61.6   | 35.2  |        | 14142.3  |
| 1981       | 168133               | 7107.9        | 681.2   | 235.4  | 8.4   | 21.7  |  | 35.3   | 20.2  |        | 8110.0   |
| 1982       | 184744               | 7810.1        | 748.5   | 258.6  | 9.2   | 23.8  |  | 38.8   | 22.2  |        | 8911.2   |
| 1983       | 42477                | 1795.7        | 172.1   | 59.5   | 2.1   | 5.5   |  | 8.9    | 5.1   |        | 2048.9   |
| 1984       | 23110                | 828.9         | 74.9    | 37.0   | 1.2   | 3.0   |  | 4.9    | 2.8   |        | 952.6    |
| 1985       | 19555                | 701.4         | 63.4    | 31.3   | 1.0   | 2.5   |  | 4.1    | 2.3   |        | 806.1    |
| 1986       | 43552                | 1227.5        | 117.6   | 82.7   | 1.7   | 5.6   |  | 9.1    | 5.2   |        | 1449.6   |
| 1987       | 20482                | 577.3         | 55.3    | 38.9   | 0.8   | 2.6   |  | 4.3    | 2.5   |        | 681.7    |
| 1988       | 58187                | 1379.0        | 133.6   | 104.7  | 2.3   | 7.5   |  | 12.2   | 7.0   |        | 1646.4   |
| 1989       | 201181               | 4056.2        | 420.0   | 321.9  | 8.0   | 26.0  |  | 42.2   | 24.1  |        | 4898.6   |
| 1990       | 455352               | 7299.0        | 800.6   | 637.5  | 18.2  | 58.7  |  | 95.6   | 54.6  |        | 8964.4   |
| 1991       | 511428               | 6840.4        | 800.0   | 664.9  | 20.5  | 66.0  |  | 107.4  | 61.4  |        | 8560.5   |
| 1992       | 524686               | 3639.7        | 336.1   | 330.6  | 6.8   | 67.7  |  | 110.2  | 63.0  |        | 4554.0   |
| 1993       | 926930               | 4822.9        | 439.3   | 574.7  | 13.9  | 119.6 |  | 194.7  | 111.2 |        | 6276.2   |
| Total      | 5270172              | 184804.7      | 17437.2 | 5944.7 | 198.8 | 679.9 |  | 1106.7 | 632.4 |        | 210804.4 |

|                   |       |      |      |       |      |      |      |       |
|-------------------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 35.07 | 3.31 | 1.13 | 0.038 | 0.13 | 0.21 | 0.12 | 40.00 |
|-------------------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|



Picapes a Gasolina

| Ano-Modelo | Distância (1.000 km) | Emissão (ton) |       |       |     |      |      | MP   | MPpneu | Subtotal |
|------------|----------------------|---------------|-------|-------|-----|------|------|------|--------|----------|
|            |                      | CO            | HC    | NOx   | CHO | SOx  |      |      |        |          |
| 1975       | 9872                 | 682.9         | 62.7  | 11.8  | 0.5 | 1.3  | 2.1  | 1.2  | 762.5  |          |
| 1976       | 8758                 | 605.9         | 55.6  | 10.5  | 0.4 | 1.1  | 1.8  | 1.1  | 676.4  |          |
| 1977       | 5184                 | 358.6         | 32.9  | 6.2   | 0.3 | 0.7  | 1.1  | 0.6  | 400.4  |          |
| 1978       | 6578                 | 455.0         | 41.7  | 7.9   | 0.3 | 0.8  | 1.4  | 0.8  | 508.0  |          |
| 1979       | 7212                 | 498.9         | 45.8  | 8.7   | 0.4 | 0.9  | 1.5  | 0.9  | 557.0  |          |
| 1980       | 5663                 | 239.4         | 22.9  | 7.9   | 0.3 | 0.7  | 1.2  | 0.7  | 273.2  |          |
| 1981       | 2406                 | 101.7         | 9.7   | 3.4   | 0.1 | 0.3  | 0.5  | 0.3  | 116.0  |          |
| 1982       | 2207                 | 93.3          | 8.9   | 3.1   | 0.1 | 0.3  | 0.5  | 0.3  | 106.5  |          |
| 1983       | 967                  | 40.9          | 3.9   | 1.4   | 0.0 | 0.1  | 0.2  | 0.1  | 46.6   |          |
| 1984       | 664                  | 23.8          | 2.2   | 1.1   | 0.0 | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 27.4   |          |
| 1985       | 741                  | 26.6          | 2.4   | 1.2   | 0.0 | 0.1  | 0.2  | 0.1  | 30.5   |          |
| 1986       | 1379                 | 38.9          | 3.7   | 2.6   | 0.1 | 0.2  | 0.3  | 0.2  | 45.9   |          |
| 1987       | 1404                 | 39.6          | 3.8   | 2.7   | 0.1 | 0.2  | 0.3  | 0.2  | 46.7   |          |
| 1988       | 2374                 | 56.3          | 5.5   | 4.3   | 0.1 | 0.3  | 0.5  | 0.3  | 67.2   |          |
| 1989       | 9112                 | 183.7         | 19.0  | 14.6  | 0.4 | 1.2  | 1.9  | 1.1  | 221.9  |          |
| 1990       | 21933                | 351.6         | 38.6  | 30.7  | 0.9 | 2.8  | 4.6  | 2.6  | 431.8  |          |
| 1991       | 24066                | 321.9         | 37.6  | 31.3  | 1.0 | 3.1  | 5.1  | 2.9  | 402.8  |          |
| 1992       | 22535                | 156.3         | 14.4  | 14.2  | 0.3 | 2.9  | 4.7  | 2.7  | 195.6  |          |
| 1993       | 32533                | 169.3         | 15.4  | 20.2  | 0.5 | 4.2  | 6.8  | 3.9  | 220.3  |          |
| Total      | 165587               | 4444.5        | 426.8 | 183.6 | 5.7 | 21.4 | 34.8 | 19.9 | 5136.6 |          |

|                   |       |      |      |       |      |      |      |       |
|-------------------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 26.84 | 2.58 | 1.11 | 0.034 | 0.13 | 0.21 | 0.12 | 31.02 |
|-------------------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|

Utilitários a Gasolina

| Ano-Modelo        | Distância<br>(1.000 km) | Emissão (ton) |        |       |       |      |      | MP   | MPpneu  | Subtotal |
|-------------------|-------------------------|---------------|--------|-------|-------|------|------|------|---------|----------|
|                   |                         | CO            | HC     | NOx   | CHO   | SOx  |      |      |         |          |
| 1975              | 29650                   | 2051.1        | 188.2  | 35.6  | 1.5   | 3.8  | 6.2  | 3.6  | 2290.0  |          |
| 1976              | 32190                   | 2226.8        | 204.3  | 38.6  | 1.6   | 4.2  | 6.8  | 3.9  | 2486.1  |          |
| 1977              | 20781                   | 1437.6        | 131.9  | 24.9  | 1.0   | 2.7  | 4.4  | 2.5  | 1605.0  |          |
| 1978              | 22577                   | 1561.8        | 143.3  | 27.1  | 1.1   | 2.9  | 4.7  | 2.7  | 1743.7  |          |
| 1979              | 21301                   | 1473.6        | 135.2  | 25.6  | 1.1   | 2.7  | 4.5  | 2.6  | 1645.2  |          |
| 1980              | 15958                   | 674.6         | 64.7   | 22.3  | 0.8   | 2.1  | 3.4  | 1.9  | 769.7   |          |
| 1981              | 7125                    | 301.2         | 28.9   | 10.0  | 0.4   | 0.9  | 1.5  | 0.9  | 343.7   |          |
| 1982              | 5330                    | 225.3         | 21.6   | 7.5   | 0.3   | 0.7  | 1.1  | 0.6  | 257.1   |          |
| 1983              | 2616                    | 110.6         | 10.6   | 3.7   | 0.1   | 0.3  | 0.5  | 0.3  | 126.2   |          |
| 1984              | 2104                    | 75.5          | 6.8    | 3.4   | 0.1   | 0.3  | 0.4  | 0.3  | 86.7    |          |
| 1985              | 1904                    | 68.3          | 6.2    | 3.0   | 0.1   | 0.2  | 0.4  | 0.2  | 78.5    |          |
| 1986              | 3528                    | 99.4          | 9.5    | 6.7   | 0.1   | 0.5  | 0.7  | 0.4  | 117.4   |          |
| 1987              | 3547                    | 100.0         | 9.6    | 6.7   | 0.1   | 0.5  | 0.7  | 0.4  | 118.1   |          |
| 1988              | 4955                    | 117.4         | 11.4   | 8.9   | 0.2   | 0.6  | 1.0  | 0.6  | 140.2   |          |
| 1989              | 10801                   | 217.8         | 22.6   | 17.3  | 0.4   | 1.4  | 2.3  | 1.3  | 263.0   |          |
| 1990              | 17057                   | 273.4         | 30.0   | 23.9  | 0.7   | 2.2  | 3.6  | 2.0  | 335.8   |          |
| 1991              | 13635                   | 182.4         | 21.3   | 17.7  | 0.5   | 1.8  | 2.9  | 1.6  | 228.2   |          |
| 1992              | 18201                   | 126.3         | 11.7   | 11.5  | 0.2   | 2.3  | 3.8  | 2.2  | 158.0   |          |
| 1993              | 34233                   | 178.1         | 16.2   | 21.2  | 0.5   | 4.4  | 7.2  | 4.1  | 231.8   |          |
| Total             | 267492                  | 11501.2       | 1073.8 | 315.6 | 11.0  | 34.5 | 56.2 | 32.1 | 13024.3 |          |
| F.E. Médio (g/km) |                         | 43.00         | 4.01   | 1.18  | 0.041 | 0.13 | 0.21 | 0.12 | 48.69   |          |

**Total de Veículos a Gasolina**

| Ano-Modelo | Distância<br>(1.000 km) | Emissão (ton) |         |        |       |       |  |  | MP     | MPpneu | Subtotal |
|------------|-------------------------|---------------|---------|--------|-------|-------|--|--|--------|--------|----------|
|            |                         | CO            | HC      | NOx    | CHO   | SOx   |  |  |        |        |          |
| 1975       | 352080                  | 24356.1       | 2234.7  | 422.5  | 17.6  | 45.4  |  |  | 73.9   | 42.2   | 27192.5  |
| 1976       | 375444                  | 25972.4       | 2383.0  | 450.5  | 18.8  | 48.4  |  |  | 78.8   | 45.1   | 28997.0  |
| 1977       | 358367                  | 24791.0       | 2274.6  | 430.0  | 17.9  | 46.2  |  |  | 75.3   | 43.0   | 27678.1  |
| 1978       | 427174                  | 29551.0       | 2711.3  | 512.6  | 21.4  | 55.1  |  |  | 89.7   | 51.3   | 32992.4  |
| 1979       | 448200                  | 31005.5       | 2844.8  | 537.8  | 22.4  | 57.8  |  |  | 94.1   | 53.8   | 34616.3  |
| 1980       | 314813                  | 13308.8       | 1275.4  | 440.7  | 15.7  | 40.6  |  |  | 66.1   | 37.8   | 15185.2  |
| 1981       | 177664                  | 7510.8        | 719.8   | 248.7  | 8.9   | 22.9  |  |  | 37.3   | 21.3   | 8569.7   |
| 1982       | 192281                  | 8128.7        | 779.0   | 269.2  | 9.6   | 24.8  |  |  | 40.4   | 23.1   | 9274.8   |
| 1983       | 46060                   | 1947.2        | 186.6   | 64.5   | 2.3   | 5.9   |  |  | 9.7    | 5.5    | 2221.7   |
| 1984       | 25877                   | 928.2         | 83.9    | 41.4   | 1.3   | 3.3   |  |  | 5.4    | 3.1    | 1066.7   |
| 1985       | 22200                   | 796.3         | 72.0    | 35.5   | 1.1   | 2.9   |  |  | 4.7    | 2.7    | 915.1    |
| 1986       | 48459                   | 1365.7        | 130.9   | 92.1   | 1.9   | 6.3   |  |  | 10.2   | 5.8    | 1612.9   |
| 1987       | 25432                   | 716.8         | 68.7    | 48.3   | 1.0   | 3.3   |  |  | 5.3    | 3.1    | 846.5    |
| 1988       | 65516                   | 1552.7        | 150.4   | 117.9  | 2.6   | 8.5   |  |  | 13.8   | 7.9    | 1853.8   |
| 1989       | 221093                  | 4457.7        | 461.6   | 353.7  | 8.8   | 28.5  |  |  | 46.4   | 26.5   | 5383.4   |
| 1990       | 494342                  | 7924.0        | 869.2   | 692.1  | 19.8  | 63.8  |  |  | 103.8  | 59.3   | 9731.9   |
| 1991       | 549128                  | 7344.6        | 859.0   | 713.9  | 22.0  | 70.8  |  |  | 115.3  | 65.9   | 9191.5   |
| 1992       | 565423                  | 3922.3        | 362.1   | 356.2  | 7.4   | 72.9  |  |  | 118.7  | 67.9   | 4907.5   |
| 1993       | 993696                  | 5170.3        | 470.9   | 616.1  | 14.9  | 128.2 |  |  | 208.7  | 119.2  | 6728.3   |
| Total      | 5703251                 | 200750.3      | 18937.9 | 6443.9 | 215.4 | 735.7 |  |  | 1197.7 | 684.4  | 228965.3 |

|                   |       |      |      |       |      |      |      |       |
|-------------------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 35.20 | 3.32 | 1.13 | 0.038 | 0.13 | 0.21 | 0.12 | 40.15 |
|-------------------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|

Automóveis a Álcool

| Ano-Modelo | Distância (1.000 km) | Emissão (ton) |        |        |       |     |  |  | MP | MPpneu | Subtotal |
|------------|----------------------|---------------|--------|--------|-------|-----|--|--|----|--------|----------|
|            |                      | CO            | HC     | NOx    | CHO   | SOx |  |  |    |        |          |
| 1979       | 1263                 | 29.1          | 2.7    | 1.3    | 0.2   | -   |  |  | -  | 0.2    | 33.5     |
| 1980       | 116867               | 2694.9        | 252.5  | 116.9  | 18.7  | -   |  |  | -  | 14.0   | 3097.0   |
| 1981       | 67678                | 1560.6        | 146.2  | 67.7   | 10.8  | -   |  |  | -  | 8.1    | 1793.5   |
| 1982       | 113711               | 2622.1        | 245.7  | 113.7  | 18.2  | -   |  |  | -  | 13.6   | 3013.4   |
| 1983       | 326891               | 7537.9        | 706.3  | 326.9  | 52.3  | -   |  |  | -  | 39.2   | 8662.6   |
| 1984       | 404847               | 8765.0        | 874.8  | 485.8  | 72.9  | -   |  |  | -  | 48.6   | 10247.0  |
| 1985       | 469321               | 10160.8       | 1014.1 | 563.2  | 84.5  | -   |  |  | -  | 56.3   | 11878.9  |
| 1986       | 507743               | 10407.3       | 1097.1 | 913.9  | 55.9  | -   |  |  | -  | 60.9   | 12535.1  |
| 1987       | 345268               | 7077.0        | 746.0  | 621.5  | 38.0  | -   |  |  | -  | 41.4   | 8523.9   |
| 1988       | 443436               | 7555.4        | 1018.0 | 620.8  | 48.8  | -   |  |  | -  | 53.2   | 9296.2   |
| 1989       | 314667               | 5012.8        | 657.0  | 346.1  | 34.6  | -   |  |  | -  | 37.8   | 6088.3   |
| 1990       | 69247                | 901.3         | 113.1  | 83.1   | 7.6   | -   |  |  | -  | 8.3    | 1113.4   |
| 1991       | 145934               | 1425.7        | 193.2  | 145.9  | 16.1  | -   |  |  | -  | 17.5   | 1798.4   |
| 1992       | 210178               | 853.2         | 141.8  | 113.5  | 7.4   | -   |  |  | -  | 25.2   | 1141.1   |
| 1993       | 339368               | 1596.4        | 230.3  | 186.7  | 14.3  | -   |  |  | -  | 40.7   | 2068.3   |
| Total      | 3876419              | 68199.5       | 7438.8 | 4707.0 | 480.1 | -   |  |  | -  | 465.2  | 81290.5  |

|                   |       |      |      |      |   |   |      |       |
|-------------------|-------|------|------|------|---|---|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 17.59 | 1.92 | 1.21 | 0.12 | - | - | 0.12 | 20.97 |
|-------------------|-------|------|------|------|---|---|------|-------|

Picapes a Álcool

| Ano-Modelo | Distância (1.000 km) | Emissão (ton) |       |       |      |     |    |        | Subtotal |
|------------|----------------------|---------------|-------|-------|------|-----|----|--------|----------|
|            |                      | CO            | HC    | NOx   | CHO  | SOx | MP | MPpneu |          |
| 1979       | 141                  | 3.2           | 0.3   | 0.1   | 0.0  | -   | -  | 0.0    | 3.7      |
| 1980       | 2457                 | 56.7          | 5.3   | 2.5   | 0.4  | -   | -  | 0.3    | 65.1     |
| 1981       | 1277                 | 29.4          | 2.8   | 1.3   | 0.2  | -   | -  | 0.2    | 33.8     |
| 1982       | 2684                 | 61.9          | 5.8   | 2.7   | 0.4  | -   | -  | 0.3    | 71.1     |
| 1983       | 6750                 | 155.7         | 14.6  | 6.8   | 1.1  | -   | -  | 0.8    | 178.9    |
| 1984       | 13497                | 292.2         | 29.2  | 16.2  | 2.4  | -   | -  | 1.6    | 341.6    |
| 1985       | 15775                | 341.5         | 34.1  | 18.9  | 2.8  | -   | -  | 1.9    | 399.3    |
| 1986       | 18639                | 382.1         | 40.3  | 33.6  | 2.1  | -   | -  | 2.2    | 460.2    |
| 1987       | 18578                | 380.8         | 40.1  | 33.4  | 2.0  | -   | -  | 2.2    | 458.7    |
| 1988       | 18454                | 314.4         | 42.4  | 25.8  | 2.0  | -   | -  | 2.2    | 386.9    |
| 1989       | 14387                | 229.2         | 30.0  | 15.8  | 1.6  | -   | -  | 1.7    | 278.4    |
| 1990       | 3400                 | 44.3          | 5.6   | 4.1   | 0.4  | -   | -  | 0.4    | 54.7     |
| 1991       | 8007                 | 78.2          | 10.6  | 8.0   | 0.9  | -   | -  | 1.0    | 98.7     |
| 1992       | 12525                | 50.8          | 8.5   | 6.8   | 0.4  | -   | -  | 1.5    | 68.0     |
| 1993       | 16968                | 79.8          | 11.5  | 9.3   | 0.7  | -   | -  | 2.0    | 103.4    |
| Total      | 153539               | 2500.3        | 280.9 | 185.3 | 17.5 | -   | -  | 18.4   | 3002.4   |

|                   |       |      |      |      |   |   |   |      |       |
|-------------------|-------|------|------|------|---|---|---|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 16.28 | 1.83 | 1.21 | 0.11 | - | - | - | 0.12 | 19.55 |
|-------------------|-------|------|------|------|---|---|---|------|-------|

Utilitários a Álcool

| Ano-Modelo        | Distância (1.000 km) | Emissão (ton) |       |       |      |  |  | SOx | MP | MPpneu | Subtotal |
|-------------------|----------------------|---------------|-------|-------|------|--|--|-----|----|--------|----------|
|                   |                      | CO            | HC    | NOx   | CHO  |  |  |     |    |        |          |
| 1979              | 22                   | 0.5           | 0.0   | 0.0   | 0.0  |  |  | -   | -  | 0.0    | 0.6      |
| 1980              | 316                  | 7.3           | 0.7   | 0.3   | 0.1  |  |  | -   | -  | 0.0    | 8.4      |
| 1981              | 313                  | 7.2           | 0.7   | 0.3   | 0.1  |  |  | -   | -  | 0.0    | 8.3      |
| 1982              | 3733                 | 86.1          | 8.1   | 3.7   | 0.6  |  |  | -   | -  | 0.4    | 98.9     |
| 1983              | 5770                 | 133.1         | 12.5  | 5.8   | 0.9  |  |  | -   | -  | 0.7    | 152.9    |
| 1984              | 11765                | 254.7         | 25.4  | 14.1  | 2.1  |  |  | -   | -  | 1.4    | 297.8    |
| 1985              | 9865                 | 213.6         | 21.3  | 11.8  | 1.8  |  |  | -   | -  | 1.2    | 249.7    |
| 1986              | 10687                | 219.1         | 23.1  | 19.2  | 1.2  |  |  | -   | -  | 1.3    | 263.8    |
| 1987              | 10854                | 222.5         | 23.5  | 19.5  | 1.2  |  |  | -   | -  | 1.3    | 268.0    |
| 1988              | 14927                | 254.3         | 34.3  | 20.9  | 1.6  |  |  | -   | -  | 1.8    | 312.9    |
| 1989              | 8145                 | 129.8         | 17.0  | 9.0   | 0.9  |  |  | -   | -  | 1.0    | 157.6    |
| 1990              | 1835                 | 23.9          | 3.0   | 2.2   | 0.2  |  |  | -   | -  | 0.2    | 29.5     |
| 1991              | 1491                 | 14.6          | 2.0   | 1.5   | 0.2  |  |  | -   | -  | 0.2    | 18.4     |
| 1992              | 3037                 | 12.3          | 2.0   | 1.6   | 0.1  |  |  | -   | -  | 0.4    | 16.5     |
| 1993              | 6483                 | 30.5          | 4.4   | 3.6   | 0.3  |  |  | -   | -  | 0.8    | 39.5     |
| Total             | 89245                | 1609.4        | 177.9 | 113.6 | 11.2 |  |  | -   | -  | 10.7   | 1922.8   |
| F.E. Médio (g/km) |                      | 18.03         | 1.99  | 1.27  | 0.13 |  |  | -   | -  | 0.12   | 21.55    |

**Total de Veículos a Álcool**

| Ano-Modelo | Distância (1.000 km) | Emissão (ton) |        |        |       |     |    |        |          |
|------------|----------------------|---------------|--------|--------|-------|-----|----|--------|----------|
|            |                      | CO            | HC     | NOx    | CHO   | SOx | MP | MPpneu | Subtotal |
| 1979       | 1425                 | 32.9          | 3.1    | 1.4    | 0.2   | -   | -  | 0.2    | 37.8     |
| 1980       | 119640               | 2758.8        | 258.5  | 119.6  | 19.1  | -   | -  | 14.4   | 3170.4   |
| 1981       | 69268                | 1597.3        | 149.7  | 69.3   | 11.1  | -   | -  | 8.3    | 1835.6   |
| 1982       | 120129               | 2770.1        | 259.6  | 120.1  | 19.2  | -   | -  | 14.4   | 3183.4   |
| 1983       | 339411               | 7826.6        | 733.4  | 339.4  | 54.3  | -   | -  | 40.7   | 8994.4   |
| 1984       | 430110               | 9311.9        | 929.3  | 516.1  | 77.4  | -   | -  | 51.6   | 10886.4  |
| 1985       | 494961               | 10715.9       | 1069.5 | 594.0  | 89.1  | -   | -  | 59.4   | 12527.9  |
| 1986       | 537069               | 11008.4       | 1160.5 | 966.7  | 59.1  | -   | -  | 64.4   | 13259.1  |
| 1987       | 374700               | 7680.3        | 809.6  | 674.5  | 41.2  | -   | -  | 45.0   | 9250.5   |
| 1988       | 476818               | 8124.1        | 1094.7 | 667.5  | 52.4  | -   | -  | 57.2   | 9996.0   |
| 1989       | 337200               | 5371.8        | 704.0  | 370.9  | 37.1  | -   | -  | 40.5   | 6524.3   |
| 1990       | 74483                | 969.5         | 121.6  | 89.4   | 8.2   | -   | -  | 8.9    | 1197.6   |
| 1991       | 155433               | 1518.5        | 205.7  | 155.4  | 17.1  | -   | -  | 18.7   | 1915.4   |
| 1992       | 225740               | 916.4         | 152.3  | 121.9  | 7.9   | -   | -  | 27.1   | 1225.6   |
| 1993       | 362819               | 1706.7        | 246.2  | 199.6  | 15.2  | -   | -  | 43.5   | 2211.2   |
| Total      | 4119204              | 72309.1       | 7897.7 | 5005.9 | 508.8 | -   | -  | 494.3  | 86215.7  |

|                   |       |      |      |   |      |   |      |       |
|-------------------|-------|------|------|---|------|---|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 17.55 | 1.92 | 1.22 | - | 0.12 | - | 0.12 | 20.93 |
|-------------------|-------|------|------|---|------|---|------|-------|

**Picapes a Diesel**

| Ano-Modelo | Distância<br>(1.000 km) | Emissão (ton) |        |         |     |       |       | MP   | MPpneu  | Subtotal |
|------------|-------------------------|---------------|--------|---------|-----|-------|-------|------|---------|----------|
|            |                         | CO            | HC     | NOx     | CHO | SOx   |       |      |         |          |
| 1975       | 886                     | 15.8          | 2.6    | 11.5    | -   | 0.8   | 0.7   | 0.1  | 31.5    |          |
| 1976       | 1751                    | 31.2          | 5.1    | 22.8    | -   | 1.5   | 1.4   | 0.2  | 62.1    |          |
| 1977       | 3362                    | 59.8          | 9.7    | 43.7    | -   | 2.9   | 2.7   | 0.4  | 119.3   |          |
| 1978       | 5853                    | 104.2         | 17.0   | 76.1    | -   | 5.0   | 4.7   | 0.7  | 207.7   |          |
| 1979       | 23927                   | 425.9         | 69.4   | 311.1   | -   | 20.4  | 19.4  | 2.9  | 849.0   |          |
| 1980       | 30184                   | 537.3         | 87.5   | 392.4   | -   | 25.7  | 24.4  | 3.6  | 1071.0  |          |
| 1981       | 55264                   | 983.7         | 160.3  | 718.4   | -   | 47.0  | 44.8  | 6.6  | 1960.8  |          |
| 1982       | 71241                   | 1268.1        | 206.6  | 926.1   | -   | 60.6  | 57.7  | 8.5  | 2527.7  |          |
| 1983       | 47180                   | 839.8         | 136.8  | 613.3   | -   | 40.1  | 38.2  | 5.7  | 1674.0  |          |
| 1984       | 49018                   | 872.5         | 142.2  | 637.2   | -   | 41.7  | 39.7  | 5.9  | 1739.2  |          |
| 1985       | 44165                   | 786.1         | 128.1  | 574.1   | -   | 37.6  | 35.8  | 5.3  | 1567.0  |          |
| 1986       | 46492                   | 827.6         | 134.8  | 604.4   | -   | 39.6  | 37.7  | 5.6  | 1649.6  |          |
| 1987       | 40102                   | 713.8         | 116.3  | 521.3   | -   | 34.1  | 32.5  | 4.8  | 1422.9  |          |
| 1988       | 61861                   | 1101.1        | 179.4  | 804.2   | -   | 52.6  | 50.1  | 7.4  | 2194.9  |          |
| 1989       | 76480                   | 1361.3        | 221.8  | 994.2   | -   | 65.1  | 61.9  | 9.2  | 2713.6  |          |
| 1990       | 64168                   | 1142.2        | 186.1  | 834.2   | -   | 54.6  | 52.0  | 7.7  | 2276.8  |          |
| 1991       | 61948                   | 1102.7        | 179.6  | 805.3   | -   | 52.7  | 50.2  | 7.4  | 2198.0  |          |
| 1992       | 52137                   | 928.0         | 151.2  | 677.8   | -   | 44.4  | 42.2  | 6.3  | 1849.9  |          |
| 1993       | 74958                   | 1334.3        | 217.4  | 974.5   | -   | 63.8  | 60.7  | 9.0  | 2659.6  |          |
| Total      | 810979                  | 14435.4       | 2351.8 | 10542.7 | -   | 690.1 | 656.9 | 97.3 | 28774.4 |          |

|                   |       |      |       |   |      |      |      |       |
|-------------------|-------|------|-------|---|------|------|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 17.80 | 2.90 | 13.00 | - | 0.85 | 0.81 | 0.12 | 35.48 |
|-------------------|-------|------|-------|---|------|------|------|-------|



Utilitários a Diesel

| Ano-Modelo | Distância<br>(1.000 km) | Emissão (ton) |       |       |     |      | MP   | MPpneu | Subtotal |
|------------|-------------------------|---------------|-------|-------|-----|------|------|--------|----------|
|            |                         | CO            | HC    | NOx   | CHO | SOx  |      |        |          |
| 1975       | 528                     | 9.4           | 1.5   | 6.9   | -   | 0.4  | 0.4  | 0.1    | 18.7     |
| 1976       | 1149                    | 20.5          | 3.3   | 14.9  | -   | 1.0  | 0.9  | 0.1    | 40.8     |
| 1977       | 1678                    | 29.9          | 4.9   | 21.8  | -   | 1.4  | 1.4  | 0.2    | 59.5     |
| 1978       | 2437                    | 43.4          | 7.1   | 31.7  | -   | 2.1  | 2.0  | 0.3    | 86.5     |
| 1979       | 2302                    | 41.0          | 6.7   | 29.9  | -   | 2.0  | 1.9  | 0.3    | 81.7     |
| 1980       | 3103                    | 55.2          | 9.0   | 40.3  | -   | 2.6  | 2.5  | 0.4    | 110.1    |
| 1981       | 3440                    | 61.2          | 10.0  | 44.7  | -   | 2.9  | 2.8  | 0.4    | 122.1    |
| 1982       | 3444                    | 61.3          | 10.0  | 44.8  | -   | 2.9  | 2.8  | 0.4    | 122.2    |
| 1983       | 2433                    | 43.3          | 7.1   | 31.6  | -   | 2.1  | 2.0  | 0.3    | 86.3     |
| 1984       | 2730                    | 48.6          | 7.9   | 35.5  | -   | 2.3  | 2.2  | 0.3    | 96.9     |
| 1985       | 3175                    | 56.5          | 9.2   | 41.3  | -   | 2.7  | 2.6  | 0.4    | 112.7    |
| 1986       | 4122                    | 73.4          | 12.0  | 53.6  | -   | 3.5  | 3.3  | 0.5    | 146.3    |
| 1987       | 5120                    | 91.1          | 14.8  | 66.6  | -   | 4.4  | 4.1  | 0.6    | 181.7    |
| 1988       | 6867                    | 122.2         | 19.9  | 89.3  | -   | 5.8  | 5.6  | 0.8    | 243.7    |
| 1989       | 5818                    | 103.6         | 16.9  | 75.6  | -   | 5.0  | 4.7  | 0.7    | 206.4    |
| 1990       | 5680                    | 101.1         | 16.5  | 73.8  | -   | 4.8  | 4.6  | 0.7    | 201.5    |
| 1991       | 5938                    | 105.7         | 17.2  | 77.2  | -   | 5.1  | 4.8  | 0.7    | 210.7    |
| 1992       | 2576                    | 45.9          | 7.5   | 33.5  | -   | 2.2  | 2.1  | 0.3    | 91.4     |
| 1993       | 2102                    | 37.4          | 6.1   | 27.3  | -   | 1.8  | 1.7  | 0.3    | 74.6     |
| Total      | 64644                   | 1150.7        | 187.5 | 840.4 | -   | 55.0 | 52.4 | 7.8    | 2293.6   |

|                   |       |      |       |      |      |      |      |       |
|-------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 17.80 | 2.90 | 13.00 | 0.00 | 0.85 | 0.81 | 0.12 | 35.48 |
|-------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|

# Caminhões a Diesel

| Ano-Modelo | Distância<br>(1.000 km) | Emissão (ton) |        |         |     |        | MP     | MPpneu | Subtotal |
|------------|-------------------------|---------------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|----------|
|            |                         | CO            | HC     | NOx     | CHO | SOx    |        |        |          |
| 1976       | 150240                  | 2674.3        | 435.7  | 1953.1  | -   | 302.0  | 121.7  | 18.0   | 5504.8   |
| 1977       | 203656                  | 3625.1        | 590.6  | 2647.5  | -   | 409.3  | 165.0  | 24.4   | 7461.9   |
| 1978       | 184792                  | 3289.3        | 535.9  | 2402.3  | -   | 371.4  | 149.7  | 22.2   | 6770.8   |
| 1979       | 187166                  | 3331.6        | 542.8  | 2433.2  | -   | 376.2  | 151.6  | 22.5   | 6857.8   |
| 1980       | 200983                  | 3577.5        | 582.8  | 2612.8  | -   | 404.0  | 162.8  | 24.1   | 7364.0   |
| 1981       | 138525                  | 2465.7        | 401.7  | 1800.8  | -   | 278.4  | 112.2  | 16.6   | 5075.5   |
| 1982       | 104012                  | 1851.4        | 301.6  | 1352.2  | -   | 209.1  | 84.2   | 12.5   | 3811.0   |
| 1983       | 85606                   | 1523.8        | 248.3  | 1112.9  | -   | 172.1  | 69.3   | 10.3   | 3136.6   |
| 1984       | 108946                  | 1939.2        | 315.9  | 1416.3  | -   | 219.0  | 88.2   | 13.1   | 3991.8   |
| 1985       | 147136                  | 2619.0        | 426.7  | 1912.8  | -   | 295.7  | 119.2  | 17.7   | 5391.1   |
| 1986       | 194148                  | 3455.8        | 563.0  | 2523.9  | -   | 390.2  | 157.3  | 23.3   | 7113.6   |
| 1987       | 155719                  | 2771.8        | 451.6  | 2024.3  | -   | 313.0  | 126.1  | 18.7   | 5705.5   |
| 1988       | 154480                  | 2749.7        | 448.0  | 2008.2  | -   | 310.5  | 125.1  | 18.5   | 5660.1   |
| 1989       | 137008                  | 2438.7        | 397.3  | 1781.1  | -   | 275.4  | 111.0  | 16.4   | 5020.0   |
| 1990       | 118489                  | 2109.1        | 343.6  | 1540.4  | -   | 238.2  | 96.0   | 14.2   | 4341.4   |
| 1991       | 120152                  | 2138.7        | 348.4  | 1562.0  | -   | 241.5  | 97.3   | 14.4   | 4402.4   |
| 1992       | 75150                   | 1337.7        | 217.9  | 977.0   | -   | 151.1  | 60.9   | 9.0    | 2753.5   |
| 1993       | 111840                  | 1990.8        | 324.3  | 1453.9  | -   | 224.8  | 90.6   | 13.4   | 4097.8   |
| Total      | 2578080                 | 45889.2       | 7476.3 | 33514.6 | -   | 5181.9 | 2088.2 | 309.4  | 94459.6  |

|                   |       |      |       |   |      |      |      |       |
|-------------------|-------|------|-------|---|------|------|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 17.80 | 2.90 | 13.00 | - | 2.01 | 0.81 | 0.12 | 36.64 |
|-------------------|-------|------|-------|---|------|------|------|-------|

Ônibus a Diesel

| Ano-Modelo | Distância<br>(1.000 km) | Emissão (ton) |        |         |     |        |       | MP   | MPpneu  | Subtotal |
|------------|-------------------------|---------------|--------|---------|-----|--------|-------|------|---------|----------|
|            |                         | CO            | HC     | NOx     | CHO | SOx    |       |      |         |          |
| 1976       | 38960                   | 693.5         | 113.0  | 506.5   | -   | 78.3   | 31.6  | 4.7  | 1427.5  |          |
| 1977       | 43680                   | 777.5         | 126.7  | 567.8   | -   | 87.8   | 35.4  | 5.2  | 1600.4  |          |
| 1978       | 44080                   | 784.6         | 127.8  | 573.0   | -   | 88.6   | 35.7  | 5.3  | 1615.1  |          |
| 1979       | 43840                   | 780.4         | 127.1  | 569.9   | -   | 88.1   | 35.5  | 5.3  | 1606.3  |          |
| 1980       | 44880                   | 798.9         | 130.2  | 583.4   | -   | 90.2   | 36.4  | 5.4  | 1644.4  |          |
| 1981       | 36560                   | 650.8         | 106.0  | 475.3   | -   | 73.5   | 29.6  | 4.4  | 1339.6  |          |
| 1982       | 32720                   | 582.4         | 94.9   | 425.4   | -   | 65.8   | 26.5  | 3.9  | 1198.9  |          |
| 1983       | 27440                   | 488.4         | 79.6   | 356.7   | -   | 55.2   | 22.2  | 3.3  | 1005.4  |          |
| 1984       | 25600                   | 455.7         | 74.2   | 332.8   | -   | 51.5   | 20.7  | 3.1  | 938.0   |          |
| 1985       | 30800                   | 548.2         | 89.3   | 400.4   | -   | 61.9   | 24.9  | 3.7  | 1128.5  |          |
| 1986       | 36960                   | 657.9         | 107.2  | 480.5   | -   | 74.3   | 29.9  | 4.4  | 1354.2  |          |
| 1987       | 44240                   | 787.5         | 128.3  | 575.1   | -   | 88.9   | 35.8  | 5.3  | 1621.0  |          |
| 1988       | 57600                   | 1025.3        | 167.0  | 748.8   | -   | 115.8  | 46.7  | 6.9  | 2110.5  |          |
| 1989       | 42560                   | 757.6         | 123.4  | 553.3   | -   | 85.5   | 34.5  | 5.1  | 1559.4  |          |
| 1990       | 45680                   | 813.1         | 132.5  | 593.8   | -   | 91.8   | 37.0  | 5.5  | 1673.7  |          |
| 1991       | 76320                   | 1358.5        | 221.3  | 992.2   | -   | 153.4  | 61.8  | 9.2  | 2796.4  |          |
| 1992       | 62960                   | 1120.7        | 182.6  | 818.5   | -   | 126.5  | 51.0  | 7.6  | 2306.9  |          |
| 1993       | 52880                   | 941.3         | 153.4  | 687.4   | -   | 106.3  | 42.8  | 6.3  | 1937.5  |          |
| Total      | 787760                  | 14022.1       | 2284.5 | 10240.9 | -   | 1583.4 | 638.1 | 94.5 | 28863.5 |          |

|                   |       |      |       |   |      |      |      |       |
|-------------------|-------|------|-------|---|------|------|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 17.80 | 2.90 | 13.00 | - | 2.01 | 0.81 | 0.12 | 36.64 |
|-------------------|-------|------|-------|---|------|------|------|-------|

**Total de Veículos a Diesel**

| Ano-Modelo | Distância (1.000 km) | Emissão (ton) |         |         |     |        |        |          |
|------------|----------------------|---------------|---------|---------|-----|--------|--------|----------|
|            |                      | CO            | HC      | NOx     | CHO | SOx    | MP     | MPpneu   |
| 1975       | 1415                 | 25.2          | 4.1     | 18.4    | -   | 1.2    | 1.1    | 0.2      |
| 1976       | 192100               | 3419.4        | 557.1   | 2497.3  | -   | 382.8  | 155.6  | 23.1     |
| 1977       | 252375               | 4492.3        | 731.9   | 3280.9  | -   | 501.4  | 204.4  | 30.3     |
| 1978       | 237163               | 4221.5        | 687.8   | 3083.1  | -   | 467.1  | 192.1  | 28.5     |
| 1979       | 257236               | 4578.8        | 746.0   | 3344.1  | -   | 486.6  | 208.4  | 30.9     |
| 1980       | 279150               | 4968.9        | 809.5   | 3629.0  | -   | 522.5  | 226.1  | 33.5     |
| 1981       | 233789               | 4161.4        | 678.0   | 3039.3  | -   | 401.9  | 189.4  | 28.1     |
| 1982       | 211417               | 3763.2        | 613.1   | 2748.4  | -   | 338.4  | 171.2  | 25.4     |
| 1983       | 162659               | 2895.3        | 471.7   | 2114.6  | -   | 269.4  | 131.8  | 19.5     |
| 1984       | 186294               | 3316.0        | 540.3   | 2421.8  | -   | 314.5  | 150.9  | 22.4     |
| 1985       | 225277               | 4009.9        | 653.3   | 2928.6  | -   | 397.9  | 182.5  | 27.0     |
| 1986       | 281722               | 5014.6        | 817.0   | 3662.4  | -   | 507.6  | 228.2  | 33.8     |
| 1987       | 245181               | 4364.2        | 711.0   | 3187.4  | -   | 440.4  | 198.6  | 29.4     |
| 1988       | 280808               | 4998.4        | 814.3   | 3650.5  | -   | 484.8  | 227.5  | 33.7     |
| 1989       | 261866               | 4661.2        | 759.4   | 3404.3  | -   | 431.0  | 212.1  | 31.4     |
| 1990       | 234017               | 4165.5        | 678.6   | 3042.2  | -   | 389.4  | 189.6  | 28.1     |
| 1991       | 264359               | 4705.6        | 766.6   | 3436.7  | -   | 452.7  | 214.1  | 31.7     |
| 1992       | 192823               | 3432.3        | 559.2   | 2506.7  | -   | 324.2  | 156.2  | 23.1     |
| 1993       | 241780               | 4303.7        | 701.2   | 3143.1  | -   | 396.7  | 195.8  | 29.0     |
| Total      | 4241463              | 75497.5       | 12300.1 | 55138.6 | -   | 7510.4 | 3435.6 | 509.0    |
|            |                      |               |         |         |     |        |        | 154391.2 |

|                   |       |      |       |   |      |      |      |       |
|-------------------|-------|------|-------|---|------|------|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 17.80 | 2.90 | 13.00 | - | 1.77 | 0.81 | 0.12 | 36.40 |
|-------------------|-------|------|-------|---|------|------|------|-------|

**Motocicletas a Gasolina**

| Ano-Modelo | Distância<br>(1.000 km) | Emissão (ton) |        |      |     |      |      |        |          |
|------------|-------------------------|---------------|--------|------|-----|------|------|--------|----------|
|            |                         | CO            | HC     | NOx  | CHO | SOx  | MP   | MPpneu | Subtotal |
| 1975       | 29772                   | 589.5         | 114.0  | 3.9  | -   | 2.1  | 2.1  | 3.6    | 715.2    |
| 1976       | 30312                   | 600.2         | 116.1  | 3.9  | -   | 2.2  | 2.1  | 3.6    | 728.2    |
| 1977       | 30852                   | 610.9         | 118.2  | 4.0  | -   | 2.2  | 2.2  | 3.7    | 741.1    |
| 1978       | 31428                   | 622.3         | 120.4  | 4.1  | -   | 2.3  | 2.2  | 3.8    | 755.0    |
| 1979       | 32004                   | 633.7         | 122.6  | 4.2  | -   | 2.3  | 2.2  | 3.8    | 768.8    |
| 1980       | 32580                   | 645.1         | 124.8  | 4.2  | -   | 2.3  | 2.3  | 3.9    | 782.6    |
| 1981       | 33192                   | 657.2         | 127.1  | 4.3  | -   | 2.4  | 2.3  | 4.0    | 797.3    |
| 1982       | 33804                   | 669.3         | 129.5  | 4.4  | -   | 2.4  | 2.4  | 4.1    | 812.0    |
| 1983       | 34416                   | 681.4         | 131.8  | 4.5  | -   | 2.5  | 2.4  | 4.1    | 826.7    |
| 1984       | 35076                   | 694.5         | 134.3  | 4.6  | -   | 2.5  | 2.5  | 4.2    | 842.6    |
| 1985       | 35412                   | 701.2         | 135.6  | 4.6  | -   | 2.5  | 2.5  | 4.2    | 850.7    |
| 1986       | 35760                   | 708.0         | 137.0  | 4.6  | -   | 2.6  | 2.5  | 4.3    | 859.0    |
| 1987       | 36108                   | 714.9         | 138.3  | 4.7  | -   | 2.6  | 2.5  | 4.3    | 867.4    |
| 1988       | 36492                   | 722.5         | 139.8  | 4.7  | -   | 2.6  | 2.6  | 4.4    | 876.6    |
| 1989       | 36876                   | 730.1         | 141.2  | 4.8  | -   | 2.7  | 2.6  | 4.4    | 885.8    |
| 1990       | 37224                   | 737.0         | 142.6  | 4.8  | -   | 2.7  | 2.6  | 4.5    | 894.2    |
| 1991       | 37608                   | 744.6         | 144.0  | 4.9  | -   | 2.7  | 2.6  | 4.5    | 903.4    |
| 1992       | 37992                   | 752.2         | 145.5  | 4.9  | -   | 2.7  | 2.7  | 4.6    | 912.6    |
| 1993       | 38364                   | 759.6         | 146.9  | 5.0  | -   | 2.8  | 2.7  | 4.6    | 921.6    |
| Total      | 655272                  | 12974.4       | 2509.7 | 85.2 | -   | 47.2 | 45.9 | 78.6   | 15740.9  |

|                   |       |      |      |   |      |      |       |
|-------------------|-------|------|------|---|------|------|-------|
| F.E. Médio (g/km) | 19.80 | 3.83 | 0.13 | - | 0.07 | 0.12 | 24.02 |
|-------------------|-------|------|------|---|------|------|-------|

**Apêndice I. Unidades e Fatores de Conversão**

**Tabela I.1. Multiplicadores de Base Decimal**

|       |   |                 |
|-------|---|-----------------|
| Quilo | k | 10 <sup>3</sup> |
| Mega  | M | 10 <sup>6</sup> |
| Giga  | G | 10 <sup>9</sup> |

**Tabela I.2. Fator de Conversão de Unidade de Energia**

1 cal = 4,184 Joules

**Tabela I.3. Massas Específicas, Poderes Caloríficos e Coeficientes de Conversão  
para os Energéticos Tratados no Trabalho**

| Energético       | Massa<br>Específica<br>(kg/m <sup>3</sup> )<br>(1) | Poder<br>Calorífico<br>Inferior<br>(kcal/kg) | Poder<br>Calorífico<br>Superior<br>(kcal/kg) | Unidade<br>Original            | Fator Divisor<br>(de 10 <sup>9</sup> kcal<br>p/Unidade<br>Original) |
|------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Álcool Anidro    | 791                                                | 6.400                                        | 7.090                                        | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | 5,062                                                               |
| Álcool Hidratado | 809                                                | 5.950                                        | 6.650                                        | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | 4,814                                                               |
| Eletricidade     | -                                                  | 860 (2)                                      | 3.132 (3)                                    | GWh                            | 0,86                                                                |
| Gasolina         | 738                                                | 10.556                                       | 11.230                                       | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | 7,79033                                                             |
| Gás Natural      | -                                                  | 8.865 (4)                                    | 9.850 (4)                                    | 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> | 8,406                                                               |
| Óleo Combustível | 999                                                | 9.547                                        | 10.111                                       | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | 9,537                                                               |
| Óleo Diesel      | 851                                                | 10.180                                       | 10.800                                       | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | 8,663                                                               |
| Querosene        | 787                                                | 10.396                                       | 11.060                                       | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | 8,18165                                                             |

Fonte: CESP, 1993

(1) À temperatura de 20 graus Celsius, para os derivados de petróleo e gás natural

(2) kcal/kWh - Energia Final

(3) kcal/kWh - Energia Primária

(4) kcal/m<sup>3</sup>