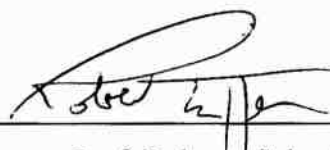


DANOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR VEÍCULOS LEVES
NO BRASIL

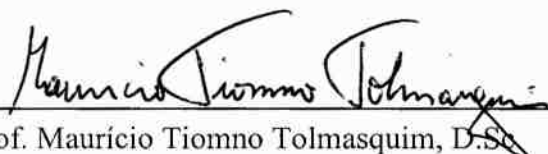
Denise Azuaga

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Aprovada por:



Prof. Roberto Schaeffer, PhD.



Prof. Mauricio Tiomno Tolmasquim, D.Sc.



Prof.ª Suzana Kahn Ribeiro, D.Sc.



Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
OUTUBRO DE 2000

AZUAGA, DENISE

Danos Ambientais Causados por
Veículos Leves no Brasil [Rio de Janeiro]
2000

XV, 168p. 29,7cm (COPPE/UFRJ,
M.Sc., Planejamento Energético, 2000)

Tese – Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE

1. Custos de Danos Ambientais
 2. Frota Nacional de Veículos Leves
 3. Poluição Atmosférica
- I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Roberto Schaeffer pelas idéias e discussões proveitosas, pela liberdade concedida, bem como por sua compreensão e incentivo, que tornaram este trabalho possível de se realizar.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

À Clarisse Rinaldi Meyer por sua grande amizade, pelo incentivo e pela discussão proveitosa de alguns pontos desta tese.

Aos familiares, namorado, amigas e amigos pelo carinho e amor, pelo grande incentivo, pelo apoio, pela motivação e pelos momentos de descontração.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

DANOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR VEÍCULOS LEVES NO BRASIL

Denise Azuaga

Outubro/2000

Orientador: Roberto Schaeffer

Programa: Planejamento Energético

Este trabalho avalia os danos ambientais causados por veículos leves no Brasil através de um índice de dano em termos monetários. Este índice foi desenvolvido a partir de estimativas de custo de dano ambiental e à saúde humana de poluentes atmosféricos para comparar a frota de veículos leves de 1998 a uma frota projetada de 2020, segundo duas hipóteses futuras. A primeira hipótese corresponde à manutenção das características atuais de emissão e consumo de combustível dos veículos leves. A segunda traz veículos leves com aperfeiçoamentos tecnológicos que aumentam a eficiência energética.

O veículo leve foi avaliado em duas fases, uma quanto à sua própria utilização e outra quanto ao ciclo de suprimento do combustível. Compararam-se, também, os índices de dano em área urbana e em área rural.

Finalmente, calcularam-se os custos de dano evitados, assim como a economia de combustível, advindos da introdução de aperfeiçoamentos tecnológicos na frota de veículos leves.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY LIGHT-DUTY VEHICLES IN BRAZIL

Denise Azuaga

October/2000

Advisor: Roberto Schaeffer

Department: Energy Planning

This thesis evaluates the environmental impacts caused by light-duty vehicles in Brazil through a monetized damage index. This index was derived from environment and human health damage estimates of atmospheric pollutants in order to compare the light-duty fleet of 1998 to a projected fleet of 2020, according to two future hypotheses. The first hypothesis corresponds to the maintenance of the today's characteristics of the light-duty vehicle's emissions and fuel consumption. The second one corresponds to technologic enhanced light-duty vehicles with higher energy efficiency.

The light-duty vehicle was evaluated in two phases, one by its own use and the other by its fuel cycle. The environment indexes were also compared accordingly to urban and rural areas.

Finally, the avoided damage costs were calculated, as well as the fuel economy, based on the introduction of technologic enhancements in the light-duty fleet.

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
I.1 – COMENTÁRIOS GERAIS.....	1
I.2 – OBJETIVO DO TRABALHO.....	9
I.3 – ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	10
 CAPÍTULO II - A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	 12
II.1 – FONTES DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	12
II.2 – EMISSÕES VEICULARES.....	15
II.2.1 – TIPOS DE EMISSÃO VEICULAR.....	19
II.2.2 – PADRÕES DE EMISSÃO NO BRASIL.....	20
II.2.3 – RESULTADOS ALCANÇADOS PELO PROCONVE.....	25
II.2.4 – FATORES QUE INFLUENCIAM NA EMISSÃO VEICULAR.....	26
II.3 – CONTRIBUIÇÃO DO CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL.....	43
COMENTÁRIOS FINAIS.....	47
 CAPÍTULO III - A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA.....	 48
III.1 – INTRODUÇÃO.....	48
III.2 - EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA.....	48
COMENTÁRIOS FINAIS.....	61
 CAPÍTULO IV - CARACTERIZAÇÃO DA FROTA NACIONAL DE VEÍCULOS LEVES DE 1998.....	 62
IV.1 – CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS LEVES.....	62
IV.2 – TIPO DE COMBUSTÍVEL.....	64
IV.3 – ESTIMATIVA DAS EMISSÕES MÉDIAS DE POLUENTES DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES DO ANO DE 1998.....	65
IV.3.1 – QUILOMETRAGEM MÉDIA ANUAL.....	66
IV.3.2 – ESTIMATIVA DA FROTA CIRCULANTE PARA O ANO BASE DE 1998.....	68
IV.3.3 – FATOR DE EMISSÃO DE VEÍCULO EM USO.....	72
COMENTÁRIOS FINAIS.....	78

CAPÍTULO V - ESTIMATIVAS DE CUSTO DE DANOS AMBIENTAIS E À SAÚDE HUMANA POR PARTE DO SETOR DE TRANSPORTES..... 79

V.1 - IMPACTOS AMBIENTAIS E NA SAÚDE HUMANA DE EMISSÕES VEICULARES E DO CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL.....	80
V.2 – ESTIMATIVAS DE CUSTO DE DANOS AMBIENTAIS E À SAÚDE.....	90
<i>V.2.1 – DISCUSSÃO E ADOÇÃO DE VALORES DE DANOS ESTIMADOS PARA A REALIDADE BRASILEIRA.....</i>	<i>91</i>
<i>V.2.2 – APRESENTAÇÃO DE CUSTOS DE DANOS AMBIENTAIS E À SAÚDE SEGUNDO ESTUDOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS.....</i>	<i>93</i>
<i>V.2.3 – INTERVALO DE ESTIMATIVAS DE CUSTO PARA O SETOR DE TRANSPORTE DO BRASIL.....</i>	<i>104</i>
COMENTÁRIOS FINAIS.....	106

CAPÍTULO VI - AVALIAÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES DO BRASIL ATRAVÉS DE UM ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA)..... 107

VI.1 – ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL.....	107
<i>VI.1.1 – METODOLOGIA DE CÁLCULO DE IDA.....</i>	<i>109</i>
VI.2 – ESTABELECIMENTO DE CENÁRIOS.....	112
<i>VI.2.1 - PARTICIPAÇÃO DO TIPO DE COMBUSTÍVEL.....</i>	<i>115</i>
<i>VI.2.2 - TECNOLOGIA AUTOMOTIVA.....</i>	<i>116</i>
<i>VI.2.3 – MANUTENÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL.....</i>	<i>120</i>
<i>VI.2.4 – PROJEÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES.....</i>	<i>121</i>
VI.3 – CARACTERIZAÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES PARA CADA CENÁRIO.....	124
<i>VI.3.1 - FATOR DE CONSUMO MÉDIO.....</i>	<i>124</i>
<i>VI.3.2 - FATORES DE EMISSÕES REGULAMENTADAS.....</i>	<i>130</i>
<i>VI.3.3 – FATORES DE EMISSÕES NÃO REGULAMENTADAS.....</i>	<i>131</i>
<i>VI.3.4 – FATOR DE EMISSÃO DO CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL.....</i>	<i>133</i>
VI.4 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	134
<i>VI.4.1 – ÍNDICES DE DANO AMBIENTAL E CUSTOS DE DANO AMBIENTAL.....</i>	<i>134</i>
<i>VI.4.2 – ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES.....</i>	<i>140</i>

CAPÍTULO VII – CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 146

BIBLIOGRAFIA..... 152

APÊNDICE..... 168

A – EVOLUÇÃO DO PROCONVE PARA GASES DE ESCAPAMENTO DE VEÍCULOS LEVES.

B – INTERVALO DE CUSTOS E DE ÍNDICES DE DANO (IDA) RELATIVOS AOS DANOS À SAÚDE HUMANA.

C – TECNOLOGIA DOS AUTOMÓVEIS A GASOLINA DE MODELO-ANO DE 1999.

D – PLANILHAS.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II – A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

FIGURA II.1 – EMISSÕES RELATIVAS DE POLUENTES POR TIPO DE FONTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.....	17
FIGURA II.2 – EVOLUÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS AUTOMOTORES NA RMSP (1.000 VEÍCULOS).....	18
FIGURA II.3 – INFLUÊNCIA DO CONTEÚDO DE OXIGÊNIO NAS EMISSÕES DE CO E HC.....	34

CAPÍTULO III – A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA

FIGURA III.1 – PRODUÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (1957 A 1999).....	49
FIGURA III.2 – VENDAS DE VEÍCULOS AUTOMOTORES NACIONAIS AO MERCADO INTERNO (1957 A 1999).....	50
FIGURA III.3 – EXPORTAÇÕES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (1961 A 1999).....	51
FIGURA III.4 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DOS AUTOMÓVEIS POPULARES NAS VENDAS INTERNAS DE AUTOMÓVEIS (1990-1999).....	55
FIGURA III.5 – VENDAS DE VEÍCULOS AUTOMOTORES AO MERCADO INTERNO (NACIONAIS E IMPORTADOS) (1990-1999).....	56
FIGURA III.6 – OS DEZ MAIORES PAÍSES PRODUTORES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES EM 1997.....	57
FIGURA III.7 – LICENCIAMENTO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES NOVOS NOS DEZ MAIORES PAÍSES CONSUMIDORES EM 1997.....	57
FIGURA III.8 – FROTA DE VEÍCULOS AUTOMOTORES POR PAÍS (1997).....	58
FIGURA III.9 – HABITANTES POR VEÍCULO AUTOMOTOR EM ALGUNS PAÍSES (1980 E 1997).....	59

FIGURA III.10 – INVESTIMENTO EM MILHARES DE DÓLARES EM VEÍCULOS AUTOMOTORES (1980 – 1998).....	59
---	-----------

CAPÍTULO IV – CARACTERIZAÇÃO DA FROTA NACIONAL DE VEÍCULOS LEVES DE 1998

FIGURA IV.1 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DO TIPO DE COMBUSTÍVEL NAS VENDAS DE AUTOMÓVEIS DE PRODUÇÃO NACIONAL AO MERCADO INTERNO (1957-1998).....	64
---	-----------

FIGURA IV.2 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DO TIPO DE COMBUSTÍVEL NAS VENDAS DE COMERCIAIS LEVES DE PRODUÇÃO NACIONAL AO MERCADO INTERNO (1957-1998).....	65
---	-----------

FIGURA IV.3 – DISTRIBUIÇÃO DA QUILOMETRAGEM MÉDIA ANUAL PELA IDADE DO VEÍCULO.....	68
---	-----------

FIGURA IV.4 – CURVA DE SUCATEAMENTO.....	69
---	-----------

CAPÍTULO VI – AVALIAÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES DO BRASIL ATRAVÉS DE UM ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA)

FIGURA VI.1 – EVOLUÇÃO DA FAIXA DE ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL ENTRE OS 1º E 3º CENÁRIOS.....	136
---	------------

FIGURA VI.2 – EVOLUÇÃO DA FAIXA DE ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL ENTRE OS 1º E 4º CENÁRIOS.....	136
---	------------

FIGURA VI.3 – EVOLUÇÃO DA FAIXA DE CUSTOS DE DANO AMBIENTAL E À SAÚDE HUMANA ENTRE OS 1º E 3º CENÁRIOS.....	138
--	------------

FIGURA VI.4 – EVOLUÇÃO DA FAIXA DE CUSTOS DE DANO AMBIENTAL E À SAÚDE HUMANA ENTRE OS 1º E 4º CENÁRIOS.....	139
--	------------

FIGURA VI.5 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE GASOLINA EM BILHÕES DE LITROS POR ANO.....	144
--	------------

FIGURA VI.6 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE PETRÓLEO EM MILHÕES DE BARRIS POR ANO.....	144
--	------------

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

TABELA I.1 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ENERGIA POR SETOR (EM %)	4
---	---

TABELA I.2 – COMPOSIÇÃO SETORIAL DO CONSUMO TOTAL DE DERIVADOS DE PETRÓLEO (EM %)	5
--	---

CAPÍTULO II – A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

TABELA II.1 – PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E PRINCIPAIS POLUENTES	13
---	----

TABELA II.2 – FONTES, CARACTERÍSTICAS E EFEITOS DOS PRINCIPAIS POLUENTES NA ATMOSFERA	14
--	----

TABELA II.3 – CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DAS FONTES DE POLUIÇÃO DO AR NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO EM 1998	16
--	----

TABELA II.4 – FATORES MÉDIOS DE EMISSÃO DOS VEÍCULOS EM USO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO EM 1998	18
---	----

TABELA II.5 – LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO PARA VEÍCULOS LEVES NOVOS	22
---	----

TABELA II.6 – LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO PARA VEÍCULOS LEVES COMERCIAIS NOVOS	23
--	----

TABELA II.7 – LIMITES DE EMISSÃO PARA VEÍCULOS PESADOS NOVOS	23
---	----

TABELA II.8 – PADRÕES FEDERAIS DE EMISSÃO VEICULAR DE GASES DE ESCAPAMENTO NOS EUA	24
---	----

TABELA II.9 – FATORES MÉDIOS DE EMISSÃO DE VEÍCULOS LEVES NOVOS	26
--	----

TABELA II.10 – VARIAÇÃO RELATIVA NA EMISSÃO DE POLUENTES PELO ESCAPAMENTO EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁLCOOL ANIDRO NA GASOLINA (%V/V)	35
--	----

TABELA II.11 – COMPOSIÇÃO DOS GASES DE EXAUSTÃO DE ACORDO COM O REGIME DE FUNCIONAMENTO DO VEÍCULO AUTOMOTOR (EM PPMV).....	39
TABELA II.12 – ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL SEGUNDO A VELOCIDADE DO VEÍCULO LEVE (EM KM/L).....	40
TABELA II.13 - CUIDADOS NA CONSERVAÇÃO DO VEÍCULO AUTOMOTOR.....	42
TABELA II.14 – FATORES DE EMISSÃO DO CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL (GASOLINA E DIESEL).....	46

CAPÍTULO III – A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA

TABELA III.1 – ALÍQUOTAS E PARTICIPAÇÃO DOS TRIBUTOS DOS AUTOVEÍCULOS NO PREÇO AO CONSUMIDOR (1986-1998) EM PERCENTUAIS.....	53
TABELA III.2 – EVOLUÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DOS VEÍCULOS LEVES IMPORTADOS NAS VENDAS AO MERCADO INTERNO.....	56
TABELA III.3 – INVESTIMENTOS EM NOVAS FÁBRICAS PARA A PRODUÇÃO DE VEÍCULOS LEVES (AUTOMÓVEIS E COMERCIAIS LEVES), A PARTIR DE 1996.....	60
TABELA III.4 – EVOLUÇÃO DA PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DAS CATEGORIAS VEICULARES NACIONAIS NO MERCADO DE VENDAS INTERNAS.....	61

CAPÍTULO IV – CARACTERIZAÇÃO DA FROTA NACIONAL DE VEÍCULOS LEVES DE 1998

TABELA IV.1 – FROTA DE VEÍCULOS LEVES EXISTENTES NO BRASIL EM 1998, POR ANO DE FABRICAÇÃO E CATEGORIA VEICULAR SEGUNDO DUAS FONTES DISTINTAS.....	71
TABELA IV.2 – FROTA NACIONAL DE VEÍCULOS LEVES DE 1998 POR TIPO DE COMBUSTÍVEL E POR CATEGORIA VEICULAR SEGUNDO DUAS FONTES DISTINTAS.....	71
TABELA IV.3 – DADOS CONSOLIDADOS DA FROTA MOVIDA A GASOLINA POR CATEGORIA VEICULAR PARA O ANO DE 1998.....	76
TABELA IV.4 – DADOS CONSOLIDADOS DA FROTA MOVIDA A ÁLCOOL POR CATEGORIA VEICULAR PARA O ANO DE 1998.....	76

TABELA IV.5 – DADOS CONSOLIDADOS DA FROTA POR CATEGORIA VEICULAR PARA O ANO DE 1998.....	77
---	-----------

CAPÍTULO V – ESTIMATIVAS DE CUSTO DE DANOS AMBIENTAIS E À SAÚDE HUMANA POR PARTE DO SETOR DE TRANSPORTES

TABELA V.1 – CATEGORIAS DOS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE E NA SAÚDE HUMANA.....	89
---	-----------

TABELA V.2 – ESTIMATIVA DAS DOSES PARA RECEPTORES HUMANOS ATRIBUÍDAS ÀS EMISSÕES DE TIPOS DIFERENTES DE FONTE SEGUNDO DADOS EUROPEUS.....	93
--	-----------

TABELA V.3 – CUSTOS DE SAÚDE ASSOCIADOS À POLUIÇÃO NO BRASIL NA DÉCADA DE 80.....	95
--	-----------

TABELA V.4 – OS CUSTOS DO SETOR DE TRANSPORTES DA CIDADE DE SÃO PAULO, SEGUNDO OS ESTUDOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO E DOS EUA, PARA MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL (PM10).....	96
---	-----------

TABELA V.5 – ESTIMATIVA DE CUSTOS DOS DANOS À SAÚDE SEGUNDO DADOS NORTE-AMERICANOS.....	99
--	-----------

TABELA V.6 – ESTIMATIVA DE CUSTOS DOS DANOS ATRIBUÍDOS ÀS EMISSÕES DO SETOR DE TRANSPORTES, SEGUNDO DADOS EUROPEUS, EM CENTAVOS DE DÓLAR POR GRAMA DE POLUENTE (CENTAVOS DE US\$1999/g).....	102
---	------------

TABELA V.7 – RELAÇÃO DOS CUSTOS ESTIMADOS ENTRE URBANO E RURAL SEGUNDO ESTUDO EUROPEU.....	103
---	------------

TABELA V.8 – RESUMO DAS ESTIMATIVAS DE CUSTO QUANTO AOS DANOS À SAÚDE NAS ÁREAS URBANA E RURAL DEVIDO AO SETOR DE TRANSPORTES SEGUNDO OS TRABALHOS EUROPEU E NORTE-AMERICANO.....	104
--	------------

TABELA V.9 – INTERVALO DE CUSTOS ESTIMADOS PARA O SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL, EM CENTAVOS DE DÓLAR POR GRAMA DE POLUENTE (CENTAVOS DE US\$1999/g).....	106
---	------------

CAPÍTULO VI – AVALIAÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES DO BRASIL ATRAVÉS DE UM ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA)

TABELA VL.1 – MATRIZ DE CICLO DE VIDA APLICADA A VEÍCULO AUTOMOTOR.....	108
TABELA VL.2 – EQUAÇÕES PARA O CÁLCULO DO ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA) PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES.....	111
TABELA VL.3 – ESTIMATIVA DO AUMENTO DA ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL SEGUNDO UM POTENCIAL TÉCNICO PARA A FROTA DE NOVOS AUTOMÓVEIS DOS EUA, COM BASE NOS MODELOS DE 1990 (EM %).	118
TABELA VL.4 – ESTIMATIVA DA PENETRAÇÃO MERCADOLÓGICA DA TECNOLOGIA AUTOMOTIVA DE MAIOR EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL, PARA O QUARTO CENÁRIO, POR ANO DE FABRICAÇÃO.....	120
TABELA VL.5 – FROTA DE VEÍCULOS LEVES, NACIONAIS E IMPORTADOS, PARA O ANO DE 2020, POR ANO DE FABRICAÇÃO.....	123
TABELA VL.6 – DENSIDADE VEICULAR DAS FROTAS DE 1998 E 2020 SEGUNDO FONTES DISTINTAS.....	124
TABELA VL.7 – FATORES DE CONSUMO MÉDIOS PARA VEÍCULOS LEVES DE ACORDO COM OS CENÁRIOS ESTABELECIDOS.....	129
TABELA VL.8 – FATORES DE EMISSÃO MÉDIOS DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES POR CATEGORIA VEICULAR PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS ESTABELECIDOS (OU FATORES DE EMISSÃO CORRIGIDOS (A)).....	131
TABELA VL.9 – FATORES DE EMISSÕES NÃO REGULAMENTADAS (OU FATORES DE EMISSÃO CORRIGIDOS (B)) PARA USO URBANO E RURAL.....	132
TABELA VL.10 – FATORES DE EMISSÃO DO CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL (OU FATORES DE EMISSÃO CORRIGIDOS (C)) PARA USO URBANO E RURAL.....	133
TABELA VL.11 – RESUMO DOS IDA 'S (EM CENTAVOS DE US\$1999/KM) PARA VEÍCULOS LEVES DOS CENÁRIOS ESTABELECIDOS.....	134
TABELA VL.12 – CUSTOS DE DANO AMBIENTAL E À SAÚDE PARA CADA CENÁRIO.....	137

TABELA VL13 – INTERVALOS DE IDA E DE CUSTOS RELATIVOS AOS DANOS À SAÚDE HUMANA PARA CADA CENÁRIO.....	140
--	------------

TABELA VL14 – CONSUMO ANUAL DE GASOLINA E DE PETRÓLEO DOS VEÍCULOS LEVES PARA CADA CENÁRIO.....	142
--	------------

TABELA VL15 – ECONOMIA DE GASOLINA E DE PETRÓLEO AO ANO DOS VEÍCULOS LEVES.....	143
--	------------

APÊNDICE B – INTERVALO DE CUSTOS E DE ÍNDICES DE DANO (IDA) RELATIVOS AOS DANOS À SAÚDE HUMANA

TABELA B.1 – INTERVALO DE CUSTOS ESTIMADOS DE DANO À SAÚDE HUMANA PARA O SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL, EM CENTAVOS DE DÓLAR POR GRAMA DE POLUENTE (CENTAVOS DE US\$1999/G)

TABELA B.2 – INTERVALO DE IDA E DE CUSTOS DE DANO À SAÚDE PARA CADA CENÁRIO
--

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

I.1 – COMENTÁRIOS GERAIS

A energia é indispensável à sobrevivência diária. O desenvolvimento futuro depende indubitavelmente de que se disponha de energia por muito tempo, em quantidades provavelmente cada vez maiores, e de fontes seguras, confiáveis e adequadas ao meio ambiente.

A preocupação com esse futuro seguro no tocante à energia é natural, já que esta proporciona "serviços essenciais" à vida humana – energia térmica para aquecimento, para cozinhar e para atividades manufatureiras, ou energia mecânica para o transporte e para o trabalho mecânico. Atualmente, a energia necessária a esses serviços provém de combustíveis (petróleo, gás, carvão, fontes nucleares, madeira e outras fontes primárias – solar, eólica ou hidráulica) que não têm utilidade até serem convertidos nos serviços de energia dos quais o homem precisa, por meio de máquinas ou de outros tipos de equipamentos, como motores, turbinas e fogões. No entanto, existe o desperdício de grandes quantidades de energia primária devido ao planejamento inadequado ou ao funcionamento ineficiente do equipamento usado para converter a energia nos serviços necessários.

As atuais fontes primárias de energia são quase todas não renováveis: gás natural, petróleo, carvão, turfa e minerais nucleares. Há também fontes renováveis, como madeira, vegetais, fontes geotérmicas, quedas d'água, energia solar e eólica, entre outras. No Brasil, a produção de energia primária renovável sempre foi maior (em torno de 70% da produção de energia primária) devido à contribuição da geração hidrelétrica, quando comparada com a de energia não renovável (em torno de 25% da produção de energia primária). Em 1998, as fontes não renováveis somaram 31,6% da produção de energia primária, sendo que só o petróleo representou 25,3%. Já as fontes renováveis

somaram 68,4% da produção de energia primária (Balanço Energético Nacional - BEN, 1999).

Teoricamente, todas as diversas fontes de energia podem contribuir para uma combinação energética a ser utilizada. Contudo, cada uma tem seus custos, benefícios e riscos econômicos, sanitários e ambientais. É preciso fazer opções, sabendo que a escolha de uma estratégia energética determinará inevitavelmente a escolha de uma estratégia ambiental (Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1988).

Do ponto de vista do desenvolvimento sustentável, o rendimento energético deveria constituir o ponto central das políticas energéticas nacionais. O rendimento energético busca poupar os suprimentos adicionais de energia primária necessários para pôr em funcionamento o equipamento tradicional. Pode-se dizer que o primeiro ímpeto visando a conservação de energia surgiu com os choques dos preços do petróleo, nos anos 70, quando se obtiveram ganhos impressionantes de rendimento energético¹.

Ainda com relação ao petróleo, o seu uso eficiente é questão estratégica para qualquer país. Como se sabe, o petróleo é componente básico dos preços no mundo inteiro e se seu valor aumenta no mercado internacional, existe o risco de desalinhamento econômico (como a inflação).

O preço internacional dos combustíveis está muito acima do custo de produção de petróleo, no poço. Na Arábia Saudita, por exemplo, que é o maior produtor mundial de petróleo com aproximadamente 9,4 milhões de barris por dia (BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, 1998), cada barril extraído custa em torno de um dólar. No Brasil, onde a tecnologia de extração em águas profundas é mais cara, cada barril custa à PETROBRAS cerca de sete dólares (SCHAEFFER, 2000). Dentro deste contexto, é importante observar a influência de determinados fatores que acarretaram no recente aumento do preço internacional do barril de petróleo, atingindo a casa dos US\$30 (em fevereiro de 2000) e US\$35 (em setembro de 2000), sendo que, em fevereiro de 1999, o preço do barril de petróleo se encontrava por volta de US\$ 10 (PETROBRAS, 2000). Dentre esses fatores, pode-se citar: a velha lei da oferta e da

¹ Isso se aplica, por exemplo, a "equipamentos de uso final" como eletrodomésticos, veículos automotores e a muitos processos e equipamentos industriais.

procura, a margem de lucro de empresas petrolíferas e refinarias, a carga tributária de cada país e ainda um componente de especulação, nos mercados de *commodities*.

Nota-se que o Brasil consegue hoje produzir quase tudo o que consome (mais de 70% do petróleo consumido no país hoje é produzido domesticamente), não estando tão dependente e vulnerável como na crise da década de 70, sendo que a dependência externa de petróleo em 1998 caiu para 40%, contra 46% em 1997. Essa redução na dependência se deveu ao aumento da produção doméstica de petróleo e a possibilidade de aumentá-la. A produção doméstica média de petróleo foi de 972 mil barris/dia, em 1998, crescendo 16,4% em relação a 1997. No mesmo ano, as importações de petróleo e derivados chegaram a 820 mil bep/d. Com relação às reservas provadas de petróleo, verifica-se que correspondem a cerca de 20 anos da produção atual (BEN, 1999).

Outra forma de se diminuir a dependência externa do petróleo reside na entrada de outras fontes energéticas na matriz brasileira. Novas tecnologias que permitem a substituição do petróleo por fontes alternativas de energia, como o gás natural, álcool, eletricidade e até energia solar, já são e ainda podem ser utilizadas para mover indústrias e veículos automotores. A maior penetração delas depende de diversos fatores políticos e econômicos, entre eles os de política internacional dos preços de petróleo, pois este continua sendo a opção barata em muitos casos.

Desse modo, uma vantagem do aumento da eficiência energética estaria nos investimentos em tecnologias mais aperfeiçoadas de uso final que são mais econômicas, a longo prazo, porque diminuem a necessidade de suprimento de energia. O custo de aperfeiçoar os equipamentos de uso final é, com frequência, menor que o custo de aumentar a capacidade de suprimento de energia primária (Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1988). Outra vantagem estaria na maior facilidade de se inserir uma nova tecnologia, como no caso de um veículo automotivo mais eficiente energeticamente, em relação a alterações de infra-estruturas já estabelecidas, como as do setor de transportes, e a alterações de traços comportamentais tão enraizados em nossa cultura.

A prevenção e a redução da poluição são também pontos críticos da conservação de recursos. Através de um uso mais eficiente da energia, principalmente de derivados de petróleo, pode-se aumentar a qualidade do ar, da água e do solo, que é ameaçada, por

exemplo, pela queima de combustíveis fósseis, pelos efluentes das refinarias e vazamentos que ocorrem ao longo da cadeia energética.

Os padrões de uso de energia no Brasil, com relação ao consumo final de energia por fonte, estão concentrados em 39% de eletricidade e 35,3% de derivados de petróleo (BEN, 1999). Esta última sendo de grande importância, não só por se tratar de uma fonte não renovável, mas também por contribuir com três problemas interligados de poluição atmosférica: o aquecimento global, a poluição urbano-industrial do ar e a acidificação do meio ambiente.

Dentre os consumidores finais de energia (ver Tabela I.1), nota-se que os principais são os setores industrial, de transportes e o residencial. No entanto, a participação dos transportes no consumo final de energia tem apresentado ligeiro crescimento, passando de 17,9% em 1985 para 21,1% em 1998.

Tabela I.1 – Evolução do consumo final de energia por setor (em %)

Setor	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
CONSUMO FINAL	100	100	100	100	100	100	100	100,0	100	100
- CONSUMO FINAL NÃO-ENERGÉTICO	5,9	5,7	5,3	5,4	5,4	5,7	5,3	5,1	5,5	5,6
- CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	94,1	94,3	94,7	94,6	94,6	94,3	94,7	94,9	94,5	94,4
Setor Energético	8,4	7,8	8,0	7,8	7,6	7,7	7,2	7,4	7,7	7,1
Residencial	16,6	16,4	16,4	16,4	15,7	15,2	15,5	15,6	15,4	15,7
Comercial	3,9	4,6	4,5	4,7	4,7	4,7	5,0	5,2	5,3	5,6
Público	2,9	3,2	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,6	3,6	3,7
Agropecuário	4,6	4,3	4,3	4,3	4,4	4,3	4,4	4,4	4,3	4,2
Transportes	17,9	19,1	19,5	19,3	19,4	19,4	20,4	21,0	20,7	21,1
Rodoviário	14,3	16,8	17,3	17,1	17,2	17,4	18,3	18,8	18,7	19,0
Ferroviário	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Aéreo	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
Hidroviário	1,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5
Industrial	39,9	38,8	38,7	38,8	39,4	39,4	38,5	37,9	37,3	37,0
Consumo Não-Identificado	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0

Fonte: Balanço Energético Nacional, 1999.

O setor de transportes é um dos principais consumidores de energia e por isso ocupa um lugar de destaque no planejamento energético e de desenvolvimento de um

país. No Brasil, como em outros países, é um dos principais consumidores de derivados de petróleo, principalmente gasolina e óleo diesel, já que o setor está baseado no modo rodoviário. O consumo total de derivados de petróleo em 1998 foi maior para os setores de transporte (49,3%), industrial (14,7%) e residencial (7,3%) (ver Tabela I.2).

Tabela I.2 – Composição setorial do consumo total de derivados de petróleo (em %) ^(*).

Sectores	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Total (mil tep)	48101	56989	57572	59490	61848	64851	69449	74712	80626	83534
Consumo na Transformação	2,1	2,2	2,3	2,9	2,5	2,5	2,8	3,1	3,2	3,4
Centrais Elétricas	1,4	1,3	1,4	1,7	1,4	1,5	1,8	2,0	2,1	2,4
Serv. Público	0,8	1,0	0,9	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
Centrais Elétricas Autoprodutoras										
Consumo Final Energético	82,5	83,3	84,0	83,4	83,9	83,2	84,3	84,7	83,6	83,2
Setor Energético	6,3	6,1	5,5	5,5	5,7	5,7	5,2	5,1	5,4	5,1
Residencial	8,3	9,0	9,1	9,2	9,2	8,7	8,5	8,2	7,6	7,3
Comercial	0,7	1,2	1,1	1,1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7
Público	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,9	0,9	0,6	0,6	0,7
Agropecuário	6,1	5,6	5,7	5,7	6,1	6,1	6,1	5,9	5,7	5,3
Transportes	46,5	46,1	47,9	46,7	47,0	46,6	48,2	49,0	48,2	49,3
Industrial	14,2	14,5	14,3	14,6	14,7	14,4	14,7	15,2	14,9	14,7
Consumo Não - Identificado	0,0	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1
Consumo Final Não Energético	15,4	14,5	13,7	13,8	13,6	14,2	12,9	12,2	13,2	13,4

Nota: (*): Inclui líquidos de gás natural.

Fonte: Balanço Energético Nacional, 1999.

Além da questão de economia de combustível, nota-se que o setor industrial, o de transformação (refinarias, centrais elétricas, carvoarias, coquearias, etc.) e o de transportes são responsáveis por grande parcela das externalidades², principalmente a poluição atmosférica, sonora e das águas. O setor industrial é o principal responsável pela poluição das águas, devido ao despejo de resíduos juntamente com a falta de tratamento de esgotos, no caso da poluição sonora e atmosférica, os três setores têm

² A externalidade negativa, também chamada de custo externo, representa o significado econômico da poluição. Ela existe quando uma atividade provoca uma perda de bem estar em alguém e essa perda não é compensada. Caso haja uma compensação dessa perda, diz-se que esse efeito foi internalizado nos custos do agente responsável pela atividade. Por outro lado, uma externalidade positiva, ou benefício externo, corresponde a um ganho de bem estar de uma parte causado por outra (PEARCE & TURNER, 1990).

responsabilidade, sendo que o transporte é o principal contribuinte nos grandes centros urbanos (SALA, 1999).

A causa mais comum da poluição do ar é a combustão que gera resíduos prejudiciais (sólidos, líquidos ou gasosos). A descarga de gases de combustão dos veículos automotores leva ao ar óxidos de carbono (CO e CO₂), hidrocarbonetos diversos, alguns considerados cancerígenos, partículas de carbono em suspensão nos gases, produtos químicos vaporizados, entre outras substâncias – mais ou menos tóxicas (SALA, 1999).

Dentre os danos ao ambiente e à saúde humana causados pela emissão desses poluentes, destacam-se a acidificação de rios e florestas, ataque aos materiais (prédios, construções, etc.), aumento de problemas respiratórios e circulatórios na população (podem levar até a morte pacientes crônicos dessas doenças), perda de bem estar da população (e.g., perda de mobilidade devido aos congestionamentos nas grandes cidades, ou a perda de áreas de lazer), efeito estufa e aquecimento global. Nota-se que os danos provenientes da poluição atmosférica não se restringem às áreas onde ocorreu a emissão, pois devido a dispersão através das correntes de ar, eles ultrapassam fronteiras regionais e nacionais (EYRE et al., 1997).

As fontes veiculares de poluição atmosférica possuem uma participação ativa no aumento da poluição do ar, principalmente em grandes centros urbanos. Os veículos automotores produzem mais poluição atmosférica do que qualquer outra atividade humana isolada (Governo do Estado de São Paulo, 1997). Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), os veículos automotores (veículos leves e pesados, incluindo ainda as motocicletas e similares) correspondem à principal fonte de emissão de poluentes, com uma contribuição de cerca de 95% das emissões de CO, 94% das emissões de HC, 96% das emissões de NO_x e 65% das emissões de SO_x (CETESB, 1999). Os veículos leves, que são movidos a gasool (gasolina com adição de álcool) e álcool, contribuem com 63% das emissões de CO, 28% das emissões de HC, 32% das emissões de HC evaporativo, 17% das emissões de NO_x e 17% das emissões de SO_x. Já os veículos pesados, que são movidos a diesel, contribuem com maior emissão de SO_x (48%) e NO_x (78%) (CETESB, 1999).

Um fator que agrava esses problemas energéticos e ambientais está no mercado de veículos automotores, que vem crescendo com muita rapidez desde o início da década de 90. Em especial, os veículos leves, que correspondem à grande maioria dos veículos automotores no Brasil, vêm mantendo a sua participação de aproximadamente 95% das vendas ao mercado interno nas últimas duas décadas (ANFAVEA, 1999). Para se ter uma idéia, em 1997, foram vendidos ao mercado interno cerca de 1,57 milhões de veículos leves, que corresponde a um aumento de 206% em relação ao ano de 1987 (514 mil veículos leves vendidos) (ANFAVEA, 1999).

Essa elevada motorização, principalmente o transporte individual, prejudica o bem estar da população nos grandes centros. Na RMSP, por exemplo, os congestionamentos³ têm alcançado até 200 quilômetros de extensão nos horários de pico da tarde. Como resultado, São Paulo padece com a elevação dos padrões de poluição do ar e sonora, a redução da velocidade média do trânsito nas vias principais da cidade, o maior gasto de combustível, a dificuldade de acesso das pessoas a bens e serviços, e a perda de tempo (MONTEIRO, 1998).

Contudo, existem diversos fatores que influem na predileção pelo transporte individual (uso dos veículos leves por parte da população) ao transporte público, como o conforto, a segurança, o poder de possuir uma máquina sob seu próprio controle, etc.. As questões sociais e principalmente as sociológicas do transporte nem sempre são enfocadas nas políticas de planejamento no setor de transporte. Geralmente, privilegia-se um enfoque tradicional baseado em aspectos técnicos e econômicos.

Primeiramente, é notório que as condições gerais de transporte e trânsito continuam insatisfatórias para a maioria das pessoas, especialmente para aquelas que não têm acesso ao transporte privado, por exemplo, o baixo nível de serviço dos transportes públicos, distribuição desigual de acessibilidade, altos índices de acidentes de trânsito, congestionamentos, poluição, entre outros (VASCONCELLOS, 1996). Em segundo lugar, percebeu-se que o crescimento do uso do automóvel e o decréscimo do uso do transporte público tiveram efeitos urbanísticos, econômicos e ambientais preocupantes. Em terceiro lugar, tanto a fidedignidade dos modelos convencionais de

³ Um estudo brasileiro sobre as perdas que os congestionamentos acarretam à economia do país obteve o valor de R\$474 milhões por ano, incluindo horas desperdiçadas no trânsito, aumento do consumo de combustível e deterioração das condições ambientais (IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1997).

previsão do comportamento dos usuários, quanto os pressupostos relativos aos impactos do sistema de transporte passaram a ser questionados, uma vez que os resultados efetivos mostraram-se freqüentemente diferentes dos previstos inicialmente (TOWN, 1981).

O aspecto sociológico, então, surgiria como um importante parâmetro no planejamento dos transportes. Questiona-se aqui, mesmo suprimindo boa parte dos problemas no transporte público atual, como as questões de segurança, acessibilidade, etc., e mesmo sabendo que este é mais econômico do que a manutenção de um automóvel, qual seria o ponto de ruptura em que o indivíduo abriria mão de um conforto e símbolo de *status* e passaria a utilizar o transporte público. Ou seja, saber qual seria o ponto de troca baseado na diferença entre custo e benefício é de suma importância. O cálculo dos custos entre um tipo de transporte e outro talvez não seria difícil, entretanto o cálculo dos benefícios concretos (e.g., forma de investimento) e abstratos (inclui os aspectos simbólicos da posse de um veículo na sociedade) são mais complexos.

Adicionalmente, pode-se perceber uma outra mudança no sistema de transporte público no que se refere às classes menos favorecidas nos grandes centros urbanos. A preferência pelas lotações, i.e. veículos comerciais leves que lotam sua capacidade para levar as pessoas a seus pontos de chegada e de partida, concorrendo acirradamente com o transporte público. Isso deve-se ao fato de o transporte público não estar sendo eficaz, seja pelas razões que forem (e.g., não haver uma quantidade suficiente de ônibus, ou qualquer outro meio de transporte de massa). Essa troca de um serviço pelo outro já pode ser notada nos principais centros urbanos brasileiros e é de se esperar um aumento do consumo de combustível e das emissões de poluentes atmosféricos nesses centros. Portanto, as novas políticas de transporte devem levar em conta mais essa questão.

Dessa forma, este trabalho irá focar os veículos leves que constituem a maioria dos veículos automotores no setor de transportes, visando uma economia de combustível e conseqüentemente a possibilidade de redução das externalidades a eles relacionados.

I.2 – OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo principal deste trabalho é analisar, através de um índice de dano ambiental, a frota de veículos leves brasileiros. Esse índice pode auxiliar na tomada de decisões a respeito de políticas automotivas que visem promover o aumento do rendimento energético nos veículos leves através do estabelecimento de padrões mínimos de eficiência. Para isso, estimaram-se melhorias técnicas capazes de penetrar no mercado automotivo e de conferir economias de combustível em torno de 90% em relação aos níveis atuais. A economia de gasolina obtida se reverte a uma economia de barris de petróleo, o que contribui para diminuir a dependência nacional de combustíveis importados.

Desenvolveu-se uma metodologia de cálculo que estima um índice de dano ambiental (IDA), expresso em valor monetário por distância percorrida pelo veículo. Esse índice, baseado nos moldes de análise de ciclo de vida, identifica a contribuição de cada etapa envolvida desde a produção do veículo leve, seu uso até a sua disposição final, nos impactos ambientais e à saúde humana. Aqui, entretanto, optou-se por se limitar apenas a etapa de utilização do veículo, uma vez que esta representa, com relação ao consumo energético e a poluição do ar, a parte mais significativa dos impactos nessa análise do ciclo de vida. Essa etapa de utilização do veículo leve foi dividida ainda em emissões veiculares e as do ciclo de suprimento do combustível, que inclui a extração, produção, distribuição e abastecimento do combustível.

Outra análise realizada aqui, partindo do IDA, é o custo evitado dos danos ambientais e à saúde. O quanto de dinheiro poderia ser economizado com a diminuição dos gastos com saúde (internações hospitalares, perdas monetárias por dias de atividade restrita, perdas pela mortalidade), dos gastos na manutenção de construções, das perdas na agricultura, dentre outros. Esse custo evitado proveniente do ganho de qualidade do ar (ganho social) poderia, ou não, ser, então, revertido em investimentos no próprio setor de transportes.

Devido a dificuldade de obtenção de dados nacionais confiáveis, vale ressaltar que os dados estimados de tamanho de frota, de fatores de emissão, de custos de dano, entre outros apresentados neste trabalho, são relativos e devem, ainda, ser aperfeiçoados

em estudos futuros. A questão central, portanto, reside na importância da metodologia desenvolvida e a diferença relativa entre os cenários estabelecidos.

I.3 – ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Além da Introdução, esta tese é composta por 7 Capítulos e um Apêndice, conforme descrição a seguir.

O Capítulo II fornece informações gerais sobre a poluição atmosférica descrevendo as principais fontes poluidoras, suas características e os efeitos dos principais poluentes na atmosfera. Descreve, ainda, a contribuição dos veículos leves à poluição atmosférica no que se refere aos tipos de emissão veicular, aos fatores que agravam essa emissão, aos padrões existentes e aos resultados alcançados pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). Uma outra parte qualifica os tipos de emissões presentes no ciclo de suprimento do combustível, alocando-os por atividade e processos envolvidos.

O Capítulo III apresenta a evolução da indústria automobilística nacional para possibilitar uma melhor caracterização da frota nacional de veículos leves e mostrar a sua relevância no setor de transporte rodoviário.

O Capítulo IV caracteriza a frota nacional de veículos leves com relação à diferenciação por categorias veiculares (automóveis e comerciais leves) e ao tipo de combustível utilizado. Estimaram-se aqui o tamanho da frota de veículos leves de 1998, as emissões médias de poluentes (CO, NO_x e HC) desta frota, bem como a sua quilometragem média.

O Capítulo V apresenta informações sobre estimativas de custos de externalidades no Brasil, EUA e Europa. Inicia com os aspectos relacionados aos impactos ambientais e à saúde humana referentes ao uso de veículos leves e à transferência de custos de danos que servirão de subsídio a essas estimativas. Por fim, apresenta um intervalo de estimativas de custos para o Brasil que serão utilizados no cálculo do índice de dano ambiental (IDA) para as áreas urbanas e rurais.

O Capítulo VI refere-se à proposta de uma maior eficiência energética tomando como base não só a economia de combustível que pode ser alcançada, mas também aos danos que podem ser evitados em termos de custos evitados. A partir de uma comparação de IDA para os diferentes cenários estabelecidos, poderá ser verificado o custo que se deixaria de ter com gastos hospitalares, com manutenção de prédios, entre outros, por exemplo. O processo de formação de cenários parte da frota de veículos leves de 1998 (1º cenário ou cenário de referência) e de duas hipóteses para uma realidade futura: a hipótese de tendências prováveis, que mantém o "*status quo*", i.e. mantém inalterado o consumo de combustível dos veículos leves e as emissões veiculares por quilômetro rodado, e a "otimista", que implementa uma maior economia de combustível através de melhorias tecnológicas no motor, na transmissão e na carga do veículo leve. Portanto, os quatro cenários traçados são respectivamente: 1º) a frota de 1998, 2º) o tamanho da frota de 1998 composta em 100% por veículos leves mais energeticamente eficientes e com menores fatores de emissão, 3º) a frota de 2020 segundo a hipótese de tendências prováveis e 4º) a frota de 2020 segundo a hipótese otimista.

Finalmente, o Capítulo VII apresenta as conclusões e algumas considerações finais do trabalho, e o Apêndice apresenta as planilhas de cálculos realizados para o inventário de emissões, fator de consumo médio e índices de dano ambiental.

CAPÍTULO II

A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

II.1 – FONTES DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A poluição ambiental se caracteriza pela disposição indiscriminada de resíduos na água, no ar e no solo, impedindo a sua absorção ou reciclagem pelo próprio meio ambiente, que passa a arcar com seu efeito danoso, refletindo prejuízos sobre a saúde e o bem estar do próprio homem. A legislação brasileira (Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981, Art. 3º, III) define como poluição a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- d) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A poluição do ar tem sido um tema extensivamente pesquisado nas últimas décadas e atualmente caracteriza-se como um fator de grande importância na busca da preservação do meio ambiente e na implementação de um desenvolvimento sustentável, pois esta poluição afeta de diversas formas a saúde humana, os ecossistemas e os materiais.

O Departamento Nacional de Trânsito define poluição atmosférica como uma mudança indesejável, e muitas vezes irreversível, nas características físicas, químicas ou biológicas do ar atmosférico, que pode afetar perniciosamente o equilíbrio do sistema ecológico com interferência na vida do homem, animais e vegetais; deterioração dos bens culturais e de lazer; inutilização ou depreciação dos recursos naturais (DENATRAN, 1980).

O processo de poluição atmosférica inicia-se na emissão dos poluentes por fontes, que tanto podem ser naturais (como os vulcões), quanto produzidas pelo homem (como os veículos automotores e as atividades industriais) – poluentes primários. O processo tem continuidade com o transporte dos poluentes pelas massas de ar, para um receptor. Durante esse transporte, a combinação de dois ou mais poluentes pode provocar reações químicas, formando os poluentes secundários, como o "smog" fotoquímico. A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina, por sua vez, o surgimento de efeitos adversos da poluição atmosférica sobre os receptores.

A Tabela II.1 lista as principais fontes de poluição atmosférica e a Tabela II.2 mostra um quadro geral dos principais poluentes indicadores da qualidade do ar e seus efeitos à saúde humana e ao meio ambiente. Os impactos ambientais em geral e na saúde humana em particular serão vistos posteriormente no Capítulo V.

Tabela II.1 – Principais fontes de poluição atmosférica e principais poluentes

FONTES		POLUENTES
Fontes Estacionárias	Combustão	Material particulado, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarbonetos, e óxidos de nitrogênio.
	Processo Industrial	Material particulado (fumos, poeiras, névoas), Gases: SO ₂ , SO ₃ , HCl, Hidrocarbonetos, mercaptans, HF, H ₂ S, NO _x
	Queima de Resíduos Sólidos	Material particulado Gases: SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x
	Outros	Hidrocarbonetos, material particulado
Fontes Móveis	Veículos automotores, aviões, motocicletas, barcos, locomotivas, etc.	Material particulado, monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos, ácidos orgânicos
Fontes Naturais		Material particulado: poeiras Gases: SO ₂ , H ₂ S, CO, NO, NO ₂ , Hidrocarbonetos
Reações Químicas na Atmosfera	Ex.: HC + NO _x (luz solar)	Poluentes secundários: O ₃ , aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos, aerossol fotoquímico, etc.

Fonte: CETESB, 1998.

Tabela II.2 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera

POLUENTE	CARACTERÍSTICAS	FONTES PRINCIPAIS	EFEITOS GERAIS SOBRE A SAÚDE	EFEITOS GERAIS AO MEIO AMBIENTE
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito à saúde. Causam efeitos significativos em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Partículas Inaláveis (MP10) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser transformado a SO ₃ , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H ₂ SO ₄ . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, polpa e papel.	Desconforto na respiração, doenças respiratórias, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares já existentes. Pessoas com asma, doenças crônicas de coração e pulmão são mais sensíveis ao SO ₂ .	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar a formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações.	Aumento da sensibilidade à asma e à bronquite, abaixar a resistência às infecções respiratórias.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.	Altos níveis de CO estão associados a prejuízo dos reflexos, da capacidade de estimar intervalos de tempo, no aprendizado, de trabalho e visual.	
Ozônio (O ₃)	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente à atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	Irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar. Exposição a altas concentrações pode resultar em sensações de aperto no peito, tosse e chiado na respiração. O O ₃ tem sido associado ao aumento de admissões hospitalares.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas; plantas ornamentais

Fonte: CETESB, 1999.

Levando em conta que as fontes móveis e entre estas os veículos leves⁴ a gasolina são os principais responsáveis pela poluição atmosférica, o enfoque principal deste trabalho será dirigido à emissão desses veículos.

II.2 – EMISSÕES VEICULARES

As fontes veiculares de poluição atmosférica, além de serem as mais importantes, aumentando sua contribuição relativa em cidades menos industrializadas, são as de mais difícil controle, devido a sua grande dispersão. Os veículos automotores têm tido uma participação ativa no crescimento acelerado da poluição, principalmente no Brasil que privilegia o transporte rodoviário.

Segundo a Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 1998), em 1996, aproximadamente 96% do transporte de passageiros por quilometragem foi realizado por rodovias, enquanto que o transporte de carga por quilometragem dividiu-se em aproximadamente 64% rodoviário, 21% ferroviário, 12% hidroviário e 3% outros. O transporte de bens é feito majoritariamente via caminhões, enquanto que o de pessoas é feito principalmente em ônibus e/ou carros.

Em termos nacionais, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é uma área prioritária para o controle da poluição atmosférica, já que apresenta uma forte degradação da qualidade do ar, condição comum à maior parte dos grandes centros urbanos. Por outro lado, também em termos nacionais, a RMSP é a região com melhor monitoramento da poluição atmosférica, monitoramento este que é efetuado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Segundo o Relatório da CETESB (1999), os poluentes presentes na atmosfera da RMSP estão principalmente relacionados à grande emissão proveniente dos veículos automotores leves e pesados e secundariamente pelas emissões originadas em processos industriais.

⁴ O termo "veículo automotivo" ou "veículo automotor", que é mais abrangente, refere-se a todo veículo com motor, incluindo as categorias de veículos leves, veículos pesados e motocicletas e similares. O termo "veículo leve" corresponde à soma dos automóveis e comerciais leves, conforme será melhor caracterizado nos Capítulos III e IV. O termo "veículo pesado" refere-se aos caminhões e ônibus.

A contribuição relativa de cada fonte de poluição do ar na RMSP está apresentada na Tabela II.3 e na Figura II.1. Observa-se que os veículos automotores são as principais fontes de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NO_x). No caso do dióxido de enxofre (SO₂), também as indústrias são importantes fontes, e no caso das partículas inaláveis (PI) contribuem ainda outros fatores como a ressuspensão de partículas e a formação de aerossóis secundários.

Tabela II.3 – Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na Região Metropolitana de São Paulo em 1998

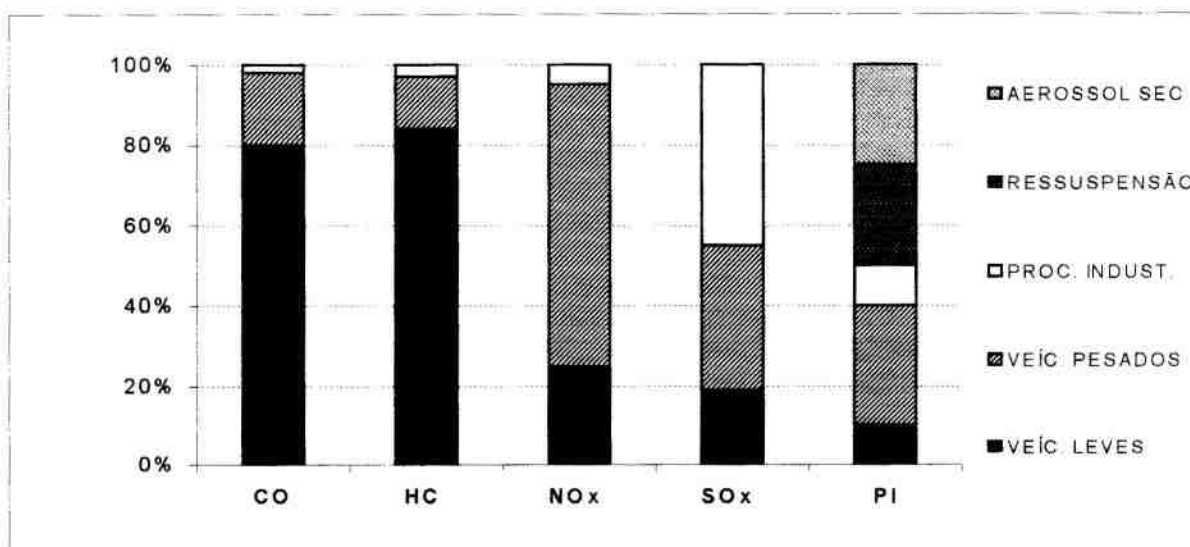
FONTE DE EMISSÃO		POLUENTES (%)				
		CO	HC	NO _x	SO _x	PI ²
TUBO DE ESCAPAMENTO DE VEÍCULOS	GASOOL (gasolina + 22% álcool)	50	22	13	17	8
	ÁLCOOL	13	6	4	–	–
	DIESEL ¹	23	15	78	48	32
	TÁXI	3	1	1	1	–
	MOTOCICLETA E SIMILARES	9	5	–	1	–
CÁRTER E EVAPORATIVA	GASOOL	–	27	–	–	–
	ÁLCOOL	–	5	–	–	–
	MOTOCICLETA E SIMILARES	–	3	–	–	–
OPERAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE COMBUSTÍVEL	GASOOL	–	12	–	–	–
	ÁLCOOL	–	1	–	–	–
OPERAÇÃO DE PROCESSO INDUSTRIAL (1990)		2	3	4	33	10
RESSUSPENSÃO DE PARTÍCULAS		–	–	–	–	25
AEROSSÓIS SECUNDÁRIOS		–	–	–	–	25
TOTAL		100	100	100	100	100

Notas:

(1) Apenas veículos pesados.

(2) Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis. A contribuição de veículos automotores (40%) foi rateada entre veículos a gasolina e a diesel de acordo com os dados de emissão disponíveis.

Fonte: CETESB, 1999.



Fonte: CETESB, 1999.

Figura II.1 – Emissões relativas de poluentes por tipo de fonte na Região Metropolitana de São Paulo

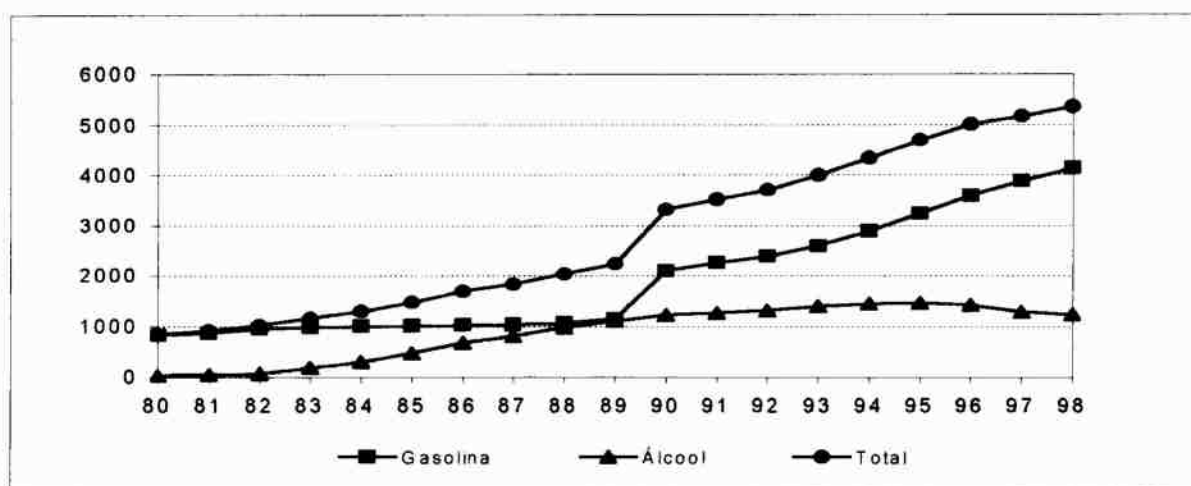
A Figura II.1 mostra as emissões relativas de alguns poluentes por tipo de fonte na RMSP, onde se notam os veículos leves e pesados como sendo a principal fonte de emissões de poluentes, com uma contribuição de cerca de 95% das emissões de CO, 94% das emissões de HC's, 96% das emissões de NOx e 65% das emissões de SOx (CETESB, 1999).

Com relação às emissões veiculares, é importante o acompanhamento de sua evolução, uma vez que o cenário sofre constantes mudanças, quer pela alteração do perfil da frota (álcool e gasolina), quer pela eventual alteração na composição dos combustíveis, ou ainda pela alteração nos valores de emissão dos veículos novos que entram em circulação, onde pesa o avanço tecnológico (como por exemplo o uso de catalisadores). A Tabela II.4 apresenta os fatores de emissão da frota em 1998 e a Figura II.2 apresenta a evolução da frota licenciada na RMSP, com relação ao tipo de combustível utilizado. Os fatores médios de emissão de veículos leves novos estão apresentados no subitem II.2.3, na Tabela II.9.

Tabela II.4 – Fatores médios de emissão dos veículos em uso na Região Metropolitana de São Paulo em 1998

FONTES DE EMISSÃO	TIPO DE VEÍCULO	FATOR DE EMISSÃO (g/km)				
		CO	HC	NOx	SOx	MP
TUBO DE ESCAPAMENTO	GASOOL (gasolina + 22% de álcool)	15,8	1,6	0,9	0,16	0,08
	ÁLCOOL	16,9	1,9	1,2	–	–
	DIESEL	17,8	2,9	13	1,13	0,81
	TÁXI	15,8	1,6	0,9	0,16	0,08
	MOTOCICLETA E SIMILARES	19,7	2,6	0,1	0,09	0,05
EMIÇÃO DO CÂRTER E EVAPORATIVA	GASOOL	–	2	–	–	–
	ÁLCOOL	–	1,5	–	–	–
	MOTOCICLETA E SIMILARES	–	1,4	–	–	–
PNEUS	TODOS OS TIPOS	–	–	–	–	0,07

Fonte: CETESB, 1999.



Fonte: CETESB, 1999.

Figura II.2 – Evolução da frota de veículos automotores na RMSP (1.000 veículos)

Os dados apresentados na Tabela II.4 e na Figura II.2 estão baseados no cadastro de registro de veículos do DETRAN - Departamento Estadual de Trânsito (1999).

II.2.1 – TIPOS DE EMISSÃO VEICULAR

Os veículos automotivos utilizam-se de motores de combustão interna, os quais podem ser classificados em duas amplas categorias: os motores de ignição por faísca – motores movidos a gasolina e a álcool – e motores de combustão espontânea – os motores Diesel. As principais diferenças, no que tange ao funcionamento destes motores, dizem respeito à robustez, às relações de compressão de ambos, ao sistema de introdução de combustível e à ignição. Enquanto que nos veículos movidos a gasolina as emissões se dividem entre o escapamento, o cárter, o carburador (quando for o caso) e o tanque de combustível, nos veículos movidos a Diesel elas praticamente se concentram no escapamento, com predominância de material particulado orgânico sob a forma de fumaça (DENATRAN, 1980).

Os gases poluentes lançados na atmosfera, bem como os demais resíduos produzidos pelos motores de combustão interna, podem ser agrupados, segundo a legislação ambiental na maior parte do mundo, em emissões regulamentadas e não regulamentadas. As primeiras correspondem às emissões sobre as quais já se estabeleceram padrões de vigilância, aferição e limites, enquanto que as segundas são aquelas substâncias que, por serem comuns na natureza e por exercerem uma ação comprovadamente nociva ao meio ambiente, são fiscalizadas sob o prisma da quantidade e proporção de lançamento na atmosfera, sem que hajam limites especificados em lei, como por exemplo o dióxido de carbono (CO_2) e os óxidos de enxofre (SO_x).

As principais fontes de poluentes em um veículo que são objeto de controle são: a emissão evaporativa de combustível, a emissão de gases do cárter do motor e a emissão de gases e partículas pelo escapamento do veículo. Além destas, pode-se considerar, ainda, a emissão de partículas provenientes do desgaste de pneus, freios, embreagem e o levantamento de poeira do solo.

a) Emissões Evaporativas

As emissões evaporativas caracterizam-se por perdas através de evaporação de hidrocarbonetos do combustível, principalmente a temperaturas elevadas, geradas principalmente quando o carro não está em movimento (as perdas evaporativas com o carro

em movimento – "*running losses*" – são geralmente desprezadas). Essas emissões são provenientes do tanque de combustível, do carburador⁵ (quando for o caso), através de vazamentos e percolações nas conexões e mangueiras (GOMES et al., 1994).

b) Emissões de Gases do Câster

As emissões de gases do câster são compostas de gases de combustão que passam pelos anéis de segmento do motor e por vapores do óleo lubrificante. Nos motores atuais esses gases são canalizados ao coletor de admissão do motor para serem queimados (GOMES et al., 1994). Os HC's nas suas distintas configurações são os elementos poluentes que aparecem em maior proporção nas emissões do câster (BALASSIANO, 1991).

c) Emissões de Escapamento

As emissões de escapamento são os subprodutos da combustão lançados à atmosfera pelo tubo de escapamento. Os produtos da combustão completa são CO₂, H₂O e N₂, da combustão incompleta são CO, HC, aldeídos (R-CHO) e NO_x, e ainda têm os produtos indesejáveis como material particulado e SO_x (mais expressivos em motores de ciclo Diesel) (BALASSIANO, 1991). A formação de SO_x deve-se ao conteúdo de enxofre presente nos combustíveis.

II.2.2 – PADRÕES DE EMISSÃO NO BRASIL

A necessidade de se criar um programa nacional que contemplasse as emissões atmosféricas de origem veicular começou a tomar corpo no início dos anos oitenta, a partir da constatação de que a grave poluição ambiental verificada nos grandes centros urbanos era causada predominantemente pelos poluentes atmosféricos gerados na queima de combustíveis em veículos automotores.

⁵ O carburador é um componente do motor responsável pela vaporização e dosagem da mistura ar-combustível. Desde 1997, entretanto, para atender às exigências do PROCONVE, os veículos leves operam com o sistema de injeção eletrônica, que utiliza uma nova tecnologia de alimentação, evitando o desperdício de combustível, diminuindo dessa forma a emissão de poluentes.

Procurando viabilizar um programa de controle de emissões veiculares que fosse tecnicamente factível e economicamente viável, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) criou, em 1986, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). O Programa foi baseado na experiência internacional dos países desenvolvidos, sendo considerado como um dos mais bem elaborados para o controle de emissão em fontes móveis (IBAMA, 1998).

O PROCONVE tem como objetivos a redução dos níveis de emissão de poluentes nos veículos automotores, além de incentivar o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automotiva, como em métodos e equipamentos para a realização de ensaios e medições de poluentes (IBAMA, 1998).

Os limites máximos de emissão de poluentes foram fixados, com um cronograma específico para três categorias distintas de veículos automotores, são elas: "Veículo Leve de Passageiros" (automóveis); "Veículo Leve Comercial" (picapes, vans, utilitários, etc.) e "Veículo Pesado" (ônibus e caminhões) (IBAMA, 1998).

Para o cumprimento destes limites, é necessário a aplicação de tecnologias e sistemas que otimizem o funcionamento dos motores para proporcionar uma queima perfeita de combustível e conseqüente diminuição das emissões bem como do consumo de combustível. Na fase implantada em 1992, a utilização de catalisadores pelos veículos leves se fez necessária. Ainda com relação aos veículos leves, para outra fase de exigências, que teve início em 1997, além do catalisador, foi preciso também o acréscimo de novos dispositivos, tais como: a injeção eletrônica e outros componentes que compõem a chamada eletrônica embarcada (IBAMA, 1998).

Todos os modelos de veículos automotores, nacionais ou importados, necessitam da "Licença para Uso da Configuração do Veículo ou Motor - LCVM", emitida pelo IBAMA, para poderem ser comercializados no Brasil. Note que, o atendimento dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº18 de 1986 para os veículos automotores leves devem ser garantidos por escrito pelo fabricante, pelo menos durante 80.000 km ou cinco anos de uso, aquele que ocorrer primeiro.

Até então, todos os controles aplicados foram direcionados aos fabricantes e importadores, porém se faz necessária a aplicação de medidas políticas, econômicas e sociais que atuem conjuntamente visando a melhoria contínua da frota que conseqüentemente trará benefícios ao ambiente. Medidas essas como, por exemplo, a revisão dos padrões de emissão dos veículos automotores, a revisão das políticas tarifárias quanto aos impostos referentes à indústria automobilística e a educação da população no que tange a correta manutenção de seus veículos.

Neste sentido, o CONAMA definiu as diretrizes gerais para a implantação dos Programas de Inspeção e Manutenção (I/M), quanto aos aspectos de emissão de poluentes e ruído de veículos em uso e o novo Código de Trânsito Brasileiro condiciona o licenciamento anual de veículo à sua aprovação nestes programas. Os Programas de I/M devem ser implantados e gerenciados pelos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente em conjunto com seus Municípios, de acordo com as necessidades e possibilidades de cada um. Esta etapa, seguramente será a de apresentação direta e definitiva do PROCONVE para a população (IBAMA, 1998).

As Tabelas de II.5 à II.7 mostram de forma resumida os limites máximos de emissão de poluentes para veículos automotores estipulados pelo PROCONVE. No Apêndice A, poderão ser vistas, com maiores detalhes, as fases do PROCONVE para veículos leves.

Tabela II.5 – Limites máximos de emissão para veículos leves novos ⁽¹⁾

ANO	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	ROH ² (g/km)	MP ³ (g/km)	EVAP. ⁴ (g/teste) ⁵	CÁRTER	CO ⁴ ML (% vol)
89 - 91	24	2,1	2	—	—	6	nula	3
92 - 96 ⁶	24	2,1	2	0,15	—	6	nula	3
92 - 93	12	1,2	1,4	0,15	—	6	nula	2,5
Mar/94	12	1,2	1,4	0,15	0,05	6	nula	2,5
Jan/97	2	0,3	0,6	0,03	0,05	6	nula	0,5

Notas:

(1) Medição de acordo com a Norma NBR6601 (FTP US-75).

(2) Apenas para veículos a Otto. Aldeídos totais detectados pelo método DNPH.

(3) Apenas para veículos a Diesel.

(4) Apenas para veículos a gasool (78% gasolina + 22% etanol) ou álcool.

(5) Expresso como propano quando o combustível for gasool ou corrigido como etanol para veículos a álcool.

(6) Apenas para veículos leves não derivados de automóveis, isto é, veículo leve da categoria comercial leve, classificados como utilitários, caminhonetes de uso misto ou veículo de carga.

Fonte: CETESB, 1999.

Tabela II.6 – Limites máximos de emissão para veículos leves comerciais novos⁽¹⁾

Data Efetivação	M.T.M (kg) ²	M.V.E (kg) ³	Ciclo Teste	Limites das emissões (g/km)					CO ⁶ Marcha	Cárter Evap. ⁷ (g/teste)	
									Lenta		
				CO	HC	NOx	RHO ⁴	MP ⁵	%		
01/01/1998	-	<=1700	FTP 75	2,0	0,3	0,6	0,03	0,12	0,5	nula	6,0
01/01/1998	-	>1700	FTP 75	6,2	0,5	1,4	0,06	0,16	0,5	nula	6,0
01/01/1996 ⁸	>2000	-	13 ⁹ pontos	4,9	1,2	9,0	-	¹⁰	-	nula	-
01/01/2000 ⁸	>2000	-	13 ⁹ pontos	4,0	1,1	7,0	-	0,15	-	nula	-

Notas:

- (1) Conforme Resolução Conama nº 15/95.
- (2) M.T.M. = Massa Total Máxima.
- (3) M.V.E. = Massa de Veículo para Ensaio.
- (4) RHO = total de formaldeído e acetaldeído, apenas para veículos com motor Otto.
- (5) Apenas para veículos com motor Diesel.
- (6) Apenas para veículos com motor Otto.
- (7) Apenas para veículos com motor Otto, exceto para os movidos a gás metano veicular.
- (8) Procedimento opcional, válido apenas para veículos ciclo Diesel.
- (9) Procedimento opcional, sendo a emissão expressa em (g/kWh).
- (10) 0,7 g/kWh para motores até 85 kw e 0,4 g/kWh para motores com mais de 85 kw.

Fonte: CETESB, 1999.

Tabela II.7 – Limites de emissão para veículos pesados novos⁽¹⁾

TIPO DE EMISSÃO	DATA DE VIGÊNCIA	APLICAÇÃO	K ² FUMAÇA	LIMITES DE EMISSÃO g/kWh			
				CO	HC	NOx	PARTÍCULAS
E S C A P A M E N T O	01/10/1987	Ônibus urbanos diesel	2,5	-	-	-	-
	01/01/1989	Todos os veículos diesel		-	-	-	-
	01/01/1994	Todos os veículos importados ⁵		4,9	1,23	9,0	0,7/0,4 ³
	01/03/1994	80% dos ônibus urbanos ⁵		11,2	2,45	14,4	-
		20% dos ônibus urbanos e					
		80% dos demais veículos diesel					
		20% dos veículos nacionais ⁵					
	01/01/1996	80% dos veículos nacionais ⁵		4,9	1,23	9,0	0,7/0,4 ³
		20% dos ônibus urbanos ⁵					
	01/01/1998	80% dos ônibus urbanos ⁵		4,0 ⁴	1,10 ⁴	7,0 ⁴	0,25/0,15 ⁴
		Todos os veículos ⁵					
C A R T E R	01/01/2000	80% dos veículos nacionais ⁵	2,5	4,9	1,23	9,0	0,7/0,4 ³
		20% dos veículos nacionais ⁵					
	01/01/2002	Todos os veículos ⁵		4,0 ⁴	1,10 ⁴	7,0 ⁴	0,15 ⁴
	01/01/1988	Ônibus urbanos diesel		Emissão nula em qualquer condição de operação do			
	01/01/1989	Todos os veículos Otto					
	01/07/1989	Todos os veículos diesel de aspiração					
	01/01/1993	Todos os veículos diesel		Emissão nula em qualquer condição de operação do ou incorporada à emissão de HC do			
	01/01/1996	Todos os veículos diesel					

Notas:

- 1) Medição de acordo com as Normas MB-3295 e NBR-10813 (ECE-R-49).
- 2) $K = C \cdot \sqrt{G}$ onde: C = concentração carbônica (g/m³) e G = fluxo nominal de ar (l/s). Aplicável apenas aos veículos Diesel.
- 3) 0,7 g/kWh para motores com potência até 85 kw e 0,4 g/kWh para motores de potência superior a 85 kw. Aplicável apenas aos veículos Diesel.
- 4) 0,25 g/kWh para motores até 0,7 dm³/cilindro com rotação máxima acima de 3000 RPM e 0,15 g/kWh para os demais. Aplicável apenas aos veículos Diesel.
- 5) Veículos Otto e Diesel.

Fonte: CETESB, 1999.

No âmbito do MERCOSUL, depois de quatro anos e meio de negociações com Argentina, Paraguai e Uruguai dentro da Comissão da Indústria Automobilística do Subgrupo Técnico III – REGULAMENTOS TÉCNICOS do MERCOSUL, conseguiu-se harmonizar normas, prazos e padrões de emissão de escapamento e ruído para o comércio de veículos nos países do MERCOSUL. Esta harmonização encontra-se regulamentada pelo Grupo Mercado Comum através da Resolução GMC n.º 128/96 (IBAMA, 1998).

Comparativamente, os padrões de emissão de poluentes atmosféricos por veículos automotores nos Estados Unidos da América estão estabelecidos por uma Lei Federal cujo órgão responsável é o "*Environmental Protection Agency*" (EPA). Existem ainda, os limites estabelecidos pelo Estado da Califórnia pela agência "*California Air Resources Board*" (CARB). A Tabela II.8 apresenta os padrões federais americanos de emissões dos gases de escapamento.

Tabela II.8 – Padrões federais de emissão veicular de gases de escapamento nos EUA

LEI FEDERAL (EPA)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)
Veículos a Gasolina Tier 1:	CO	NMHC	NOx	PM 10
LDV (50/100)	2,1 / 2,6	0,16 / 0,19	0,25 / 0,37	0,05 / 0,06
LDT 1 (50/100)	2,1 / 2,6	0,16 / 0,19	0,25 / 0,37	0,05 / 0,06
LDT 2 (50/100)	2,7 / 3,4	0,20 / 0,25	0,43 / 0,6	0,05 / 0,06
LDT 3 (50/120)	2,7 / 4,0	0,20 / 0,29	0,43 / 0,61	- / 0,06
LDT 4 (50/120)	3,1 / 4,5	0,24 / 0,35	0,62 / 0,95	- / 0,075
Veículos a Diesel Tier 1:	CO	NMHC	NOx	PM 10
LDV (50/100)	2,1 / 2,6	0,16 / 0,19	0,62 / 0,78	0,05 / 0,06
LDT 1 (50/100)	2,1 / 2,6	0,16 / 0,19	0,62 / 0,78	0,05 / 0,06
LDT 2 (50/100)	2,7 / 3,4	0,20 / 0,25	- / 0,60	0,05 / 0,06
LDT 3 (50/120)	2,7 / 4,0	0,20 / 0,29	- / 0,61	- / 0,06
LDT 4 (50/120)	3,1 / 4,5	0,24 / 0,35	- / 0,95	- / 0,075

Notas:

- CO: monóxido de carbono; NOx: óxidos de nitrogênio; PM10: material particulado de diâmetro de partícula menores que 10 µm; NMHC: hidrocarbonetos não metânicos.
- (50), (100), (120): Da mesma forma como os padrões brasileiros incidem nos veículos leves de até 80.000 km rodados ou os primeiros 5 anos de uso (aquele que ocorrer primeiro), os padrões dos EUA correspondem respectivamente à: 50 mil milhas ou 5 anos, 100 mil milhas ou 10 anos, e 120 mil milhas ou 11 anos. Note que: 50/100/120 mil milhas são aproximadamente 80/160/190 mil quilômetros.
- LDV: "*Light Duty Vehicle*" (Veículos Leves da categoria dos Automóveis).
- LDT₁₋₄: "*Light Duty Trucks*" (Veículos Leves da categoria dos Comerciais Leves), diferenciados a partir da massa do veículo (ver Capítulo IV sobre as categorias veiculares).
- Tier 1: corresponde à última fase de padrões de emissão estabelecidos pelos EUA. Existe uma proposta para novos limites (fase Tier 2) que ainda está em fase de aprovação pelo Congresso americano.

Fonte: DAVIS, 1998.

II.2.3 – RESULTADOS ALCANÇADOS PELO PROCONVE

A melhoria do parque industrial nacional voltado para o controle de emissões de poluentes veiculares é hoje uma realidade: instalação de linhas de produção de sistemas de injeção de combustível, de conversores catalíticos, de sistemas de absorção de vapores de combustível, de equipamentos de medição, instalação de vários laboratórios de emissão, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias, são alguns exemplos desta evolução (IBAMA, 1998).

A melhoria da qualidade de nossos combustíveis também está sendo perseguida pelo PROCONVE, que, em parceria com a PETROBRAS e ANFAVEA, vem conseguindo resultados expressivos como a retirada do chumbo da gasolina, a adição de álcool à gasolina e a redução gradativa do teor de enxofre do óleo Diesel, por exemplo (IBAMA, 1998).

A Tabela II.9 permite uma comparação mais detalhada dos resultados obtidos nos diversos estágios de desenvolvimento tecnológico exigidos pelo PROCONVE em relação aos veículos modelo-ano 1985, que representam a situação sem controle de emissão, já que o PROCONVE só entrou em vigor em 1988 (ver Apêndice A). Os resultados práticos e positivos alcançados até agora mostram uma redução de até 96% dos índices de emissão de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) óxidos de nitrogênio (NOx), e de aldeídos (CHO) por veículo leve.

Tabela II.9 – Fatores médios de emissão de veículos leves novos ⁽¹⁾

ANO MODELO	COMBUSTÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	RCHO (g/km)	EMIÇÃO EVAPORATIVA DE COMBUSTÍVEL (g/teste)
PRÉ - 80	Gasolina	54	4,7	1,2	0,05	nd
80 - 83	Gasool	33	3	1,4	0,05	nd
	Álcool	18	1,6	1	0,16	nd
84 - 85	Gasool	28	2,4	1,6	0,05	23
	Álcool	16,9	1,6	1,2	0,18	10
86 - 87	Gasool	22	2	1,9	0,04	23
	Álcool	16	1,6	1,8	0,11	10
88	Gasool	18,5	1,7	1,8	0,04	23
	Álcool	13,3	1,7	1,4	0,11	10
89	Gasool	15,2 (-46%)	1,6 (-33%)	1,6 (0%)	0,040 (-20%)	23,0 (0%)
	Álcool	12,8 (-24%)	1,6 (0%)	1,1 (-8%)	0,110 (-39%)	10,0 (0%)
90	Gasool	13,3 (-53%)	1,4 (-42%)	1,4 (-13%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	10,8 (-36%)	1,3 (-19%)	1,2 (0%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
91	Gasool	11,5 (-59%)	1,3 (-46%)	1,3 (-19%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	8,4 (-50%)	1,1 (-31%)	1,0 (-17%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
92	Gasool	6,2 (-78%)	0,6 (-75%)	0,6 (-63%)	0,013 (-74%)	2,0 (-91%)
	Álcool	3,6 (-79%)	0,6 (-63%)	0,5 (-58%)	0,035 (-81%)	0,9 (-91%)
93	Gasool	6,3 (-77%)	0,6 (-75%)	0,8 (-50%)	0,022 (-56%)	1,7 (-93%)
	Álcool	4,2 (-75%)	0,7 (-56%)	0,6 (-50%)	0,040 (-78%)	1,1 (-89%)
94	Gasool	6,0 (-79%)	0,6 (-75%)	0,7 (-56%)	0,036 (-28%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
95	Gasool	4,7 (-83%)	0,6 (-75%)	0,6 (-62%)	0,025 (-50%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
96	Gasool	3,8 (-86%)	0,4 (-83%)	0,5 (-69%)	0,019 (-62%)	1,2 (-95%)
	Álcool	3,9 (-77%)	0,6 (-63%)	0,7 (-42%)	0,040 (-78%)	0,8 (-92%)
97	Gasool	1,2 (-96%)	0,2 (-92%)	0,3 (-81%)	0,007 (-86%)	1,0 (-96%)
	Álcool	0,9 (-95%)	0,3 (-84%)	0,3 (-75%)	0,012 (-93%)	1,1 (-82%)
98	Gasool	0,79 (-97%)	0,14 (-94%)	0,23 (-86%)	0,004 (-92%)	0,81 (-96%)
	Álcool	0,67 (-96%)	0,19 (-88%)	0,24 (-80%)	0,014 (-92%)	1,33 (-87%)

Notas:

- (1): Médias ponderadas de cada modelo-ano pelo volume da produção.
- (nd): Não disponível.
- (%): Refere-se à variação verificada em relação aos veículos 1985, antes da atuação do PROCONVE.
- (gasool): 78% gasolina + 22% álcool.
- (RCHO): formaldeído + acetaldeído.

Fonte: CETESB, 1999.

II.2.4 – FATORES QUE INFLUENCIAM NA EMISSÃO VEICULAR

Os padrões de emissão são estabelecidos a partir de testes em laboratório, padronizados por normas técnicas brasileiras (NBR), para medições dos gases de escapamento (CO, CO₂, HC, NOx, aldeídos, álcoois, fumaça e particulados) e de emissões

evaporativas, assim como testes padrões para o cálculo do consumo de combustível e normas de especificações dos combustíveis para a realização desses testes.

Segundo DeCICCO e THOMAS (1998), as medições em laboratório das emissões veiculares possuem pouca relação com as emissões reais do veículo em uso. CALVERT et al. (1993) e ROSS et al. (1995) estimaram que as emissões médias durante o uso do veículo são de 2 à 4 vezes maior que os valores nominais estabelecidos pelo padrão (em grama de poluente por milha percorrida), dependendo do gás (CO, HC ou NOx).

As emissões veiculares variam em função de um grande número de fatores, entre os quais: tecnologia automotiva, tecnologia dos combustíveis, características da frota circulante, comportamento do usuário, características do tráfego e conscientização do usuário.

a) Tecnologia Automotiva

Diante do fato de que as principais emissões de hidrocarbonetos e de monóxido de carbono estão relacionadas à reação de combustão incompleta, as mudanças tecnológicas automotivas caminham no sentido do aperfeiçoamento da reação de combustão. Elas atuaram basicamente na otimização da relação ar-combustível, relação esta que fora do valor ótimo resulta na queima incompleta do combustível, gerando emissões de hidrocarbonetos e monóxido de carbono.

A taxa de emissões é fortemente afetada pela alteração da relação ar-combustível. À medida que esta fica mais rica (em combustível) a emissão de NOx diminui, enquanto que as outras emissões aumentam consideravelmente (GOMES et al., 1994).

Basicamente, as abordagens técnicas para aumentar a eficiência do veículo, e dessa forma emitir menos poluentes, podem ser agrupadas em três partes, que são: o motor, a transmissão e a carga. Observa-se também a inter-relação destas partes (DeCICCO e ROSS, 1993).

O motor é um componente chave e pode apresentar melhorias que levam à uma maior economia de combustível. O aperfeiçoamento tecnológico mais notável em motores foi a troca dos carburadores pelos injetores de combustível, que controlam a alimentação de combustível melhorando a combustão e o correspondente consumo. O Sistema Eletrônico de

Injeção de Combustível melhora a dosagem de combustível a ser introduzido na câmara de combustão, bem como a dispersão do mesmo no ar que alimenta o motor, de modo que a queima se processe mais próxima das condições ideais, evitando a formação de subprodutos poluentes. Isto é feito por meio da substituição do carburador por válvulas de injeção do combustível, que adequam o volume às necessidades do motor, monitorando por meio de sensores de carga, rotação, temperatura, pressão, etc. (DeCICCO e ROSS, 1993).

Dentre outros aperfeiçoamentos no motor estão por exemplo a diminuição da fricção entre as peças, a utilização de quatro válvulas por cilindro, e o Controle Variável de Válvulas (CVV), que é um mecanismo que permite o controle das posições das válvulas de acordo com as condições de operação do veículo, e dessa forma permite um gerenciamento ótimo dos processos de indução e exaustão (DeCICCO e ROSS, 1993).

Muitas das novas tecnologias são para reduzir a perda de eficiência mecânica da transmissão, que ocorre quando não há uma sincronia ótima da transmissão com o motor. Um exemplo de tecnologia de transmissão está na tração dianteira ("*front-wheel-drive* - FWD") em automóveis, que era raro nos anos 70, mas que atualmente é um equipamento padrão em todos os automóveis novos, exceto em poucos modelos luxuosos e esportivos. O FWD possibilita uma melhor economia de combustível, já que elimina o pesado eixo de direção. Porém, FWD também reduz o poder de arraste e reboque, não sendo assim adequado à maioria dos modelos de comerciais leves (COALITION FOR VEHICLE CHOICE – CVC, 1998). Outros exemplos de tecnologia de transmissão estão na transmissão automática, e no Controle Variável de Torque (CVT) que permite que o motor opere em uma menor rotação por minuto possível sob uma dada condição de carga e que aumente as revoluções quando uma maior potência for necessária (DeCICCO e ROSS, 1993).

A "carga" de um veículo pode ser definida como a quantidade de energia que é requerida para realizar a tração ("*drivetrain*"). Ela aborda a energia para vencer as resistências do ar e dos pneus, e portanto lida com os aspectos aerodinâmicos do veículo e a possibilidade de redução de sua massa. A redução da carga diminui a exigência por uma maior potência do motor e por um maior poder de transmissão, logo diminui também o consumo de combustível e as emissões de poluentes (DeCICCO e ROSS, 1993).

Na busca pela redução da carga, os veículos leves seguiram três principais tendências em seu projeto, ao longo do tempo, conforme CVC (1998), que são:

- Diminuição do Tamanho ("Downsizing"): nota-se que veículos menores são mais leves, logo diminuem o consumo de combustível. Dessa forma, a maioria dos modelos de automóveis foi substancialmente reduzida de tamanho no final dos anos 70 e início dos anos 80, especialmente através da redução do porta malas, assentos traseiros e compartimentos do motor.
- Diminuição do Peso ("Downweighting"): adicionalmente às reduções de peso provenientes da diminuição do tamanho, os fabricantes de veículos automotores reduziram o peso de alguns componentes do veículo através de uma remodelagem cuidadosa de suas partes e do uso de novos materiais como o plástico, alumínio e aços leves. Como exemplo visível, tem-se os pára-choques revestidos de plástico, ao invés de aço laminado de cromo.
- Aerodinâmica: o projeto de superfície lisa e arredondada, a frente do automóvel mais próxima do chão e os painéis laterais ajudam a reduzir a resistência do ar e melhoram a economia de combustível. Porém, o uso de tais técnicas são limitadas para muitos modelos de comerciais leves, que requerem espaços abertos, espaços para cargas e determinada altura do chão para rodar fora das estradas.

Vale ressaltar que uma das mais importantes tecnologias, responsável pela brusca queda das emissões veiculares da frota nacional, reside nos Sistemas de Controle de Emissão⁶, devido às exigências do PROCONVE, entre eles o Conversor Catalítico.

O conversor é um dispositivo que reduz a presença de compostos poluentes no gás emitido, promovendo uma reação química entre os mesmos. Este conversor, constituído por inúmeros micro-canais com suas paredes recobertas com o catalisador (paládio, ródio ou platina), é instalado no sistema de exaustão do motor, a uma certa distância do coletor de escape. Por meio das reações processadas, grande parte das moléculas de HC, CO e NOx se combinam formando água, anidrido carbônico e nitrogênio. Desse modo, o conversor

⁶ O Sistema de Controle de Emissões, como exigência à Fase III do PROCONVE iniciada em 1997, inclui o conversor catalítico do tipo "Three Way Catalyst – TWC", injeção eletrônica, sensor de oxigênio entre outros dispositivos eletrônicos.

catalítico atua não propriamente na reação de combustão, mas na conversão dos subprodutos indesejáveis (GOMES et al., 1994).

A confiabilidade do Sistema de Controle das Emissões (SCE), incluindo a operação do motor que afeta a performance do SCE, é um ponto determinante para as emissões reais durante o ciclo de vida do veículo. Quando há um mal funcionamento do SCE, as emissões podem aumentar de 1 a 2 a ordem de magnitude com relação aos níveis padrões no qual o veículo é certificado (DeCICCO e THOMAS, 1998).

Outra causa de discrepância entre os valores de emissão padrão e os de emissão real (durante o uso do veículo) reside no fato de que os ciclos de teste de emissões não correspondem ao ciclo típico de direção e que não se comparam as emissões com a degradação dos componentes do SCE conforme o veículo envelhece (DeCICCO e THOMAS, 1998).

Com a falha ou o mal funcionamento do SCE, até veículos novos poderão poluir tanto quanto um veículo mais velho, mesmo que este veículo velho tenha atendido a um padrão de emissão de gases de escapamento menos restritivo (DeCICCO e THOMAS, 1998). No entanto, é de se esperar que aqueles veículos que atendam a limites mais restritivos poluam menos, em média.

Existe nos EUA um programa de pesquisa, conhecido como "*The Partnership for a New Generation of Vehicles - PNGV*", que possui um ambicioso objetivo: desenvolver automóveis protótipos de médio porte com uma economia de combustível três vezes maior que os atuais níveis (em torno de 34 km/l) até 2004, e que assegure igualmente a mesma segurança e performance dos comerciais leves, assim como, disponibilize economicamente a compra pelos consumidores nos mesmos moldes dos atuais modelos de médio porte. Tal esforço tem sido enorme nestes últimos 4 anos, com a cooperação em atividades de pesquisa do Departamento Nacional de Energia, da Chrysler, Ford, General Motors e da USCAR – "*US Council for Auto Research*" (CVC, 1998).

Os pesquisadores norte-americanos rapidamente idealizaram e realizaram novas tecnologias necessárias para alcançar tais objetivos, já que a maioria das tecnologias

existentes em economia de combustível já estava incorporada nos atuais veículos leves. Eles enfocaram seus esforços em duas grandes áreas, segundo CVC (1998):

- Materiais leves: maior uso de plásticos, alumínio e aço leve para a redução do peso do veículo. Engenheiros e pesquisadores estão procurando uma forma de reduzir os custos desses materiais (inclusive os custos de manuseio ("*handling*") e modelagem ("*modeling*"), assim como o de matéria-prima), e assegurar uma força e durabilidade adequadas.
- Novos Combustíveis e Sistemas de Potência: a indústria automotiva aborda o limite prático de economia de combustível alcançado com os motores tradicionais de combustão interna de gasolina. Os pesquisadores norte-americanos estão procurando um novo tipo de sistema de combustão para as próximas gerações de veículos leves. Por exemplo, o programa PNGV identificou várias tecnologias promissoras para os comerciais leves, incluindo os motores "diesel-limpo", "*fuel cells*" (células de hidrogênio, gasolina ou diesel) que produzem potência a partir de reações químicas e não pela combustão, e híbridos que combinam esses motores ou células com baterias elétricas.

A indústria automobilística nos EUA e em outros países têm devotado recursos substanciais para desenvolver esses novos sistemas de potência, e têm anunciado recentemente planos e disponibilizado os novos conceitos de carros para esses novos motores.

Alguns desses novos veículos poderiam estar a venda em 7 a 10 anos, contudo levariam décadas para construir uma larga variedade de modelos e substituir a atual frota (CVC, 1998). Assim, ainda há um longo caminho a percorrer antes que esses novos estilos de carro sejam plenamente desenvolvidos, testados e reduzidos em custo para se tornarem acessíveis ao público em geral. Até então, o atual estilo de eficiência "limpa" dos motores a gasolina de combustão interna continuará, a favor dos consumidores americanos e por sua vez dos consumidores brasileiros.

b) Tecnologia dos Combustíveis

Apesar de todos os esforços no sentido de aperfeiçoar a tecnologia automotiva, existem limitações dos sistemas desenvolvidos que não permitem a total eliminação de gases

poluentes (GOMES et al., 1994). Assim, diante das limitações tecnológicas referentes aos motores, é preciso atuar também na melhoria do combustível líquido, de forma a reduzir as emissões.

As especificações de combustíveis utilizados nos veículos automotivos é fruto do entendimento de vários setores como o da indústria automotiva e o governo. Ademais, sabe-se que para o bom desempenho do veículo, tanto na dirigibilidade quanto nas emissões, é necessário que o combustível utilizado seja aquele para o qual o motor foi projetado⁷ (CETESB, 1999).

Como os veículos leves em sua grande maioria são movidos a gasolina, o enfoque principal deste trabalho foi dado a este tipo de combustível.

b.1) A Gasolina

A fim de atender às exigências da legislação no sentido de reduzir as emissões de chumbo tetraetila, aromáticos (benzeno, principalmente), hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio, houve a necessidade de alterar a composição de gasolina, adicionando oxigenados, no caso álcoois ou éteres. Os álcoois mais usados para este fim são o metanol (obtido a partir de correntes de refino) e o etanol (obtido através de fonte renovável – cana-de-açúcar no Brasil). Os éteres mais usados, por sua vez, são o MTBE - (metil-terc-butil éter) obtido através do metanol – e o ETBE – (etil-terc-butil éter) obtido a partir do etanol. Os álcoois são eficientes na redução das emissões, mas estudos demonstram que os éteres, derivados dos álcoois, são ainda mais eficazes nesse sentido (GOMES et al., 1994).

Em 1998, o Governo Federal, através da Medida Provisória n.º 1662-3, de 25 de agosto, elevou o teor de álcool etílico anidro na gasolina para 24% em volume. Esta elevação com relação aos 22% anteriores não acarreta alterações sensíveis no perfil de emissão dos veículos em circulação, uma vez que os veículos fabricados nestes últimos anos com tecnologia mais avançada, como injeção eletrônica, sensores de oxigênio, possuem capacidade para auto compensação na relação ar/combustível para variações desta ordem de etanol (CETESB, 1999). Contudo, em agosto de 2000, o Conselho Interministerial do Açúcar

e do Álcool (Cima) autorizou a redução dos 24% para 20% de álcool anidro misturado à gasolina (Jornal do Brasil, 3 de agosto de 2000).

Algumas das propriedades da gasolina que exercem influência na taxa de emissões de descarga, segundo GOMES et al.(1994) são:

i) Conteúdo de Aromáticos

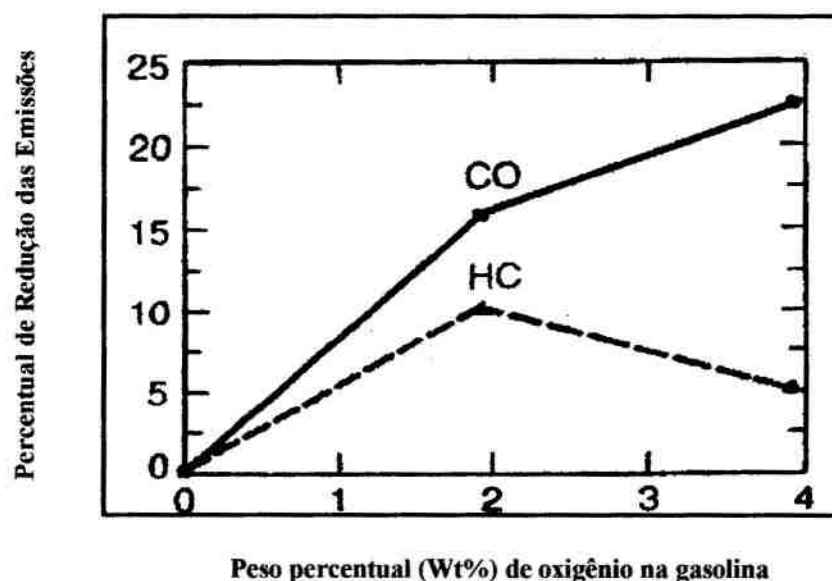
Os aromáticos são componentes da gasolina que contribuem para a sua alta octanagem. Porém, um conteúdo menor de aromáticos na gasolina conduz a uma redução nas emissões na descarga tendo, portanto, recebido a ênfase mais recente na questão da redução dos poluentes. Constatou-se que os aromáticos, comparados a outros tipos de hidrocarbonetos presentes na gasolina, possuem propriedades desfavoráveis a uma boa vaporização e combustão, prejudicando a reação de queima do combustível e aumentando a quantidade de subprodutos indesejáveis. Torna-se evidente, desse modo, a necessidade de uma redução do conteúdo de aromáticos através da substituição pelos oxigenados, que conferem o grau de octanagem necessário à gasolina sem elevar as emissões.

ii) Conteúdo de Oxigenados

Os oxigenados são mais comumente conhecidos por sua capacidade de reduzir as emissões de CO através do ajuste da relação ar-combustível.

Além da redução da quantidade de CO, existe também um efeito nas emissões de hidrocarbonetos na descarga. Na Figura II.3, pode-se verificar uma redução das emissões de CO sempre crescente com o aumento do teor de oxigênio. No caso das emissões de HC, verifica-se uma redução crescente até o teor de oxigênio de 2%, quando começa a decrescer.

⁷ Vale notar que a Ford do Brasil pretende lançar neste ano um novo motor Zetec Rocam movido a álcool, que supere em qualidade e sofisticação os oferecidos aos consumidores nas décadas de 70 e 80, na época do PROÁLCOOL (Jornal do Brasil, 23 de março de 2000).



Fonte: GOMES et al., 1994.

Figura II.3 – Influência do conteúdo de oxigênio nas emissões de CO e HC

Observa-se também uma maior eficiência dos éteres em relação aos álcoois, já que os combustíveis de baixo teor de oxigênio (combustíveis misturados com éter) produzem quase o dobro da redução de HC's se comparados aos combustíveis de alto teor de oxigênio (combustíveis misturados com álcool).

Éteres como o MTBE⁸ são geralmente adicionados à gasolina como substitutos dos aromáticos para atingir a especificação do número de octanas. Isto resulta numa significativa redução no conteúdo de aromáticos no combustível, trazendo ainda benefícios adicionais com a redução das emissões de CO. Álcoois como o etanol, por outro lado, são adicionados para adequar o produto final (gasolina) às especificações exigidas pelo mercado, a um baixo custo adicional. Com isso, o conteúdo de aromáticos é somente diluído, não produzindo o mesmo efeito que os éteres.

⁸ O Brasil não usa o MTBE, mas sim o álcool, enquanto que nos EUA ele é amplamente utilizado. Contudo, a tendência deste país é eliminar o uso do MTBE, primeiramente devido a uma provável contaminação do lençol freático, a partir de poços de armazenamento nos postos de abastecimento e, em segundo, por pressões do "cartel do milho", que representam os produtores de álcool (REVISTA BRASIL ENERGIA, 2000).

Segundo o relatório da CETESB (1999), a disponibilidade do etanol hidratado e da mistura gasool no mercado nacional desde o princípio da década de 80 trouxe benefícios ao meio ambiente e à saúde pública, destacando-se a redução drástica das concentrações de chumbo na atmosfera, visto que os aditivos a base deste foram totalmente substituídos do mercado pelo etanol. Além disso, a adição de etanol à gasolina trouxe imediatamente reduções na ordem de 50% na emissão de CO da frota antiga dos veículos. A Tabela II.10 mostra as diferentes emissões para as diferentes adições de etanol.

Tabela II.10 – Variação relativa na emissão de poluentes pelo escapamento em função do teor de álcool anidro na gasolina (%v/v)

Porcentagem de Etanol	POLUENTE		
	CO	HC	NOx
22	100	100	100
18	120	105	95
12	150	110	80
0	200 - 450	140	60

Fonte: CETESB, 1999.

iii) Volatilidade

A maioria das emissões de descarga são produzidas na etapa fria de operação do motor. Um baixo calor de vaporização (H_v), assim como uma baixa temperatura de ebulição (T_{eb}), permitem uma combustão mais completa, com o inverso prejudicando a reação de queima. Assim, o aditivo que possuir H_v e T_{eb} baixos será mais eficiente na redução das emissões.

Os componentes típicos da gasolina são: os aromáticos, álcoois, parafinas, olefinas e éteres. Os álcoois e os aromáticos possuem os mais altos calores de vaporização, sendo que os álcoois têm uma vantagem comercial de uso sobre os aromáticos pelas suas baixas temperaturas de ebulição. Todas as outras classes de componentes possuem baixos calores de vaporização, independentes de suas temperaturas de ebulição. O MTBE, por exemplo, possui propriedades favoráveis a uma boa combustão: baixo calor de vaporização e baixa temperatura de ebulição, sem conferir uma alta pressão de vapor à mistura de combustível.

iv) Temperatura de Combustão

A quantidade de NOx produzida é função da temperatura de combustão, além do tempo de reação. O tempo de reação não pode ser controlado nas máquinas existentes, mas a temperatura de combustão possui relação com a composição do combustível. Quanto mais alta a temperatura de combustão, maior é a formação de NOx.

Um modo de determinar a tendência de cada componente do combustível a formar NOx é comparar as temperaturas de chama (combustão) teóricas sob condições adiabáticas e estequiométricas. Os aromáticos possuem as maiores temperaturas de combustão, com as olefinas, parafinas e álcoois possuindo as mais baixas (em ordem decrescente). Para olefinas e aromáticos, os de mais baixo ponto de ebulição têm a mais alta temperatura de combustão. Para as parafinas, éteres e álcoois ocorre o inverso.

Tendo os oxigenados temperaturas de combustão mais baixas, é certo que estes contribuem para uma redução das emissões de NOx, ao contrário dos aromáticos. No caso do MTBE, por exemplo, o efeito na redução de NOx, é somente efetivo quando a porcentagem de MTBE excede 11% em volume (2% em peso de oxigênio) no combustível.

v) Temperatura Ambiente

Quanto maior a temperatura ambiente, maiores são as emissões evaporativas. Conforme medição do Federal Test Procedure (FTP) nos Estados Unidos da América, em dias muito quentes (35°C), as emissões evaporativas (HC em g/km) podem chegar a ser maiores que as liberadas na descarga.

b.2) O Álcool

Em termos gerais, pode-se dizer que a introdução do álcool como combustível causa uma diminuição nas emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, partículas, óxido de enxofre e eliminação da emissão de chumbo. Entretanto, aumenta as emissões de aldeído acético e modifica a composição dos combustíveis não queimados (CETESB, 1999).

É importante ressaltar que o resultado destas alterações das emissões na qualidade do ar depende das contribuições relativas das mesmas. No caso dos poluentes secundários, como

o ozônio e outros, depende também das alterações qualitativas que podem ocorrer na mistura dos precursores, sendo, por isso mesmo, difícil de prever o resultado final da qualidade do ar decorrente das alterações nas emissões (CETESB, 1999).

b.3) O Diesel

O Diesel é grande responsável pelas emissões de material particulado e de óxidos de enxofre. Este último pode ser reduzido pela melhoria da qualidade do diesel utilizado.

A melhoria do diesel está na diminuição do teor de enxofre, que depende da origem do petróleo refinado. O petróleo de melhor qualidade é aquele de menor teor de enxofre, que por sua vez tem um valor de mercado mais alto. Assim sendo, a melhoria vem do refino do petróleo com a instalação de uma série de equipamentos para o hidrotratamento e remoção de enxofre. Para adequar o seu parque de refino às exigências ambientais, a PETROBRAS está investindo US\$ 1,2 bilhões na construção de cinco unidades de hidrotratamento, necessárias para a produção do óleo diesel com baixo teor de enxofre que vai possibilitar a redução de cerca de 35 mil toneladas de enxofre na atmosfera (PETROBRAS, 1999).

A PETROBRAS lançou o óleo diesel metropolitano - com menor teor de enxofre - durante a Rio 92, Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro. Desde lá, nove regiões metropolitanas já foram atendidas com óleo diesel com um teor de 0,5% de enxofre: Porto Alegre, Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Salvador, Aracaju, Recife e Fortaleza. A partir de outubro de 1996, começou a ser comercializado um óleo diesel com 0,3% em substituição ao óleo diesel com 0,5% de enxofre, nas regiões de São Paulo, Santos, Cubatão, Salvador e Aracaju. Isso proporcionou uma redução das emissões de SO₂ para a atmosfera de cerca de 1.400 t/mês para as regiões atendidas, sendo que só na área de São Paulo a redução foi de 960 t/mês. As demais regiões metropolitanas estão recebendo este óleo diesel desde outubro de 1997 (PETROBRAS, 1999).

No restante do Brasil, a partir de janeiro de 1998, o óleo diesel teve o seu teor de enxofre reduzido de 1,0% para 0,5% em peso. Nas regiões metropolitanas de São Paulo, Santos, Cubatão, Rio de Janeiro, Salvador, Aracaju, Recife e Fortaleza começou também a ser comercializado um óleo diesel com 0,2% de enxofre, sendo que a meta da PETROBRAS é

disponibilizar este tipo de óleo diesel até o ano 2000 a todas as regiões metropolitanas (PETROBRAS, 1999).

c) Características da Frota Circulante

As características do veículo dependem do tamanho, peso e potência do mesmo, estando relacionadas com as chamadas medidas de motor que incluem o número de carburadores (quando for o caso), a válvula de circulação do gás de exaustão, a calibração do afogador (relação ar/combustível), etc. Essas características podem implicar num maior consumo de combustível e conseqüentemente numa maior emissão de gases poluentes (URIA, 1996).

O tipo de veículo utilizado (categoria veicular) é igualmente importante, pois um automóvel, por exemplo, não polui da mesma forma que um caminhão, um ônibus ou uma motocicleta, e dependendo do modelo do veículo utilizado, diferentes fatores de emissão serão considerados.

Quanto à idade da frota, é de se esperar que veículos novos sejam menos poluidores devido às alterações tecnológicas de fabricação, sendo que com o uso o desgaste de peças e componentes afetaria as características de eficiência do motor, provocando índices mais elevados de emissões. Contudo, veículos novos, que atendem a limites de emissões mais restritivos, tendem a poluir menos que veículos antigos que atendiam a limites de emissões mais baixos.

É de se esperar também que uma localidade que possua um maior contingente de ônibus e caminhões em circulação, que basicamente utilizam diesel como combustível, apresente um maior índice de emissão de partículas em suspensão (fuligem), do que se possuísse uma frota composta por veículos movidos a gasolina e/ou álcool. Portanto, o tipo de frota circulante é um fator que caracteriza o tipo de poluente emitido numa localidade.

d) Comportamento do Usuário, Características do Tráfego e Conscientização do Usuário

Outro fator que afeta a performance das emissões veiculares durante o ciclo de vida do veículo, assim como o consumo de combustível, é o comportamento e estilo de direção de cada motorista.

A composição dos gases de exaustão de acordo com o regime de funcionamento do veículo automotor a gasolina carburado é mostrado na Tabela II.11. Em ponto morto os veículos emitem quantidades apreciáveis de CO e HC, sendo este modo de operação bastante típico de ocorrer em trânsito congestionado. A situação mais favorável, e que apresenta o menor índice de emissão de CO e HC, ocorre no regime de operação a velocidade constante, caso em que o trânsito flui normalmente. Entretanto, as emissões de NO_x neste último regime operacional apresentam o segundo maior grau de emissão, perdendo apenas para o regime de aceleração do veículo. A situação mais favorável para este poluente está no regime de ponto morto e com o veículo desacelerando (SANTOS, 1981).

Tabela II.11 – Composição dos gases de exaustão de acordo com o regime de funcionamento do veículo automotor (em ppmv)

<i>Poluente</i>	<i>Modo de Operação</i>			
	Ponto morto	Acelerando	Velocidade Constante	Desacelerando
CO	69.000	29.000	27.000	39.000
HC	5.300	1.600	1.000	10.000
NO _x	30	1.000	650	20

Nota: Resultados para veículos carburados a gasolina.

Fonte: SANTOS, 1981.

Vale ressaltar que as informações contidas na Tabela II.11 representam veículos carburados, não tendo sido encontradas informações semelhantes para veículos com injeção eletrônica.

Com relação ao consumo de combustível propriamente dito, estudo recente realizado pela "Federal Highway Administration" (FHWA) nos EUA (ver Tabela II.12) indicou que um máximo de eficiência de combustível seria alcançado nas velocidades de 80 a 90 km/h.

Tabela II.12 – Economia de combustível segundo a velocidade do veículo leve (em km/l)

Velocidade (km/h)	1973 ^(a) (13 automóveis)	1984 ^(b) (15 veículos leves)	1997 ^(c) (9 veículos leves)
26	(d)	9,0	10,4
32	(d)	10,8	11,9
40	(d)	12,8	13,0
48	9,0	13,5	13,5
56	9,0	14,3	13,3
64	9,0	14,3	13,2
72	8,6	14,2	13,4
80	8,3	13,6	13,8
89	7,9	12,9	13,8
97	7,4	11,7	13,3
105	6,9	10,6	12,4
113	6,3	9,6	11,4
121	(d)	8,5	10,5
<i>Perda de economia de combustível</i>			
Entre 89 e 105	12,7 %	17,8 %	10,1 %
Entre 105 e 113	8,7 %	9,4 %	8,1 %
Entre 89 e 113	20,2 %	25,6 %	17,4 %

Notas:

- (a) Estudo do U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Highway Planning, "The Effect of Speed on Automobile Gasoline Consumption Rates", (Outubro 1973), para automóveis de modelo-ano anteriores aos de 1970, inclusive.
- (b) Estudo do U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Highway Planning, "Fuel Consumption and Emission Values for Traffic Models", (Maio 1985), para automóveis e comerciais leves de modelo-ano entre 1981 e 1984.
- (c) Estudo de WEST et al. (Abril 1998), FHWA Report, "Development and Verification of Light-Duty Modal Emissions and Fuel Consumption Values for Traffic Models", para automóveis e comerciais leves de modelo-ano entre 1988 e 1997.
- (d) Dados não disponíveis.

Fonte: DAVIS, 1998.

A Tabela II.12 mostra que os veículos leves norte americanos melhoraram em termos de consumo de combustível ao longo dos anos e que se mantendo em uma velocidade constante, entre 50 e 70 km/h, o consumo será aproximadamente o mesmo (por volta de 13 km/l), obtendo o máximo de eficiência entre 80 a 90 km/h (em torno de 14 km/l). A partir de

100 km/h já não estaria mais trabalhando a uma velocidade ótima para a eficiência de combustível.

Observa-se que, dentro da maioria das vias do perímetro urbano, não é possível manter essa velocidade de 80 km/h devido não só aos limites de velocidade estabelecidos (para a própria segurança dos motoristas no trânsito)⁹, como também aos congestionamentos.

A partir de informações como as das Tabelas II.11 e II.12, nota-se o papel importante das técnicas de engenharia de tráfego que podem ser empregadas para impedir, ou minimizar, a ocorrência de congestionamentos, regularizar o tráfego de veículos, aumentar a velocidade média de percurso, entre outros. Assim sendo, o planejamento dos transportes deve buscar basicamente o planejamento funcional do tráfego, isto é, a eliminação de vários elementos problemáticos do setor de transportes, tais como, congestionamento, baixa acessibilidade, acidentes e, neste caso, a poluição ambiental e o alto consumo de combustível.

A largura e a inclinação da via também influem na emissão de poluentes. Primeiramente, a largura dá uma maior liberdade de fluxo aos veículos, enquanto que maiores inclinações acarretam um maior consumo de combustível e assim maiores índices de emissão (MONTEIRO, 1998). Contudo, se a via for larga e mesmo assim estiver operando com sua capacidade máxima afetará negativamente os valores de emissões.

A manutenção da qualidade do ar também depende do engajamento de proprietários, usuários e passageiros de veículos para que haja uma eficiência e preservação do controle de emissões da frota circulante. A Tabela II.13 resume de forma simplificada os cuidados necessários para a conservação de um veículo automotor leve.

Campanhas de manutenção preventiva, regulação do sistema de injeção e de outros componentes do motor, que influem diretamente no índice das emissões, deveriam ser incentivadas principalmente junto às grandes empresas de transporte, desde às empresas de

⁹ O novo Código Nacional de Trânsito (lei nº 9.503 de 23/09/1997) estabeleceu novos limites de velocidade máxima nas rodovias de acordo com a categoria veicular. Os automóveis, por exemplo, atendem ao limite de 110 km/h. O órgão ou entidade de trânsito ou rodoviário com circunscrição sobre a via poderá regulamentar velocidades superiores ou inferiores àquelas estabelecidas pelo CNT, tanto nas vias urbanas quanto nas rurais. Algumas vias dentro do perímetro urbano do Rio de Janeiro, por exemplo, como o Aterro do Flamengo, apresentam dois limites de velocidade: 90 km/h e 70 km/h em diferentes trechos, enquanto que o CNT diz que o limite máximo para vias urbanas de trânsito rápido é de 80 km/h.

ônibus às cooperativas de táxi. Além disso, os Programas de Inspeção e Manutenção devem cumprir com seu papel.

Tabela II.13 - Cuidados na conservação do veículo automotor

Pneus • Mantê-los em bom estado. • Fazer rodízios periódicos a cada 10 mil quilômetros, para os carros que rodam em estradas de asfalto, e a cada 5 mil para os que rodam em estradas de terra. • Pneu normal: trocar o direito dianteiro pelo esquerdo traseiro e o esquerdo dianteiro pelo direito traseiro (troca em X). • Pneu radial: trocar em linha os dianteiros pelos traseiros. • Os pneus devem estar sempre calibrados de acordo com as orientações dos fabricantes. Pneu bem calibrado contribui para a redução do consumo de combustível.
Suspensão • Manter as molas e os amortecedores em boas condições, pois, além de dar maior segurança nas curvas, não deixam que outras partes do carro sofram desgastes. • Os amortecedores e as molas devem ser trocados a cada 30 mil quilômetros, para quem roda no asfalto, e a cada 15 mil para quem roda no campo.
Direção • Fazer periodicamente balanceamento das rodas e alinhamento da direção. O alinhamento deve ser feito a cada 10 mil quilômetros, para quem roda no asfalto, e a cada 5 mil para quem roda no campo.
Freios • Trocar periodicamente as pastilhas e as lonas de freio. • As pastilhas devem ser trocadas a cada 8 mil quilômetros. • As lonas devem ser observadas a cada substituição das pastilhas e trocadas quando em estado ruim. • Renovar o óleo de freio a cada 10 mil quilômetros.
Motor • Regulagem de carburador • Trocar velas • Trocar ou regular platinado • Trocar o óleo do motor conforme a determinação dos fabricantes. • Todos estes componentes devem ser trocados a cada 10 mil quilômetros, se o carro roda no asfalto, e a cada 5 mil rodando em estradas de terra. • Trocar a correia dentada a cada 10 mil quilômetros, para quem roda na cidade, e a cada 5 mil para quem roda no campo. • O óleo da caixa de marchas deve ser trocado a cada 50 mil quilômetros.
Elétrica • Verificar os fusíveis. • Água da bateria (completar 2 vezes por mês) • Não deixar oxidar os terminais dos cabos da bateria. • Testar o alternador a cada 15 mil quilômetros.

Fonte: Automóvel on line, 1999.

II.3 – CONTRIBUIÇÃO DO CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

A poluição também ocorre através de todo o ciclo do combustível. Ela abrange a poluição atmosférica, devido à emissão de gases tóxicos, a hídrica, decorrente de vazamentos de hidrocarbonetos, e a terrestre, pela mesma razão.

A trajetória nacional do petróleo encadeia quatro atividades básicas: extração, transporte, armazenamento e refino. A partir daí, os derivados de petróleo que irão abastecer a frota veicular seguem uma trajetória de estocagem, transporte/distribuição e abastecimento.

Uma descrição sumária de cada atividade e dos processos envolvidos nesta, irá mostrar qualitativamente os tipos de poluentes emitidos no ciclo de suprimento do combustível (GEPA, 1981):

i) Extração do Petróleo

Na plataforma continental, por conta de acidentes, há a contaminação de água marítima com óleo cru, que é um impacto de extrema relevância. Porém, é um impacto de difícil quantificação. Já no continente, o único impacto quantificável e de alguma relevância é a ocupação do solo.

ii) Transporte

Nesta atividade, a principal poluição é o vazamento proveniente do:

- a) escoamento de petróleo dos campos produtores, realizado por oleodutos e petroleiros;
- b) abastecimento das refinarias com petróleo nacional e importado a partir dos oleodutos e petroleiros;
- c) escoamento dos derivados produzidos nas refinarias a partir dos oleodutos e petroleiros;
- d) abastecimento da rede nacional de distribuição via caminhões tanques (principalmente) e vagões tanques.

iii) Armazenagem

As formas utilizadas de armazenagem para o petróleo e seus derivados são, segundo GEPA (1981):

- a) *Reservatórios de Teto Fixo*: armazenam óleo cru e derivados e causam grandes emissões evaporativas de hidrocarbonetos. As perdas estacionárias nestes tanques são vapores expelidos devido à expansão térmica, por expansão devido às mudanças de pressão barométrica e/ou por um aumento da quantidade de vapor dado pelo incremento da taxa de vaporização na ausência (ou diminuição do nível) de líquido no tanque. Já as perdas de trabalho devem-se ao deslocamento de vapor devido à entrada de líquido no tanque e à expulsão da pressão excessiva de vapor existente através das bombas de vácuo;
- b) *Reservatórios de Teto Flutuante*: armazenam óleo cru e derivados e também causam emissões evaporativas de hidrocarbonetos, sendo que determinados tipos podem aumentar demasiadamente a evaporação quando expostos inadequadamente à energia solar. As perdas estacionárias são muito menores que no tanque de teto fixo, sendo consideradas desprezíveis. As perdas de trabalho devem-se ao deslocamento de vapor devido à entrada de líquido no tanque;
- c) *Reservatórios Cilíndricos Horizontais*: armazenam derivados gasosos, que requerem grandes cuidados na sua manipulação, não produzindo impacto significativo;
- d) *Reservatórios Esféricos*: também armazenam gases, idem ao item (c).

iv) Refino

Os principais efluentes podem ser divididos segundo os processos utilizados para o refino, que são basicamente:

- a) *Destilação Atmosférica*: a carga do processo é o óleo cru, que é aquecido na base da coluna de destilação, para que os hidrocarbonetos sejam separados pelos diferentes pontos de ebulição. No alto da coluna os produtos presentes são a nafta (parte condensável) e hidrocarbonetos parafínicos (não condensável). Nas saídas laterais superiores se retira o querosene e mais abaixo o gasóleo. A sobra na base da coluna, o cru reduzido, serve de

carga no processo de destilação a vácuo. Os efluentes deste processo são: produtos de combustão nos aquecedores e emissões fugitivas mínimas.

- b) *Destilação a Vácuo*: a carga utilizada no processo é o cru reduzido, sobra da base da coluna de destilação atmosférica. O vácuo é necessário para que a destilação dos hidrocarbonetos mais pesados se processe a temperaturas menores que 400°C, evitando seu craqueamento térmico. As frações produzidas dependem do tipo de cru reduzido que serve como carga. As fontes de emissão deste processo são: hidrocarbonetos provenientes das bombas de vácuo e produtos de combustão da queima de óleo combustível nos aquecedores.
- c) *Craqueamento Catalítico*: este processo, utilizando calor, pressão e catalisadores, converte óleos pesados em produtos leves, privilegiando a gasolina. A carga utilizada é geralmente o gasóleo de vácuo e outros produtos com ponto de ebulição típicos variando de 340 a 540°C. O processo de craqueamento catalítico mais utilizado no país é o FCC (craqueamento catalítico em leito fluidizado). Este processo FCC caracteriza-se por emitir produtos de combustão dos aquecedores, gases e material particulado proveniente da regeneração do catalisador.

Com relação à poluição atmosférica, o ciclo de suprimento do combustível engloba tanto as fontes estacionárias (refinarias, plataformas de produção, estocagem e abastecimento) quanto as móveis (transporte e distribuição do combustível). Assim sendo, há a emissão de óxidos de enxofre (devido ao conteúdo de enxofre do combustível), óxidos de nitrogênio, material particulado, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarbonetos, entre outros gases tóxicos. Segundo GEHLEN (1985), a emissão de traços de elementos e compostos na fase gasosa, como arsênio, mercúrio, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e aminas aromáticas, são, também, importantes à medida que interagem com outros poluentes, catalisadores, umidade e com os raios ultravioletas causando danos ao ambiente, conforme será visto no Capítulo V.

As emissões de poluentes durante o ciclo de suprimento do combustível englobam, assim, as etapas de extração, produção, distribuição e abastecimento dos veículos. DELUCCHI (1997) modelou as emissões do ciclo do combustível para monóxido de carbono

(CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado inalável (PM₁₀), dióxido de enxofre (SO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), e dióxido de carbono (CO₂) para a gasolina e o diesel, conforme mostra a Tabela II.14.

Tabela II.14 – Fatores de emissão do ciclo de suprimento do combustível (gasolina e diesel)

POLUENTES	EUA (a)	
	GASOLINA (g/lge)	DIESEL (g/lge)
NMVOC	1,62	0,42
CH ₄	4,39	3,54
CO	1,65	1,35
N ₂ O	0,48	0,03
NO _x	2,25	1,69
SO _x	2,61	1,48
PM ₁₀	0,25	0,18
CO ₂	647	388

Nota:

- (a) Os valores americanos obtidos por DELUCCHI (1997b) em g/MBtu (gramas por milhão de Btu) foram convertidos por DeCICCO e THOMAS (1998) para g/gge (gramas por galão de gasolina equivalente) usando o maior valor calórico da gasolina de 125.000 BTU/gal. Os valores apresentados nesta tabela correspondem ao resultado da conversão de g/gge para g/lge (gramas por litro de gasolina equivalente) através do fator 1 g/gal = 0,26417 g/l.

Fonte: DELUCCHI, 1997b.

Note que as emissões de hidrocarbonetos associados ao abastecimento do veículo estão incluídas como parte das emissões do ciclo de combustível, mas aquelas que ocorrem no momento que o combustível está dentro do tanque do veículo estão incluídas nas emissões evaporativas do veículo.

É de se esperar para o caso brasileiro resultados similares ao do estudo de DELUCCHI (1997b). Isso deve-se ao fato de que as plataformas de produção e os complexos industriais, neste caso o parque de refino, tanto nos EUA como aqui no Brasil, utilizam tecnologias semelhantes e portanto os fatores de emissão não seriam muito diferentes.

Talvez por questões climáticas, já que o Brasil é um país tropical com temperaturas mais elevadas ao longo do ano, as emissões evaporativas sejam maiores do que nos EUA em todo o ciclo de suprimento. Porém, mesmo assim, no presente estudo, foram consideradas como sendo iguais.

COMENTÁRIOS FINAIS

Uma das principais fontes poluidoras do ar nas grandes cidades brasileiras é o setor de transportes, conforme pôde ser visto na Tabela II.3. Assim sendo, o próximo Capítulo irá focar a indústria automotiva brasileira para melhor caracterizar a frota nacional.

No entanto, o ciclo de suprimento de combustível também contribui para a poluição atmosférica sendo, então, abordado novamente no Capítulo V.

CAPÍTULO III

A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA

III.1 - INTRODUÇÃO

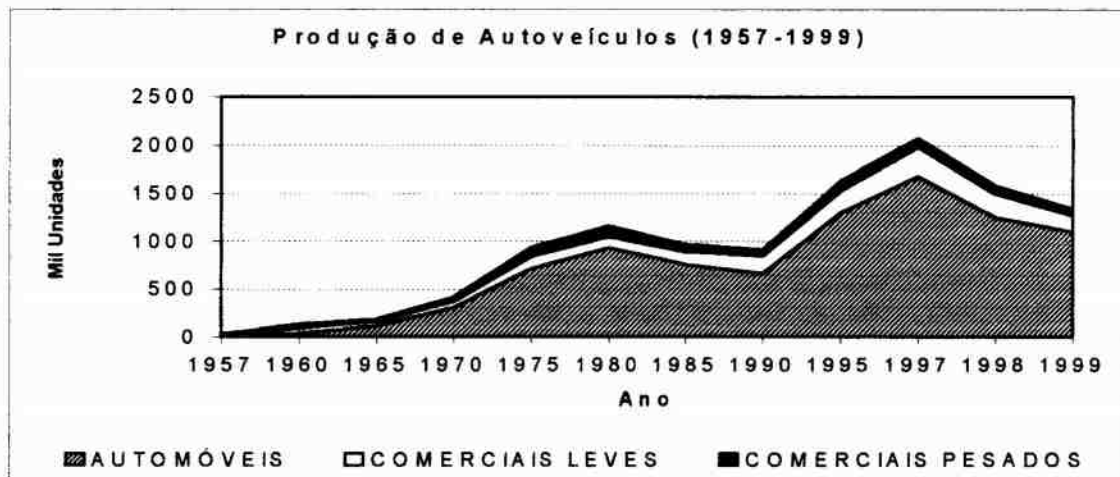
Nota-se que poucos objetos têm exercido, como o automóvel, tão intenso fascínio sobre o consumidor ao longo dos últimos cem anos. O automóvel (ou veículo leve de passageiro) é síntese de *status* social e materialização do direito de ir e vir, conceitos que se espelham em mais de 35 milhões de unidades vendidas por ano em todo o mundo e que fizeram a frota total dos cinco continentes chegar aos 420 milhões de veículos de passeio. Já a frota mundial de veículos automotores chegou, em 1996, a 671 milhões de unidades (ANFAVEA, 1998).

A indústria automobilística está intimamente ligada ao desenvolvimento humano e toda e qualquer tentativa de controle da poluição atmosférica deve levar em conta esta realidade. Dessa forma, este Capítulo irá focar a indústria automobilística brasileira e mostrar o aumento da motorização, principalmente de veículos leves, ao longo dos anos.

III.2 – EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA

Instalada no Brasil em 1957 (durante o governo de Juscelino Kubitschek, 1956-1961), a indústria automobilística¹⁰ apresentou resultados crescentes de produção do início até 1980. No período de 1981-1991, experimentou estagnação, enquanto que no período de 1992 à 1997 voltou a crescer de forma acelerada, e em 1998 e 1999 apresentou queda, conforme se verifica na Figura III.1.

¹⁰ Todos os dados da indústria automobilística brasileira foram tirados dos anuários estatísticos da ANFAVEA (1998 e 1999) e da Carta da ANFAVEA (2000). É importante notar que existem divergências de dados entre a ANFAVEA e o DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito).

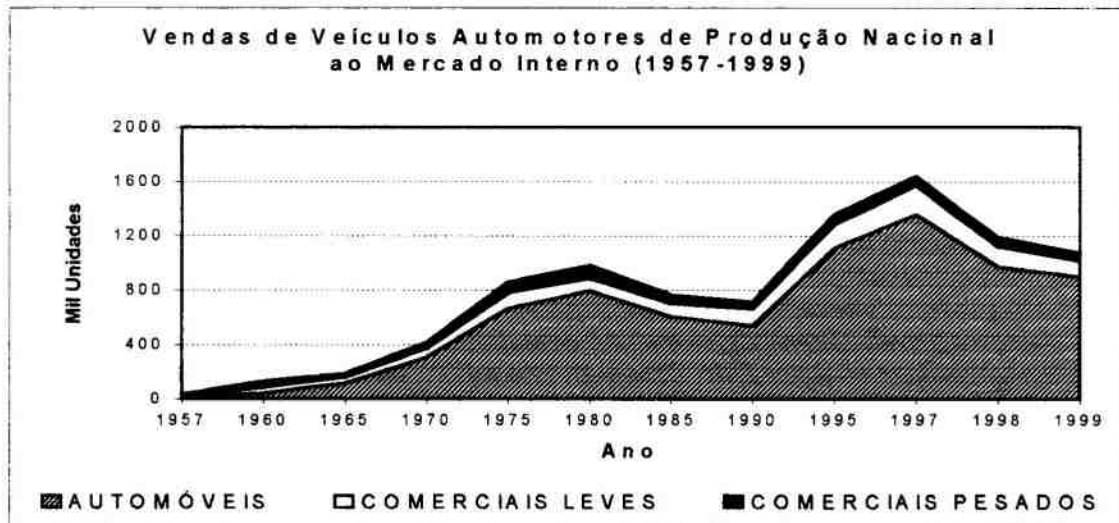


Nota: A categoria Automóveis corresponde aos carros de passageiros (inclui os de uso misto do tipo perua ("station wagon")), enquanto que os Comerciais Leves incluem as picapes, furgões, vans e utilitários (Peso Bruto total de até 3,5 t), Comercial Pesado corresponde aos caminhões e ônibus (veículos de carga com Peso Bruto Total acima de 3,5 t). Note que "veículos leves" são a soma dos automóveis com os comerciais leves.

Fontes: Anuário Estatístico da ANFAVEA (1999) e Carta da ANFAVEA (2000).

Figura III.1 – Produção de veículos automotores (1957 a 1999)

De 1957 a 1999, os melhores anos de produção foram em 1980, onde se alcançou 1 milhão e 165 mil veículos automotores, e 1997, onde se atingiu a marca de 2 milhões e 70 mil veículos automotores (ANFAVEA, 1999). Com os problemas econômicos ocorridos no Brasil na virada de 1998 para 1999, a indústria automobilística sentiu uma queda nas vendas afetando também a sua produção, que caiu para 1,3 milhão de veículos automotores produzidos em 1999 (aproximadamente a mesma quantidade de 1994). Em vendas de veículos nacionais ao mercado interno, para igual período, há simetria com o comportamento da produção, conforme mostra a Figura III.2. Ou seja, a evolução das vendas domésticas de veículos automotores nacionais foi positiva de 1957 a 1980, entretanto, a seguir, houve depressão e melhorou novamente a partir de 1991 até 1997. O melhor período iniciou-se em 1993 com 1,06 milhão de veículos automotores, atingindo o máximo em 1997 com 1,64 milhão de veículos automotores vendidos ao mercado interno.



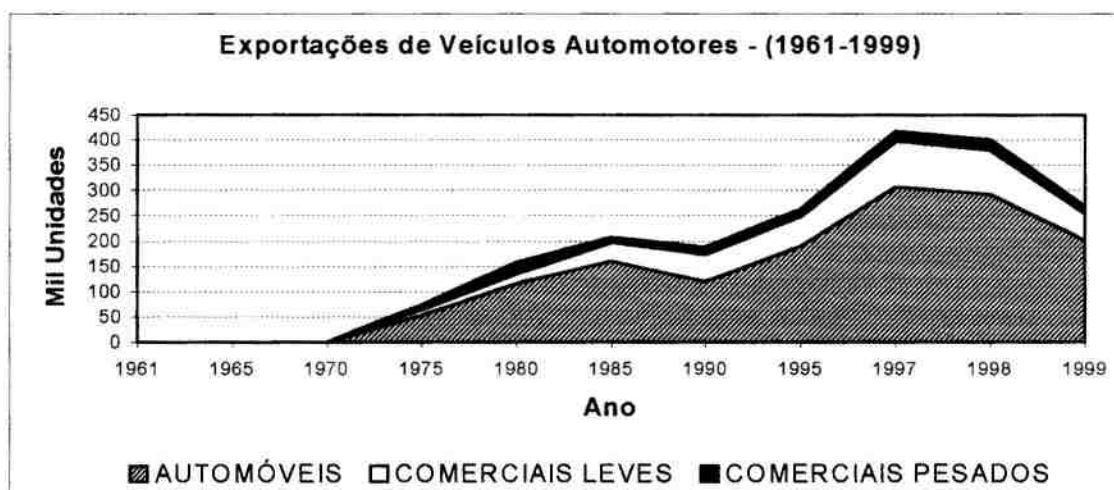
Fontes: Anuário Estatístico da ANFAVEA (1999) e Carta da ANFAVEA (2000).

Figura III.2 – Vendas de veículos automotores nacionais ao mercado interno (1957 a 1999)

A queda de vendas registrada a partir de 1981 teve razões internas e externas. Do plano externo, veio a desaceleração econômica provocada pela crise do petróleo. Internamente, merecem ser citados os seguintes obstáculos: alta inflação, políticas recessivas, controles de preços, evolução de tributos, restrições ao crédito para consumo, dificuldade de acesso às tecnologias automotivas contemporâneas.

Devido à crise econômica que sucedeu à 1997 (provocada por uma desvalorização da moeda que encareceu a produção e, desse modo, o produto), as vendas caíram, atingindo 1,1 milhão de veículos automotores em 1999.

Em termos de exportações, há densidade a partir de 1974 e ascensão até 1987, onde foi atingido a segunda melhor marca de 345 mil veículos automotores exportados. A partir de 1992, retoma-se o crescimento das exportações, chegando-se ao melhor ano (1997) em unidades no período de 1961 a 1999, com 417 mil unidades (ver Figura III.3).



Fontes: Anuário Estatístico da ANFAVEA (1999) e Carta da ANFAVEA (2000).

Figura III.3 – Exportações de veículos automotores (1961 a 1999)

As exportações perderam fôlego a partir de 1988, em razão de queda de competitividade da indústria nacional (redução da escala de produção, escassez de tecnologias contemporâneas, elevação de custos industriais, defasagens cambiais). Como resultado desses óbices, ao fim de 1991 somava-se década de modestos desempenhos de produção e vendas internas, e exportações em declínio. Como reflexo da crise nacional, as exportações em 1999 caíram para aproximadamente 270 mil unidades de veículos automotores¹¹.

Em consequência, o país foi desalojado do 9º posto de produtor mundial de veículos, que ocupava desde os anos 1970. Perdeu três posições nas décadas seguintes, para Espanha (1980), Coreia do Sul (1987) e México (1991), países que prestigiaram suas indústrias automotivas. Em 1998, encontrava-se no 11º posto dos produtores mundiais.

¹¹ Fechou-se em março de 2000 o acordo automotivo do Mercosul para alavancar as exportações brasileiras. A Argentina e o Brasil definiram um regime de transição válido por seis anos, vigorando até 31 de dezembro de 2005. A partir dessa data, o comércio de veículos dentro do Mercosul será livre. Para equacionar os desequilíbrios de competitividade, acentuado pela desvalorização do Real, o Brasil aceitou adotar, nos primeiros quatro anos, um regime progressivo de compensação. Assim, no primeiro ano, para cada 106,2 veículos brasileiros vendidos à Argentina sem tarifas alfandegárias, o Brasil terá de importar 100. A variação sobe para 10,5% no segundo ano, 16,2% no terceiro, até chegar a 22,2% no quarto (Jornal do Brasil, 25 de março de 2000).

Existem outros acordos em andamento, como o acordo bilateral automotivo com o México. Uma das bases é que se estabeleça uma cota de 60 mil veículos para cada país, com alíquota de 8% (hoje a alíquota mexicana é de 20% e a brasileira, 35%). Com relação à Venezuela, este país implantou incentivos ao carro popular, estabelecendo uma cota de 25 mil veículos para o Brasil. Já as negociações com o Chile também avançam, faltando definir cotas com tarifas reduzidas (Jornal do Brasil, 23 de março de 2000).

Embora marcado por conjuntura adversa de forte intervenção na atividade econômica, o período 1990-1991 tem especial significado. É o período em que:

- a) abre-se a economia, retomando-se as importações de veículos e componentes, suspensas desde a década de 1960;
- b) forma-se consenso generalizado a respeito de que se faziam necessárias ações gerais integradas para reverter a tendência de declínio da indústria automobilística brasileira;
- c) é assinado o Tratado de Assunção (1991), que dá início à constituição de mercado comum entre Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai (MERCOSUL).

A propósito da reversão de expectativas, o acordo setorial automotivo firmado em março de 1992, por indústria, concessionários, trabalhadores e governo, é movido pelo espírito de, em caráter de urgência, revigorar e fortalecer o conjunto automotivo nacional. Nesse primeiro entendimento – foram firmados mais dois, em fevereiro de 1993 e fevereiro de 1995 – reduziram-se tributos e margens empresariais¹², conforme pode ser visualizado na Tabela III.1. Com isso, permitiu-se que fossem reduzidos preços de veículos e incentivado o mercado interno.

¹² Para uma discussão mais aprofundada sobre a política fiscal do mercado de veículos leves e o controle da poluição no Brasil, ver FERRAZ e MOTTA (1999).

Tabela III.1 – Aliquotas e participação dos tributos dos autoveículos no preço ao consumidor (1986-1998) em percentuais

ANO	TRIBUTOS (%)	AUTOMÓVEIS					COMERCIAIS LEVES		
		Até mil cc	Até 100 hp gasolina	Até 100 hp álcool	Mais de 100 hp gasolina	Mais de 100 hp álcool	Gasolina	Álcool	Diesel
1986	DC	-	30,0	30,0	30,0	30,0	-	-	-
	IPI	-	100,0	92,0	107,0	100,0	74,0	74,0	94,0
	ICMS	-	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0
	PIS	-	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Finsocial	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Total	-	87,1	85,7	88,4	87,4	51,7	50,7	54,7
1990	IPI	20,0	37,0	32,0	42,0	37,0	16,0	16,0	31,0
	ICMS	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
	PIS	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
	Finsocial	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	Total	34,5	42,2	40,1	44,1	42,3	32,2	31,8	39,0
1991	Total	35,6	43,1	41,2	45,0	43,3	33,4	33,0	40,0
1992	Total	27,1	36,1	33,8	38,4	36,3	24,4	24,1	32,6
1993	IPI	0,1	25,0	20,0	30,0	25,0	8,0	8,0	23,0
	ICMS	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	PIS	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
	Cofins	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Total	17,0	33,0	30,4	35,3	33,0	22,7	22,7	31,4
1994	Total	17,0	33,0	30,4	35,3	33,0	22,7	22,7	31,4
1995	Total	23,0	33,0	30,4	35,3	33,0	22,7	22,7	31,4
1996	Total	23,0	33,0	30,4	35,3	33,0	22,7	22,7	31,4
1997 ^(a)	IPI	13,0	30,0	25,0	35,0	30,0	8,0	8,0	23,0
	ICMS	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	PIS	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
	Cofins	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Total	26,2	34,8	32,5	36,9	34,8	22,7	22,7	31,4
1998 ^(b)	IPI	8,0	25,0	20,0	30,0	25,0	8,0	8,0	23,0
	ICMS	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	PIS	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
	Cofins	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Total	22,9	32,5	29,9	34,8	32,4	22,7	22,7	31,4

Notas:

- Mil cc: corresponde à mil cilindradas, 100 hp: corresponde à potência de 100 Horse Power.
- Posições em dezembro de cada ano;
- DC – de 23/07/1986 a 19/05/1987, 30%; de 20/05/1987 a 20/06/1987, 15%.
- (a) Vigência em novembro/1997 (Decreto n.º 2375/97).
- (b) Posição em Outubro.

Siglas: DC: Depósito Compulsório; IPI: Imposto sobre Produtos Industrializados; ICMS: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços; PIS: Programa de Integração Social; Finsocial: Fundo de Investimento Social; Cofins: Contribuição para Financiamento de Seguridade Social; Total: total de participação no preço.

Fonte: ANFAVEA, 1998.

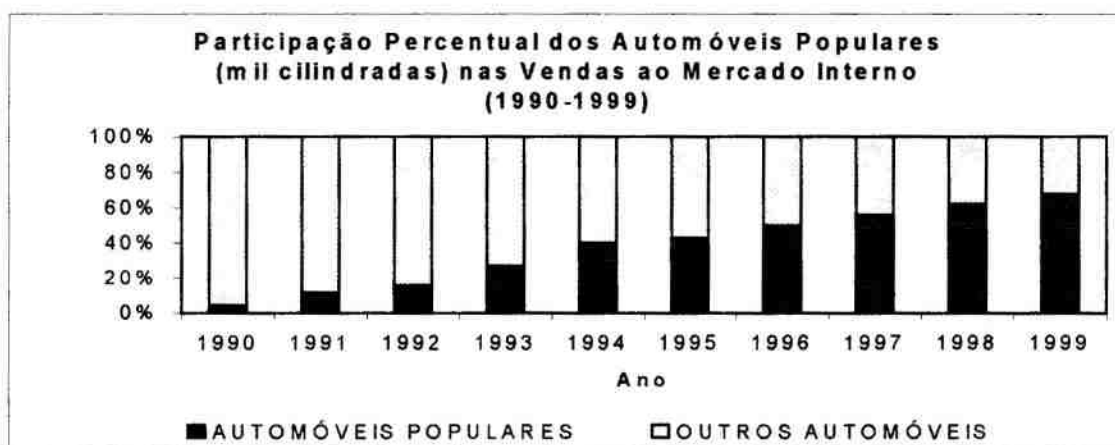
Com acelerada melhoria das relações entre agentes econômicos, trabalhadores e autoridades, chegou-se ao fim de 1992 com os seguintes principais resultados:

- produção de 1,073 milhão de veículos automotores, a melhor desde 1981;
- vendas internas da produção local de 740,2 mil unidades de veículos automotores, consideradas bom desempenho, sabido que se projetavam, no primeiro trimestre, para todo o exercício, comercialização de pouco mais de 500 mil unidades;
- exportações de 341,9 mil veículos automotores, registrando recuperação.

Em 1993, deu-se curso ao fortalecimento da atividade automotiva, com a assinatura do 2º acordo setorial, que estabeleceu nova rodada de redução de preços de veículos obtida por força de redução de tributos (vide Tabela III.1). Registre-se ainda que o 2º acordo automotivo foi inédito ao fixar metas de produção para o período 1993-2000. As metas estabelecidas para 1993 e 1994 foram cumpridas com êxito e margem (por isso que foi realizada sua revisão otimista, em 1995, quando da assinatura do 3º pacto automotivo).

Outro marcante fato do período diz respeito aos veículos populares¹³, que chegaram ao mercado por força de protocolos firmados em 1993 por fabricantes de automóveis e comerciais leves e o governo federal. A Figura III.4 apresenta o aumento da participação nas vendas dos populares, incluindo os automóveis nacionais e importados vendidos ao mercado interno.

¹³ O termo "veículo popular" corresponde aos automóveis de mil cilindradas, que, por serem relativamente mais baratos, obtiveram uma grande expressão nas vendas e tornaram-se, assim, muito "populares".



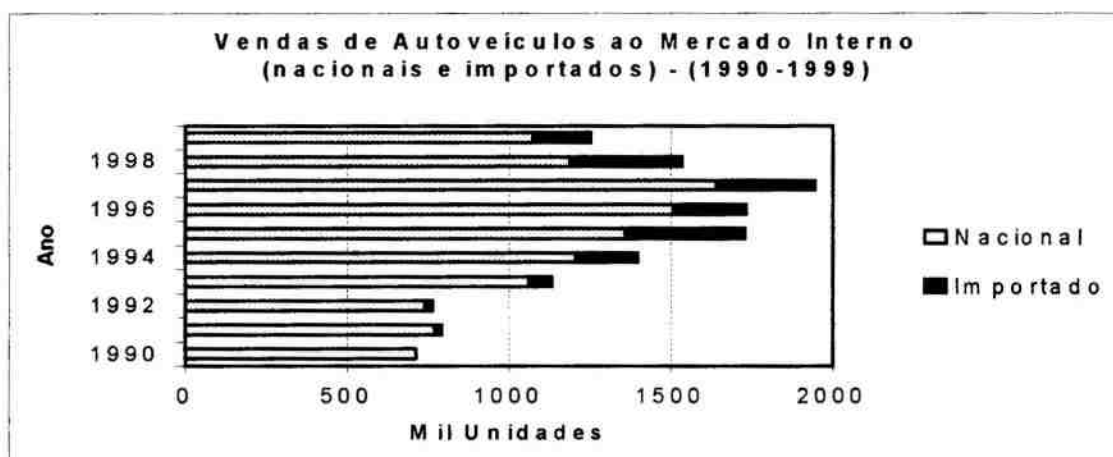
Fontes: Anuário Estatístico da ANFAVEA (1999) e Carta da ANFAVEA (2000).

Figura III.4 – Participação percentual dos automóveis populares nas vendas internas de automóveis (1990-1999)

Deve-se registrar que os desempenhos de vendas e produção de veículos automotores nacionais alcançados em 1993 e 1994 tiveram lugar em meio a forte crescimento das importações de veículos, o que empresta especial significado às marcas.

A participação dos veículos automotores importados no mercado automotivo brasileiro se fez presente a partir da década de 90. No ano de 1995, as importações alcançaram um valor máximo de 369 mil unidades vendidas no mercado interno, representando 21% das vendas internas, conforme pode ser visto na Figura III.5. No ano de 1997, as importações obtiveram seu segundo melhor resultado, com 303 mil unidades vendidas (16% das vendas internas).

A Tabela III.2 apresenta a evolução da participação percentual dos veículos leves importados nas vendas ao mercado interno. Nota-se que o percentual de importados na categoria veicular dos comerciais leves foi maior que na dos automóveis.



Fontes: Anuário Estatístico da ANFAVEA (1999) e Carta da ANFAVEA (2000).

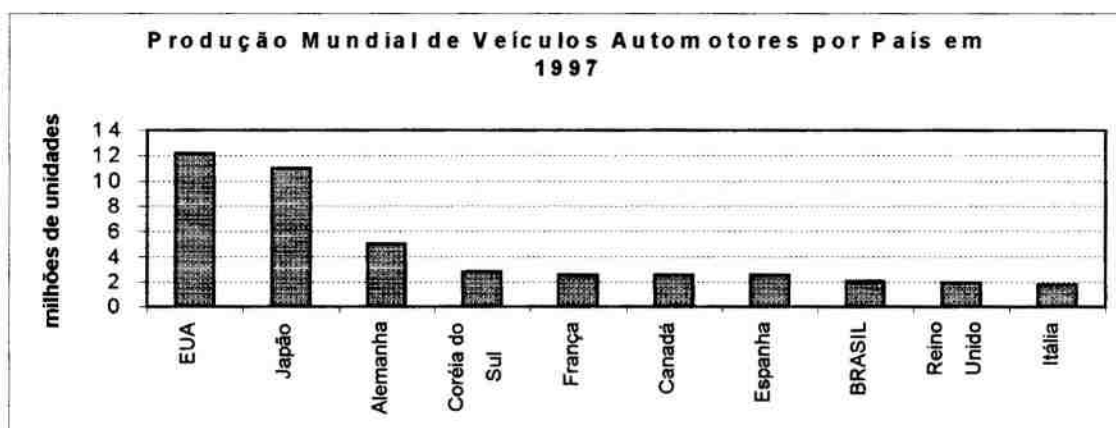
**Figura III.5 – Vendas de veículos automotores ao mercado interno
(nacionais e importados) (1990-1999)**

**Tabela III.2 – Evolução da participação dos veículos leves importados nas vendas ao
mercado interno**

ANO	AUTOMÓVEIS		COMERCIAIS LEVES		VEÍCULOS LEVES	
	Total de Vendas (unidades)	% de Importados	Total de Vendas (unidades)	% de Importados	Total de Vendas (unidades)	% de Importados
1990	532.906	0,02	128.431	0	661.337	0,02
1991	597.892	2,48	134.552	3,73	732.444	2,71
1992	596.964	3,29	127.687	3,16	724.651	3,27
1993	903.828	5,89	177.558	8,91	1.081.386	6,39
1994	1.127.673	13,48	202.786	15,97	1.330.459	13,86
1995	1.407.073	21,36	245.205	26,21	1.652.278	22,08
1996	1.405.547	11,35	267.592	22,40	1.673.139	13,12
1997	1.569.698	13,29	303.917	30,00	1.873.615	16,00
1998	1.211.807	20,20	254.952	39,26	1.466.759	23,51
1999	1.001.078	10,39	165.043	27,87	1.166.121	12,87

Fontes: Anuário Estatístico da ANFAVEA (1999) e Carta da ANFAVEA (2000).

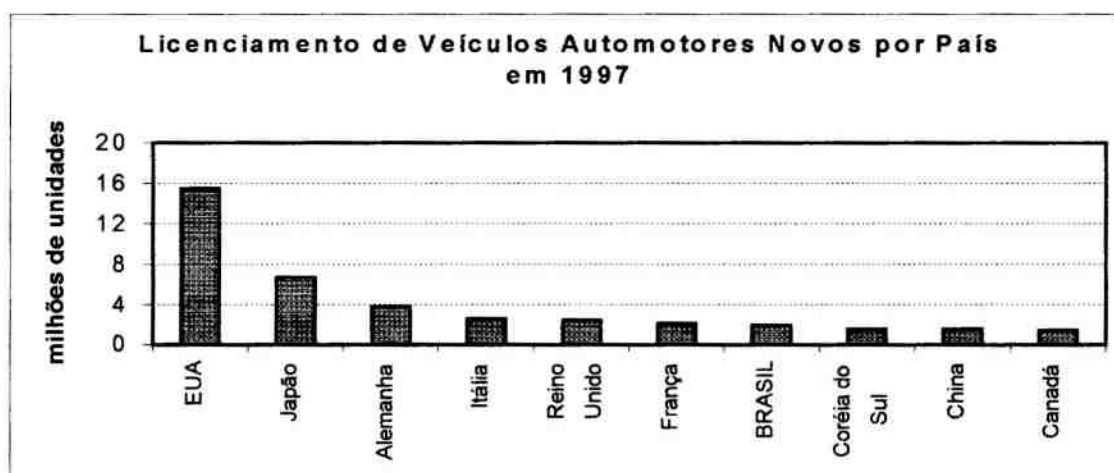
Em 1997, com produção de 2,1 milhões de veículos automotores, o Brasil chegou ao 8º posto da tabela mundial de produtores automobilísticos (ver Figura III.6). Porém, em 1998, desceu para o 11º posto com 1,6 milhões de unidades de veículos automotores (ANFAVEA, 1999).



Fonte: ANFAVEA, 1998.

Figura III.6 – Os dez maiores países produtores de veículos automotores em 1997

Com a venda ao mercado interno, em 1997, de 1,9 milhão de veículos, considerados os da produção local e os importados, o Brasil passou a ser o 7º mercado mundial, conforme Figura III.7. Em 1998, manteve-se o 7º posto, porém com 1,5 milhões de veículos automotores (ANFAVEA, 1999).



Notas: Estes dados compreendem veículos automotores produzidos no próprio país e importados. Os dados do Brasil referem-se às vendas.

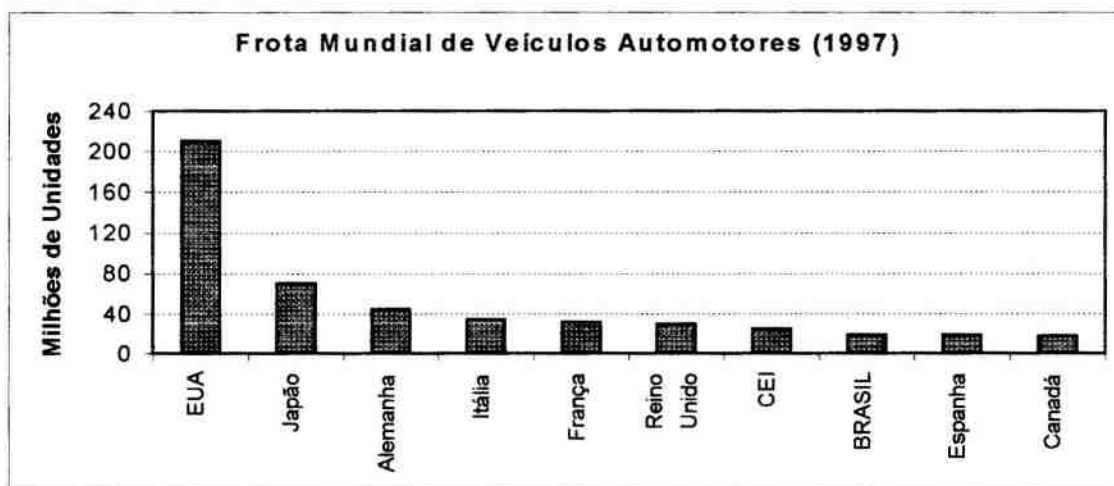
Fonte: ANFAVEA, 1998.

Figura III.7 – Licenciamento de veículos automotores novos nos dez maiores países consumidores em 1997

Em 1997, a indústria automobilística brasileira se movia com o propósito de dar continuidade a sua alta permanente e qualificada habilitação no conjunto automotivo mundial de produção, mercado interno e exportações. Porém, as conjunturas econômicas postergaram esse objetivo. Em quantidades, projetaram-se desempenhos crescentes, para atingir, por volta do ano de 2000, entre 2,5 milhões e 3 milhões de veículos produzidos/ano. Com produção mínima de 2,5 milhões de veículos, consumo interno de 2 milhões de unidades da produção nacional e exportações de 500 mil unidades, o país viria a ocupar, então as seguintes posições no quadro automotivo mundial:

- em produção, pelo menos o 7º posto; e
- em consumo interno (considerando-se também as importações), ser no mínimo o 5º maior mercado.

O crescimento projetado em 1994 para os anos seguintes inspirou-se no desenvolvimento do consumo interno. Comparando-se os dados brasileiros da frota e a relação de habitantes por veículo (densidade veicular) com os de outros países, fica mais claro perceber o vasto potencial de motorização que ainda existe (ver Figuras III.8 e III.9). Os últimos dados da ANFAVEA (1999) mostram que, em 1997, o Brasil apresentava uma frota de 18,7 milhões de unidades de veículos automotores¹⁴ e densidade da ordem de 9,4 habitantes por veículo.

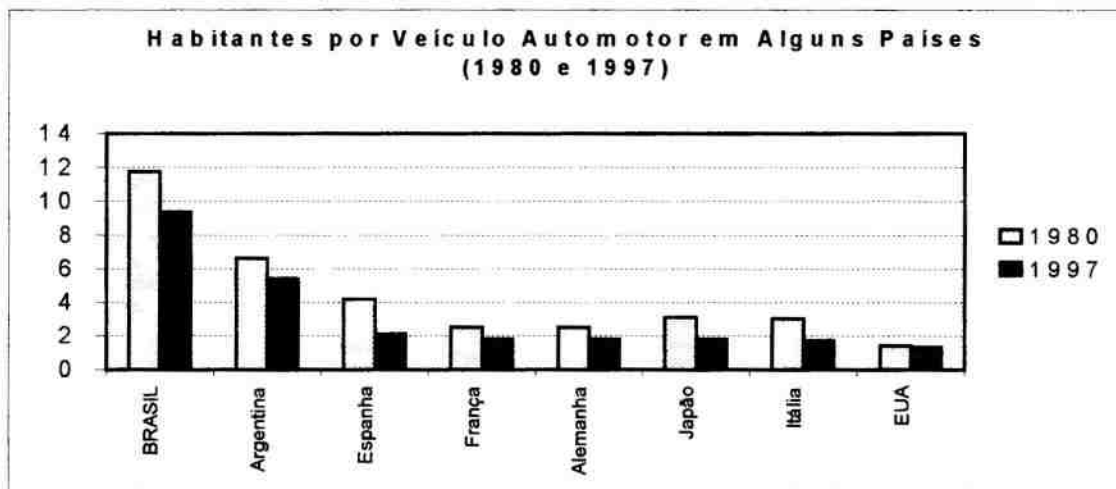


Nota: Os dados do Brasil são estimados.

Fonte: ANFAVEA, 1999.

Figura III.8 – Frota de veículos automotores por país (1997)

¹⁴ Dado preliminar de 1997, e refere-se a licenciamento de veículos automotores (ANFAVEA, 1998).

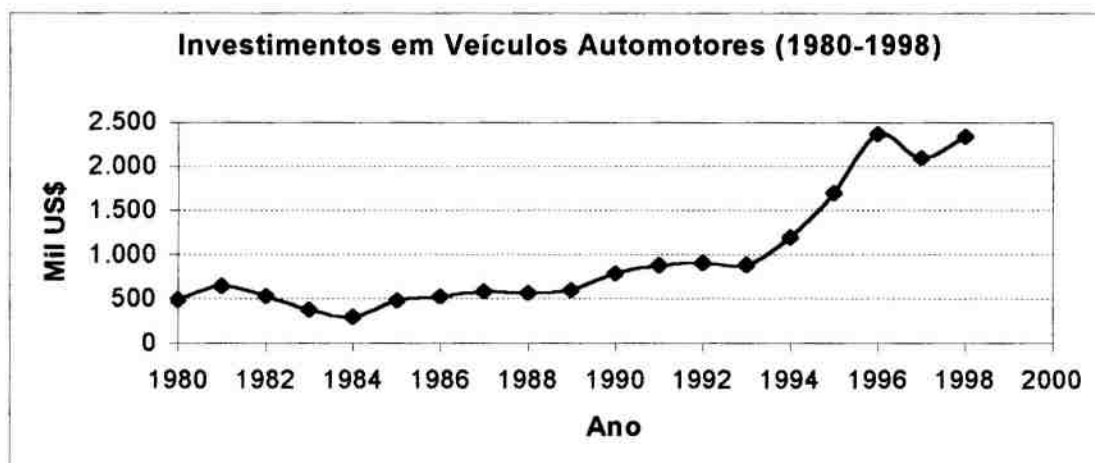


Nota: Os dados do Brasil são estimados. O dado sobre a Alemanha de 1980 se refere à Alemanha Ocidental, enquanto que o de 1997 é da Alemanha reunificada.

Fonte: ANFAVEA, 1999.

Figura III.9 – Habitantes por veículo automotor em alguns países (1980 e 1997)

Devido a esse grande potencial de crescimento e ao regime automobilístico, a década de 90 se caracterizou pelo aumento da motorização e pela intensificação dos investimentos no setor automobilístico (ver Figura III.10). No final da década de 90, houve a vinda de novas montadoras com o intuito de explorar o mercado da América do Sul (ver Tabela III.3) e, apesar da crise econômica de 1998, que esfriou os ânimos da indústria automobilística, ainda há montadoras desejando se instalar no Brasil, como no caso da Ford no Estado da Bahia, prevista para o final de 2001, assim como a General Motors no Rio Grande do Sul, entre outros.



Fonte: ANFAVEA, 1999.

Figura III.10 – Investimento em milhares de dólares em veículos automotores (1980-1998)

Tabela III.3 – Investimentos em novas fábricas para a produção de veículos leves (automóveis e comerciais leves), a partir de 1996

Empresa	Cidade - UF	Produtos	Investimento (US\$ milhões) (a)	Início das operações (b)	Produção no 1º ano (c) (mil unidades)
Asia Motors	Camaçari-BA	CL	500	Nd	15
Chrysler	Campo Largo-PR	CL	315	Jul/98	4,5
Fiat/Stola	Belo Horizonte-MG	CL	240	Set/98	45
Fiat/Iveco	Sete Lagoas-MG	CL	240	1ºsem/2000 (*)	20
Ford	Camaçari - BA	Nd	-	2ºsem/2001 (*)	-
General Motors	Gravataí-RS	Automóveis	600	Jun/2000 (*)	120
Honda	Sumaré-SP	Automóveis	150	Out/97	-
Mercedes-Benz	Juiz de Fora-MG	Automóveis	820	Abril/99	40
Peugeot Citroën	Porto Real - RJ	Automóveis	600	Dez/2000 (*)	15
Renault	São José dos Pinhais-PR	Automóveis	1.000	Dez/98	30
Toyota	Indaiatuba-SP	Automóveis	150	Set/98	12
Volkswagen	São José dos Pinhais-PR	Automóveis	750	Jan/99	168
Land Hover	São Bernardo do Campo-SP	CL	150	Out/98	1,5
Mitsubishi	Catalão-GO	CL	35	Set/98	3

Notas:

(a) Dados até outubro de 1998 da ANFAVEA (1998).

(b) Dados até setembro de 1999 da ANFAVEA (1999).

(*) Previsão de inauguração.

(Nd): Não disponível.

(CL): Comerciais Leves.

Fonte: ANFAVEA, 1998 e 1999.

COMENTÁRIOS FINAIS

Finalmente, pôde ser visto que os veículos leves (inclui automóveis e comerciais leves) foram os mais produzidos e vendidos ao longo da história automotiva brasileira, representando 96% das vendas totais ao mercado interno em 1997. Dessas vendas totais, 83% foram de automóveis, 13% de comerciais leves e 4% foram de veículos pesados. A Tabela III.4 mostra a evolução da participação percentual no mercado de vendas internas das três categorias veiculares.

Tabela III.4 – Evolução da participação percentual das categorias veiculares nacionais no mercado de vendas internas

Ano	Automóvel	Comercial Leve	Comercial Pesado
1960	31 %	37 %	32 %
1970	74 %	16 %	10 %
1980	81 %	9,5 %	9,5 %
1990	75 %	18 %	7 %
1997	83 %	13 %	4 %
1998	81 %	13 %	6 %

Fonte: ANFAVEA, 1999.

Tendo em vista o aumento da motorização, faz-se necessário repensar as políticas acerca da melhoria contínua da frota, fazendo o uso concomitante de políticas econômicas, de regulamentação e controle, de desenvolvimento tecnológico, entre outras. Esse aspecto será visto no Capítulo VI deste estudo, com base em uma análise de ciclo de vida dos veículos leves. Desse modo, o próximo Capítulo abordará a frota de veículos leves do ano base de 1998.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZAÇÃO DA FROTA NACIONAL DE VEÍCULOS LEVES DE 1998

Os veículos leves representam a esmagadora maioria (94%) dos veículos automotores na frota brasileira (ver Tabela III.4). Desta forma, este Capítulo será dedicado a caracterizar os veículos leves da frota de 1998 com relação à classificação destes em diferentes categorias, tipo de combustível utilizado, tamanho da frota, quilometragem média e emissão de poluentes. Escolheu-se a frota de 1998 por ser esta aquela para a qual se encontram os dados disponíveis mais recentes do Anuário Estatístico da ANFAVEA de 1999 e, também, os dados mais recentes de fatores de emissão de veículos novos da CETESB (1999).

IV.1 – CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS LEVES

No Brasil, as Resoluções anteriores à CONAMA nº15 de 1995 faziam apenas duas distinções de veículos leves para a aplicação dos limites máximos de emissão de gases de escapamento (ver Apêndice A):

- a) veículos leves de ciclo Otto, e
- b) veículos derivados de automóveis e os veículos não derivados de automóveis¹⁵.

Posteriormente a essa Resolução CONAMA nº15, estabeleceu-se a divisão dos veículos leves nas seguintes categorias para aplicação dos padrões de emissão de gases de escapamento, a partir de 1º/01/97 (para veículos leves de passageiros e comercial importados) e de 1º/01/98 (para veículos leves comercial nacional ou do Mercosul) (ver Apêndice A):

¹⁵ Veículo não derivado de automóvel corresponde ao veículo comercial leve (ver Apêndice A).

- ❖ Veículo Leve de Passageiros: todos os automóveis (inclui o tipo perua ("*station wagon*"))
- ❖ Veículo Leve Comercial 1: LVW¹⁶ = 0 a 1.700 kg
- ❖ Veículo Leve Comercial 2: LVW = acima de 1.700 kg
- ❖ Veículo Leve Comercial de ciclo Diesel: LVW = acima de 1.700 kg e massa total máxima acima de 2.000 kg

Comparativamente, nos Estados Unidos da América, as categorias definidas pelo EPA são também classificadas por peso dos veículos:

- ❖ Veículo Leve ("*Light Duty Vehicle – LDV*"): todos os automóveis (inclui as peruas)
- ❖ Comercial Leve 1 ("*Light Duty Truck 1 – LDT 1*"): GVW¹⁷ (0 a 2.722 kg) e LVW (0 a 1.700 kg)
- ❖ Comercial Leve 2 ("*Light Duty Truck 2 – LDT 2*"): GVW (0 a 2.722 kg) e LVW (1.701 a 2.608 kg)
- ❖ Comercial Leve 3 ("*Light Duty Truck 3 – LDT 3*"): GVW (2.723 a 3.856 kg) e ALVW¹⁸ (0 a 2.608 kg)
- ❖ Comercial Leve 4 ("*Light Duty Truck 4 – LDT 4*"): GVW (2.722 a 3.856 kg) e ALVW (2.609 a 3.856 kg)

Portanto, pela legislação brasileira, os veículos leves estão basicamente divididos em automóveis e comerciais leves, sendo que estes últimos ainda apresentam três subdivisões, dependendo não só do peso veicular, como também do ciclo de operação do motor. Entretanto aqui, devido aos dados da ANFAVEA (1999) não entrarem nesse nível de detalhe quanto às vendas de comerciais leves, foi feita uma simplificação, distinguindo-se, então, os veículos leves em automóveis e comerciais leves, segundo o tipo de combustível utilizado.

¹⁶ LVW ("*Load Vehicle Weight*"): é o peso em ordem de marcha acrescido de 136 kg. Corresponde ao Peso do Veículo para Ensaio pela Resolução CONAMA nº15 de 1995. Idem para o caso dos EUA.

¹⁷ GVW ("*Gross Vehicle Weight*"): é o peso especificado pelo fabricante como o peso de carga máximo do veículo.

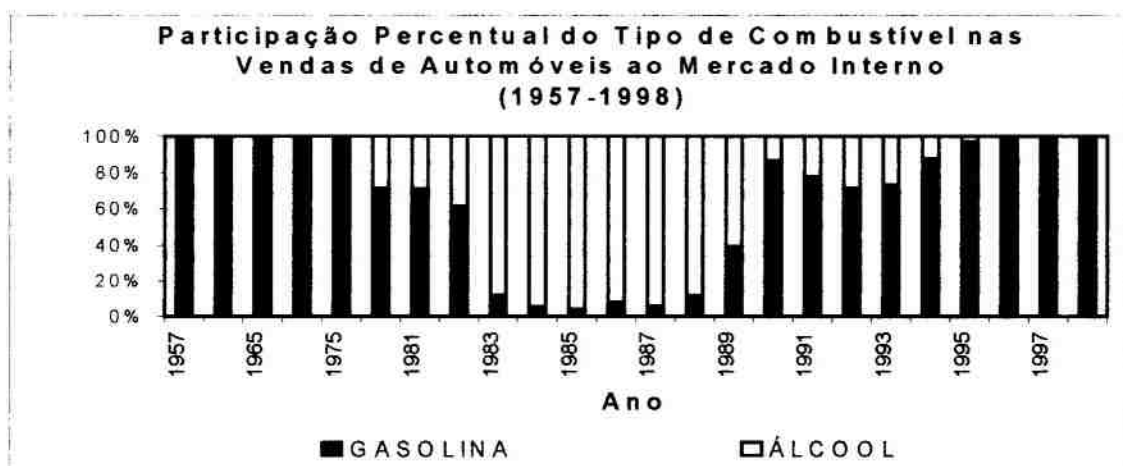
¹⁸ ALVW ("*Average of the Vehicle's Curb Weight*"): é a média do peso em ordem de marcha e peso de carga máximo: $ALVW = [(VCW + GVW)/2]$. Onde VCW ("*Vehicle Curb Weight*") é o peso do veículo com o tanque cheio e todos os seus componentes incluídos, mas sem passageiros e bagagem. Corresponde ao Peso em Ordem de Marcha pela Resolução CONAMA nº15 de 1995.

IV.2 – TIPO DE COMBUSTÍVEL

Fazendo, então, uma diferenciação quanto ao combustível utilizado, as Figuras IV.1 e IV.2 mostram, respectivamente, a participação percentual por combustível nas vendas de automóveis e comerciais leves de produção nacional ao mercado interno.

A partir de 1979, iniciou-se a venda de automóveis e comerciais leves movidos a álcool, que teve seu pico de vendas no ano de 1985 para os automóveis (com 96% das vendas totais de automóveis naquele ano) e no ano de 1987 para os comerciais leves (69,2% das vendas totais de comerciais leves naquele ano), ultrapassando assim as vendas dos veículos leves movidos a gasolina.

Pode-se dizer que a participação nas vendas dos automóveis a diesel foi insignificante, com um percentual de 0,1% no período de 1991 à 1994. O mesmo não pode ser dito dos comerciais leves.



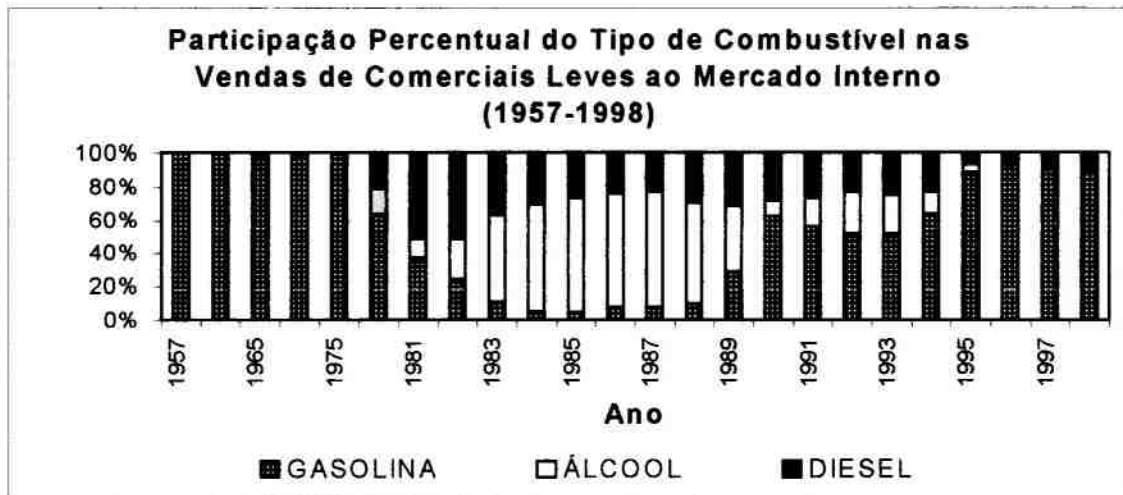
Fonte: ANFAVEA, 1999.

Figura IV.1 – Participação percentual do tipo de combustível nas vendas de automóveis de produção nacional ao mercado interno (1957-1998)

As vendas ao mercado interno dos Comerciais Leves movidos a diesel é desprezível no período de 1959 à 1978, tomando força no ano seguinte com 15,2% das vendas, chegando em seu ápice no biênio de 1981-1982 com 51%. Variou de 36% a

23% ao longo da década de 80 e início da década de 90, diminuindo repentinamente nos anos de 1995 e 1996, estando em 8,7% no ano de 1997.

Já na participação dos comerciais leves movidos a álcool notam-se dois ciclos. Um primeiro ciclo mais representativo entre 1979 e 1989, com ápice em 1987 onde chegou a 69,2%, e um segundo ciclo menos representativo entre 1991 e 1994, atingindo 24,8% em 1992 e caindo novamente até os níveis de 0,1% em 1997.



Fonte: ANFAVEA, 1999.

Figura IV.2 – Participação percentual do tipo de combustível nas vendas de Comerciais Leves de produção nacional ao mercado interno (1957-1998)

Tendo como base o exposto acima, será melhor caracterizada, a seguir, a frota de veículos leves movidos a gasolina e a álcool do ano de 1998, por se tratar do último ano com dados disponibilizados pela ANFAVEA (1999).

IV.3 – ESTIMATIVA DAS EMISSÕES MÉDIAS DE POLUENTES DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES DO ANO DE 1998

Será realizado aqui o cálculo das emissões médias de poluentes, mais especificamente das emissões regulamentadas (CO, HC's e NOx), por parte da frota brasileira de automóveis e comerciais leves do ano de 1998. Como não foi possível

obter fatores de deterioração¹⁹ para os veículos leves a diesel, estes não foram analisados em separado como os a gasolina e a álcool. O cálculo dos fatores das emissões não regulamentadas, como o CO₂, CH₄ e HC evaporativo, será visto no Capítulo VI.

A metodologia adotada é a mesma utilizada em trabalhos da CETESB (MURGEL et al., 1987) e URIA (1996), levando em consideração a relação entre a idade do veículo, a quilometragem percorrida anualmente por este e o fator de emissão para cada categoria veicular.

A emissão de cada gás realizada para cada ano pode ser definida como:

$\begin{matrix} \text{Emissão do Gás} & = & \text{Quilometragem} & * & \text{Número de Veículos} & * & \text{Fator de Emissão} \\ \text{para cada ano} & & \text{Média Anual} & & \text{em Circulação} & & \text{(corrigido)} \end{matrix}$	(Eq. IV.1)
---	------------

Os cálculos realizados para obter as parcelas descritas na Equação IV.1 serão explicados nos itens a seguir e serão melhor compreendidos através das Planilhas IV.1 a IV.12 do Apêndice D. Sendo que as Planilhas de IV.1 a IV.4 referem-se aos veículos leves movidos a gasolina, as de IV.5 a IV.8 referem-se aos veículos leves movidos a álcool e as de IV.9 a IV.12 referem-se a todos os veículos leves de todos os combustíveis.

IV.3.1 – QUILOMETRAGEM MÉDIA ANUAL

Assumiu-se que a quilometragem da frota brasileira assemelha-se à quilometragem média anual dos veículos em São Paulo, determinada em pesquisa pela CETESB (1982). Isso não retrata 100% a realidade, já que cada região brasileira possui características próprias para suas frotas veiculares.

Um fato que contribui para a quilometragem média anual é a forma como as áreas urbanas estão organizadas. Cada cidade ou região de análise possui características próprias no que se refere aos zoneamentos de áreas residenciais, comerciais e

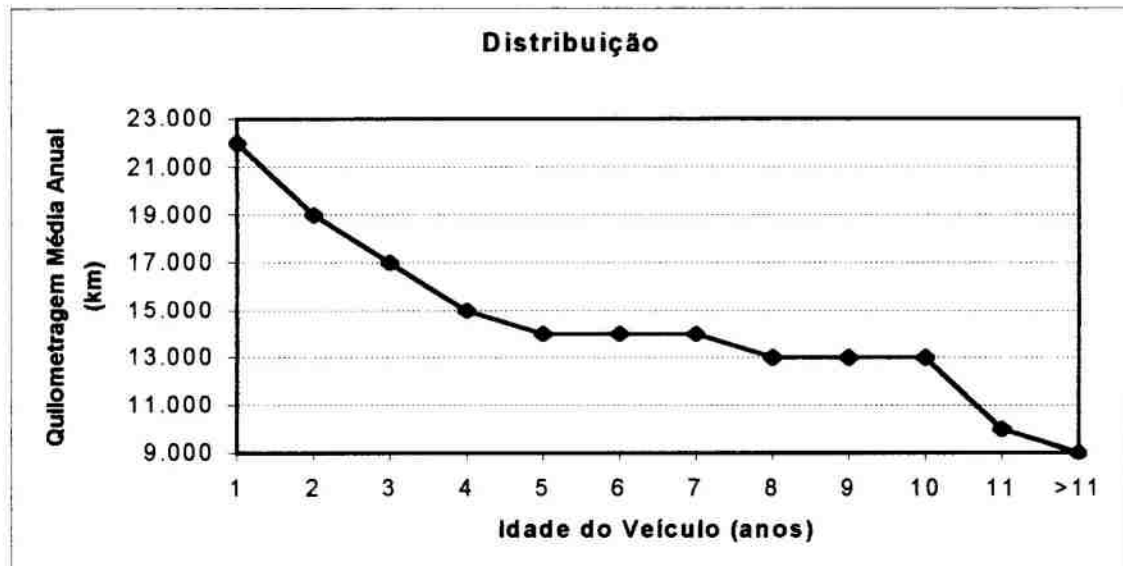
¹⁹ Fator de Deterioração corresponde ao desgaste de peças e componentes que afeta as características de emissão do motor, aumentando as emissões de poluentes.

industriais. Tomando como exemplo a cidade de São Paulo, que forma círculos concêntricos, existe um grande deslocamento de pessoas de suas residências ao seu trabalho qualquer que seja a direção de análise. Todas as zonas (norte, sul, leste e oeste) são tanto residenciais quanto comerciais, e na maioria das vezes as pessoas não trabalham na própria região onde moram, fazendo com que o fluxo de deslocamento não seja ordenado. Com isso a quilometragem média é maior do que em centros urbanos menores, ou do que em cidades melhor planejadas.

É importante notar que a quilometragem média anual determinada pela CETESB (1982) pode não indicar necessariamente a quilometragem observada atualmente, podendo então acarretar discrepâncias nos resultados finais das emissões veiculares.

A Figura IV.3 mostra a quilometragem média anual²⁰ para veículos leves em função da idade do veículo, determinada pela CETESB. Observa-se que os veículos novos percorrem em seu primeiro ano de uso cerca de 22.000 km, sendo que à medida que o veículo envelhece a quilometragem diminui até atingir os veículos com mais de onze anos de fabricação, que percorrem em média 9.000 km.

²⁰ Nos inventários veiculares e de emissões veiculares, o cálculo da quilometragem média desenvolvida pelas frotas movidas a gasolina e a álcool não considera o percentual da frota de táxis. Estes pertencem à categoria dos veículos leves e se caracterizam por uma operação diferenciada que pode ser definida, entre outros fatores, pela maior quilometragem rodada. Assim é recomendável que num intervalo de emissões veiculares esta frota seja tratada de maneira distinta das demais. Se por um lado a quilometragem média anual desenvolvida pela frota de veículos leves seria superior àquela apresentada na Figura IV.3, por excluir a proporção da frota de táxis; por outro lado é difícil imaginar que todas as regiões brasileiras tenham o comportamento de suas frotas, no que se refere à quilometragem média anual, como o apresentado na mesma Figura IV.3 (URIA, 1996).



Fonte: MURGEL, 1990.

Figura IV.3 – Distribuição da quilometragem média anual pela idade do veículo

O cálculo da Quilometragem Média Anual (E) percorrida pela frota, calculada nas Planilhas IV.2 (para veículos leves a gasolina), IV.6 (para veículos leves a álcool) e IV.10 (para todos os veículos leves), segue a Equação IV.2:

$$E = \sum_{i=1970}^{1997} \frac{(\text{km anual} * \text{n.º de veículos})_{(i,c)}}{(\text{número de veículos totais})_{(c)}} \quad (\text{Eq. IV.2})$$

Onde i representa o ano em questão e c a categoria veicular (automóvel ou comercial leve).

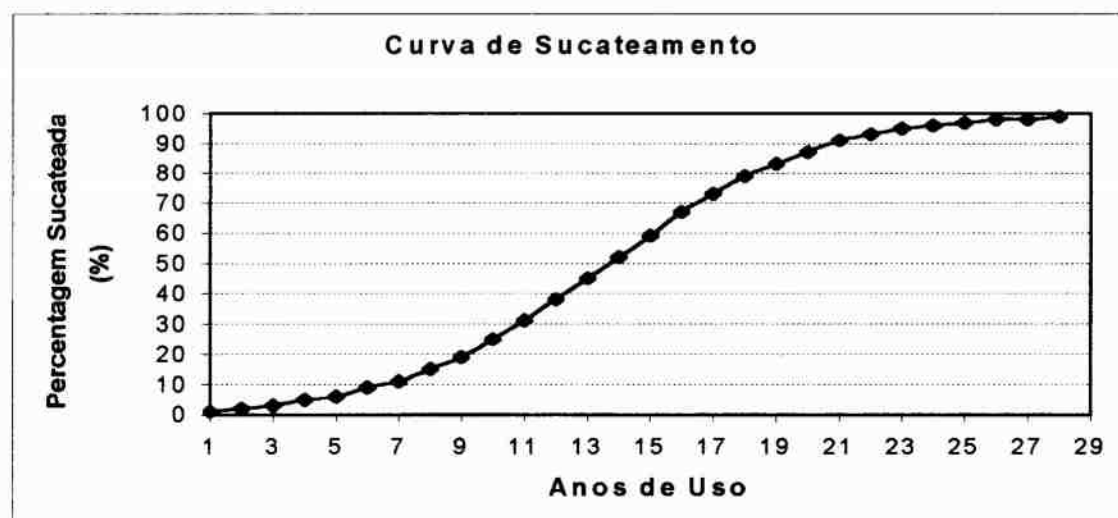
IV.3.2 – ESTIMATIVA DA FROTA CIRCULANTE PARA O ANO BASE DE 1998

Na determinação da frota de veículos leves em circulação, aplicaram-se os dados de vendas ao mercado interno (ANFAVEA, 1999), de cada um dos anos considerados do período estipulado (1971 a 1998), na curva de sucateamento (URIA, 1996) para se obter os valores das unidades remanescentes de veículos leves (automóveis e comerciais leves) do ano base escolhido de 1998. Os cálculos podem ser vistos nas Planilhas IV.1, IV.5 e IV.9 do Apêndice D.

Segundo a ANFAVEA (1999), as vendas de veículos leves nacionais foram caracterizadas quanto ao combustível utilizado, conforme visto anteriormente. Contudo, o mesmo não foi realizado para as vendas de veículos leves importados. É de se esperar que todos os automóveis importados sejam movidos a gasolina. Porém, o mesmo não se pode dizer dos comerciais leves, já que além da gasolina, eles utilizam o diesel. No entanto, assumiu-se aqui, para fins de cálculos, que os veículos leves importados vendidos ao mercado interno brasileiro sejam todos movidos a gasolina.

No intuito de caracterizar parte da frota de veículos leves de 1998, fez-se uma divisão entre veículos leves a gasolina e a álcool. Porém, para a futura comparação entre frotas de diferentes cenários, conforme será visto nos Capítulos posteriores, caracterizou-se a frota total, ou seja, contabilizando os veículos leves de todos os tipos de combustíveis.

A Figura IV.4 apresenta a curva de sucateamento que expressa a composição da frota nacional por anos de utilização. Observa-se que os veículos leves possuem uma taxa de sucateamento de cerca de 100% com uma idade veicular próxima a 28 anos, enquanto que veículos novos apresentam uma taxa próxima de zero.



Fonte: URIA, 1996.

Figura IV.4 – Curva de sucateamento

É importante notar que dados de frota nacional sofrem enormes discrepâncias dependendo da fonte de dados utilizada. As principais fontes que podem ser encontradas na literatura são:

- a) As informações de vendas ao mercado interno de veículos automotores da ANFAVEA (1999) e sobre as quais pode-se aplicar uma curva de sucateamento, como a de URIA (1996), para estimar a frota circulante de 1998; e
- b) As informações contidas no Anuário Estatístico dos Transportes (AET) de 1999 sobre a frota circulante de 1998 para cada modelo-ano de fabricação, com base nas informações fornecidas pelos DETRAN's (Departamento Nacional de Trânsito) de todas as regiões brasileiras e pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT)²¹.

Para simples ilustração, as Tabelas IV.1 e IV.2 apresentam os dados obtidos neste trabalho (através das Planilhas IV.1, IV.5 e IV.9) e os contidos no Anuário Estatístico de Transportes (1999). Dentre as razões para essa discrepância entre resultados pode-se citar primeiramente que os dados totais de vendas de veículos leves ao longo dos anos da ANFAVEA (1999), incluindo os importados vendidos ao mercado interno, são inferiores àqueles apresentados pelo AET (1999). Em segundo lugar, os dados do AET advindos dos DETRAN's e GEIPOT podem estar superestimados, incorrendo, por exemplo, em dupla contagem.

²¹ A frota nacional de veículos automotores foi bem caracterizada pela GEIPOT, com dados considerados confiáveis até o ano de 1985. O cálculo da frota nacional e veículos automotores era baseada em valores calculados a partir da Taxa Rodoviária Única (TRU), com uma metodologia apurada que visava eliminar contagens excessivas, basicamente causadas por veículos sucateados, e duplicação de contagem de automóveis que seriam transferidos de municípios. Com a extinção da TRU em 1986, os dados estatísticos de composição da frota circulante deixaram de ser gerados (MURGEL, 1990).

Tabela IV.1 – Frota de veículos leves existentes no Brasil em 1998, por ano de fabricação e categoria veicular segundo duas fontes distintas

ANO	UNIDADES REMANESCENTES ESTIMADAS (a)			UNIDADES EM CIRCULAÇÃO (b)		
	Automóvel	Comercial Leve	TOTAL	Automóvel	Comercial Leve	TOTAL
Até 1988	3.159.884	536.921	3.69805	11.208.089	1.575.085	12.783.174
1989	470.263	114.025	584.288	627.697	148.700	776.397
1990	463.628	111.735	575.363	580.888	136.373	717.261
1991	544.082	122.442	666.524	618.629	137.965	756.594
1992	555.177	118.749	673.925	608.575	126.300	734.875
1993	858.637	168.680	1.027.317	940.602	174.928	1.115.530
1994	1.082.566	194.675	1.277.241	1.177.388	189.071	1.366.459
1995	1.364.861	237.849	1.602.710	1.406.995	218.885	1.625.880
1996	1.377.436	262.240	1.639.676	1.429.824	217.298	1.647.122
1997	1.538.304	297.839	1.836.143	1.643.016	233.591	1.876.607
1998	1.199.689	252.402	1.452.091	1.071.648	155.578	1.227.226
TOTAL	12.614.526	2.417.557	15.032.083	21.313.351	3.313.774	24.627.125

Fontes:

- (a) Dados estimados a partir da curva de sucateamento de URJA (1996) aplicada sobre os dados de vendas ao mercado interno de veículos leves nacionais e importados de todos os tipos de combustível (ANFAVEA, 1999). Os cálculos estão apresentados na Planilha IV.9.
- (b) Dados do Anuário Estatístico dos Transportes (1999), a partir de dados referentes a veículos registrados nos DETRAN's, até 31/12/1998 e ao GEIPOT. Referem-se a todos os veículos leves nacionais e importados, movidos a gasolina, álcool, diesel e outros combustíveis.

Tabela IV.2 – Frota nacional de veículos leves de 1998 por tipo de combustível e por categoria veicular segundo duas fontes distintas

Tipo de Combustível:	Gasolina	Álcool	TOTAL
(1) Dados do Anuário Estatístico de Transportes:			
Automóveis:	16.590.712	4.563.717	21.154.429
Comerciais Leves:	1.936.777	570.376	2.507.153
Total de Veículos Leves:	18.527.489	5.134.093	23.661.582
(2) Dados Estimados:			
Automóveis:	9.513.761	2.709.637	12.223.398
Comerciais Leves:	1.573.368	437.092	2.010.460
Total de Veículos Leves:	11.087.129	3.146.729	14.233.858
Diferença Percentual:	40 %	39 %	40 %

Fontes:

- (1) Anuário Estatístico de Transportes, 1999. Dados referentes a veículos registrados nos DETRAN's, até 31/12/1998 e ao GEIPOT.
- (2) Dados obtidos através da curva de sucateamento de URJA (1996) aplicada sobre os valores de vendas de veículos leves nacionais e importados ao mercado interno apresentados pela ANFAVEA (1999), segundo as Planilhas IV.1 e IV.5. Assumiu-se que os veículos leves importados sejam movidos a gasolina.

Adotou-se neste trabalho as informações obtidas através da curva de sucateamento de URIA (1996) e dos dados da ANFAVEA (1999), apesar de serem inferiores aos valores do AET (1999). Isso deveu-se ao fato do AET não disponibilizar o tamanho da frota anterior a 1988, que representa aproximadamente 50% da frota, tornando, assim, difícil a estimativa dos fatores de emissão.

IV.3.3 - FATOR DE EMISSÃO DE VEÍCULO EM USO

O Fator de Emissão por definição é um valor médio das quantidades emitidas obtido através de cálculos estatísticos ou medições reais, sendo específico para um dado poluente e típico de um determinado modelo, classe ou frota de veículos. Assim sendo, o fator de emissão da frota representa o valor da emissão característico da frota total de veículos resultante da média ponderada dos Fatores de Emissão para cada modelo-ano e na distribuição da quilometragem rodada por tempo de uso do veículo (MURGEL et al., 1987).

A forma escolhida para estimar a emissão de um veículo usado é aquela em que utiliza um fator multiplicativo, chamado de Fator de Deterioração (FD), que é incorporado ao fator de emissão, conforme a Equação IV.3 a seguir:

$\text{Fator de emissão corrigido (veículo em uso)} = \text{Fator de emissão (veículo novo)} * \text{Fator de Deterioração}$	(Eq. IV.3)
--	------------

O Fator de Emissão do veículo novo é determinado por ensaios segundo a norma NBR-6601 – Análise dos Gases de Escapamento de Veículos Rodoviários Automotores Leves a Gasolina. Esses fatores são obtidos pela CETESB (1999), conforme Tabela II.9 já apresentada no Capítulo II de Emissões Veiculares.

O Fator de Deterioração corresponde ao desgaste de peças e componentes que afeta as características de emissão do motor, aumentando especialmente as emissões de CO e HC's. Entretanto, isto não parece acontecer com as emissões de NOx, visto que nos motores sem sistemas de controle existe uma tendência à diminuição destas emissões devido, principalmente, ao desgaste dos anéis dos pistões com conseqüente diminuição dos picos de temperatura dentro dos cilindros (MURGEL et al., 1987).

URIA (1996) adotou o fator de deterioração para as emissões de NOx como sendo igual a 1.

Assumiu-se aqui que os Fatores de Deterioração para veículos nacionais para efeito de cálculo como sendo os mesmos utilizados pelo EPA (1981) para a frota americana de veículos automotores, já que a própria CETESB levou em conta a similaridade tecnológica de modelos sem controle de emissão ao selecionar esses fatores conforme Equações de IV.4 a IV.8 listadas a seguir. Assumiram-se, também, para os veículos leves a álcool, os mesmos fatores de deterioração dos veículos leves movidos a gasolina.

Para os veículos a gasolina anteriores a 1977, utilizam-se os seguintes fatores de deterioração (FD) para os modelos veiculares pré-1968 dos EUA:

$$FD(CO) = \frac{78,27 + 2,5 * y''}{78,27} \quad (\text{Eq. IV.4})$$

$$FD(HC) = \frac{7,25 + 0,18 * y''}{7,25} \quad (\text{Eq. IV.5})$$

Para os veículos a gasolina fabricados a partir de 1977, inclusive, utilizam-se os seguintes fatores de deterioração (FD) para os modelos veiculares 1968/1969 dos EUA:

$$FD(CO) = \frac{56,34 + 2,55 * y''}{56,34} \quad (\text{Eq. IV.6})$$

$$FD(HC) = \frac{4,43 + 0,25 * y''}{4,43} \quad (\text{Eq. IV.7})$$

Onde y'' é definido como sendo:

$$y'' = \frac{\text{Quilometragem acumulada pelo veículo}}{1,61 * 10.000} \quad (\text{Eq. IV.8})$$

O valor y'' passa a ser constante após percorridos 100.000 km, sendo fixado em 6,27.

As Planilhas IV.3, IV.7 e IV. 11 mostram os cálculos realizados para a obtenção do Fator de Emissão Corrigido, que por sua vez será utilizado no cálculo do Fator de Emissão Médio da Frota Brasileira (FEMFB), segundo a Equação IV.9.

$$\text{FEMFB} = \sum_{i=1970}^{1997} (Y * \text{Fator de Emissão Corrigido})_{(i,c)} \quad (\text{Eq. IV.9})$$

Onde i representa o ano em questão, c a categoria veicular (automóvel ou comercial leve), e Y um fator tal como mostram as Planilhas IV.2, IV.6 e IV.10 com base na Equação IV.10 a seguir:

$$\text{Fator } Y_{(i,c)} = \frac{(\text{km anual} * \text{número de veículos})_{(i,c)}}{\sum_{i=1970}^{1997} (\text{km anual} * \text{número de veículos})_{(i,c)}} \quad (\text{Eq. IV.10})$$

Para as Planilhas de IV.9 a IV.12, que correspondem à caracterização da frota de 1998 de veículos leves nacionais e importados de todos os tipos de combustível, assumiu-se que tanto os veículos leves movidos a álcool como os movidos a diesel possuem os mesmos padrões de emissão e fatores de deterioração dos veículos leves movidos a gasolina. O fato de se incluir esses dois tipos de combustível na categoria dos veículos leves a gasolina faz com que se incorra em um erro menor do que o de não se contar com a contribuição deles no tamanho da frota. Contudo, é importante notar que os padrões de emissão de veículos a álcool assemelha-se aos dos veículos a gasolina, o mesmo não se podendo dizer dos veículos de ciclo Diesel.

É importante ressaltar, também, que os fatores de deterioração EPA utilizados aqui correspondem aos automóveis a gasolina com tecnologia antiga e sem controle de emissão. Dessa forma, é de suma importância a adequação desses fatores de deterioração para uma nova realidade tecnológica veicular.

➤ **Apresentação dos Resultados**

Os principais resultados obtidos a partir das Planilhas de IV.1 a IV.12 estão reunidos de forma consolidada, por categoria veicular dos veículos leves movidos a gasolina, a álcool e de todos os tipos de combustível, respectivamente, nas Tabelas IV.3, IV.4 e IV.5.

Comparando-se as emissões entre automóveis e comerciais leves observa-se que as diferenças de fator de emissão médio se devem às unidades remanescentes de cada ano, que atendem a diferentes limites de emissão do PROCONVE. Estas unidades, por sua vez, dependem das unidades vendidas ao mercado interno de veículos leves.

Dessa forma, os comerciais leves movidos a gasolina apresentaram fatores de emissão médio menores que os automóveis na frota de 1998 por terem sido mais vendidos no período em que o PROCONVE ficara mais restritivo. Logo, as unidades remanescentes são de veículos menos poluidores. No caso dos automóveis a gasolina, ainda existe uma grande quantidade de veículos remanescentes anteriores ao PROCONVE, os quais apresentam valores maiores de emissão de poluentes.

Nota-se que foram utilizados aqui os fatores de emissão de veículos leves novos da CETESB (1999), conforme mostrado na Tabela II.9 do Capítulo II, que estão bem abaixo dos limites máximos de emissão. A CETESB (1999) não disponibilizou os fatores de emissão de veículos leves novos de cada categoria veicular, valendo lembrar, porém, que a evolução dos padrões de emissão para cada categoria foi diferente (ver Tabelas II.5 e II.6 e Apêndice A).

Tabela IV.3 – Dados consolidados da frota movida a gasolina por categoria veicular para o ano de 1998

Dado Característico	Poluente	Automóvel	Comercial Leve	Veículos Leves
Total de Veículos em Circulação (unidades)	-	9.513.761	1.573.368	11.087.129
Quilometragem Média percorrida pela frota (km)	-	15.735 (*)	16.192 (*)	15.800 (*)
Fator de Emissão Médio da Frota a gasolina (g/km)	CO	8,13	6,94	7,96
	HC	0,87	0,76	0,86
	NOx	0,60	0,57	0,60

Nota: (*) Pode-se dizer que a quilometragem média da frota de veículos leves a gasolina de 1998 como sendo igual a 16.000 km.

Fonte: Dados obtidos nas Planilhas de IV.1 a IV.4, contidas no Apêndice D.

Tabela IV.4 – Dados consolidados da frota movida a álcool por categoria veicular para o ano de 1998

Dado Característico	Poluente	Automóvel	Comercial Leve	Veículos Leves
Total de Veículos em Circulação (unidades)	-	2.709.637	437.092	3.146.729
Quilometragem Média percorrida pela frota (km)	-	10.677 (*)	10.936 (*)	10.713 (*)
Fator de Emissão Médio da Frota a álcool (g/km)	CO	15,95	14,91	15,80
	HC	1,79	1,78	1,79
	NOx	1,13	1,14	1,13

Nota: (*) Pode-se dizer que a quilometragem média da frota de veículos leves a álcool de 1998 como sendo igual a 11.000 km.

Fonte: Dados obtidos nas Planilhas de IV.5 a IV.8, contidas no Apêndice D.

Os fatores de emissão médios da frota em circulação a álcool foram superiores aos da frota a gasolina e uma possível explicação pode estar na lenta substituição dessa frota a álcool por veículos leves a gasolina que estejam de acordo com limites mais restritivos de emissão.

Nota-se que as vendas de veículos leves a álcool tiveram dois ciclos, um primeiro na década de 80 e um segundo no início da década de 90, sendo que o primeiro obteve um maior número de vendas ao mercado interno. Pela taxa de sucateamento utilizada, a frota de 1998 é composta por aproximadamente 90% dos veículos leves a álcool do segundo ciclo de vendas (década de 90) e por aproximadamente 50% dos veículos leves a álcool do primeiro ciclo de vendas (década de 80).

Sabe-se, também, que a primeira legislação ambiental para as emissões de gases de escapamento (Resolução CONAMA nº18 de 1986, ver no Apêndice A) entrou em vigor em junho de 1988 para todas as novas configurações de veículos leves de ciclo Otto, e portanto não atingiu a totalidade desses veículos leves a álcool do primeiro ciclo de vendas. Já o segundo ciclo de vendas de veículos leves a álcool teve que se adequar aos primeiros limites máximos de emissão, que eram muito maiores que os atuais limites.

Por fim, a Tabela IV.5 apresenta os resultados encontrados para a frota de veículos leves de 1998, nacionais e importados, de todos os tipos de combustível.

Tabela IV.5 – Dados consolidados da frota por categoria veicular para o ano de 1998

Dado Característico	Poluente	Automóvel	Comercial Leve	Veículos Leves
Total de Veículos em Circulação (unidades)	-	12.614.526	2.417.557	15.032.083
Quilometragem Média percorrida pela frota (km)	-	14.472 (*)	14.661 (*)	14.502 (*)
Fator de Emissão Médio da Frota (g/km)	CO	11,00	10,23	10,87
	HC	1,14	1,07	1,13
	NOx	0,75	0,75	0,75

Nota: (*) Pode-se dizer que a quilometragem média da frota de veículos leves de 1998 como sendo igual a 15.000 km.

Fonte: Dados obtidos nas Planilhas de IV.9 a IV.12, contidas no Apêndice D.

COMENTÁRIOS FINAIS

A caracterização e a quantificação das emissões de gases de escapamento da frota brasileira de 1998 tornam-se relevantes para se relacionar a poluição e o dano causado por ela. Dessa forma, o próximo Capítulo irá apresentar os impactos ambientais e à saúde humana causados pelos veículos automotores, além de estimativas de custos desses impactos.

CAPÍTULO V

ESTIMATIVAS DE CUSTO DE DANOS AMBIENTAIS E À SAÚDE HUMANA POR PARTE DO SETOR DE TRANSPORTES

A maioria dos impactos ambientais e à saúde humana do setor de transportes deve-se à contribuição das emissões veiculares na poluição atmosférica, e desse modo tem sido assunto de pesquisas extensivas tanto na ciência ambiental como na área de saúde humana²².

Já os impactos do setor de transportes relacionados ao ciclo de suprimento do combustível contribuem tanto para a poluição atmosférica quanto para a poluição hídrica e terrestre. Contudo, devido à grande dificuldade em se valorar (custos econômicos, sociais e ecológicos) os danos causados em ambientes aquáticos e terrestres, boa parte dos estudos existentes se restringem à poluição atmosférica²³.

Assim sendo, este Capítulo inicia com a identificação dos impactos ambientais e à saúde humana que servirão para estimar os custos de dano no setor de transportes, segundo uma diferenciação entre área urbana e área rural. A partir da comparação entre resultados nacionais e internacionais de valoração monetária dos danos ambientais e à saúde, estimou-se uma faixa de custo na qual o Brasil deve estar inserido.

²² Um estudo recente sobre esse assunto é SALA (1999).

²³ Para uma discussão sobre o assunto, ver EYRE et al. (1997).

V.1 - IMPACTOS AMBIENTAIS E NA SAÚDE HUMANA DE EMISSÕES VEICULARES E DO CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

A incorporação pelo homem da energia fóssil (petróleo, carvão e gás) à produção de bens e serviços será acompanhada necessariamente da emissão de resíduos sobre o meio externo, causando impactos ambientais (ODUM, 1988).

Além da emissão de resíduos, o aproveitamento de fontes energéticas origina impactos ambientais associados ao custo (econômico, social e ecológico) de oportunidade da utilização de recursos naturais (LA ROVERE, 1995).

Adicionalmente aos impactos ambientais que acompanham a operação normal das instalações de produção, do transporte e do uso da energia, as tecnologias energéticas engendram riscos de acidentes e de catástrofes, com grandes prejuízos potenciais ao meio ambiente (LA ROVERE, 1995).

A exploração e a produção de petróleo e gás natural, tanto em terra como no mar ("*off-shore*"), podem ocasionar vazamentos de hidrocarbonetos e incêndios. Falhas de equipamentos e acidentes, como explosões ou intempéries, têm causado danos significativos aos trabalhadores dessa indústria, à população usuária de praias atingidas pela poluição resultante, ao setor de turismo, à vida animal, à pesca, e à dispersão na atmosfera de grandes quantidades de CO₂ e de óxidos de enxofre e de nitrogênio. Apesar de medidas de segurança serem normalmente tomadas, alguns vazamentos de grande porte têm ocorrido. Mesmo com o cuidadoso tratamento de efluentes, as operações "*off-shore*" e em terminais de transbordo resultam em pequenos vazamentos, cujos efeitos a longo prazo sobre ecossistemas de manguezais e estuários ainda têm de ser melhor estudados. Em terra, pode haver infiltração de petróleo no solo e contaminação de lençol freático (LA ROVERE, 1995).

O comércio internacional de petróleo baseia-se essencialmente no transporte marítimo, que também desempenha importante papel na distribuição interna pelo Brasil de petróleo e derivados via navegação de cabotagem. Os riscos de colisão, incêndio e sossobramento de navios são crescentes, devido ao aumento do tráfego e do tamanho

dos petroleiros. Além da experiência dos grandes acidentes ocorridos no mundo (Alasca, Grã Bretanha, etc.), os pequenos vazamentos decorrentes de operações normais de transporte são responsáveis por 35% do total de descargas de óleo nos oceanos, com impactos negativos em vários pontos de zonas costeiras. Também não podem ser esquecidos os riscos de vazamento, explosão e incêndio em oleodutos, gasodutos, trens, caminhões e depósitos de gás e produtos petrolíferos, como vêm demonstrando as ocorrências recentes de acidentes deste tipo (LA ROVERE, 1995).

Refinarias de petróleo são grandes instalações industriais que, geralmente próximas a zonas urbanas, poluem o ar com gases tóxicos, usam grande quantidade de água, gerando efluentes líquidos, e representam um problema de segurança por causa dos riscos de explosão e de incêndio. Os impactos ambientais mais importantes são as emissões na atmosfera de compostos orgânicos, óxidos de enxofre e de nitrogênio, monóxido de carbono e particulados, além de 0,412 kg de CO₂ por litro de petróleo processado e dos odores desagradáveis desprendidos. Os efluentes líquidos contêm óleo, graxa, fenóis, amônia e sólidos dissolvidos em suspensão (LA ROVERE, 1995).

Os impactos ambientais da produção, transporte/estocagem/distribuição e refino de petróleo, gás natural e derivados se fazem sentir nas regiões do país que concentram as instalações petrolíferas. No litoral norte fluminense, próximo aos poços da Bacia de Campos, freqüentes vazamentos têm poluído o mar e as praias. A produção de gás natural em Urucu, na floresta amazônica, apesar de sua pequena escala, ilustra os impactos decorrentes da abertura de estradas e clareiras na mata, alertando para as possíveis conseqüências de sua ampliação. Diversos acidentes têm ocorrido no transporte de produtos petrolíferos, envolvendo navios, trens, caminhões e, no mais dramático deles, um oleoduto que originou explosão e incêndio na favela de Vila Socó (Cubatão) (LA ROVERE, 1995). A refinaria de Duque de Caxias (REDUC), além de ter registrado explosões e incêndios em suas instalações, é um dos maiores agentes poluidores da Baía de Guanabara, como no recente acidente que ocasionou o vazamento de 1,3 milhão de litros de óleo, em janeiro de 2000, atingindo áreas de preservação ambiental²⁴.

²⁴ Outro grave acidente registrado no ano de 2000 foi o da refinaria da PETROBRAS no Paraná (REPAR), ocasionando, em julho, o vazamento de 3,9 milhões de litros de óleo cru nos rios Barigüi e Iguaçu.

O uso final da fonte energética, que é a queima do combustível, causa impactos ambientais e à saúde humana. A magnitude das emissões varia de acordo com o tipo de combustível usado, sua composição e as medidas tomadas para reduzi-las (LA ROVERE, 1995).

Os principais poluentes, oriundos do funcionamento de veículos automotores, podem ocasionar, em função de diversos fatores condicionantes, efeitos sobre a saúde humana, o bem-estar da comunidade, a segurança do tráfego, a vegetação, a propriedade, entre outros (MARGULLIS, 1990).

No que se refere à saúde em particular, a existência de indivíduos suscetíveis à exposição a estes poluentes, tais como portadores de doenças cardiovasculares e respiratórias, pessoas idosas e crianças, causa maior preocupação, pois os efeitos são multiplicados, podendo até ser fatais (MARGULLIS, 1990).

No que diz respeito à influência dos poluentes sobre o bem-estar da comunidade, pode-se afirmar que tanto os produtos primários (material particulado sob a forma de fumaça, substâncias odoríferas, alguns grupos de hidrocarbonetos), quanto os produtos secundários (ozônio e demais oxidantes fotoquímicos), afetam negativamente a qualidade da vida nas cidades sujeitas aos seus efeitos. A impressão causada, desagradável, nauseante, ou quaisquer sintomas como lacrimejamento contribuem para diminuir o bem estar dos habitantes das áreas urbanas. Também deve ser objeto de consideração a deposição de material particulado em construções urbanas, em placas de sinalização, diminuindo a segurança de tráfego, e em vestes dos habitantes da cidade mais expostos às emissões, ocorrências igualmente indesejáveis pela comunidade (DENATRAN, 1980).

A emissão de fumaça pelos motores de ciclo Diesel, bem como a ocorrência do "smog" fotoquímico devido à geração de poluentes secundários no ar, contribuem para a diminuição da visibilidade em estradas e em vias públicas, trazendo, em consequência, uma diminuição de segurança no tráfego. Resta assinalar os efeitos danosos que o ozônio e os oxidantes fotoquímicos trazem à vegetação e às culturas agrícolas de maneira geral, em regiões cujas características climáticas e topográficas específicas possibilitam a formação do "smog" fotoquímico (DENATRAN, 1980).

A seguir é apresentado, para cada elemento poluente primário, um levantamento dos efeitos a ele relacionados. Os efeitos dos poluentes secundários são tratados juntamente com os dos hidrocarbonetos.

i) Monóxido de Carbono

O grande consumo de combustíveis, tanto pela indústria quanto pelos veículos, gera a concentração desse poluente principalmente nas grandes cidades. No entanto, são os veículos os maiores causadores deste tipo de poluição, pois além de emitirem mais do que as indústrias, lançam este gás na altura do sistema respiratório. Por isso a poluição por CO é encontrada sempre em altos níveis nas áreas de intensa circulação de veículos dos grandes centros urbanos (Secretaria de Meio Ambiente, 1997).

O CO é inodoro, incolor e apresenta forte afinidade com a hemoglobina, 210 vezes superior à do oxigênio. Combinando-se com a hemoglobina, forma a carboxihemoglobina, diminuindo a capacidade de oxigenação dos tecidos pelo sangue. Produz efeitos nos sistemas nervoso central, cardiovascular, pulmonar e outros (DENATRAN, 1980).

A ameaça à saúde devido a exposição ao CO é mais séria para aqueles indivíduos que já sofrem de doenças cardiovasculares. Indivíduos saudáveis também são afetados, mas somente quando em níveis altos de exposição. Esse alto nível de exposição ao CO ocasiona irritação nos olhos, redução da capacidade de trabalho, redução de destreza manual e dificuldade em realizar tarefas complexas (EPA, 1995).

ii) Óxidos de Nitrogênio

Os óxidos de nitrogênio resultam da combinação do oxigênio e do nitrogênio presentes no ar admitido pelo motor em condições de alta temperatura e pressão. O óxido nítrico e o dióxido de nitrogênio têm ação a nível local e regional (SPRU, 1993), e o primeiro se transforma no segundo com certa facilidade em contato com o ar atmosférico. O NO₂ é um forte agente oxidante que reage com o ar formando o ácido nítrico, altamente corrosivo, e nitratos orgânicos tóxicos (EPA, 1995). O NO₂, por exemplo, pode exercer ação oxidante sobre tintas, descolorindo pinturas (DENATRAN, 1980).

Os óxidos de nitrogênio são altamente tóxicos, sendo o dióxido (NO_2) muito mais tóxico, aumentando sensivelmente a susceptibilidade do organismo à contaminação de bactérias e vírus. Pessoas predispostas, por causa da idade, da hereditariedade ou que já sofram de doenças respiratórias, são mais sensíveis às exposições de NO_x . Além de irritar as mucosas, provoca espécie de enfizema pulmonar, pois o NO_x pode se transformar em nitrosaminas, nos pulmões, sendo algumas delas consideradas como cancerígenas. Devido à sua baixa solubilidade, é capaz de penetrar profundamente no sistema respiratório (DENATRAN, 1980).

O NO não tem cheiro nem cor, e é produzido em processo de combustão, pela oxidação de N_2 do ar pelo O_2 . A reação, $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{NO}$, é favorável em altas temperaturas, e por isto sua produção é maior em motores de veículos pesados. Os automóveis também produzem NO, sobretudo, quando estão em alta velocidade (SALA, 1999).

Os NO_x contribuem para a formação do "smog" fotoquímico devido à sua reação com alguns grupos de hidrocarbonetos, ocasionando, por isso, redução de visibilidade nas vias (DENATRAN, 1980). Os NO_x podem contribuir significativamente para uma série de efeitos ao meio ambiente como a chuva ácida e a eutrofização em águas costeiras (EPA, 1995). A eutrofização ocorre quando um corpo d'água sofre um aumento de nutrientes elevando, assim, a demanda bioquímica por oxigênio (DBO) e diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido (DO) no corpo hídrico, produzindo um ambiente muito destrutivo aos peixes e a outras formas de vida animal. Os NO_x , sobre os vegetais, agem como inibidores de fotossíntese (EPA, 1995). Conforme DERWENT (1988), os NO_x , assim como o ozônio, constituintes do "smog" fotoquímico, são responsáveis por aproximadamente um terço da acidez das chuvas resultantes da transformação química e do transporte de SO_2 e NO_x na atmosfera.

iii) Óxidos de Enxofre

Os óxidos de enxofre são gerados devido à queima de combustíveis, tanto no setor industrial, quanto no setor de transportes, principalmente pelos veículos movidos a Diesel por conta do alto teor de enxofre destes.

Os efeitos do dióxido de enxofre estão relacionados com diversos tipos de irritação, principalmente no aparelho respiratório, que podem ser temporárias ou permanentes. A exposição a altas concentrações de SO_2 agravam as doenças respiratórias e cardiovasculares preexistentes. Estudos epidemiológicos e clínicos mostram que certas pessoas são mais sensíveis ao SO_2 que outras. Exposições prolongadas a baixas concentrações de SO_2 têm sido associadas ao aumento de morbidade²⁵ cardiovascular em pessoas idosas (SALA, 1999).

Em plantações expostas a grandes concentrações de SO_x , são observados danos como ressecamento dos tecidos das folhas e descoloramento. No caso inverso, isto é, baixas concentrações e grande período de tempo, são observados danos como pigmentação dos tecidos e amarelamento gradual das folhas. Os materiais também sofrem efeitos à exposição dos óxidos de enxofre, como corrosão, descoloração e desgaste, dentre os materiais pode-se destacar as placas de sinalização (DENATRAN, 1980).

Em certas condições, o SO_2 pode transformar-se em SO_3 por ação catalítica de metais, mediante a absorção de energia solar. Com a umidade do ar, ele produz ácido sulfúrico. Conforme dito anteriormente, os NO_x e SO_2 causadores da chuva ácida podem causar danos como corrosão de diversos materiais. Este problema se torna ainda mais grave quando obras ou estruturas históricas são consideradas. Este é um custo alto para os combustíveis e ainda mais difícil de ser calculado, já que seu efeito é mais abrangente, não se restringindo ao local de emissão (SALA, 1999).

iv) Hidrocarbonetos

As emissões de hidrocarbonetos (HC) resultam da evaporação de combustíveis e outros produtos voláteis e do combustível não queimado ou parcialmente queimado, sendo expelidos pelo motor em maiores quantidades principalmente quando este opera com misturas ricas ou extremamente pobres em combustível.

²⁵ Morbidade corresponde à relação entre o período de permanência hospitalar dos casos de óbito pelo rendimento médio da pessoa. A mortalidade avalia a produção sacrificada por morte prematura através do produto do número de óbitos pelo valor do capital humano perdido.

Os hidrocarbonetos, cuja ação ocorre a nível local e regional, compreendem uma mistura de diversos compostos, podendo-se destacar os aldeídos, os ácidos orgânicos, os compostos aromáticos e as olefinas, dependendo das características do combustível e do processo de combustão.

Os hidrocarbonetos provenientes das emissões veiculares são significativos em seus efeitos. As parafinas, as olefinas e compostos aromáticos têm importância na formação de oxidantes na atmosfera, além de causar possíveis danos à saúde. Alguns HC's do grupo dos aromáticos polinucleados estão associados ao aparecimento do câncer pulmonar, embora não haja evidência de que as concentrações dos aromáticos existentes nas áreas urbanas possam causar o surgimento da doença. Um outro efeito a ser considerado é o efeito narcótico, principalmente se inalado junto com o CO, o que pode induzir a dor de cabeça e sonolência (DENATRAN, 1980).

A Agência americana, EPA, classifica vários poluentes emitidos pelo veículo em conhecidos ou prováveis fatores carcinogênicos à saúde humana. Benzeno, por exemplo, é um carcinogênico conhecido, enquanto que o formaldeído, acetaldeído, 1,3-butadieno e material particulado de veículo a diesel são tidos como possíveis substâncias carcinogênicas.

Conforme dito anteriormente, os componentes tóxicos estão presentes na gasolina e são emitidos para a atmosfera através da evaporação do combustível, ou pela sua queima incompleta. O automóvel de passageiros emite pequenas quantidades de benzeno. Porém, uma significativa quantidade de compostos similares quimicamente ao benzeno, como o tolueno e xileno, são emitidos na queima incompleta da gasolina. Assim como o benzeno, estes compostos ocorrem naturalmente no petróleo e tornam-se mais concentrados quando o petróleo é refinado para produzir a gasolina com alta octanagem.

Formaldeído, acetaldeído, material particulado de veículo a diesel, e 1,3-butadieno não estão presentes no combustível, mas são produtos secundários da combustão incompleta. Formaldeído e acetaldeído são formados também através de reações com outros poluentes presentes na atmosfera ("*smog*" fotoquímico).

A atuação dos HC's é mais significativa como um dos elementos do "smog" fotoquímico na atmosfera, produto secundário das emissões. Sob determinadas condições meteorológicas, entre as quais a incidência de intensa radiação solar, uma ampla variedade de HC's lançados à atmosfera entra em reação fotoquímica com outras substâncias, como os NOx, para se tornar oxidante no ar atmosférico, sendo alguns dos quais nocivos ao homem. A luz ultravioleta das radiações solares, atuando sobre o ar atmosférico, produz ozônio (O₃), e parcela de dióxido de nitrogênio (NO₂) é transformado em óxido nítrico (NO) e oxigênio atômico. Este, por sua vez, incrementa a produção de mais ozônio e NO₂. Estes produtos reagem com os HC's, particularmente as parafinas, as olefinas e os aromáticos, para produzirem substâncias como o PAN (peroxi-acetilnitrato), epóxios e aldeídos, com forte poder de causar lacrimejamento.

Num ambiente atmosférico sem turbulência, estes produtos permanecem nas camadas inferiores da atmosfera, prolongando os seus inconvenientes, causando inclusive irritações nas mucosas dos aparelhos respiratórios. O etileno e o PAN apresentam também características fototóxicas, causando danos à vegetação e às culturas agrícolas, nas regiões que favorecem a ocorrência do "smog" fotoquímico.

Segundo SALA (1999), o efeito mais relatado dos oxidantes fotoquímicos é a irritação nos olhos. Sua presença na atmosfera tem sido associada à redução da capacidade pulmonar e ao agravamento das doenças respiratórias, como a asma. Estudos realizados em animais mostram que o ozônio causa o envelhecimento precoce, provoca danos na estrutura pulmonar e diminui a capacidade de resistir às infecções respiratórias. Já pelo estudo da American Journal Respiratory and Critical Care Medicine (1996), pessoas com asma são adversamente afetadas por exposição ao ozônio, com aumento de hospitalizações ou idas à emergência. Mesmo pessoas saudáveis têm se mostrado sensíveis aos efeitos do ozônio pela diminuição da capacidade de executar exercícios físicos (EPA, 1995).

v) Material Particulado

Material Particulado é o termo usado para partículas sólidas e líquidas presentes no ar atmosférico. Algumas são grandes o suficiente para serem vistas a olho nu, como a fumaça, enquanto que outras só são detectadas através de microscópio (EPA, 1995).

As partículas originam de uma variedade de fontes, primárias e secundárias (caminhões à diesel, serralheiras, etc.), e assim são compostas por uma gama enorme de substâncias. Há uma complexa variedade de material particulado respirável, que inclui: sulfatos ácidos e outros sais sulfatos gerados secundariamente na atmosfera, sais metais e partículas carbonáceas.

Os particulados, usualmente, são classificados em particulados finos (diâmetro menor que $2,5\ \mu\text{m}$) e particulados grosseiros (maiores que $2,5\ \mu\text{m}$). Os particulados finos são os mais importantes porque podem ser inalados pelo homem e por animais, entrando nos pulmões. Em trabalhos e estudos ambientais, consideram-se particulados finos aqueles abaixo de $10\ \mu\text{m}$, chamados também de partículas inaláveis.

Segundo SALA (1999), os particulados são formados primariamente pela suspensão de poeiras do solo, processos de moagem e brisa marinha. Causam menos problemas que os particulados finos, uma vez que a gravidade faz sua deposição no solo em poucas horas. Entretanto, aqueles particulados grosseiros que se encontram entre $2,5\ \mu\text{m}$ e $15\ \mu\text{m}$ de diâmetro podem ser importantes do ponto de vista da saúde das pessoas com problemas respiratórios e que sempre respiram pela boca. As pessoas que respiram normalmente pelo nariz não são prejudicadas por esses particulados, que são bloqueados na passagem nasal. Os particulados reduzem a visibilidade e a absorção e dispersão da luz. É o caso do nevoeiro em muitas áreas urbanas, que podem causar redução da luz do Sol.

Pelo estudo do DENATRAN (1980), a maior parte do material particulado lançado na atmosfera pela exaustão dos veículos é composta de partículas grosseiras, isto é, de diâmetro de 15 a $100\ \mu\text{m}$, e seus efeitos estão relacionados à diminuição da qualidade de vida urbana pelas sensações desagradáveis com que impressiona os sentidos, à redução de visibilidade, interferindo na operação segura nas vias. Partículas menores, mais nocivas ao organismo, formam-se primeiramente durante a combustão, tendo como matéria-prima os aditivos colocados nos combustíveis. Essas partículas, por suas pequenas dimensões, $0,01$ a $10\ \mu\text{m}$, penetram no organismo causando lesões ou depósitos inconvenientes nos brônquios, faringe e pulmão.

As possíveis ligações entre os principais poluentes e seus receptores são mostradas, de forma sucinta, na Tabela V.1, sobre as categorias de impacto ambiental e

na saúde humana devido aos poluentes do setor de transportes. Essa tabela, criada por EYRE et al. (1997), apresenta os impactos, retirados de literatura, em que foram possíveis identificar funções dose-resposta no uso de análises de dano estimado.

Tabela V.1 – Categorias dos impactos no meio ambiente e na saúde humana

Poluente	Mecanismo	Receptores					
		Clima	Saúde	Agricultura	Florestas	Pesca	Prédios
CO ₂	Direto Efeito estufa	X		?	?		
CH ₄	Direto Efeito estufa	X					
N ₂ O	Direto Efeito estufa	X					
CO	Direto Efeito estufa	X	X				
PM10	Direto		X				X
SO ₂	Direto Aerossol	?	X X	X	?		?
NO _x	Acidez Direto		X		X	?	X
	Aerossol	?	X				
	Acidez Via Ozônio	?	X	X	X ?	?	X ?
NMVOC	Direto Via Ozônio	X	? X	X	?		?
Benzeno	Direto		X				
1,3-Butadieno	Direto		?				
Formaldeído	Direto		?				

Notas:

- (X): Impactos já contemplados em estudos de valoração.
- (?): Impactos que foram identificados, mas são tão pequenos que dificultam a estimativa; ou incertos para serem usados como dados confiáveis na valoração.

Fonte: EYRE et al., 1997.

Após o entendimento dos diversos danos apresentados, surge a necessidade de estimar seus custos. Assim sendo, a seguir serão vistos alguns aspectos envolvidos na estimativa desses danos.

V.2 – ESTIMATIVAS DE CUSTO DE DANOS AMBIENTAIS E À SAÚDE

Passar de uma caracterização física dos impactos a um julgamento de valoração sobre os danos causados é o passo seguinte a ser tomado, e que vai muito além do uso de métodos científicos e econômicos. A valoração dos impactos envolve considerações filosóficas, políticas e éticas, assim como científicas. A economia ambiental apresenta diversas formas de expressar esses julgamentos sobre o valor do dano em termos monetários.

SALA (1999) apresenta diversas técnicas de valoração ambiental, classificadas em diretas e indiretas. É importante notar que não existe um método único e geral para mensurar externalidades ambientais.

As técnicas de valoração direta baseiam-se em mercados de recorrência (de bens substitutos ou complementares aos bens ambientais em análise) e mercados hipotéticos (de contingências), sendo divididos em: preço de propriedade (preços hedônicos), valor associado (valoração contingente), custo de viagem, valor da vida, risco de trabalho e produção sacrificada (SALA, 1999).

Já as técnicas de valoração indireta relacionam causa e efeito, ou seja, procuram calcular a relação "dose-reposta" entre, geralmente, a poluição e o número de internações, número de casos de doença, dias perdidos de trabalho. O princípio deste método é relacionar estatisticamente as mudanças no nível de qualidade ambiental (ar e água principalmente) com as variações na morbidade e mortalidade da população exposta (SALA, 1999).

Para o cálculo desses fatores "dose-resposta" são utilizados estudos epidemiológicos, que relacionam estatisticamente a frequência de ocorrência de um efeito específico, observado em uma população, com a variação de um agente patogênico, medida na área de análise (SZKLO, 1997).

Pesquisas anteriores em externalidades sugeriram que custos com saúde humana a partir de poluentes do ar devem ser a externalidade ambiental mais importante economicamente (OTTINGER et al., 1990). Isto deve-se ao fato de que como todas as

peças de uma mesma área respiram o mesmo ar, a sociedade tende a dar um alto valor relativo à vida humana e à saúde.

V.2.1 – DISCUSSÃO E ADOÇÃO DE VALORES DE DANOS ESTIMADOS PARA A REALIDADE BRASILEIRA

A maior parte do ímpeto de estudos norte-americanos de valoração monetária da poluição concentra-se no setor elétrico devido à sua desenvolvida estrutura de regulamentação. Segundo EYRE et al. (1997), o setor de transportes dos EUA não está sujeito ao mesmo tipo de regime regulamentar e por isso não gerou o mesmo grande número de estudos sobre externalidades. Assim sendo, as melhores estimativas de dano no setor de transportes podem surgir de adaptações advindas do setor elétrico.

Já para o Brasil, cujo setor elétrico é quase que exclusivamente hidrelétrico, é de se esperar que o mesmo tipo de adaptação para o setor de transportes não seja válido. Na verdade, existe uma tentativa de se repetir, para o Brasil, estudos feitos para os EUA.

Entretanto, ao se fazer a transferência de dano, cuidados devem ser tomados para se reconhecer as diferenças de cada setor. Certamente, a tecnologia responsável pela poluição não é por si só importante, pois um quilograma de dióxido de enxofre emitido em um dado lugar num dado instante de tempo terá os mesmos impactos. Contudo, em geral, as emissões dos setores de transporte e elétrico ocorrem em diferentes localidades. Duas características importantes podem ser identificadas:

- 1) Os poluentes do setor elétrico, típicos dos EUA e Europa, são principalmente emitidos por altas chaminés, enquanto que os do setor de transportes são emitidos próximos ao chão.
- 2) As emissões do setor elétrico concentram-se em poucos lugares, e geralmente em amplas áreas rurais, enquanto que as emissões exaustivas ocorrem numa faixa ambiental que cobre desde áreas rurais (veículos em rodovias) até grandes centros urbanos.

Ambos esses fatores devem ser considerados quando se transferem resultados obtidos em plantas de geração elétrica. De maneira ideal, cálculos reais deveriam ser tentados quanto à dispersão dos poluentes e à transformação química entre cada fonte e todos os seus receptores. Na prática, isto não é possível e mais métodos de aproximação são usados.

O estudo de EYRE et al. (1997) afirma que, em longas distâncias, o mecanismo dominante da poluição pelo transporte envolve a homogeneização dos poluentes dentro de uma camada circundante da troposfera (aproximadamente 800 m de altitude), seguida pela advecção conforme a velocidade do vento nessa camada circundante. A deposição de cada poluente ocorre a uma taxa proporcional à concentração atmosférica. Esse mecanismo independe da altura da fonte ou de sua localidade, e por conseguinte os impactos em longas distâncias dos setores elétrico e de transportes são similares.

A mesma conclusão não é válida para os impactos de curta distância. Baixos níveis de emissão apresentam maiores dose-respostas para receptores mais próximos. Quando receptores estão relativamente distribuídos de forma uniforme em uma grande área afetada, a maioria dos impactos ocorre a uma longa distância. Esta situação se aplica à maioria dos receptores biológicos (agricultura, floresta, pesca, etc.), que não estão fortemente concentrados em torno da fonte poluidora, mesmo que seja um lugar rural. Para esses receptores, os impactos de longa distância são dominantes, e portanto os impactos agregados são independentes da altura e localidade da fonte (EYRE et al., 1997).

Entretanto, receptores urbanos, tipicamente pessoas e prédios, estão mais concentrados. Para fontes em áreas urbanas, existe uma densidade de receptores ao redor da fonte muito grande, e os impactos agregados à curta distância podem ser comparados com, ou maiores que, aqueles de longa distância (EYRE, et al., 1997). A importância relativa dos impactos de curta distância depende das características do poluente e do tamanho e densidade da área urbana. No estudo de EYRE et al. (1997) foi considerado o caso extremo de uma grande concentração urbana. Todas as outras situações estarão entre este caso e o da área rural. Um dos resultados desse trabalho está apresentado na Tabela V.2, onde é possível verificar a relação do fator dose entre emissões urbana e rural.

Tabela V.2 – Estimativa das doses para receptores humanos atribuídas às emissões de tipos diferentes de fonte segundo dados europeus

Poluente	Dose (por pessoa $\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Fator Dose Emissão Urbana/Rural
	Dose total Fonte Rural	Dose local Fonte Urbana	Dose total Fonte Urbana	
PM10	790	4300	5090	6,4
SO ₂	240	4300	4540	19,0
Sulfato	160	Des.	160	1,0
NO ₂	350	1250	1600	4,6
Nitrato	280	Des.	280	1,0
CO	5400	4300	9700	1,8
Benzeno	790	4300	5090	6,4
Butadieno	70	4300	4370	62,0
Formaldeído	50	4300	4350	87,0

Notas:

- Dose total – Fonte Rural: dados europeus modelados conforme o fenômeno da poluição atmosférica em "longa distância".
- Dose local – Fonte Urbana: modelagem de dados da região metropolitana de Londres.
- Des.: desprezível.

Fonte: EYRE et al., 1997.

Assim sendo, os danos atribuídos ao transporte na análise de EYRE et al. (1997) foram estimados usando uma diferenciação no preço da poluição, que são:

- Para todas as emissões em áreas rurais, para poluentes secundários e todas as emissões de gases de efeito estufa, os preços são aqueles derivados de análises do setor elétrico.
- Para todas as emissões do setor de transportes em áreas urbanas, o mesmo preço da poluição é usado para a agricultura e floresta. Porém, para os impactos na saúde e materiais de construção, o preço da poluição aplicado aos poluentes primários são maiores segundo as relações da Tabela V.2 entre as áreas urbana e rural.

V.2.2 – APRESENTAÇÃO DE CUSTOS DE DANOS AMBIENTAIS E À SAÚDE SEGUNDO ESTUDOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

Inúmeras são as dificuldades na avaliação dos efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana no Brasil, e mais ainda sobre a flora, fauna, setores produtivos como a agricultura e a pesca, e em materiais e prédios. A primeira dificuldade está nas limitações na composição de uma base de dados sobre os parâmetros de poluição

atmosférica e os indicadores de saúde, de produtividade agrícola, etc. Assim, os estudos brasileiros se concentram nos danos à saúde humana e em sua maioria nos estados mais urbanizados e industrializados.

Existe no Brasil uma carência quase que absoluta de estudos sobre a epidemiologia da poluição do ar. Esses estudos epidemiológicos são a base de dados para estimar funções dose-resposta, que por sua vez são utilizados na valoração das externalidades ligadas à saúde. Alguns órgãos ambientais do país, como a CETESB de São Paulo e a FEEMA do Rio de Janeiro, já realizaram diagnósticos da qualidade do ar nas principais metrópoles, monitorando as áreas críticas e propondo até mesmo a adoção de medidas de controle em caráter de emergência. Entretanto, são raros os trabalhos que avaliam os efeitos negativos dos poluentes do ar sobre a saúde humana, e a quota do setor de transportes na saúde humana.

O estudo realizado por MOTTA e MENDES (1994) estimou duas funções dose-resposta para doenças do aparelho respiratório que inclui, além dos fatores associados à qualidade do ar, nível de poluentes e condições meteorológicas, outro fator não associado à qualidade do ar, o grau de instrução. Essas funções foram desenvolvidas para São Paulo (de 1983 à 1991), e analisam a relação entre mortalidade e poluição do ar, respectivamente no que se refere à concentração na atmosfera de material particulado inalável e dióxido de enxofre (1ª função) e monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio e ozônio (2ª função).

Por fim, MOTTA e MENDES (1994) estimaram os custos de saúde associados à poluição do ar no Brasil, conforme mostra a Tabela V.3, quando se ultrapassam os níveis legais de concentração de material particulado. A metodologia adotada para estimar os custos associados à poluição do ar considerou, por um lado, a produção sacrificada resultante da perda de dias de trabalho e da morte prematura de pessoas vitimadas pelas doenças do aparelho respiratório e, por outro lado, a produção que seria viabilizada caso os gastos hospitalares incorridos no tratamento e diagnose destas doenças fossem convertidos para outras atividades.

Tabela V.3 – Custos de saúde associados à poluição no Brasil na década de 80

	Vida Estatística (a) (US\$ 1999 / Óbito) (*)	Custo Per Capita (b) (US\$ 1999 / Habitante) (*)
Poluição Hídrica (c)	26.784	4,07
Poluição Atmosférica	9.375	1,15

Nota: Custos médios entre as populações estudadas de São Paulo, Rio de Janeiro e Cubatão, a partir de função dose-resposta desenvolvida para São Paulo.

(a) Vida estatística representa a divisão da produção sacrificada pela mortalidade, i.e. pelo número de óbitos associados à poluição por material particulado inalável.

(b) Custos totais per capita com base na população urbana atingida pelos efeitos negativos da poluição.

(c) Estimativas dos serviços e das perdas ambientais derivados do uso de recurso hídrico pelas famílias urbanas no período de 1970/90.

(*) Valores originais em dólar de 1989. Utilizou-se o índice de inflação norte-americano do período igual a 1,37, ou seja, 1 US\$(1989) = 1,37 US\$(1999), segundo o Statistical Abstracts of The United States –SAUS (1999). Porém, deve-se atentar que a estrutura de custos é brasileira.

Fonte: MOTTA e MENDES, 1994.

Outro estudo nacional, realizado por SALA (1999), valorou os danos à saúde humana (problemas do aparelho respiratório e circulatório) relacionados à poluição do ar devido ao setor de transportes na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com relação somente ao material particulado (PM10). A partir de funções dose-resposta norte-americanos (SCHWARTZ (1993), POPE et al. (1995), POPE (1991) e OSTRO (1996)) e nacionais (CHIN (1997) e MENDES (1993)) efetuou-se o cálculo dos custos referentes a morte prematura, internação infantil, admissão hospitalar e dias de atividade restrita, com base na estrutura de custos do ano de 1997, para a população da RMSP afetada. Essa estimativa refere-se aos danos que poderiam ser evitados quando foram ultrapassados os padrões de qualidade do ar para material particulado durante o período de 1990 a 1997. Foi considerado, também, que 40% das partículas inaláveis são provenientes do setor de transportes, segundo a CETESB (1998).

A faixa de custos estabelecida por SALA (1999), para ambos os casos nacional (RMSP) e norte-americano, refere-se às seguintes suposições:

- a) para o limite inferior (corresponde ao ano de 1992, que obteve o menor aumento de material particulado acima dos padrões): utilizaram-se os menores valores de vida humana, de número de casos de admissão hospitalar no ano de 1992 e de número de atividade restrita do ano de 1992; e

- b) para o limite superior (corresponde ao ano de 1995, cuja concentração de material particulado ultrapassou muito além o padrão em relação aos outros anos estudados): utilizaram-se os maiores valores de vida humana, de casos de internação hospitalar e de atividade restrita do ano de 1995.

Os resultados obtidos por SALA (1999) estão na Tabela V.4, a seguir.

Tabela V.4 – Os custos do setor de transportes da cidade de São Paulo, segundo os estudos da Região Metropolitana de São Paulo e dos EUA, para material particulado inalável (PM10)

<i>Estudos ^(a)</i>	<i>SÃO PAULO</i>		<i>EUA</i>	
Custos no ano (US\$ 1999) ^(b) :	1992	1995	1992	1995
Varição de PM10 ⁽¹⁾	10 µg/m ³	25 µg/m ³	10 µg/m ³	25 µg/m ³
Morte Prematura ⁽²⁾	2,12 milhões	2,71 bilhões	1,27 milhão	6,92 bilhões
Internação Infantil ⁽³⁾	47,3 mil	111,5 mil	-	-
Admissão Hospitalar ⁽⁴⁾	-	-	45,6 mil	268,2 mil
Admissão Hospitalar incluídos os dias perdidos de trabalho ⁽⁵⁾	-	-	63,9 mil	377,9 mil
Dias de atividade restrita ⁽⁶⁾	-	-	26,43 milhões	150,67 milhões
Total ⁽⁷⁾	2,16 milhões	2,71 bilhões	27,75 / 1,33 milhões	7,1 / 6,9 bilhões

Notas:

- (a) Custos relacionados à saúde humana (aparelhos respiratório e circulatório) da população paulistana, considerando os estudos de funções dose-resposta para material particulado (PM10) da RMSP e de regiões norte-americanas (diversos autores). Os valores das mortes prematuras e de internações infantis podem incorrer dupla contagem, já que as internações infantis não identificam possíveis internações que resultariam em morte.
- (b) Os dados originais em Reais de 1997 foram convertidos em Reais de 1999, segundo os índices gerais de preço da Revista Conjuntura Econômica (1999): $IGP(1997) / IGP(1999) = 0,827672727$. Depois fez-se a conversão do Real (1999) para Dólar americano (1999), segundo o fator de 1 US\$ = 1,80986 R\$ (média das cotações das taxas interbancárias do ano de 1999 segundo a OANDA (1999)).
- (1) Variação acima do padrão de qualidade do ar igual a 50 µg/m³.
- (2) Função dose-resposta nacional de MENDES (1993). Função dose-resposta dos EUA de: SCHWARTZ (1993) para o ano de 1992 e POPE et al. (1995) para o ano de 1995. Custos referentes aos gastos hospitalares de internações associadas ao óbito. Os valores da vida humana utilizados foram respectivamente R\$ 7.915,00 (MENDES, 1993) e R\$ 3,5 milhões (SPADARO et al., 1998), em R\$1997, para os limites inferior (ano de 1992) e superior (ano de 1995).
- (3) Função dose-resposta nacional de CHIN (1997). Esses valores são os gastos com as admissões hospitalares de crianças menores de 13 anos que poderiam ser evitadas caso o padrão de material particulado (PM10) não fosse excedido. O custo das admissões usado foi de R\$ 263,00 (R\$1997) por internação.

- (4) Função dose-resposta dos EUA de POPE (1991) para ambos os anos. Esses valores são os gastos com as admissões hospitalares, onde se multiplicou o número de admissões totais pelo custo da admissão de R\$ 263,00 (R\$1997) por internação.
- (5) Função dose-resposta dos EUA de POPE (1991) para ambos os anos. Esses valores são os gastos com as admissões hospitalares da nota (4) incluídas as perdas salariais da população paulistana adulta (acima de 18 anos). Os custos de internações usados foram de R\$ 431,00 (R\$1997) por internação para adultos e R\$ 263,00 (R\$1997) por internação para os demais, e assumiu-se uma média de permanência no hospital de 5,6 dias.
- (6) Função dose-resposta dos EUA de OSTRO (1996) para ambos os anos. O valor estimado para perda salarial diária foi de R\$ 40,00 (R\$1997). Nesta estimativa adotou-se outra metodologia de cálculo. A atividade restrita por problemas de saúde não implica em internações ou morte prematura, é mais abrangente e por isso os valores são muito altos, na ordem dos milhões.
- (7) O "Total" corresponde ao somatório de (2) e (3), no estudo nacional (São Paulo); enquanto que no estudo dos EUA é o somatório das seguintes parcelas, respectivamente, $(2)+(4)+(6) / (2)+(5)$.

Fonte: Elaboração própria a partir de SALA(1999).

Um dos motivos principais que influenciou no grande intervalo obtido, entre os anos de 1992 e 1995, tanto no estudo nacional quanto no dos EUA, refere-se à valoração da vida humana. SALA (1999) utilizou como estimativa, para o limite superior, o valor sugerido por SPADARO et al. (1998) de R\$ 3,5 milhões (US\$ 3,25 milhões) sem a correção de renda entre o país em que o valor foi estimado e a renda brasileira. Assim sendo, a hipótese feita por SALA (1999) foi que a vida em um país rico vale exatamente o mesmo que em um país em desenvolvimento. O limite inferior da vida humana no Brasil utilizada por SALA (1999) veio do trabalho de MENDES (1993), baseado nos gastos hospitalares por óbito de US\$ 5.647 (US\$ 1989), equivalente à R\$ 7.915 (R\$ 1997)²⁶. Economicamente, nota-se que o valor da vida humana em um país em desenvolvimento é menor que em um país desenvolvido, porém eticamente isso não deveria ocorrer.

Observam-se, também, diferenças entre os estudos nacionais e norte-americanos para cada ano no trabalho de SALA (1999). Isso se deve ao uso, na estimativa dos EUA, de funções dose-resposta de diversas localidades dos EUA, conforme os diferentes autores pesquisados.

O fato de se usar dados de uma mesma localidade diminui a ocorrência de erros quanto aos fatores climáticos e topográficos, que afetam a dispersão dos poluentes, e o tipo de atmosfera reagente que transformará as emissões primárias do setor de

²⁶ SALA (1999) utilizou deflator de Conjuntura Econômica e taxa cambial Banco Central.

transportes em secundárias. Portanto, os dados nacionais que vieram de uma mesma localidade são mais confiáveis.

Tendo em vista o exposto acima, conclui-se que os dados nacionais de SALA (1999) estariam mais fiéis à realidade brasileira. Porém, estimou-se apenas uma faixa de custos da saúde com relação ao aumento de material particulado inalável (PM10) acima dos padrões de qualidade do ar, não tendo sido contabilizados os custos de outros poluentes.

Desse modo, surge a necessidade de se apresentar outros estudos internacionais, que incluem os custos das externalidades causadas pelos diversos poluentes. Assim sendo, as estimativas que serão vistas a seguir referem-se aos estudos internacionais de DeCICCO e THOMAS (1998) sobre os EUA, e EYRE et al. (1997) sobre a Europa.

O primeiro trabalho, realizado nos EUA, apresenta os custos estimados dos danos à saúde provocados pelo uso dos veículos motores norte-americanos e da infraestrutura de suporte destes. Já o segundo mostra estimativas de custos não só em relação à saúde, mas também os custos na agricultura, pesca, entre outros. Faz-se, ainda, uma diferenciação de custos entre as localidades rurais e urbanas na Europa, conforme já fora visto na Tabela V.2.

DELUCCHI e McCUBBIN (1996) estimaram os custos do dano à saúde dos principais poluentes atmosféricos relacionados aos veículos automotores e a infraestrutura relacionada a eles (incluindo plantas de produção de veículos, refinarias de petróleo, etc.). Eles simularam a fração de um poluente, emitido por uma dada fonte, que atingiria diversas pessoas em várias localidades. Os resultados dessa simulação foram normalizados para as exposições relativas das emissões de PM de um veículo leve, e submetidos ao que pode ser chamado de fator de redução de custo do dano. A partir de uma revisão dos vastos fatores resultantes desse trabalho, DeCICCO e THOMAS (1998) estimaram que o custo do dano em saúde com relação às refinarias e fábricas seria a redução por um fator de 5 (ou uma diferença de 80%) dos custos estimados para veículos automotores, conforme mostra a Tabela V.5 a seguir. Neste caso, aplicou-se um mesmo fator de redução para todos os poluentes, diferentemente do que foi feito no trabalho europeu.

DELUCCHI (1997b) estimou um intervalo de custos de danos à saúde causados pelo uso de veículos automotores norte-americanos totalizando aproximadamente de US\$30 a US\$560 bilhões ao ano (em US\$1999)²⁷. Essas estimativas correspondem um custo por veículo de aproximadamente US\$175 a US\$3100 ao ano (em US\$1999).

Tabela V.5 – Estimativa de custos dos danos à saúde segundo dados norte-americanos

POLUENTE	CUSTO MARGINAL DE EMISSÕES EM US\$ 1999 / kg ^(a)	
	VEÍCULOS AUTOMOTORES ^(b)	REFINARIAS E FÁBRICAS ^(c)
Monóxido de carbono (CO)	0,0372	0,0074
Hidrocarbonetos (HC ou VOC)	0,4216	0,0843
Óxidos de nitrogênio (NO _x)	5,58	1,116
Dióxido de enxofre (SO ₂)	26,36	5,27
Material particulado (PM10)	44,79	8,96

Notas:

- (a) Valores originais em US\$ (1991) por kg. Utilizou-se índice de inflação norte-americano do período igual a 1,24, ou seja, 1 US\$ (1991) = 1,24 US\$ (1999), segundo o SAUS (1999).
- (b) Dados obtidos da média geométrica entre os custos estimados mais baixos e mais altos em saúde a partir de DELUCCHI (1997a).
- (c) Valores de veículos automotores reduzidos pelo fator de 5, conforme estimativa de DeCICCO e THOMAS (1998).

Fonte: DeCICCO e THOMAS, 1998.

Como não existe um método único e geral para mensurar externalidades ambientais, adotou-se também neste trabalho o estudo europeu. Primeiramente, EYRE et al. (1997) assumiram que os danos referentes ao setor de transportes em áreas rurais como sendo similar ao setor elétrico, também em áreas rurais. As estimativas de dano cobrem os efeitos diretos e indiretos, conforme mostra a Tabela V.6. Elas derivaram de outros estudos, que também utilizaram as técnicas de valoração desenvolvidas na literatura de economia do meio ambiente (como o PEARCE et al., 1989).

Para as emissões de gases de efeito estufa foram utilizadas as estimativas recentes de FANKHAUSER (1994). Os custos cobrem uma ampla variedade de categorias de dano, incluindo a perda causada pelos impactos de mudança de clima (por exemplo, na produção agrícola) e os custos de adaptação (por exemplo, de construção de barreiras marinhas). Os impactos mais incertos, tais como uma desertificação em

²⁷ Valores originais em US\$ (1991). Utilizou-se índice de inflação norte-americano do período igual a 1,24, ou seja, 1 US\$ (1991) = 1,24 US\$ (1999), segundo o SAUS (1999).

larga escala e uma grande ruptura ecológica não foram incluídos por EYRE et al. (1997). Dessa forma, os resultados para CO₂, CH₄ e N₂O apresentados por EYRE et al. (1997) foram retirados diretamente de FANKHAUSER (1994). Já os impactos de CO e NMVOC, no aquecimento global, foram incluídos utilizando-se os potenciais relativos de aquecimento global com relação ao CO₂ (GWP) de 1,8 e 11, respectivamente (HOUGHTON et al., 1990).

Os danos à saúde humana derivam de funções dose-resposta, que medem os impactos das concentrações dos poluentes na mortalidade e morbidade. As estimativas para material particulado, SO₂, NO_x e ozônio foram tirados dos estudos epidemiológicos conduzidos pela Comissão Européia (CEC, 1995). Os maiores danos são aqueles diretamente ligados à mortalidade devido às partículas inaláveis (PM₁₀), cuja função dose-resposta deriva do estudo americano de SCHWARTZ e DOCKERY (1992). Os maiores impactos de SO₂ e NO_x vêm dos aerossóis que se produzem na atmosfera, que são tratados como particulados. Os danos causados pelo benzeno foram estimados a partir de QUARG (1993), que sugere uma emissão na Grã Bretanha de 48.500 tonnes/ano, e de WOLF (1994), que relaciona essa emissão à morte de 500 crianças por leucemia.

Os danos resultantes da deposição ácida nas florestas são de difícil quantificação por duas razões. Primeiro, a compreensão científica de declínio florestal é incompleto. Segundo, o efeito é freqüentemente definido somente em termos de dano foliar. Isto reduz o crescimento da árvore e da fixação de carbono, e indiretamente pode acarretar a perda do valor de recreação e biodiversidade. A perda de árvores é relativamente fácil de valorar utilizando preços de mercado. Outros danos, porém, são mais complexos. Segundo EYRE et al. (1997), apesar de haver estudos que estimam o valor de recreação das florestas, não existem estimativas para a mudança de valor conforme o declínio da qualidade da floresta como resultado da acidificação. Portanto, os custos das perdas de recreação não foram quantificados. Similarmente, não existe um método satisfatório de valoração marginal de mudanças na biodiversidade. Dessa forma, EYRE et al. (1997) basearam-se em um estudo da CEC (1995) para estimar que a perda de crescimento de árvores nas florestas européias possui um valor aproximadamente de 0,1 pence 1995/g (ou 0,1794 US\$ cents 1999/g) de SO₂. Assim sendo, o valor de NO_x foi baseado em sua contribuição relativa à deposição ácida.

As estimativas de custo de dano nas plantações pelo SO₂ e pelo ozônio derivaram das estimativas de custo de perda de plantação. As estimativas de custo derivam das estimativas de danos em escala européia e a perda dos campos foi valorada quanto ao preço de mercado internacional segundo a CEC (1995).

Já as estimativas de danos aos materiais de construção (prédios, casas, pontes, etc.) por SO₂ e deposição ácida foram baseadas no custo de reparo e de manutenção, segundo a CEC (1995). Os "custos de substituição" englobam novo polimento, novo enchimento com argamassa, substituição do concreto, do aço e do aço galvanizado e nova pintura. As estimativas não incluem os valores de prédios históricos ou culturais. Os danos atribuídos ao material particulado basearam-se em estudos de mercado de limpeza de prédios na Grã Bretanha, porém não incluem os maiores danos no setor doméstico (EYRE et al., 1997).

Os danos de emissões urbanas são maiores que aqueles de emissões rurais pelas razões já vistas anteriormente no subitem V.2.1 deste Capítulo. Os fatores da última coluna da Tabela V.2 serviram para fazer uma escala de danos à saúde entre as áreas urbanas e rurais. EYRE et al. (1997) assumiram, também, que esses mesmos fatores de escala podem ser utilizados para os danos de materiais de construção, já que é razoável assumir que estes estão distribuídos de acordo com a densidade populacional.

Tabela V.6 – Estimativa de custos dos danos atribuídos às emissões do setor de transportes, segundo dados europeus, em centavos de dólar por grama de poluente (centavos de US\$ 1999 / g)

Impactos	Emissões	SO₂	NO_x	PM10	CO₂	CH₄	N₂O	C₆H₆	VOC	CO
Diretos na saúde	Rural	0,2333	0,0718	1,5791	ne	ne	ne	3,7683	nq	nq
	Urbano	4,4322	0,3230	10,1025	ne	ne	ne	24,0451	nq	nq
Aerosóis na saúde	Ambos	0,3230	0,5563	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Ozônio na saúde	Ambos	ne	0,2512	ne	ne	ne	ne	ne	0,3409	ne
Floresta	Ambos	0,1794	0,1256	ne	nq	ne	ne	ne	nq	ne
Diretos na agricultura	Ambos	0,0025	ne	ne	nq	ne	ne	ne	ne	ne
Ozônio na agricultura	Ambos	ne	0,0144	ne	ne	ne	ne	ne	0,0197	ne
Águas "frescas"	Ambos	nq	nq	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Materiais de construção	Rural	0,0484	0,0341	0,0323	ne	ne	ne	ne	nq	ne
	Urbano	0,9151	0,1615	0,2153	ne	ne	ne	ne	nq	ne
Aquecimento Global *	Ambos	nq	nq	nq	0,0007	0,0126	0,1077	ne	0,0079	0,0013
Subtotais ⁽¹⁾	Rural	0,7867	1,0533	1,6114	0,0007	0,0126	0,1077	3,7683	0,3686	0,0013
	Urbano	5,8523	1,4319	10,3179	0,0007	0,0126	0,1077	24,0451	0,3686	0,0013

Notas:

- Dados originais em centavos de libra por grama (pence/g) de 1995 e modificados para centavos de libra por grama (pence/g) de 1997, segundo índice de inflação do período da Grã Bretanha de: $i(1995) / i(1999) = 0,9011547$ (MONEYWORLD, 1999). Depois converteu-se para Dólar americano de 1999 por grama, através da obtenção da média da cotação diária da libra inglesa para dólar americano durante o ano de 1999, conforme série histórica das taxas interbancárias (OANDA, 1999), a partir do fator: 1 libra (1999) = 1,61704 US\$ (1999).
- (1): Como muitos danos não foram possíveis de quantificar, este somatório representa apenas um subtotal.
- (*): Inclui impactos quantificados de aquecimento global em todos os receptores.
- ne = não tem efeito.
- nq = não quantificado.

Fonte: EYRE et al., 1997.

A partir da tabela anterior, construiu-se a Tabela V.7, a seguir, sobre as diferenças de custos dos danos entre rural e urbano. Nota-se que para cada poluente há um fator que relaciona os danos urbanos aos rurais. Portanto, a utilização de um único fator de diferenciação igual para todos os poluentes em estudos de valoração pode gerar distorções.

Tabela V.7 – Relação dos custos estimados entre urbano e rural segundo estudo europeu

<i>Impactos</i>	<i>Emissões</i>	<i>SO₂</i>	<i>NOx</i>	<i>PM10</i>	<i>CO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>	<i>C₆H₆</i>	<i>VOC</i>	<i>CO</i>
Subtotal dos Danos à saúde (em US\$ cents 1999 / g)	Rural	0,5563	0,8793	1,5791	-	-	-	3,7683	0,3409	-
	Urbano	4,7552	1,1305	10,1025	-	-	-	24,0451	0,3409	-
Relação dos danos à saúde	Urbano / Rural	8,5	1,3	6,4	-	-	-	6,4	1	-
Diferença nos danos à saúde	(%)	(88%)	(22%)	(84%)	-	-	-	(84%)	(0%)	-
Subtotais (*)	Rural	0,7867	1,0533	1,6114	0,0007	0,0126	0,1077	3,7683	0,3686	0,0013
(em US\$ cents 1999 / g)	Urbano	5,8523	1,4319	10,3179	0,0007	0,0126	0,1077	24,0451	0,3686	0,0013
Relação Geral	Urbano / Rural	7,4	1,4	6,4	1	1	1	6,4	1	1
Diferença Geral	(%)	(87%)	(26%)	(84%)	(0%)	(0%)	(0%)	(84%)	(0%)	(0%)

Notas:

- A diferença percentual (%) refere-se à diferença entre os valores urbano e rural.
- A unidade (US\$ cents / g) refere-se ao centavo de dólar americano de 1999 por grama de poluente.
- (*): É o somatório dos danos à saúde com os danos à floresta, agricultura e materiais de construção e o dano do aquecimento global. Também representa apenas um subtotal.

Fonte: EYRE et al., 1997.

A seguir, serão apresentadas as diferenças entre estes dois estudos (o europeu e o norte-americano) na Tabela V.8, levando-se em conta apenas os danos à saúde. Nota-se que para cada poluente há uma grande diferença percentual entre o estudo europeu e o norte-americano chegando a 97% para o VOC (compostos orgânicos voláteis) em área rural. Devido à variação observada entre os dados encontrados na literatura, gerou-se um intervalo de custos de dano conforme será visto no próximo item.

Tabela V.8 – Resumo das estimativas de custo quanto aos danos à saúde nas áreas urbana e rural devido ao setor de transportes segundo os trabalhos europeu e norte-americano

<i>Impactos</i>	<i>Emissões</i>	<i>SO₂</i>	<i>NOx</i>	<i>PM10</i>	<i>CO₂</i>	<i>C₆H₆</i>	<i>VOC</i>	<i>CO</i>
EYRE: Subtotal dos danos à saúde (US\$cents 1999/g) ⁽¹⁾	Urbano	4,7552	1,1305	10,1025	-	24,0450	0,3409	-
EYRE: Subtotal dos danos à saúde (US\$cents 1999/g) ⁽¹⁾	Rural	0,5563	0,8793	1,5791	-	3,7683	0,3409	-
DELLUCHI: Danos à saúde (US\$cents 1999/g) ⁽²⁾	Urbano	2,636	0,558	4,479	-	-	0,04216	0,00372
DeCICCO: Danos à saúde (US\$cents 1999/g) ⁽²⁾	Rural	0,527	0,1116	0,896	-	-	0,00843	0,00074
Diferença % entre EYRE e DELLUCHI	Urbano	45 %	51 %	56 %	-	-	88 %	-
Diferença % entre EYRE e DeCICCO	Rural	5 %	87 %	43 %	-	-	97 %	-

Notas:

- (1) Somaram-se os danos diretos à saúde com a parcela dos aerossóis e ozônio que afetam à saúde, obtidos por EYRE et al. (1997).
- (2) As estimativas de DELUCCHI (1997a) correspondem às emissões de veículos automotores, enquanto que as estimativas de DeCICCO e THOMAS (1998) correspondem às emissões nas refinarias e fábricas, segundo uma redução por um fator de 5 dos valores de DELUCCHI (1997a). Assumiu-se que os dados dos veículos automotores e das refinarias e fábricas correspondem às respectivas localizações em zonal urbana e zona rural.

Fontes: EYRE et al. (1997) e DeCICCO e THOMAS (1998).

V.2.3 – INTERVALO DE ESTIMATIVAS DE CUSTO PARA O SETOR DE TRANSPORTE DO BRASIL

Tendo em vista o exposto acima, verificam-se as enormes dificuldades em se estimar os custos de dano ambiental e à saúde humana aplicáveis ao contexto brasileiro. Portanto, estabeleceram-se limites para este trabalho tomando como base os valores obtidos nos estudos europeu, de EYRE et al. (1997), e norte-americano, de DeCICCO e THOMAS (1998).

Primeiramente, escolheu-se um intervalo de valores a partir das estimativas internacionais. O limite inferior desse intervalo corresponde aos menores valores

encontrados de custo de dano, sendo que em sua maioria estão representados pelos dados de DeCICCO e THOMAS (1998), com exceção das emissões urbanas de CO. Enquanto que para o limite superior, estão os maiores valores de custo, correspondendo assim aos valores de EYRE et al. (1997).

Tendo em vista que é de se esperar que as estimativas nacionais de valor da vida humana, de custos hospitalares, dentre outros parâmetros de valoração de dano, sejam menores que aquelas dos países desenvolvidos, faz-se necessário estimar um intervalo no qual o Brasil estaria inserido. Isso é extremamente questionável, pois, como exemplo, eticamente a vida humana não deveria ser diferente entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos. Contudo, é de se esperar que o custo de vida (alimentação, moradia, saúde, transporte, etc.) em países de Primeiro Mundo seja mais alto, em média, do que em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos.

Assumiu-se, então, que a faixa de custos representaria, respectivamente, uma variação de 50 % à 100% desses limites inferior e superior, para cada região (urbana e rural). Assim, a Tabela V.9 mostra o possível intervalo de custos em que o Brasil estaria inserido. Em ambas as áreas, o maior valor de custo possível representa 100% do limite superior, enquanto que o menor valor representa 50% do limite inferior, dos estudos de EYRE et al. (1997) e DeCICCO e THOMAS (1998).

É importante observar que os valores de custo de dano apresentados neste Capítulo são relativos, podendo variar muito segundo a fonte de dados adotada.

Tabela V.9 – Intervalo de custos estimados para o setor de transportes no Brasil, em centavos de dólar por grama de poluente (centavos de US\$ 1999 / g)

Poluente	OUTROS ESTUDOS (a)				BRASIL (b)			
	Urbano		Rural		Urbano		Rural	
	<i>Lte. Inferior</i>	<i>Lte. Superior</i>	<i>Lte. Inferior</i>	<i>Lte. Superior</i>	<i>Menor Valor ^(c)</i>	<i>Maior Valor ^(d)</i>	<i>Menor Valor ^(c)</i>	<i>Maior Valor ^(d)</i>
CO ₂	0,0007 (e)	0,012 (e)	0,0007 (e)	0,012 (e)	0,0007 (f)	0,012	0,0007 (f)	0,012
CO (g)	0,0013	0,00372*	0,00074*	0,0013	0,0013 (f)	0,00372	0,00037	0,0013
NO _x	0,558 *	1,4319	0,1116*	1,0533	0,279	1,4319	0,0558	1,0533
SO ₂	2,636 *	5,8523	0,527 *	0,7867	1,318	5,8523	0,2635	0,7867
PM10	4,479 *	10,3179	0,896 *	1,6114	2,2395	10,3179	0,448	1,6114
VOC (h)	0,04216*	0,3686	0,00843*	0,3686	0,02108	0,3686	0,004215	0,3686
CH ₄	0,0126	0,0126	0,0126	0,0126	0,0126 (f)	0,0126	0,0126 (f)	0,0126
N ₂ O	0,1077	0,1077	0,1077	0,1077	0,1077 (f)	0,1077	0,1077 (f)	0,1077
C ₆ H ₆	24,0451	24,0451	3,7683	3,7683	12,0226	24,0451	1,8842	3,7683

Notas:

- (a) Dados de EYRE et al. (1997), com exceção dos valores com (*) que correspondem aos dados de DeCICCO e THOMAS (1998) sobre os danos à saúde apenas.
- (b) Assumiu-se aqui um intervalo para o Brasil como sendo a variação de 50% a 100% da faixa de limites urbanos e rurais de estudos internacionais.
- (c) O menor valor possível corresponde a 50% do limite inferior de estudos internacionais.
- (d) O maior valor possível corresponde a 100% do limite superior de estudos internacionais.
- (e) Os dados para o CO₂ foram retirados de SCHAEFFER et al. (2000) e estão em centavos de dólar por grama de carbono.
- (f) Dados retirados de EYRE et al. (1997) referentes aos impactos de aquecimento global, e portanto foram mantidos os limites inferiores sem uma redução de 50% para ambos os casos, rural e urbano, no Brasil. A unidade para os valores de CO₂ é centavos de dólar por grama de carbono.
- (g) Note que o dado de CO de DeCICCO e THOMAS (1998) refere-se ao efeito direto na saúde, enquanto que o de EYRE et al. (1997) corresponde ao efeito indireto do aquecimento global.
- (h) Ambos os dados de DeCICCO e THOMAS (1998) e EYRE et al. (1997) referem-se aos compostos orgânicos voláteis não metânicos.

Fonte: Elaboração própria.

Como os custos à saúde humana são aqueles mais diretamente quantificáveis, o Apêndice B apresenta apenas a contribuição desses custos no setor de transportes.

COMENTÁRIOS FINAIS

A partir desse intervalo de estimativas de custos do setor de transportes, poderá ser feita uma avaliação dos danos causados pelos veículos leves a partir de um índice de dano ambiental, conforme será visto no próximo Capítulo.

CAPÍTULO VI

AVALIAÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES DO BRASIL ATRAVÉS DE UM ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA)

VI.1 – ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL

A essência desta metodologia baseia-se no instrumento de gestão ambiental chamado de análise de ciclo de vida do produto ("*Life-Cycle Analysis – LCA*"), tendo o estudo de DeCICCO e THOMAS (1998) como principal referência literária neste trabalho de modelagem.

A produção, o uso e a disposição final de um veículo automotivo afetam o meio ambiente em inúmeras maneiras. O impacto inicia-se na extração da matéria-prima e continua durante a conversão dos materiais e nos processos de fabricação do automóvel, o que envolve tipos diferentes de indústrias. Durante o uso do veículo, o consumo de combustível, a direção, o armazenamento e a manutenção geram os mais diversos tipos de poluição (do ar, água e sonora), assim como emissões de gases de efeito estufa. A disposição final das partes gastas (como pneus, baterias, óleo motor, etc.) ocorre durante o ciclo de vida do veículo. Por fim, o próprio veículo é descartado. Nesta última etapa, existe a possibilidade de se regenerar e se reciclar determinados componentes, por exemplo o aço, os plásticos, dentre outros²⁸. Na verdade, segundo DeCICCO e

²⁸ No Brasil, recicla-se apenas o aço – aproveitado por ferros-velhos e siderúrgicas – e reutiliza-se algumas partes, comercializadas no mercado de peças usadas. Plásticos, espumas, vidros, baterias, óleos e pneus, na maioria das vezes, são simplesmente abandonados no meio ambiente. De acordo com o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (Cempre), associação que realiza estudos sobre a reciclagem de lixo, apenas 10% das 300 mil toneladas de sucata de pneus disponíveis no Brasil são reciclados e 18% dos 900 mil metros cúbicos de óleo lubrificante consumidos anualmente passam por processos de refinação (ou seja, são refinados mais uma vez, gerando óleos básicos para novas formulações).

Montadoras como a Ford, Volkswagen e Fiat já vêm criando desenhos específicos que facilitem tanto a desmontagem do veículo como a transformação de seus materiais. A Ford do Brasil vem, há cinco anos, produzindo carros quase que totalmente recicláveis, faltando fechar o ciclo da reciclagem, como para onde encaminhar grandes quantidades de material. Já a Fiat brasileira pretende ser a pioneira na implantação de 30 centros de reciclagem de veículos no país (SAFATLE, 1998).

THOMAS (1998), essa atividade de reciclagem vem se intensificando ao longo do tempo. Porém, nenhum desses processos estão livres de impactar o meio ambiente também. Um sistema ideal de mensuração poderia incorporar todos os impactos envolvidos no ciclo de vida do veículo.

A Tabela VI.1 ilustra as preocupações ambientais que devem ser consideradas ao longo das fases do ciclo de vida de um veículo na forma de uma matriz de análise de ciclo de vida de produto. A fase do produto em uso é a que possui os melhores dados a serem cobertos. A maioria dos estudos de LCA automotivo não distingue uma marca ou modelo em particular, mas sim compara os impactos agregados em uma mudança de projeto ou uso de material (e.g., SCHUKERT et al. 1996), ou examina alguns componentes em particular e o processo de produção.

Tabela VI.1 – Matriz de ciclo de vida aplicada a veículo automotor

<i>Preocupações Ambientais</i>	<i>Fases do Ciclo de Vida do Produto</i>				
	<i>Produção de Materiais</i>	<i>Processo de Fabricação</i>	<i>Distribuição do Produto</i>	<i>Uso do Produto</i>	<i>Fim da Vida</i>
Emissão de Gases de Efeito Estufa	C	C		A	
Poluição do ar	C	C		B	
Poluição da água					
Contaminação do Solo					
Periculosidade no ambiente de trabalho					
Ruído					
Consumo de energia	C	C		A	
Outro consumo de recursos					
Outros danos ao ecossistema					

Notas:

- Condições adotadas na metodologia de DeCICCO e THOMAS (1998), onde as células em branco indicam os itens não incluídos.
- (A): Explicitamente incluído, com boa qualidade de dados e alta precisão relativa para discriminação dentre os veículos.
- (B): Explicitamente incluído, mas com baixo nível de qualidade de dados e alto grau de incerteza relativa.
- (C): Incluído apenas indiretamente, com dados muito agregados ou incertos.

Fonte: DeCICCO e THOMAS, 1998.

A fase de uso do produto, com relação ao consumo energético e à poluição do ar, representa a parte mais substancial dos impactos nessa análise do ciclo de vida do automóvel. Em termos brutos, 90% do ciclo energético ocorrem durante a fase de uso do veículo (KEOLEIAN et al., 1997). DELUCCHI (1991) estimou que todo o ciclo do combustível emite gases de efeito estufa (GHG) em veículos movidos a gasolina, sendo que 68% das emissões de gases de efeito estufa vêm do uso final do combustível, 21% da produção de combustível e de sua distribuição, e 11% dos materiais do veículo e dos processos de fabricação. Portanto, somando-se os 68% com 21%, acha-se que 89% dos impactos são referentes ao uso do veículo.

A fase de uso do produto também está relacionada ao foco de várias políticas orientadas ao público (Programas de manutenção e inspeção veicular, educação no trânsito, etc.) e às montadoras (PROCONVE, que exigem o cumprimento de limites máximos de emissão veicular). Por isso, este trabalho concentra-se na fase de uso do veículo, dividindo-a em duas partes: o veículo em si (cobrindo as emissões veiculares regulamentadas e as não regulamentadas, e o consumo de combustível), e o ciclo de suprimento do combustível (cobrindo as emissões causadas pela indústria do petróleo, desde a sua exploração ao seu consumo final).

VI.1.1 – METODOLOGIA DE CÁLCULO DE IDA

A forma encontrada para padronizar as informações foi criar um índice de dano ambiental (IDA), que levasse em conta todas as fases do ciclo de vida do veículo e seus respectivos impactos. Assim, esse índice deve ser formado pela soma de diferentes funções de dano, sendo que cada função associada ao veículo corresponde ao seu uso, ao seu ciclo de vida e ao ciclo de vida do combustível, conforme Equação VI.1 a seguir:

$$IDA = \sum_i \text{Dano (Impacto } i) \quad (\text{Eq. VI.1})$$

A princípio, o impacto incluiria qualquer um daqueles listados na Tabela VI.1. A valoração baseada em economia ambiental usaria funções monetárias de danos, para que o índice IDA expressasse um custo ambiental esperado do ciclo de vida do veículo. Ao adotar tal postura, deve-se enfatizar novamente sobre a existência de incertezas e

limitações na valoração de um dano ambiental. Nenhuma função de dano baseada em uma moeda, seja ela qual for, poderá capturar todo o valor que uma sociedade dá à vida humana, à saúde, à qualidade de vida, aos efeitos ecológicos, e às dimensões morais dos danos ambientais.

Portanto, a Equação VI.1 de função monetária de dano ambiental reduz-se à Equação VI.2, ao restringir os danos considerados para aqueles relacionados à poluição atmosférica durante o ciclo de uso do veículo e o ciclo de suprimento do combustível,

$$IDA = \sum d_{ij} \cdot e_{ij} \quad (\text{Eq. VI.2})$$

sendo (i) o índice do tipo de emissão (poluentes atmosféricos), (j) o índice da localidade da emissão, (d_{ij}) o custo do dano ambiental (e.g., centavos de US\$/g) e (e_{ij}) a quantidade média de emissões durante o ciclo de vida operacional do veículo (e.g., em g/km). Assim, o índice de dano ambiental definido (IDA) representa o impacto ambiental médio dentro do distância viajada pelo veículo em seu tempo de vida e a unidade pode ser dada em centavos de US\$/km, por exemplo, conforme a Equação VI.3. Disponibilizados os dados, a relação acima poderá ser calculada a partir de fatores de emissões veiculares e de emissões do ciclo do combustível.

$$IDA \text{ (centavos de US$/km)} = \sum (\text{centavos de US$/g}) \times (\text{g/km}) \quad (\text{Eq. VI.3})$$

De forma a melhorar a compreensão dos cálculos de IDA que serão feitos posteriormente, segue-se a Tabela VI.2 como exemplo. Dividiu-se o IDA em três etapas: o IDA do uso do veículo a partir das emissões regulamentadas, o IDA do uso do veículo a partir das emissões não regulamentadas e o IDA do ciclo do combustível.

Tabela VI.2 – Equações para o cálculo do índice de dano ambiental (IDA) para veículos automotores

IDA do Veículo:		
Fator de Emissão x (g/km)	Fator de Ajuste =	Fator de Emissão Corrigido (a) (g/km)
Fator de Emissão Corrigido (a) x (g/km)	Custo do Dano = (US\$cents/g)	IDA emissões regulamentadas
Fator das Emissões não Regulamentadas ÷ (g/l)	Fator Consumo Médio = (km/l)	Fator de Emissão Corrigido (b) (g/km)
Fator de Emissão Corrigido (b) x (g/km)	Custo do Dano = (US\$cents/g)	IDA emissões não regulamentadas
		IDA Subtotal (US\$cents/km)
IDA do Ciclo do Combustível:		
Fator de Emissão do Ciclo de Suprimento ÷ (g/l)	Fator Consumo Médio = (km/l)	Fator de Emissão Corrigido (c) (g/km)
Fator de Emissão Corrigido (c) x (g/km)	Custo do Dano = (US\$cents/g)	IDA ciclo do combustível (US\$cents/km)
IDA do veículos +	IDA do ciclo do combustível =	IDA total (US\$cents/km)

Nota: US\$ cents são centavos de dólar americano.

Fonte: Elaboração própria.

Tomando-se por base a Tabela VI.2 acima, o Fator de Emissão (ou Fator de Emissão de Veículos Novos) representa os fatores médios de emissão de uma dada frota, de um dado modelo-ano veicular, entre outros. Pode-se adotar os limites máximos estabelecidos pela legislação ambiental brasileira (PROCONVE), porém estes são dados de bancada. Pode-se utilizar, também, o Fator de Emissão de Veículos Novos disponibilizados pela CETESB (1999), representando um cenário melhor, já que, na realidade, os veículos novos licenciados possuem fatores de emissão abaixo dos valores legais. Sabe-se que essas emissões regulamentadas (CO, HC, NO_x e PM) são aquelas para as quais se prevê o funcionamento do catalisador. O catalisador é projetado para trabalhar com uma margem de segurança de 10%, e sua vida útil é de 80.000 km ou cinco anos de uso, o que ocorrer primeiro.

O Fator de Ajuste é necessário para corrigir o Fator de Emissão para valores que correspondam às emissões durante o ciclo de vida operacional do veículo. Esse fator representa a deterioração veicular, sendo específico para veículos de uma gama de modelos-ano, conforme visto no Capítulo IV. A multiplicação do Fator de Emissão pelo Fator de Ajuste gera o Fator Corrigido (a).

A metodologia de cálculo do Fator das Emissões Não Regulamentadas (SO_x, CH₄, N₂O, CO₂, etc.) será vista mais adiante. Esse fator dividido pelo Fator Consumo Médio gera o Fator Corrigido (b).

Ainda com referência à Tabela VI.2, o Fator de Emissão do Ciclo de Suprimento corresponde às emissões que ocorrem durante a exploração, produção, distribuição do combustível até o abastecimento dos veículos. Esse fator dividido pelo Fator Consumo Médio gera o Fator Corrigido (c).

O Fator Consumo Médio, que será visto mais adiante, corresponde ao consumo médio da frota, ou da categoria veicular na qual o veículo se insere, dependendo da análise que se queira.

Todos os Fatores Corrigidos (a, b e c) são multiplicados pelos custos do dano para se achar o Índice de Dano Ambiental (IDA). Vale lembrar que os valores dos custos de dano ambiental e à saúde humana já foram apresentados na Tabela V.9 do Capítulo V, sobre a relação dos custos estimados para o setor de transportes no Brasil (em centavos de US\$1999/g).

Por fim, o IDA Subtotal representa a soma do IDA das emissões regulamentadas e o IDA das emissões não regulamentadas. O IDA Total é a soma do IDA Subtotal com o IDA do ciclo do combustível.

VI.2 – ESTABELECIMENTO DE CENÁRIOS

O processo de formação de cenários partiu do ano base de 1998 considerando-se duas hipóteses:

- a) uma de tendências prováveis, que é uma hipótese mais conservadora representando a manutenção das tendências políticas e socio-econômicas atuais do setor de transportes e da tecnologia automotiva em termos de emissão e de consumo de combustível; e
- b) uma otimista, que adota, também, a hipótese de manutenção das tendências socio-econômicas atuais do setor de transporte, mas que supõe uma política automotiva para a melhoria tecnológica dos veículos leves segundo estudo de DeCICCO e ROSS (1993).

O cálculo dos índices de dano ambiental (IDA) será realizado, portanto, para os seguintes cenários, que serão melhor caracterizados ao longo deste Capítulo:

- 1) O primeiro cenário, correspondente ao cenário atual, representa a frota nacional de 1998, levando-se em consideração os já analisados fatores de emissões regulamentadas do Capítulo IV.
- 2) O segundo cenário é representado por uma frota nacional hipotética para 1998, composta totalmente por veículos leves mais eficientes energeticamente e com menores fatores de emissão, segundo a hipótese otimista. Este cenário serve apenas como forma de ilustração.
- 3) O terceiro cenário representa a frota nacional em 2020 segundo a hipótese de tendências prováveis.
- 4) O quarto cenário representa a frota nacional em 2020 segundo a hipótese otimista de maior eficiência energética.

O fato de se fazer cenários até 2020 será melhor explicado no subitem VI.2.2, sobre tecnologia automotiva.

Foi feito também, dentro de cada cenário, uma diferenciação de IDA entre as áreas urbanas e as áreas rurais, utilizando-se custos urbanos para as áreas urbanas (tanto no uso do veículo quanto no ciclo do combustível), e custos rurais para as áreas rurais (idem). Assim, qualquer situação possível estará contida neste intervalo. Esta diferenciação baseou-se no fato de se encontrar no Brasil, por exemplo no Rio de

Janeiro, parques de refino dentro de áreas urbanas (as Refinarias de Duque de Caxias e de Manguinhos).

Este trabalho não objetiva caracterizar as políticas de transporte e trânsito, mas sim estabelecer o ponto chave para a diferenciação entre as hipóteses de tendências prováveis e otimista. Isto é, assumindo-se que no período de 1998 a 2020 haja a manutenção do "*status quo*", à exceção do aspecto da tecnologia automotiva visando uma maior economia de combustível (através, por exemplo, de uma política de economia de combustível nos moldes do Programa norte-americano CAFE – "*Corporate Average Fuel Economy*"). Portanto, a manutenção do "*status quo*" diz respeito à manutenção de todos os outros aspectos referentes à provisão, regulamentação, operação, controle e apropriação do sistema de transportes existentes atualmente no Brasil. Ademais, as possíveis propostas em qualquer dessas cinco esferas de ação em discussão atualmente provavelmente não serão implementadas no período de tempo considerado nos cenários (até 2020), tendo em vista barreiras econômicas (crise fiscal que impossibilita os investimentos públicos) e burocráticas (repasse de verbas federais para os Estados e municípios).

A escolha por uma política de economia de combustível que vise atacar diretamente a porção dos veículos leves (automóveis ou comerciais leves), que por sua vez tem um público alvo específico, baseia-se em um enfoque sociológico do setor de transportes²⁹. Segundo TOWN (1981), o crescimento do uso do automóvel e o decréscimo do uso do transporte público têm tido efeitos urbanísticos, econômicos e ambientais preocupantes.

²⁹ DeBOER (1985) propõe um resumo cronológico dos estudos que poderiam ser assumidos como sociologia do transporte, mesmo quando são adotadas denominações diferentes como "sociologia da rua" ou "sociologia do automóvel". O primeiro conjunto de estudos procurou lidar com problemas relacionados ao uso crescente do automóvel. A segurança do tráfego tornara-se uma grande preocupação no início da motorização (década de 30 nos EUA e década de 50 na Europa), levando neste último caso à interpretação do acidente de trânsito como problema de saúde pública. Mais tarde, na década de 60, o principal problema tornou-se o congestionamento, relacionado ao crescimento rápido das cidades e das frotas de automóveis. Conseqüentemente, foram feitos estudos sobre o impacto do automóvel na sociedade, principalmente nos EUA. A fase de admiração pelo impacto social do automóvel foi seguido por um conjunto novo de estudos que começaram a indagar sobre seus possíveis efeitos negativos. Estudos esses que combinaram a análise do fenômeno da "suburbanização" nos EUA com a avaliação das condições dos setores sociais sem acesso ao automóvel. Conseqüentemente, esta última análise levantou problemas novos, especialmente relacionados aos pedestres e às condições do transporte público.

Dessa forma, as características simbólicas são relevantes porque o significado real do consumo de um bem é determinado cultural e socialmente. Isto ocorre, por exemplo, no caso do uso preferencial de transporte privado no lugar de transporte público por setores da classe média, ou da rejeição vista em algumas sociedades com relação ao uso da bicicleta, entendido como transporte "inferior" (VASCONCELLOS, 1996).

Portanto, outra questão fundamental assumida aqui é que, independentemente das melhorias que poderiam ser feitas no setor de transporte (maiores opções de meios de transporte, de melhor qualidade, de maior confiabilidade, etc.), e independentemente das consequências do aumento da motorização (como a perda de acessibilidade³⁰), o indivíduo estará sempre em busca de sua auto realização através do símbolo de *status* e poder que o automóvel significa.

Assumiu-se aqui, então, que com relação às classes média e alta haverá a manutenção da preferência pelo transporte individual (constituído basicamente pelos automóveis). Já para as classes mais baixas, assumiu-se a permanência da procura pelo transporte alternativo (as chamadas "lotações") nos grandes centros urbanos, realizado pelos comerciais leves, devido às deficiências do transporte de massa.

VI.2.1 – PARTICIPAÇÃO DO TIPO DE COMBUSTÍVEL

Apesar de se notar no país uma pequena tendência de substituição de parte dos derivados de petróleo por outros combustíveis automotivos, com maior ênfase para o gás natural (como por exemplo os incentivos dados aos taxistas de regiões metropolitanas para comprarem veículos leves à gás natural), o combustível, em ambas as hipóteses, será a gasolina (i.e., gasool) para os veículos leves, com o álcool mantendo seu espaço na mistura com a gasolina. Assumiu-se, no entanto, que o uso do álcool hidratado não voltará mais a ocorrer dentro do período de tempo considerado nos cenários.

³⁰ O termo tradicional mobilidade, que é tido simplesmente como a habilidade de movimentar-se, foi relacionado a outro conceito mais amplo, o de acessibilidade (MOSELEY et al., 1977). Este é entendido como a mobilidade para satisfazer necessidades, ou seja, a mobilidade que permite à pessoa chegar aos destinos desejados. Portanto, a acessibilidade não é apenas a "facilidade de cruzar o espaço", mas a facilidade de chegar aos destinos.

Existe um projeto de renovação da frota, que ainda não saiu do papel por razões fiscais e políticas, que visa um bônus de aproximadamente R\$ 2 mil na troca do veículos de mais de 15 anos por um novo (Jornal do Brasil, 1998). A Receita Federal e o Ministério da Fazenda ainda estão avaliando os incentivos que serão dados para evitar perda de arrecadação. Em termos políticos, a COPERSUCAR está pressionando o governo para estabelecer uma quota de veículos novos a álcool³¹, já que a frota que será renovada inclui aqueles veículos a álcool vendidos durante o auge do programa PROÁLCOOL no final dos anos 80. A ANFAVEA e os sindicatos também pressionam o governo, visando aumentar as vendas de veículos novos e assim se gerar mais empregos.

VI.2.2 - TECNOLOGIA AUTOMOTIVA

DeCICCO e ROSS (1993) fizeram uma análise sobre a economia de combustível dos veículos leves dos EUA considerando três níveis de aperfeiçoamento tecnológico *versus* seu nível de penetração mercadológica. Este estudo teve a finalidade de verificar a importância da continuidade do programa de economia de combustível (CAFE), que é uma política de controle de consumo de energia dos veículos leves nos EUA³².

Atualmente, a legislação federal americana do CAFE exige que cada montadora atinja um mínimo de eficiência de combustível de 11,7 km/l e 8,8 km/l para a média ponderada das vendas de automóveis e comerciais leves, respectivamente.

A base do estudo de DeCICCO e ROSS (1993) reside na tecnologia dos veículos leves novos norte-americanos de modelo-ano de 1990. A partir deles, melhorias tecnológicas para o aumento da economia de combustível foram consideradas mantendo-se a performance e o tamanho médio do veículo de 1990. Estimou-se um tempo de 8 a 11 anos para se alcançar uma total penetração de mercado dessas melhorias de eficiência veicular pela indústria automotiva americana.

³¹ A produção atual de veículos a álcool é pequena e a compra é feita por encomenda. Atualmente, apenas duas montadoras produzem veículos movidos a álcool no país: a Fiat (Uno e Palio) e a Volkswagen (Gol, Parati, Saveiro e Kombi). A General Motors prevê a produção do Corsa Wind, com motor Powertech 1.0 de 64 cavalos, e a Ford do Brasil pretende lançar neste ano um novo motor Zetec Rocam, todos movidos a álcool (Jornal do Brasil, 15 de abril de 2000).

³² Para uma interessante discussão sobre o tema, ver GREENE (1998).

É importante notar que este estudo de DeCICCO e ROSS (1993) estimou o aumento de eficiência veicular de um determinado modelo-ano, sem que houvesse um direcionamento dessas melhorias para toda a frota. Nesse contexto, existe um risco técnico que foi tido como o risco da tecnologia não ser largamente difundida dentro do horizonte de tempo identificado no estudo norte americano a custos aceitáveis (custo médio da escala de produção total). No caso brasileiro, para os cenários traçados a partir de 1998, parte desse risco é eliminado devido à existência de melhorias tecnológicas já amplamente difundidas, como a injeção eletrônica multiponto de combustível (ver Apêndice C) – presente nos veículos leves desde os de modelo-ano de 1997.

A Tabela VI.3, a seguir, lista o potencial percentual de economia de combustível obtido para os novos automóveis norte-americanos (após modelo-ano de 1990), diferenciando-se por nível de aperfeiçoamento tecnológico e potencial de penetração no mercado norte americano.

Tabela VI.3 – Estimativa do aumento da economia de combustível segundo um potencial técnico para a frota de novos automóveis dos EUA, com base nos modelos de 1990 (em %)

Nível de Penetração (a):	Alto	Alto			Total		
Nível Tecnológico (b):	EEA	1	2	3	1	2	3
MOTOR							
Injeção multiponto	1,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,8%	0,8%	0,8%
4 Válvulas por cilindro	5,9%	4,3%	4,3%	4,3%	5,0%	5,0%	5,0%
Redução da fricção	2,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%
Eixo de comando de válvula suspenso	1,5%	0,9%	0,9%	0,9%	2,4%	2,4%	2,4%
Aumento da taxa de compressão	0	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Controle variável de válvula	4,0%	8,0%	8,0%	8,0%	12,0%	12,0%	12,0%
Turbo – alimentação de ar	0	3,0%	3,0%	4,8%	3,8%	3,8%	6,0%
Deslocamento variável	0	0	2,0%	2,0%	0	2,0%	2,0%
TRANSMISSÃO							
5 marchas automáticas	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	2,0%	2,0%	2,0%
Controle variável de torque (CVT)	2,6%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%
Trava de conversor de torque	0,5%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Controle otimizado	0,3%	0,3%	6,0%	6,0%	0,4%	7,2%	7,2%
Controle manual otimizado	0	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%
CARGA							
Pneu	1,0%	3,4%	4,8%	6,1%	3,4%	4,8%	6,1%
Aerodinâmica	3,7%	3,3%	3,8%	4,3%	3,3%	3,8%	4,3%
Redução do peso	6,4%	3,9%	9,9%	15,9%	3,9%	9,9%	15,9%
Melhorias de acessórios	0,7%	1,4%	1,4%	1,4%	1,7%	1,7%	1,7%
Melhorias de lubrificantes	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
SOMAS POR CATEGORIA							
Motor	15,6%	22,5%	24,5%	26,3%	29,6%	31,6%	33,9%
Transmissão	5,0%	6,6%	12,3%	12,3%	7,1%	13,9%	13,9%
Redução de Carga	12,3%	12,5%	20,4%	28,2%	12,8%	20,7%	28,5%
ECONOMIA TOTAL (c)	32,9%	41,6%	57,2%	66,8%	49,5%	66,2%	76,3%
ECONOMIA TOTAL ÓTIMA (d)	35,5%	45,2%	64,9%	78,6%	54,2%	75,2%	90,8%
POTENCIAL DE KM/L (e)	16,0	17,2	19,5	21,1	18,2	20,7	22,6

Notas:

- (a) **Nível de Penetração:** corresponde à penetração mercadológica nos EUA em dois níveis, sendo que:
- Divisão mercadológica das tecnologias do ano base de 1990 tirados de GREENE (1993) e HEAVENRICH et al. (1991);
 - Nível Alto de penetração do EEA: estimativas de EEA (1991);
 - Nível Alto de penetração: estimativas de GREENE (1993);
 - Nível Total de penetração: corresponde à penetração completa no mercado segundo estimativas de DeCICCO e ROSS (1993).
- (b) **Nível Tecnológico:**
- (EEA): são as estimativas de EEA (1991) relativas a uma base de cálculo de 1987-88;
 - (1), (2) e (3) são estimativas de DeCICCO e ROSS (1993), sendo que:
 - (1): inclui tecnologias já em uso nos veículos de modelo-ano de 1990 dos EUA e que, portanto, não possuem risco técnico;

- (2): incorpora medidas que estão prontas para a comercialização e para as quais não existe nenhuma restrição de engenharia (tal como considerações de controle de emissão) que iniba seu uso na produção veicular, mas que possuam um risco técnico por haver uma experiência de produção limitada; e
 - (3): tecnologias em estágios avançados de desenvolvimento, mas que podem enfrentar restrições técnicas antes que possam ser utilizadas na produção veicular.
- (c) A Economia Total é a soma de todas as percentagens (subtotais estão mostrados por categoria). Esta é uma estimativa conservadora, já que algumas tecnologias são positivamente sinérgicas (os ajustes para sinergias negativas já estão refletidas nesses valores).
- (d) A Economia Total Ótima é a soma das melhorias no motor e transmissão multiplicado pelas melhorias de redução de carga, já que a interação entre tração de carga ("*tractive load*") e direção ("*drivetrain*") é multiplicativa.
- (e) O potencial técnico de economia de combustível está baseado na economia total ótima sobre a frota média de novos automóveis americanos de modelo-ano de 1990, com 11,82 km/l médios por veículo.

Fonte: DeCICCO e ROSS, 1993.

Para fins de comparação com a situação americana, um levantamento da tecnologia dos novos veículos leves nacionais (modelo-ano de 1999) das principais montadoras nacionais (Fiat, Ford, General Motors e Volkswagen) é apresentado no Apêndice C. Observa-se que a injeção eletrônica multiponto é a única tecnologia presente em todos os automóveis novos (isso desde os modelos-ano de 1997) no Brasil. Porém, o mesmo não se pode afirmar do número de quatro válvulas por cilindro. De qualquer forma, nota-se que essa tecnologia já está disponível, assim como o câmbio automático e a turbo alimentação de ar. Algumas das outras tecnologias contidas na Tabela VI.3 não constam nos modelos de veículos leves produzidos pelas montadoras nacionais que mais vendem. Infelizmente, dados de vendas ao mercado interno conforme diferenciação de tecnologia automotiva adotada entre os modelos também não estão disponíveis. Os dados de vendas ao mercado interno contidos no Apêndice C representam as vendas de um determinado modelo de veículo (e.g. Uno Mille, Corsa, Fiesta, Gol, etc.) do ano de 1998 segundo a ANFAVEA (1999).

Pode-se verificar, entretanto, que existe uma defasagem tecnológica entre os automóveis norte-americanos e os brasileiros de aproximadamente 10 anos. DeCICCO e ROSS (1993) estimaram, conforme dito anteriormente, que as "novas" tecnologias (Tabela VI.3) norte-americanas levariam em torno de 10 anos para penetrarem totalmente no mercado automotivo dos EUA.

Para o cenário nacional de tendências prováveis, haverá, portanto, a manutenção do "*status quo*" tecnológico a partir de 1998 até 2020. Enquanto que para o cenário da hipótese otimista, mudanças tecnológicas previstas no estudo de DeCICCO e ROSS

(1993) serão realizadas no intuito de aumentar a eficiência do veículo leve e, assim, economizar combustível. Assumiu-se, então, para o quarto cenário, referente ao ano 2020, que as novas tecnologias automotivas demorarão em média 10 anos para entrarem no mercado brasileiro e, em torno de 10 anos, para representarem totalmente o mercado automotivo. A forma como se dará essa penetração de mercado está estimada segundo mostra a Tabela VI.4.

Tabela VI.4 – Estimativa da penetração mercadológica da tecnologia automotiva de maior eficiência energética no Brasil, para o quarto cenário, por ano de fabricação

ANO	ESTIMATIVA (%)	ANO	ESTIMATIVA (%)
1997	0 %	2004	40 %
1998	0,5 %	2005	50 %
1999	1 %	2006	60 %
2000	5 %	2007	70 %
2001	10 %	2008	80 %
2002	20 %	2009	90 %
2003	30 %	2010 até 2020	100 %

Fonte: Elaboração própria.

VI.2.3 – MANUTENÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

Assumiram-se nos quatro cenários que os Fatores do Ciclo de Suprimento do Combustível seriam os mesmos, não havendo nenhuma alteração, ao longo do tempo, da tecnologia de extração e refino do petróleo, nem do tipo de armazenagem dos derivados de petróleo, nem da malha de distribuição destes.

Dessa forma, o conteúdo de poluentes no combustível se manteriam e os fatores de emissão seriam aqueles já apresentados na Tabela II.14 do Capítulo II.

VI.2.4 – PROJEÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES

A projeção da frota de veículos leves para o ano de 2020 se baseou num coeficiente de correlação³³ de 81% encontrado, para o período de 1980 a 1998, entre o Produto Interno Bruto (PIB) e as vendas de veículos leves nacionais e importados (de todos os tipos de combustível) ao mercado interno, conforme mostra a Planilha VI.1.

O PIB é um parâmetro freqüentemente utilizado como indicador geral do nível de atividade econômica de um país. As expectativas com relação ao seu comportamento futuro no período de 1998 a 2020 serão iguais para as hipóteses tendencial e otimista.

Segundo o Boletim de Conjuntura do IPEA (2000), o PIB fechou o ano de 1999 com alta de aproximadamente 1% ante 1998. Para o ano de 2000, o desempenho da atividade econômica deverá refletir uma continuidade da tendência de crescimento, sendo que o IPEA prevê uma taxa de crescimento de 3,2%, influenciado sobretudo pela recuperação da indústria, com alta de 4,7%.

O cenário que já se pode traçar, segundo esse Boletim, em termos de desempenho do PIB em 2000 vincula-se a duas ordens de fatores. O primeiro aspecto refere-se ao nível relativamente deprimido em que se encontrava a atividade econômica após dois anos de crescimento médio muito próximo de zero. Tal fato deprime a base de comparação para a estimativa do crescimento em 2000. O segundo elemento refere-se ao fato de que os agentes econômicos estão respondendo positivamente à redução dos níveis de incerteza no âmbito macroeconômico, fato que já teria contribuído com o desempenho relativamente favorável de 1999, quando se chegou a esperar quedas fortes da atividade econômica. Portanto, a soma desses elementos permitiu ao IPEA traçar esse cenário de crescimento para 2000, sem comprometimento do equilíbrio macroeconômico.

Resumindo, adotou-se, para ambos os cenários 3 e 4, uma postura conservadora com uma evolução anual do PIB, a partir de 2000, de 3% ao ano. A Planilha VI.1

³³ O coeficiente de correlação (R^2) representa o grau de relação entre duas variáveis, neste caso entre o PIB e as vendas de veículos leves ao mercado interno. Esse coeficiente foi obtido segundo uma regressão linear ($Y = a + b X$), demonstrando como essas variáveis se relacionam.

apresenta essa evolução do PIB e, a partir da equação da reta encontrada, a projeção dos valores de vendas de veículos leves.

Ademais, segundo dados recentes da ANFAVEA (2000), o ano de 1999 apresentou uma queda em torno de 10% nas vendas de veículos leves nacionais ao mercado interno em relação ao ano de 1998. A variação percentual das vendas de veículos leves nacionais ao mercado interno, durante o período de janeiro-junho entre os anos de 1999 e 2000, foi em torno de 16%. As vendas registradas até junho de 2000 são de 610,2 mil veículos leves nacionais.

Portanto, foram lançados os novos valores referentes ao desempenho de 1999 e, para o período de 2000 a 2020, extrapolou-se a relação linear entre o PIB e as vendas de veículos leves segundo equação de reta apresentada na Planilha VI.1. Assumiu-se um crescimento do PIB de 3% ao ano a partir de 2000 e a manutenção da proporção de automóveis igual a 86% dos veículos leves e de comerciais leves igual a 14% dos veículos leves, segundo a tendência histórica observada na Tabela III.4.

A partir da projeção das vendas de veículos leves, nacionais e importados, ao mercado interno, aplicou-se a curva de sucateamento de URIA (1996) para se calcular as unidades remanescentes por ano de fabricação da frota de veículos leves de 2020. A Tabela VI.5 apresenta os valores encontrados para a frota de veículos leves para o ano de 2020.

Tabela VI.5 – Frota de veículos leves, nacionais e importados, para o ano de 2020, por ano de fabricação

Ano	Automóveis	Comerciais Leves	TOTAL	Ano	Automóveis	Comerciais Leves	TOTAL
1993	9.038	1.776	10.814	2007	923.332	152.225	1.075.557
1994	22.553	4.056	26.609	2008	1.108.491	182.752	1.291.243
1995	42.212	7.356	49.568	2009	1.275.050	210.211	1.485.261
1996	70.277	13.380	83.657	2010	1.454.855	239.855	1.694.710
1997	94.182	18.235	112.417	2011	1.609.687	265.382	1.875.069
1998	109.063	22.946	132.008	2012	1.774.895	292.619	2.067.514
1999	110.119	18.155	128.273	2013	1.950.911	321.638	2.272.549
2000	151.109	24.913	176.021	2014	2.093.170	345.091	2.438.261
2001	205.230	33.835	239.065	2015	2.242.748	369.751	2.612.499
2002	288.777	47.609	336.387	2016	2.375.191	391.586	2.766.777
2003	382.016	62.981	444.997	2017	2.513.200	414.339	2.927.539
2004	498.493	82.184	580.677	2018	2.656.977	438.043	3.095.020
2005	627.176	103.399	730.575	2019	2.778.381	458.059	3.236.440
2006	768.602	126.716	895.318	2020	2.933.054	483.559	3.416.613
TOTAL de Veículos Leves de 2020:					31.068.789	5.132.650	36.201.439

Fonte: Dados obtidos na Planilha VI.6, Apêndice D.

Supondo que a população brasileira, em 2020, seja em torno 200 milhões de habitantes segundo a projeção do IBGE (ver Tabela VI.6), a frota encontrada de 36 milhões de veículos leves resultaria em uma "densidade veicular" de 5,7 habitantes por veículo leve.

A Figura III.9, do Capítulo III, apresenta a relação de habitantes por veículo automotor, isto é, incluídos os veículos pesados, para os países selecionados. Porém, no caso brasileiro, estes veículos pesados representaram 4% das vendas ao mercado interno em 1997 (ver Tabela III.4). Segundo a ANFAVEA (1999), em 1997, o Brasil, a Argentina, a Espanha e os EUA estavam com 9,4, 5,4, 2,1 e 1,3 habitantes por veículo automotor, respectivamente, enquanto que, segundo a Tabela VI.6, em 1998, o Brasil estava com 10,8 habitantes por veículo leve (estimativa própria). Dessa forma, em 2020, ainda que o Brasil tivesse aumentado sua densidade veicular em torno de 50%, o valor de 5,7 habitantes por veículo ainda seria pequeno se comparado ao de outros mercados de hoje, como os citados anteriormente.

De forma comparativa, também, a Tabela VI.6 apresenta as densidades veiculares entre o cenário atual (ano de 1998), segundo as duas fontes distintas aqui já examinadas, e o futuro (ano de 2020).

Tabela VI.6 – Densidade Veicular das frotas de 1998 e 2020 segundo fontes distintas

RREFERÊNCIA	FROTA DE VEÍCULOS LEVES	POPULAÇÃO	DENSIDADE VEICULAR
Frota de 1998 – AET (a)	24.627.125	161.790.311 (d)	6,6
Frota de 1998 – Estimativa (b)	15.032.083	161.790.311 (d)	10,8
Frota de 2020 – Estimativa (c)	36.201.439	207.696.505 (d)	5,7

Fontes:

- (a) Dados do Anuário Estatístico dos Transportes (1999), a partir de dados referentes a veículos registrados nos DETRAN's, até 31/12/1998 e ao GEIPOT. Refere-se a todos os veículos leves nacionais e importados, movidos a gasolina, álcool, diesel e outros combustíveis.
- (b) Dados estimados a partir da curva de sucateamento de URIA (1996) aplicada sobre os dados de vendas ao mercado interno de veículos leves, nacionais e importados (ANFAVEA, 1999). Os cálculos estão apresentados na Planilha IV.9.
- (c) Dados estimados a partir da projeção das vendas de veículos leves ao mercado interno, aplicada a curva de sucateamento de URIA (1996), conforme Planilha VI.6.
- (d) Dados do IBGE (2000).

VI.3 – CARACTERIZAÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES PARA CADA CENÁRIO

A seguir, será feita uma compilação dos resultados obtidos na caracterização da frota nacional para os quatro cenários. Estes resultados (fatores de emissão e de consumo) serão aplicados na Tabela VI.2 para o cálculo do IDA (ver Planilhas de VI.13 a VI.20).

VI.3.1 - FATOR DE CONSUMO MÉDIO

Primeiramente, vale ressaltar que os veículos leves de modelo-ano 1997 representam um marco do PROCONVE, pois este passou a exigir a chamada "eletrônica embarcada", que inclui por exemplo a injeção eletrônica, sensor de oxigênio, entre outros. Assim sendo, partiu-se para calcular o Fator de Consumo Médio desses veículos leves segundo a metodologia e a Equação VI.4 a seguir.

Fez-se, *a priori*, uma distinção entre os fatores de consumo de combustível com relação à categoria veicular movida a gasolina, ou seja, entre automóveis e comerciais leves. Isso deveu-se ao fato de os dados de fábrica de consumo dos comerciais leves não se encontrarem disponíveis.

$$\text{FCM} = \sum \text{PVMI}_{(i)} \times \text{CCC}_{(i)} \quad (\text{Eq. VI.4})$$

Onde:

- FCM = Fator de Consumo Médio do automóvel (ou do comercial leve) (km/l);
- $\text{PVMI}_{(i)}$ = Percentual das Vendas ao Mercado Interno (%) de cada tipo de automóvel (ou comercial leve);
- $\text{CCC}_{(i)}$ = Consumo de Combustível Combinado (km/l) de cada tipo de automóvel (ou comercial leve);
- (i) = tipo de automóvel (ou tipo de comercial leve).

Sendo que assumiu-se aqui:

- Para as áreas urbanas:
 $\text{CCC} = 0,90 * \text{Consumo em cidade} + 0,10 * \text{Consumo em estrada};$ e
- Para as áreas rurais:
 $\text{CCC} = 0,45 * \text{Consumo em cidade} + 0,55 * \text{Consumo em estrada}.$

É de se esperar que o consumo em áreas urbanas seja maior do que em áreas rurais. Com isso, adotaram-se contribuições diferentes para cada caso com relação aos dados de cidade e de estrada. Espera-se que, em média, as pessoas de regiões urbanas utilizem muito pouco, ou esporadicamente, o veículo leve em estradas. O veículo leve dentro da cidade consome mais por diversos fatores, principalmente por não conseguir manter uma velocidade constante a rotações mais altas do motor. As velocidades mais lentas e o fato de o veículo ter de parar muitas vezes em sinais de trânsito e recomeçar o movimento levam a um maior consumo de combustível. Assim, o congestionamento dos centros urbanos eleva o consumo de combustível.

Para as regiões rurais por sua vez, torna-se mais complicado estabelecer a contribuição entre o dado de cidade e o dado de estrada. Espera-se que o veículo leve

consoma, em média, menos em áreas rurais do que em áreas urbanas. Entretanto, ao se levar em conta a qualidade das estradas, muitas delas em péssimo estado de conservação, e o tipo de estrada (asfaltadas ou de terra), assumiu-se aqui uma percentagem para o dado de consumo em estrada um pouco mais alta do que o de cidade.

No Apêndice D (ver Planilha VI.10) estão os dados de fábrica sobre o consumo de combustível partindo-se, primeiramente, de uma seleção dos automóveis mais vendidos ao mercado interno em 1997, segundo a ANFAVEA (1998). Esses automóveis mais vendidos ao mercado interno no ano de 1997 e, portanto, os mais representativos desse ano, sofreram uma posterior normalização.

Muitas foram as dificuldades encontradas para se obter as informações de fábrica sobre o consumo de combustível (em cidade e/ou estrada) de cada automóvel listado na relação do Anuário Estatístico de 1998 da ANFAVEA quanto às vendas ao mercado interno. Por isso, limitou-se aqui aos dados das quatro principais montadoras (Fiat, Ford, General Motors e Volkswagen), que somadas dominaram as vendas ao mercado interno, com uma participação mercadológica, em 1997, de 98% dos automóveis e 85% dos comerciais leves (ANFAVEA, 1998). Portanto, a partir desses dados de consumo (em cidade e estrada) compilados na Planilha VI.10, calculou-se o consumo de combustível combinado (CCC) para cada automóvel de modelo-ano de 1997.

Realizou-se, também, uma normalização do Percentual de Vendas ao Mercado Interno (PVMI) (ver Planilha VI.10). Após essa normalização, multiplicou-se o PVMI de cada automóvel com o Consumo de Combustível Combinado (CCC) de cada automóvel. O somatório dos resultados dessa operação corresponde ao Fator de Consumo Médio (FCM) dos automóveis de modelo-ano de 1997.

Portanto, o valor encontrado de Fator de Consumo Médio para os automóveis, movidos a gasolina de modelo-ano de 1997 foi de 12 km/l (área urbana) e 13 km/l (área rural). A relação entre o consumo de área urbana e o consumo de área rural, que é igual a 0,8865, foi aplicada para os outros cenários.

Segundo a ANFAVEA (1999), em 1997 e em 1998, os automóveis representaram 86% das vendas ao mercado interno de veículos leves. No âmbito dos veículos leves movidos a gasolina, esse percentual de automóveis sobe para 88% em ambos os anos de 1997 e 1998. Portanto, assumiu-se o valor de consumo obtido para os automóveis como sendo igual para toda a frota de veículos leves de modelo-ano de 1997. Assumiu-se, também, a manutenção dessa tendência mercadológica de domínio dos automóveis perante os comerciais leves no período de 2000 a 2020, conforme dito anteriormente.

A seguir serão vistas as implicações sobre o cálculo do fator de consumo para os diferentes cenários. Posteriormente, a Tabela VI.7 apresentará a compilação dos resultados obtidos de consumo de frota.

➤ **1º Cenário – Frota de 1998 (Cenário de Referência)**

Com relação ao Fator Médio de Consumo de combustível, MONTEIRO (1998) apresenta o consumo médio específico da frota de veículos leves movidos a gasolina como sendo de 10,0 km/l.

Adotou-se aqui a razão de consumo entre área urbana e área rural, conforme visto anteriormente, como sendo igual a 0,8865. Portanto, a partir do dado de MONTEIRO (1998), tem-se 10 km/l como consumo em área urbana e 11,3 km/l em área rural.

➤ **2º Cenário – Hipótese Otimista para a Frota de 1998 (Cenário Ilustrativo)**

Neste cenário hipotético, supôs-se que as melhorias técnicas do estudo de DeCICCO e ROSS (1993) já teriam sido incorporadas ao longo das duas décadas anteriores, fazendo com que a frota de 1998 fosse mais eficiente energeticamente.

Com base na Tabela VI.3, assumiu-se aqui um aumento percentual de economia de combustível de aproximadamente 91% referente ao nível de penetração total *versus* um nível tecnológico 3. Assim, o consumo de combustível dessa frota hipotética de 1998, com base no consumo dos veículos leves de modelo-ano de 1997 (consumo

urbano de 12 km/l e consumo rural de 13 km/l), seria de 22 km/l e 25 km/l em área urbana e rural, respectivamente.

➤ **3º Cenário – Hipótese de Tendências Prováveis para a Frota de 2020**

A frota deste cenário, representado pela manutenção do "*status quo*", ainda apresentará veículos leves de modelo-ano desde 1993³⁴. Dessa forma, assumiu-se que o consumo dos veículos leves a gasolina do período entre 1993-1996 será o mesmo estimado por MONTEIRO (1998). Já o consumo a partir de 1997, inclusive, corresponde ao consumo dos veículos leves a gasolina de modelo-ano de 1997, calculados na Planilha VI.10. A Planilha VI.11 apresenta o cálculo do fator de consumo médio de combustível da frota de 2020, levando em conta a contribuição de cada modelo-ano. Portanto o fator de consumo médio deste cenário é de 12 km/l para área urbana e 13 km/l para área rural.

➤ **4º Cenário – Hipótese Otimista de Maior Eficiência Energética para a Frota de 2020**

Adotou-se a mesma metodologia de cálculo do cenário anterior, conforme Planilha VI.12. A diferença está nos anos posteriores à 1997. A partir da estimativa de penetração no mercado nacional de veículos leves (Tabela VI.4) com tecnologia de maior eficiência energética, segundo estudo de DeCICCO e ROSS (1993), contidas na Tabela VI.3, calculou-se o valor de consumo de combustível para cada ano, conforme a Equação VI.5.

$$CME_{(i,a)} = (CV97_{(a)} \times X)_{(i)} + (CV_{(a)} \times Y)_{(i)} \quad (\text{Eq. VI.5})$$

Onde:

- $CME_{(i,a)}$ = é o consumo médio estimado do ano (i) da área (a) urbana ou rural;
- $CV97_{(a)}$ = é o consumo médio de veículos leves de modelo-ano de 1997 da área (a) urbana (12 km/l) ou rural (13 km/l);

³⁴ Assumiu-se aqui a manutenção da curva de sucateamento de URIA (1996) para o período de tempo considerado nos cenários. Dessa forma, em 2020, ainda haverá veículos de modelo-ano de 1993, já que o veículo dura no máximo 28 anos (100% sucateado).

- $CV_{(a)}$ = é o consumo médio de veículos leves de maior eficiência energética da área (a) urbana (22 km/l) ou rural (25 km/l);
- X = é a fração de veículos leves de modelo-ano de 1997 no ano (i), e igual a $(1 - Y)$;
- Y = é a fração de veículos leves de maior eficiência energética no ano (i), conforme Tabela VI.4;
- (i) = é o ano em questão; e
- (a) = é a área urbana ou rural.

Portanto, como pode ser visto na Planilha VI.12, o fator de consumo médio deste cenário é de 21 km/l para a área urbana e 24 km/l para a área rural.

Finalmente, a Tabela VI.7 apresenta os resultados do Fator de Consumo Médio para cada cenário traçado.

Tabela VI.7 – Fatores de consumo médios para veículos leves de acordo com os cenários estabelecidos

CENÁRIOS	FATOR DE CONSUMO MÉDIO (km/l)	
	URBANO	RURAL
1º - Frota de 1998 – (cenário de referência) ^(a)	10	11
2º - Frota de 1998 ^(b) (hipótese otimista – cenário ilustrativo)	22	25
3º - Frota de 2020 ^(c) (hipótese de tendências prováveis)	12	13
4º - Frota de 2020 – (hipótese otimista) ^(d)	21 ^(e)	24 ^(e)

Notas:

- (a) A partir do dado de consumo de automóvel a gasolina de MONTEIRO (1998) na cidade, estimou-se o dado em área rural, segundo fator urbano/rural igual a 0,8865.
- (b) Elaboração própria a partir de um aumento de economia de combustível de 91%, tirado de DeCICCO e ROSS (1993), através de melhorias tecnológicas dos automóveis. Os automóveis de modelo-ano de 1997 foram a base tecnológica adotada.
- (c) Elaboração própria tomando como base os automóveis de modelo-ano de 1997, conforme cálculos na Planilha VI.11.
- (d) Elaboração própria tomando como base os automóveis de modelo-ano de 1997, conforme cálculos na Planilha VI.12.
- (e) O quarto cenário apresenta valores um pouco abaixo do segundo cenário por apresentar veículos de modelo-ano desde 1993, tomando como base a curva de sucateamento de URUA (1996) que foi mantida ao longo do período de tempo analisado, prevendo uma duração máxima de 28 anos dos veículos leves.

Fonte: Elaboração própria.

VI.3.2 - FATORES DE EMISSÕES REGULAMENTADAS

As características da frota, portanto, para os quatro cenários, em termos de emissões regulamentadas foram obtidas nas Planilhas de IV.9 a IV.12 (1º cenário – frota de 1998), VI.2 a VI.5 (2º cenário – frota de 1998) e VI.6 a VI.9 (3º e 4º cenários – frota de 2020).

A Tabela VI.8 apresenta, de forma resumida, os resultados das Planilhas IV.12, VI.5 e VI.9 para os fatores de emissões regulamentadas (CO, HC e NOx), inclusive para o PM10, mesmo sabendo não existir um padrão deste para veículos de ciclo Otto.

Com relação ao material particulado (PM10), em especial, DELUCHI (1997b) estimou que os "*light duty vehicle - LDV*" em uso (o análogo à nossa categoria veicular é o automóvel), movidos a gasolina emitem em média 0,026 g/km de PM10, baseando-se em medições revisadas e comparadas ao modelo de emissão EPA para particulados (PART). Ademais, DeCICCO e THOMAS (1998) estimaram para os LDV's que atendem a limites de emissões mais restritivos³⁵ ("*Ultra Low Emission Vehicle - ULEV*"), a gasolina, que a emissão de PM10 seria de 0,012 g/km, praticamente a metade do estudo anterior.

Portanto, assumiu-se aqui um fator de emissão de 0,026 g/km para o primeiro cenário (frota de 1998) e de 0,012 g/km para os outros três cenários, sendo que os valores dos comerciais leves serão tidos como iguais aos dos automóveis.

³⁵ Segundo DeCICCO e THOMAS (1998), os limites de emissão para a categoria veicular ULEV, conforme definido pelo "*California Air Resources Board -CARB*" nos EUA, são: CO = 1,05 g/km; HC = 0,025 g/km e NOx = 0,12 g/km.

Tabela VI.8 – Fatores de Emissão Médios da frota de veículos leves por categoria veicular para os diferentes cenários estabelecidos (ou Fatores de Emissão Corrigidos (a))

Fatores de Emissão Médios da Frota ⁽¹⁾	Poluente	Automóvel	Comercial Leve	Veículos Leves
1º Cenário - Frota de 1998 (cenário de referência) (g/km)	CO	11,00	10,23	10,87
	HC	1,14	1,07	1,13
	NOx	0,75	0,75	0,75
	PM10	0,026	0,026	0,026
2º Cenário – Frota de 1998 (hipótese otimista) (g/km) ⁽²⁾	CO	0,95	0,94	0,95
	HC	0,17	0,17	0,17
	NOx	0,23	0,23	0,23
	PM10	0,012	0,012	0,012
3º e 4º Cenários – Frota de 2020 (hipóteses de tendências prováveis e otimista) (g/km) ⁽³⁾	CO	0,97	0,97	0,97
	HC	0,18	0,18	0,18
	NOx	0,23	0,23	0,23
	PM10	0,012	0,012	0,012

Notas:

- (1) Estes dados, com exceção do PM10, foram obtidos através da aplicação dos fatores de deterioração (Equações IV.4 a IV.7) sobre os fatores médios de emissão de veículos novos da CETESB (1999) contidos na Tabela II.9, conforme metodologia de cálculo do Capítulo IV.
- (2) O 2º Cenário (Cenário Ilustrativo) representa uma frota composta totalmente por veículos leves com os menores fatores médios de emissão de veículos novos (conforme Tabela II.9), sobre os quais foram aplicados os fatores de deterioração das Equações IV.4 a IV.7.
- (3) Os 3º (hipótese de tendências prováveis) e 4º (hipótese otimista) Cenários apresentam os mesmos fatores de emissão regulamentada, já que a única diferenciação entre eles reside na maior eficiência energética. Dessa forma, estes dois cenários atendem aos mesmos padrões de emissão.

Fonte: Dados obtidos nas Planilhas IV.12, VI.5 e VI.9 contidas no Apêndice D.

VI.3.3 - FATORES DE EMISSÕES NÃO REGULAMENTADAS

Com relação aos Fatores das Emissões Não Regulamentadas, assumiu-se para os quatro cenários os resultados do estudo feito por DELUCCHI (1997b) e apresentados em DeCICCO e THOMAS (1998), conforme Tabela VI.9 a seguir.

Tabela VI.9 – Fatores de Emissões Não Regulamentadas
(ou Fatores de Emissão Corrigidos (b)) para uso urbano e uso rural

Poluentes	Fatores de Emissão ^(a)	1º Cenário (g/km) ^(e)	2º Cenário (g/km) ^(f)	3º Cenário (g/km) ^(g)	4º Cenário (g/km) ^(h)
HC evaporativo	3,67 (g/l) ^(b)	0,37 – 0,33	0,17 – 0,15	0,31 – 0,28	0,17 – 0,15
SOx	0,42 (g/l) ^(c)	0,04 – 0,04	0,02 – 0,02	0,03 – 0,03	0,02 – 0,02
CH ₄	1,16 (g/l) ^(c)	0,12 – 0,11	0,05 – 0,05	0,09 – 0,09	0,06 – 0,05
N ₂ O	0,87 (g/l) ^(c)	0,09 – 0,08	0,04 – 0,03	0,07 – 0,07	0,04 – 0,04
CO ₂	2166 (g/l) ^(c)	217 – 197	98 – 87	180 – 167	103 – 90
CO ₂	62,2 (g/MJ) ^(d)	-	-	-	-

Notas:

- (a) Valores dos fatores de emissão, em peso de poluente por litro de gasolina (34,8 MJ/l), obtidos por DeCICCO e THOMAS (1998), foram multiplicados pelos fatores de consumo médio urbano e rural para obter a relação: peso de poluente por distância percorrida (g/km), em áreas urbanas e rurais (dado urbano – dado rural), para cada cenário.
- (b) DELUCCHI (1997b) fornece 0,292 g/km para NMOG evaporativo (compostos orgânicos evaporativos não metânicos) para veículos de consumo de 12,54 km/l, que implica no valor de 3,67 usado aqui.
- (c) As estimativas para as emissões de SOx, CH₄, N₂O e CO₂ derivam dos valores tidos como padrão para gasolina (não reformulada) e convertidos de g/km para g/l usando o modelo de DELUCCHI (1997b) para veículo de economia de combustível igual a 12,54 km/l.
- (d) Resultado de CO₂ também mostrado em termos de uma unidade energética comum (g/MJ).
- (e) 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998. Utilizaram-se os dados de consumo urbano e rural de 10 km/l e 11 km/l, respectivamente (ver Planilha VI.13 e VI.17).
- (f) 2º Cenário (Cenário Ilustrativo): Frota de 1998 de maior eficiência energética e de menores fatores de emissão. Utilizaram-se os dados de consumo urbano e rural de 22 km/l e 25 km/l, respectivamente (ver Planilha VI.14 e VI.18).
- (g) 3º Cenário: Hipótese de Tendências Prováveis para a Frota de 2020. Utilizaram-se os dados de consumo urbano e rural de 12 km/l e 13 km/l, respectivamente (ver Planilha VI.15 e VI.19).
- (h) 4º Cenário: Hipótese Otimista para a Frota de 2020. Utilizaram-se os dados de consumo urbano e rural de 21 km/l e 24 km/l, respectivamente (ver Planilha VI.16 e VI.20).

Fonte: Elaboração própria.

VI.3.4 – FATOR DE EMISSÃO DO CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

Conforme dito anteriormente, as emissões de poluentes durante o ciclo de suprimento do combustível, que engloba as etapas de extração, produção, distribuição e abastecimento dos veículos, obtidas por DELUCCHI (1997b) são utilizadas neste trabalho. A Tabela VI.10 apresenta os fatores de emissão para cada cenário.

Tabela VI.10 – Fatores de Emissão do ciclo de suprimento do combustível
(ou Fatores de Emissão Corrigidos (c)) para uso urbano e uso rural

Poluentes	Fatores de Emissão ^(a)	1º Cenário (g/km) ^(b)	2º Cenário (g/km) ^(c)	3º Cenário (g/km) ^(d)	4º Cenário (g/km) ^(e)
CO	1,65 (g/l)	0,16 – 0,15	0,07 – 0,07	0,14 – 0,13	0,08 – 0,07
NM VOC	1,62 (g/l)	0,16 – 0,15	0,07 – 0,06	0,13 – 0,12	0,08 – 0,07
NO _x	2,25 (g/l)	0,22 – 0,2	0,10 – 0,09	0,19 – 0,17	0,11 – 0,09
PM	0,25 (g/l)	0,02 – 0,02	0,01 – 0,01	0,02 – 0,02	0,01 – 0,01
SO _x	2,61 (g/l)	0,26 – 0,24	0,12 – 0,10	0,22 – 0,20	0,12 – 0,11
CH ₄	4,39 (g/l)	0,44 – 0,4	0,20 – 0,18	0,37 – 0,34	0,21 – 0,18
N ₂ O	0,48 (g/l)	0,05 – 0,04	0,02 – 0,02	0,04 – 0,04	0,02 – 0,02
CO ₂	647 (g/l)	65 – 59	29 – 26	54 – 50	31 – 27

Notas:

- (a) Os valores americanos obtidos por DELUCCHI (1997b) em g/MBtu (gramas por milhão de Btu) foram convertidos por DeCICCO e THOMAS (1998) para g/gal (gramas por galão de gasolina equivalente) usando o maior valor calórico da gasolina de 125.000 BTU/gal. Os valores apresentados nesta tabela correspondem ao resultado da conversão de g/gal para g/l (gramas por litro de gasolina) através do fator 1 g/gal = 0,26417 g/l. Os fatores de emissão em peso por litro de gasolina foram multiplicados pelos fatores de consumo médio urbano e rural (dado urbano – dado rural).
- (b) 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998. Utilizaram-se os dados de consumo urbano e rural de 10 km/l e 11 km/l, respectivamente (ver Planilha VI.13 e VI.17).
- (c) 2º Cenário (Cenário Ilustrativo): Frota de 1998 de maior eficiência energética e de menores fatores de emissão. Utilizaram-se os dados de consumo urbano e rural de 22 km/l e 25 km/l, respectivamente (ver Planilha VI.14 e VI.18).
- (d) 3º Cenário: Hipótese de Tendências Prováveis para a Frota de 2020. Utilizaram-se os dados de consumo urbano e rural de 12 km/l e 13 km/l, respectivamente (ver Planilha VI.15 e VI.19).
- (e) 4º Cenário: Hipótese Otimista para a Frota de 2020. Utilizaram-se os dados de consumo urbano e rural de 21 km/l e 24 km/l, respectivamente (ver Planilha VI.16 e VI.20).

Fonte: Elaboração própria.

VI.4 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Primeiramente serão apresentados os resultados dos Índices de Dano Ambiental (IDA) e a possível economia de custos desses danos. Posteriormente, será visto a economia de combustível, neste caso a gasolina automotiva, de cada hipótese.

VI.4.1 – ÍNDICES DE DANO AMBIENTAL E CUSTOS DE DANO AMBIENTAL

Os cálculos realizados para a obtenção do IDA, que estão apresentados nas Planilhas de VI.13 a VI.16 (área urbana) e nas Planilhas de VI.17 a VI.20 (área rural), estão compilados de forma resumida na Tabela VI.11 a seguir.

Tabela VI.11 – Resumo dos IDA's (em centavos de US\$1999/km) para veículos leves dos cenários estabelecidos

Intervalos de IDA (centavos de US\$1999/km)	Cenário de Referência (a)	2º Cenário (b)	3º Cenário (c)	4º Cenário (d)
IDA de área urbana:	1,05 – 7,75	0,44 – 3,22	0,72 – 5,48	0,45 – 3,35
IDA do Veículo em Uso:	0,53 – 4,79	0,20 – 1,88	0,28 – 3,02	0,20 – 1,95
* IDA de emissão regulamentada:	0,30 – 1,80	0,10 – 0,52	0,10 – 0,52	0,10 – 0,52
* IDA de emissão não regulamentada:	0,23 – 2,99	0,10 – 1,36	0,19 – 2,49	0,11 – 1,42
IDA do Ciclo de Suprimento do Combustível:	0,52 – 2,96	0,24 – 1,34	0,44 – 2,46	0,25 – 1,41
IDA de área rural:	0,36 – 5,00	0,15 – 1,97	0,27 – 3,49	0,15 – 2,04
IDA do Veículo em Uso:	0,22 – 3,79	0,09 – 1,44	0,15 – 2,47	0,09 – 1,49
* IDA de emissão regulamentada:	0,06 – 1,26	0,02 – 0,33	0,02 – 0,33	0,02 – 0,33
* IDA de emissão não regulamentada:	0,16 – 2,53	0,07 – 1,11	0,13 – 2,14	0,07 – 1,16
IDA do Ciclo de Suprimento do Combustível:	0,14 – 1,21	0,06 – 0,53	0,11 – 1,02	0,06 – 0,55
IDA TOTAL (e):	0,91 – 7,20	0,38 – 2,97	0,63 – 5,08	0,39 – 3,09

Notas:

(a) 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998.

(b) 2º Cenário (Cenário Ilustrativo): Frota de 1998 de maior eficiência energética e de menores fatores de emissão.

(c) 3º Cenário: Hipótese de Tendências Prováveis para a Frota de 2020.

(d) 4º Cenário: Hipótese Otimista para a Frota de 2020.

(e) IDA TOTAL corresponde à média ponderada de 20% do IDA rural e 80% do IDA urbano.

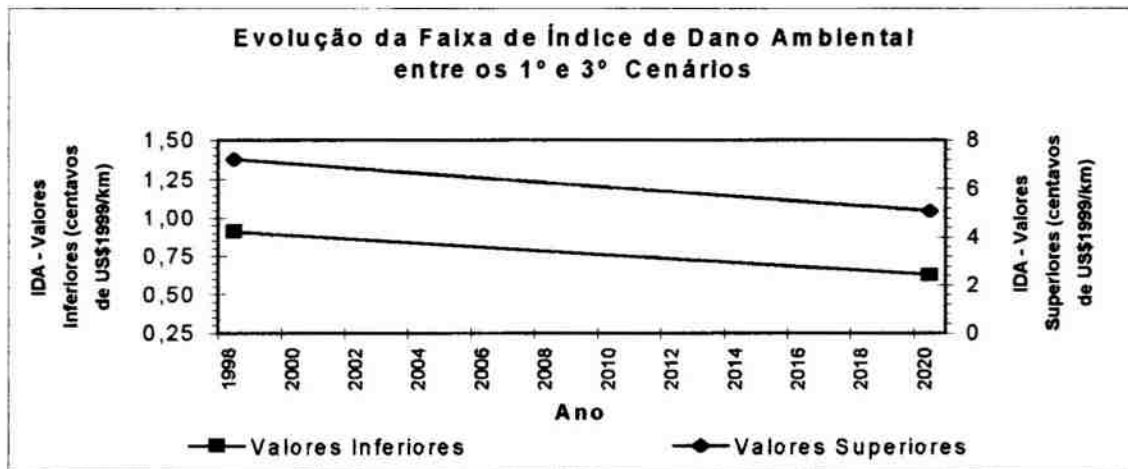
Fonte: Elaboração própria.

Primeiramente, observa-se pela Tabela VI.11 que a manutenção do "*status quo*" (3º cenário) em relação aos padrões de emissão dos veículos leves e do ciclo de suprimento do combustível, que corresponde à tendência natural da renovação da frota nacional, acarretará em valores menores de índice de dano ambiental (0,63 a 5,08 centavos de US\$1999/km) do que o atual valor (1º cenário) da frota de veículos leves (0,91 a 7,20 centavos de US\$1999/km). A frota de 2020, para a hipótese de tendências prováveis (3º cenário), trará uma diferença de IDA em relação à frota de 1998 de aproximadamente 30%, devido principalmente à substituição de uma frota mais poluidora por outra menos poluidora. No entanto, o quarto cenário, que busca uma maior economia de combustível, apresenta valores ainda menores de índice de dano ambiental (0,39 a 3,09 centavos de US\$1999/km), representando uma diferença de 57% em relação à frota atual de 1998 (1º cenário). A diferença entre os 3º e 4º cenários é de aproximadamente 40%.

O 2º cenário, conforme dito anteriormente, representa uma frota de 1998 composta totalmente por veículos leves de maior eficiência energética e com os menores fatores de emissão. Assim sendo, possui os menores valores de IDA. O fato de se obter valores de IDA um pouco maiores no 4º cenário, em relação ao 2º cenário, reside na existência de veículos leves desde os de modelo-ano de 1993 com maiores fatores de emissão (menos restritivos).

Nota-se que, conforme o esperado, os índices de dano em áreas urbanas é maior do que nas áreas rurais. Para cada cenário, a diferença entre IDA urbano e rural é de aproximadamente 65% para o limite inferior e 37% para o limite superior. Outro ponto importante deste tipo de análise de ciclo de vida reside na importância de se levar em conta o ciclo de suprimento do combustível, que apresenta valores de IDA da mesma ordem de grandeza do IDA de veículo em uso.

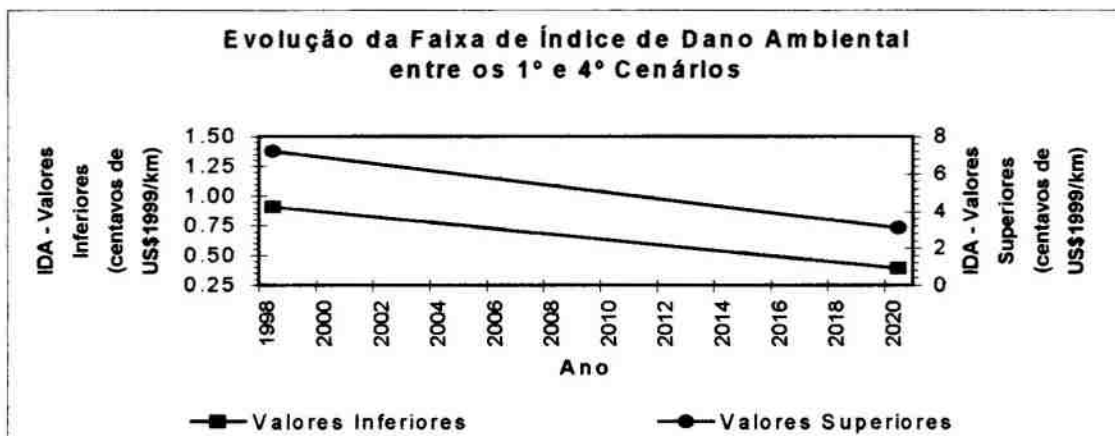
As Figuras VI.1 e VI.2 apresentam a evolução da faixa de IDA tomando como ponto de partida o intervalo de valores do 1º cenário correspondente à frota de veículos leves de 1998. O ano de 2020 na Figura VI.1 é caracterizado pelo 3º cenário (hipótese de tendências prováveis), enquanto que na Figura VI.2 pelo 4º cenário (hipótese otimista).

**Notas:**

- 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998.
- 3º Cenário: Hipótese de Tendências Prováveis para a Frota de 2020.

Fonte: Elaboração própria.

Figura VI.1 – Evolução da faixa de índice de dano ambiental entre os 1º e 3º Cenários

**Notas:**

- 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998.
- 4º Cenário: Hipótese Otimista para a Frota de 2020.

Fonte: Elaboração própria.

Figura VI.2 – Evolução da faixa de índice de dano ambiental entre os 1º e 4º Cenários

O índice de dano ambiental em conjunto com os dados de quilometragem média anual e o número de veículos da frota nacional fornecem os valores absolutos de custos dos danos ambientais e à saúde causados pela frota veicular, apresentados na Tabela VI.12, conforme a Equação VI.6.

$$\text{Custo de Dano Ambiental e à Saúde (US$/ano)} = \text{IDA (US$/km)} * \text{Quilometragem média anual (km/ano)} * \text{Nº Veículos}$$

(Eq. VI.6)

Tabela VI.12 – Custos de dano ambiental e à saúde para cada cenário

CENÁRIOS:	Cenário de Referência	2º Cenário	3º Cenário	4º Cenário
IDA TOTAL (centavos de US\$1999/km) (Inferior – Superior)	0,91 – 7,20	0,38 – 2,97	0,63 – 5,08	0,39 – 3,09
Quilometragem média anual (km/ano) ^(a)	15.000	15.000	15.000	15.000
Frota de Veículos Leves (nacionais e importados)	15.032.083 (b)	15.032.083 (b)	36.201.439 (c)	36.201.439 (c)
CUSTOS DE DANOS AMBIENTAIS E À SAÚDE (bilhões de US\$1999/ano) (Inferior – Superior)	2,05 – 16,23	0,86 – 6,70	3,42 – 27,59	2,12 – 16,78

Notas:

- 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998.
 - 2º Cenário (Cenário Ilustrativo): Frota de 1998 de maior eficiência energética e de menores fatores de emissão.
 - 3º Cenário: Hipótese de Tendências Prováveis para a Frota de 2020.
 - 4º Cenário: Hipótese Otimista para a Frota de 2020.
- (a) A diferença entre a quilometragem média obtida nas Planilhas IV.10 (1º cenário) e VI.3 (2º cenário) no valor de 14.500 km/ano e na Planilha VI.7 (3º e 4º cenários) no valor de 14.000 km/ano deve-se à não linearidade da função de MURGEL (1990). Portanto, assumiu-se aqui a mesma quilometragem média para os quatro cenários de aproximadamente 15.000 km/ano.
- (b) Frota de veículos leves, nacionais e importados, movidos a gasolina, álcool e diesel (Planilha IV.9).
- (c) Frota de veículos leves, nacionais e importados, movidos a gasolina, álcool e diesel (Planilha VI.6).

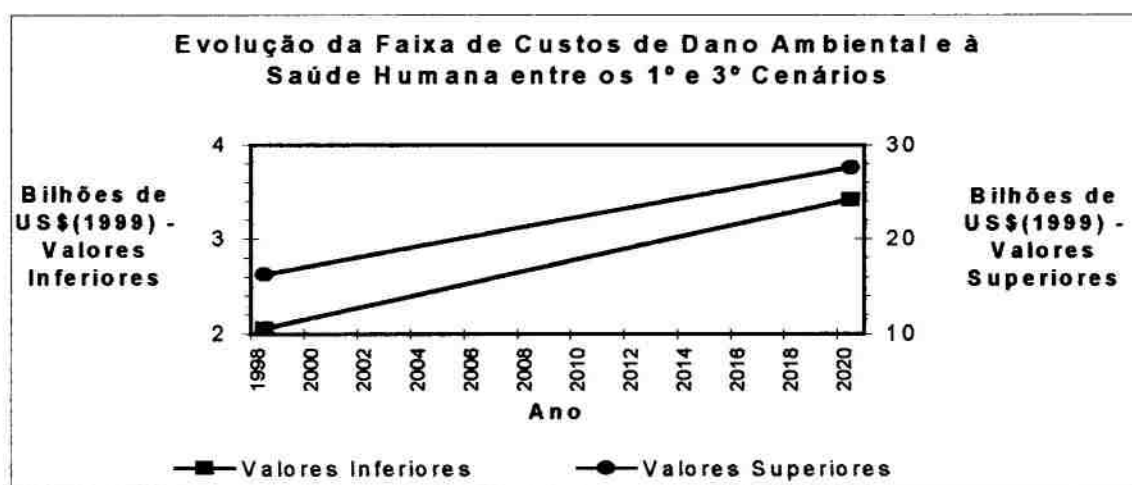
Fonte: Elaboração própria.

A partir da Tabela VI.12, observa-se que a frota de 1998 apresenta um custo de dano entre 2 a 16 bilhões de dólares (1999) por ano com a saúde, manutenção de prédios, agricultura, entre outros, conforme visto no Capítulo V. Caso a tendência atual se mantenha, em 2020 esses custos irão aumentar para aproximadamente 3,5 a 28 bilhões de dólares (aumento de aproximadamente 75%) devido ao aumento da motorização, mesmo que o IDA da hipótese tendencial (3º cenário) seja menor do que o IDA da frota atual (1º cenário).

Com relação ao quarto cenário, observa-se a manutenção dos custos de aproximadamente 2 a 17 bilhões de dólares, mesmo após o aumento da motorização. Dessa forma, a diferença entre os 3º e 4º cenários de 2020 está na ordem de 40%; isto é, na hipótese otimista (4º cenário) haveria uma economia monetária de 40% em relação à hipótese de tendências prováveis (3º cenário). Portanto, a análise mais importante é que se as mudanças tecnológicas propostas por DeCICCO e ROSS (1993), elevando a

economia de combustível em 91%, fossem colocadas em prática ao longo desses 20 anos de análise, em 2020 seria possível obter uma economia dos custos de dano da ordem de 40%, ou de 1,3 a 11 bilhões de dólares (1999) ao ano.

As Figuras VI.3 e VI.4 apresentam a evolução da faixa de custos de dano ambiental e à saúde humana tomando-se como ponto de partida o intervalo de valores do 1º cenário correspondente à frota nacional de veículos leves de 1998. O ano de 2020 na Figura VI.3 é caracterizado pelo 3º cenário (hipótese de tendências prováveis), enquanto que na Figura VI.4 pelo 4º cenário (hipótese otimista).

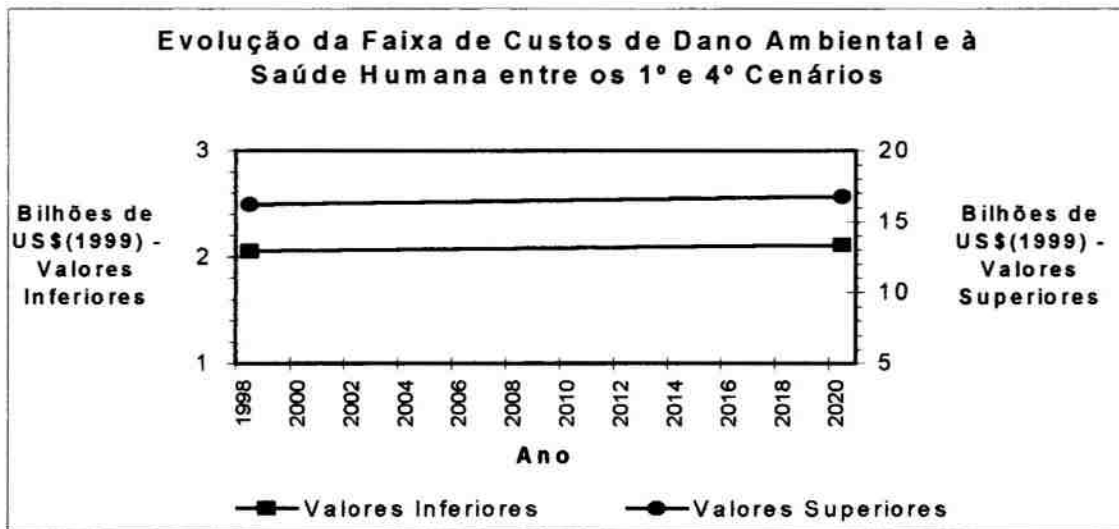


Notas:

- 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998.
- 3º Cenário: Hipótese de Tendências Prováveis para a Frota de 2020.

Fonte: Elaboração própria.

Figura VI.3 – Evolução da faixa de custos de dano ambiental e à saúde humana entre os 1º e 3º Cenários



Notas:

- 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998.
- 4º Cenário: Hipótese Otimista para a Frota de 2020.

Fonte: Elaboração própria.

Figura VI.4 – Evolução da faixa de custos de dano ambiental e à saúde humana entre os 1º e 4º Cenários

No Apêndice B, desenvolveu-se a mesma metodologia de cálculo de IDA e de custos relativos somente para danos à saúde humana. A partir da contribuição dos custos de dano à saúde é possível verificar diretamente o quanto o governo gasta com a saúde pública. Os resultados encontrados estão resumidos na Tabela VI.13, da qual se obtém um mínimo de custo evitado correspondente a 870 milhões de dólares (1999) e um máximo de 3,5 bilhões de dólares (1999), referentes à diferença entre os 3º e 4º cenários.

Comparando-se os resultados da Tabela VI.12 e VI.13, verifica-se que a relação entre o IDA de dano à saúde humana e o IDA de dano total está em torno de 60% (para os valores inferiores do intervalo) e 25% (para os valores superiores). Essa mesma relação ocorre com os custos absolutos. Portanto, pode-se dizer que os custos à saúde humana representam 60% dos custos totais para os valores inferiores e 25% dos custos totais para os valores superiores.

Tabela VI.13 – Intervalo de IDA e de custos relativos aos danos à saúde humana para cada cenário

CENÁRIOS:	Cenário de Referência	2º Cenário	3º Cenário	4º Cenário
IDA URBANO / IDA RURAL (centavos de US\$1999/km) (Inferior – Superior)	0,84 – 3,66 / 0,16 – 1,63	0,34 – 1,41 / 0,06 – 0,51	0,54 – 2,22 / 0,10 – 0,73	0,35 – 1,46 / 0,06 – 0,53
IDA TOTAL (centavos de US\$1999/km) (Inferior – Superior) ^(a)	0,70 – 3,25	0,28 – 1,23	0,45 – 1,92	0,29 – 1,27
Quilometragem média anual (km/ano) ^(b)	15.000	15.000	15.000	15.000
Frota de Veículos Leves (nacionais e importados)	15.032.083 (c)	15.032.083 (c)	36.201.439 (d)	36.201.439 (d)
CUSTOS DE DANO À SAÚDE (bilhões de US\$1999/ano) (Inferior – Superior)	1,58 – 7,33	0,63 – 2,77	2,44 – 10,43	1,57 – 6,90

Notas:

- 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998.
- 2º Cenário (Cenário Ilustrativo): Frota de 1998 de maior eficiência energética e de menores fatores de emissão.
- 3º Cenário: Hipótese de Tendências Prováveis para a Frota de 2020.
- 4º Cenário: Hipótese Otimista para a Frota de 2020.
- (a) IDA TOTAL corresponde à média ponderada de 20% IDA rural e 80% IDA urbano.
- (b) A diferença entre a quilometragem média obtida nas Planilhas IV.10 (1º cenário) e VI.3 (2º cenário) no valor de 14.500 km/ano e na Planilha VI.7 (3º e 4º cenários) no valor de 14.000 km/ano deve-se à não linearidade da função de MURGEL (1990). Portanto, assumiu-se aqui a mesma quilometragem média para os quatro cenários de aproximadamente 15.000 km/ano.
- (c) Frota de veículos leves, nacionais e importados, movidos a gasolina, álcool e diesel (Planilha IV.9).
- (d) Frota de veículos leves, nacionais e importados, movidos a gasolina, álcool e diesel (Planilha VI.6).

Fonte: Dados obtidos no Apêndice B.

VI.4.2 – ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES

Outro aspecto que pode ser analisado a partir dos cenários propostos refere-se à economia de combustível que poderia ser realizada. A economia de combustível que poderá ser verificada apresenta-se não somente em termos de economia do derivado de petróleo utilizado, a gasolina, como também, em termos de energia primária (petróleo).

Primeiramente, deve-se atentar que a frota de veículos leves dos cenários 1º e 2º são movidos a gasolina, álcool e diesel, enquanto que a frota dos cenários 3º e 4º inclui,

além dos movidos a gasolina, aqueles veículos a álcool e a diesel dos anos de fabricação de 1993 a 1999. Contudo, a quantidade de veículos a álcool e a diesel, que serviram para projetar a frota em 2020, estarão praticamente sucateados e, portanto, assumiu-se que a frota é composta por veículos a gasolina. Com relação aos dois primeiros cenários, o mesmo não pode ser dito. Tampouco, se a maioria dos veículos sucateados são aqueles movidos a álcool ou a diesel.

Dessa forma, assumiu-se, para os cálculos a seguir, que o combustível adotado é a gasolina. Na verdade, o combustível adotado é o gasool (gasolina acrescida de álcool). Assumiu-se, então, que a gasolina representa aproximadamente 78% do combustível gasool, e portanto o consumo de gasolina para cada cenário pode ser verificado através da Equação VI.7 e mostrados na Tabela VI.14, a seguir.

Consumo de Gasolina (litros/ano)	= 1 / Consumo Médio (litros/km)	* Quilometragem Média Anual (km/ano)	* 0,78	* N° Veículos	(Eq. VI.7)
--	------------------------------------	--	--------	---------------	------------

Tabela VI.14 – Consumo anual de gasolina e de petróleo dos veículos leves para cada cenário

	Frota 1998 (1º cenário)	Frota 1998 (2º cenário)	Frota 2020 (3º cenário)	Frota 2020 (4º cenário)
Consumo de Combustível				
Urbano (km/l)	10	22	12	21
Rural (km/l)	11	25	13	24
Consumo de Gasolina				
Urbano (km/l)	7,8	17,2	9,4	16,4
Rural (km/l)	8,6	19,5	10,1	18,7
Média Ponderada entre Urbano e Rural (km/l) ^(a)	7,96	17,66	9,54	16,86
Quilometragem Média Anual ^(b)	15.000	15.000	15.000	15.000
Número de Veículos da Frota	15.032.083 ^(c)	15.032.083 ^(c)	36.201.439 ^(d)	36.201.439 ^(d)
CONSUMO ANUAL DE GASOLINA (Bilhões de Litros/ano)	28	13	57	32
CONSUMO ANUAL DE PETRÓLEO (Milhões de Barris/ano) ^(e)	205	92	412	233

Notas:

- 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998.
- 2º Cenário (Cenário Ilustrativo): Frota de 1998 de maior eficiência energética e de menores fatores de emissão.
- 3º Cenário: Hipótese de Tendências Prováveis para a Frota de 2020.
- 4º Cenário: Hipótese Otimista para a Frota de 2020.
- Consumo de Gasolina em km/l (CG) = Consumo de Combustível * 0,78
- Consumo Anual de Gasolina em litros/ano (CGA) = 1/CG * quilometragem anual * n° de veículos
- Consumo Anual de Barris de Petróleo (barris/ano) = CGA (litros) * FC * (1 barril / 159 litros)
- Fator de Conversão (FC) igual a 1,15, ver nota (e).
- (a) A média ponderada corresponde à 80% do consumo urbano e à 20% do consumo rural.
- (b) A diferença entre a quilometragem média obtida nas Planilhas IV.10 (1º cenário) e VI.3 (2º cenário) no valor de 14.500 km/ano e na Planilha VI.7 (3º e 4º cenários) no valor de 14.000 km/ano, deve-se a não linearidade da função de MURGEL (1990). Portanto, assumiu-se aqui a mesma quilometragem média para os quatro cenários de aproximadamente 15.000 km/ano.
- (c) Frota de veículos leves, nacionais e importados, movidos a gasolina, álcool e diesel (Planilha IV.9).
- (d) Frota de veículos leves, nacionais e importados, movidos a gasolina, álcool e diesel (Planilha VI.6).
- (e) Assumiu-se um alto consumo na produção e refino de petróleo de 15% da carga processada de petróleo.

Fonte: Elaboração própria.

Com raciocínio análogo ao realizado para o IDA, a Tabela VI.14 mostra que o consumo de gasolina para as hipóteses de tendências prováveis (3º cenário) e otimista (4º cenário) aumenta devido à elevação da motorização ao longo dos 20 anos de análise. Tomando como base a frota de 1998 (1º cenário), o 3º cenário apresenta um aumento em torno de 100%, enquanto que o 4º cenário apresenta um aumento de 15% do consumo de gasolina. Comparando-se os 3º e 4º cenários, nota-se uma economia de

combustível da ordem de 44%, advinda da eficiência energética do 4º cenário. Dessa forma, a Tabela VI.15 apresenta de forma resumida a economia de gasolina e de petróleo entre os diferentes cenários. Se a frota de 1998 já fosse mais econômica (2º cenário) haveria uma diferença de 54% no consumo de gasolina em relação ao 1º cenário.

Tabela VI.15 – Economia de gasolina e de petróleo ao ano dos veículos leves

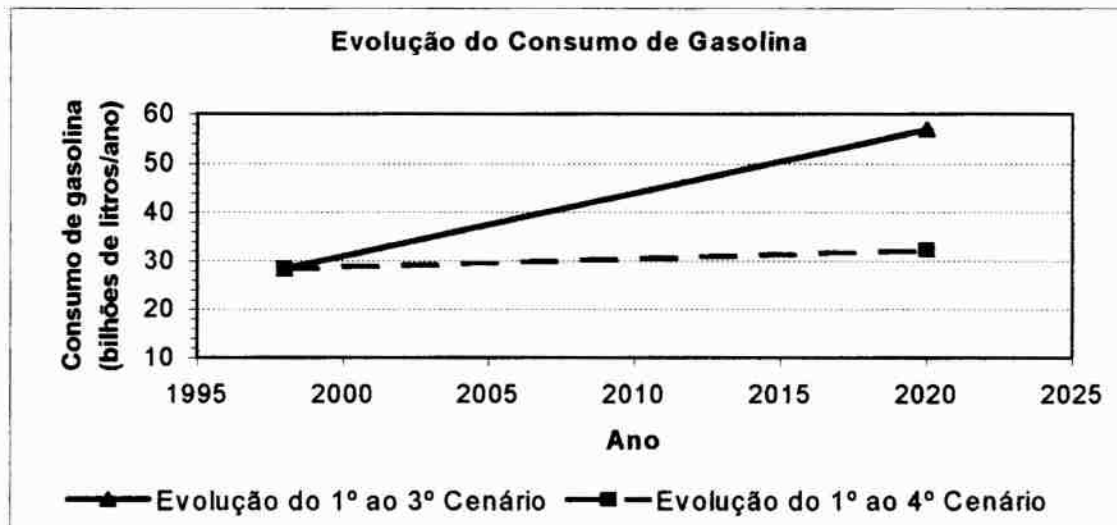
ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL	Diferença entre o 1º e o 2º cenários	Diferença entre o 1º e o 3º cenários	Diferença entre o 1º e o 4º cenários	Diferença entre o 3º e o 4º cenários
Economia de Gasolina (Bilhões de Litros/ano)	15	-28	-4	24
Economia de Barris de Petróleo (Milhões de Barris/ano)	113	-207	-28	179
Economia de Barris de Petróleo (Mil Barris/dia)	309	-567	-77	490
Diferença percentual de economia de gasolina (%)	54	-104	-14	44

Notas:

- 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998.
- 2º Cenário (Cenário Ilustrativo): Frota de 1998 de maior eficiência energética e de menores fatores de emissão.
- 3º Cenário: Hipótese de Tendências Prováveis para a Frota de 2020.
- 4º Cenário: Hipótese Otimista para a Frota de 2020.
- Economia de Gasolina = diferença entre o consumo de gasolina anual (CGA)
- Economia de Barris de Petróleo (barris/ano) = diferença entre o consumo de petróleo anual
- Economia de Barris de Petróleo (barris/dia) = diferença entre o consumo de petróleo anual * 365
- Fator de Conversão: 1 barril de petróleo = 1 barril de gasolina * 1,15. Sendo que o barril equivale à 159 litros. Assumiu-se um alto consumo na produção e refino de petróleo de 15% da carga processada de petróleo.
- Valores negativos correspondem a um aumento de consumo, enquanto que valores positivos correspondem a uma diminuição do consumo.

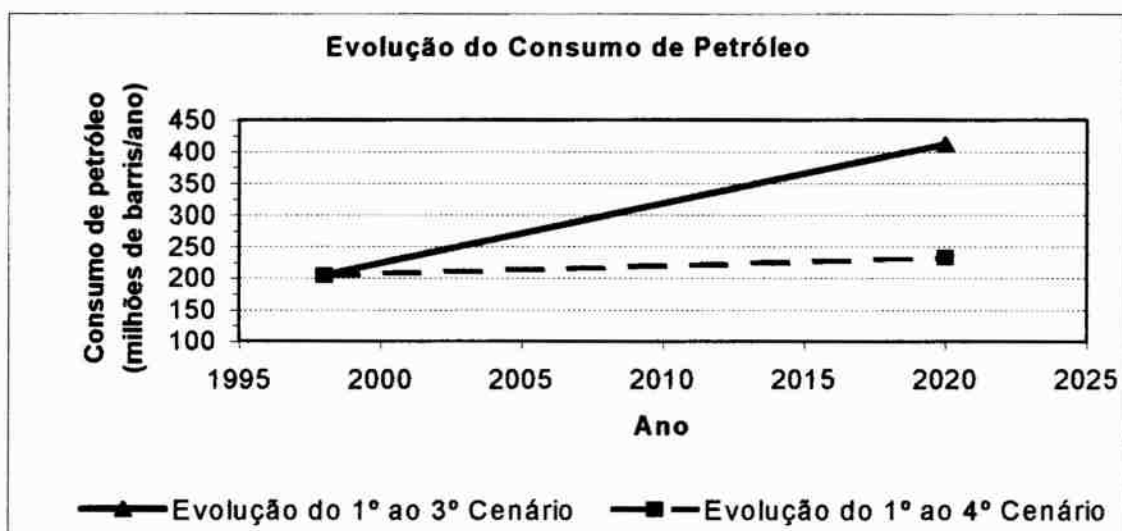
Fonte: Elaboração própria.

As Figuras VI.5 e VI.6 apresentam, respectivamente, a evolução do consumo de gasolina e de barris de petróleo tomando-se como ponto de partida o consumo obtido no 1º cenário correspondente à frota de veículos leves de 1998.



Fonte: Elaboração própria.

Figura VI.5 – Evolução do consumo de gasolina em bilhões de litros por ano



Fonte: Elaboração própria.

Figura VI.6 – Evolução do consumo de petróleo em milhões de barris por ano

Essa economia de gasolina que será verificada no bolso do consumidor poderá trazer um efeito reverso que seria o aumento da quilometragem média anual. Com veículos mais econômicos, os motoristas iriam dirigir mais, e com isso aumentariam a quilometragem média da frota. Contudo, deve-se verificar se esse efeito reverso poderia ser maior do que os benefícios trazidos pelo aumento da economia de combustível.

Antes de qualquer conclusão precipitada a esse respeito, um histórico da quilometragem média da frota, cujo principal fator é o aumento da motorização advindo do aumento populacional, seria importante para caracterizar a tendência de sua evolução ao longo dos anos.

Com relação aos centros urbanos, se não houver a construção de novas vias, ou alargamento de vias antigas, entre outros aspectos do trânsito nas áreas urbanas, os congestionamentos, que tendem se a agravar com o aumento da motorização, inviabilizariam esse aumento da quilometragem. Ademais, nota-se uma tendência natural dos centros urbanos que é o crescimento em direção aos subúrbios e periferias, contribuindo para o aumento dos deslocamentos populacionais necessários da residência ao local de trabalho. Essa tendência natural por si só aumenta a quilometragem média. Porém, caso o efeito reverso da economia de combustível seja observado, deve-se verificar se seria maior ou menor que os benefícios alcançados pela eficiência energética.

Já com relação à possibilidade de se utilizar ainda mais os veículos leves para viajar pelas estradas, contribuindo para uma piora das condições atmosféricas das áreas rurais, deve-se levantar, também, se o efeito reverso seria maior ou menor que os benefícios advindos da economia de combustível. Atualmente, os altos preços dos pedágios nas estradas privadas, as péssimas condições das públicas, dentre outros fatores, inibem de certa forma os motoristas.

Segundo GREENE (1998), o ponto chave está no tamanho do impacto do efeito reverso (o aumento da economia de combustível que eleva o seu próprio consumo). Se o efeito for muito pequeno, da ordem de 10%, seus impactos serão desprezíveis, porém se for muito grande, da ordem de 90%, então os impactos serão maiores do que os benefícios sociais dessa política de maior economia de combustível.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na busca de um desenvolvimento sustentável, uma nova era de crescimento econômico deverá consumir menos energia que o crescimento passado. As políticas de rendimento energético devem ser a "pedra-de-toque" das estratégias energéticas nacionais. Dentro desse contexto, é possível observar que o setor de transportes é um dos maiores consumidores de energia do país, responsável por aproximadamente 50% do consumo de derivados de petróleo.

O setor de transportes tem uma grande relevância não só no aspecto energético, mas também no aspecto ambiental. Os derivados do petróleo, além de provir de uma fonte não renovável de energia, geram a emissão de gases e partículas através da sua combustão. Esse processo em muitos casos, como em grandes centros urbanos e áreas rurais (dependendo da topografia, regime de ventos e chuvas, dentre outros aspectos climáticos da região, que facilitem o acúmulo de poluentes atmosféricos), agravam as condições de qualidade do ar, afetando, direta ou indiretamente, a saúde das pessoas, as construções, o lazer, e contribuindo também para o aumento do efeito estufa e do aquecimento global. Assim, o setor de transportes, tem uma grande contribuição para a poluição atmosférica.

O Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), iniciado em 1986, é uma importante iniciativa que ataca a questão da poluição veicular. O Programa teve, e tem, como principal objetivo a redução da contaminação atmosférica através da fixação de limites de emissão, induzindo o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes e determinando que os veículos motores atendam a limites máximos de emissão para alguns poluentes, em ensaios padronizados e com combustível de referência.

Contudo, as medidas tecnológicas adotadas pelos fabricantes para controle da poluição gerada pelos veículos automotores apresentam uma eficácia que tem como principais fatores limitantes o crescimento da população, o rápido e contínuo processo

de urbanização, e mesmo o número limitado de poluentes controlados, o que só poderia ser completamente atacado através de uma legislação mais ampla que também contemplasse a própria eficiência energética dos veículos. A demanda por transportes é maior nos centros urbanos, onde se observa um crescimento substancial da frota de veículos automotores, especialmente para transporte individual, com sua utilização cada vez mais intensa.

A década de 90 representou o segundo e maior ciclo de crescimento das vendas de veículos automotores ao mercado interno nacional. Em 1997, as vendas atingiram o valor recorde de 1,6 milhões de veículos automotores, sendo que os veículos leves representaram 96% dessas vendas. Adicionalmente, observa-se também que o nível de manutenção dos veículos deixa muito a desejar. A conjugação destes fatores, que pode vir a limitar o efeito das medidas tecnológicas e resultar em aumento de poluição, deve ser levada em conta para dar continuidade aos programas e políticas de controle ambiental.

Dentro desse contexto, de contínua melhoria da qualidade ambiental e energética, avaliaram-se aqui as conseqüências da completa inserção no mercado nacional de aperfeiçoamentos tecnológicos já conhecidos, no que se refere ao motor, à transmissão e à carga de veículos leves, para frota de veículos leves com base no modelo-ano de 1997. Foram traçados, então, quatro cenários, dois para a frota de 1998 e dois para uma frota de 2020, com base em duas hipóteses. O 1º cenário, ou cenário de referência, corresponde à frota de veículos leves a gasolina de 1998. O 2º cenário é representado por um tamanho de frota equivalente ao da frota de 1998, porém composta totalmente por veículos leves a gasolina com maior eficiência energética e com menores fatores de emissão. Já os 3º e 4º cenários foram traçados para a possível frota de 2020 segundo: uma hipótese de tendências prováveis (3º cenário) correspondente à permanência do atual nível tecnológico dos veículos de modelo-ano de 1997 e uma hipótese otimista (4º cenário) correspondente à introdução de melhorias técnicas veiculares que trarão uma economia de combustível por distância percorrida em torno de 90% (vide Tabela VI.7).

A avaliação dessa proposta foi em termos de um índice de dano ambiental que trata de diversas etapas envolvidas no uso do veículo. Etapas essas que consideram os

impactos ambientais e à saúde desde a fase de produção, transporte e abastecimento do combustível, ao uso de fato do veículo.

A importância de se analisar através de um índice de dano ambiental (IDA) passa pela questão controvertida de se tentar mensurar externalidades ambientais, e auxilia na identificação dos processos da cadeia produtiva que mais impactam o meio ambiente. Conforme identificado neste estudo, a frota de veículos leves a gasolina de 1998 (1º cenário), em área urbana, apresentou um IDA do veículo em uso de 0,53 a 4,79 centavos de US\$(1999) por quilômetro, enquanto que o IDA do ciclo de suprimento do combustível estava entre 0,52 e 2,96 centavos de US\$(1999) por quilômetro.

Portanto, como sugestão de estudos futuros para possibilitar uma análise ainda mais completa do ciclo de vida de um veículo automotor, o cálculo de IDA deverá englobar também a produção e a reciclagem dos materiais envolvidos. Dessa forma, o ciclo de análise de vida do veículo leve será fechado. A partir de um estudo das emissões de poluentes, dos efluentes e do consumo de energia da cadeia produtiva e da cadeia de reciclagem do veículo leve poderá se verificar a melhor alternativa tecnológica da indústria automotiva. A escolha da tecnologia automotiva não deverá se restringir aos aspectos puramente econômicos, mas sim incluir os aspectos energéticos e ambientais de todo o ciclo de vida do veículo automotor.

Mesmo não tendo analisado o ciclo de vida total do veículo leve nacional, este trabalho considerou como um planejamento baseado na economia de combustível pode ser uma estratégia para a busca de um sistema mais sustentável de transporte ao trazer melhorias na eficiência energética nos transportes pela redução da dependência de petróleo, moderação das emissões de gases de efeito estufa e contribuição na redução da poluição atmosférica.

Deve-se ressaltar a importância da metodologia desenvolvida e as diferenças relativas encontradas entre os cenários. Os dados apresentados ao longo deste trabalho de tamanho de frota, de fatores de emissão e principalmente de custos de dano variam muito conforme a literatura utilizada. Dessa forma, a questão central reside na diferença relativa entre os cenários estabelecidos para os resultados obtidos de IDA, de custos absolutos e de economia de combustível.

Através do cenário de referência (frota de veículo leves de 1998), foi possível observar qual poderá ser o rumo natural do transporte individual (3º cenário – hipótese de tendências prováveis para a frota de 2020) caso novas medidas, que busquem uma melhoria da qualidade de vida, não sejam tomadas. A frota de 2020 para o 3º cenário apresentará um IDA em torno de 0,6 a 5 centavos de US\$(1999) por quilômetro, enquanto que para o 4º cenário será de 0,4 a 3 centavos de US\$(1999) por quilômetro. Esses valores representam, portanto, uma diferença de aproximadamente 33% (para o menor valor) e 40% (para o maior valor).

Caso os aperfeiçoamentos tecnológicos não comecem a ser inseridos no mercado para a sua total penetração em 2020, os custos ambientais e à saúde aumentarão de 2 a 16 bilhões de dólares (1999) ao ano para a frota de 1998 (1º cenário) para 3,4 a 28 bilhões de dólares (1999) ao ano para a frota de 2020 (3º cenário – hipótese de tendências prováveis). Isso será causado pelo aumento da motorização ao longo do tempo de análise e servirá como motivador da inserção dessas novas tecnologias veiculares da hipótese otimista do 4º cenário. Este, por sua vez, irá manter os custos do 1º cenário, ficando entre 2 e 17 bilhões de dólares (1999) ao ano para a frota de 2020 (4º cenário), mesmo com o aumento da motorização. Dessa forma, no 3º cenário, haverá um aumento em torno de 70% com relação ao 1º cenário, enquanto que, no 4º cenário, os custos irão se manter nos patamares atuais.

Com relação à economia de combustível, foi possível observar que a manutenção do "*status quo*" da hipótese de tendências prováveis (3º cenário) trará uma elevação em torno de 100% no consumo de combustível em relação ao 1º cenário, devido ao aumento da motorização dentro do período de análise. Haveria, portanto, um aumento do consumo de petróleo de aproximadamente 200 milhões de barris ao ano, que equivalem a 567 mil barris por dia. Essa situação poderia ser contornada com a inserção das melhorias tecnológicas veiculares, ao longo desse período, que proporcionaria um aumento em torno de 14% do consumo de combustível em relação ao 1º cenário (i.e., um consumo de 28 milhões de barris de petróleo por ano, equivalente a aproximadamente 77 mil barris de petróleo por dia). Comparando-se os dois cenários de 2020, o 4º cenário seria responsável por uma economia de combustível de 44%, i.e. de 179 milhões de barris de petróleo por ano (equivalente a aproximadamente 490 mil barris de petróleo por dia), em relação ao 3º cenário.

Portanto, analogamente à forma pela qual o PROCONVE forçou a indústria automotiva a inserir novas tecnologias para adequar os veículos automotores aos padrões de emissão, uma regulamentação visando a economia de combustível poderia trazer um novo ciclo de avanço tecnológico da frota nacional de veículos leves, conforme os resultados apresentados aqui.

Outra questão relevante reside na importância de se fazer políticas integradas que busquem um objetivo em comum: a melhoria da qualidade de vida dos brasileiros. Sugere-se aqui uma política de controle do setor de transporte individual visando uma redução de dano ambiental e à saúde humana. Esta proposta para os veículos leves, entretanto, não pode ser vista isoladamente, já que outros fatores podem contribuir para o seu efeito inverso, aumentando-se, assim, as externalidades ambientais.

A organização do tráfego urbano e a política de transportes, por exemplo, são determinantes na qualidade do ar, principalmente em grandes centros urbanos. O transporte coletivo produz emissões menores do que os automóveis, quando comparados por pessoa transportada por quilometragem. Nota-se, também, que as distâncias percorridas aumentam com a renda: as pessoas de renda mais alta dispõem de modos de transporte mais rápidos e percorrem mais espaço no mesmo tempo disponível (VASCONCELLOS, 1996). Além disso, o congestionamento ou a redução da velocidade média ocasiona o aumento da emissão de cada veículo. Portanto, é importante que as políticas de transporte busquem a melhoria dos veículos leves e do sistema de transportes de massa, tornando-o atrativo, também, para classes mais altas.

Dessa forma, através de uma proposta de eficiência energética, se poderá investir em alternativas de transporte coletivo menos poluidoras, como o metrô, além de melhorar a qualidade do serviço prestado para se aumentar o número de pessoas transportadas por quilometragem. Dentro deste aspecto, os esforços que busquem uma melhor integração entre os diversos meios de transporte de massa também são de suma importância.

Outras políticas relevantes referem-se ao planejamento urbano e rural, que ditam como será ordenado o uso do solo. Isso interfere no tipo de deslocamento que as pessoas terão de fazer entre suas residências e seus locais de trabalho, demandando por transporte de massa ou individual, aumentando, assim, a quilometragem média da frota

veicular. O crescimento desordenado e a falta de planejamento do passado que resultou na deterioração ambiental de hoje das cidades não devem ser repetidos.

Políticas fiscais também são relevantes ao se cobrar mais impostos de veículos mais poluidores. O Imposto sobre Produto Industrializado (IPI) cobrado atualmente, por exemplo, não contraria os objetivos de política ambiental, já que incide, na média, uma taxa mais alta sobre os automóveis com maior potencial de emissões (FERRAZ e MOTTA, 1999).

Finalmente, este trabalho procurou mostrar a necessidade de dar continuidade ao sistema tecnológico na busca pela preservação do meio ambiente, bem estar social e desenvolvimento sustentável, para assegurar a qualidade de vida das futuras gerações. Adotou-se como ponto de partida o elemento básico "eficiência energética" do desenvolvimento sustentável e a avaliação do ciclo de vida de produto da gestão ambiental. Nada impede, entretanto, que outras alternativas surjam. O importante é que os objetivos sejam buscados conjuntamente com seriedade e sinceridade e que os eventuais desvios sejam corrigidos com eficiência.

BIBLIOGRAFIA

- ABADIE, E., 1999, *Petróleo: Aspectos Políticos e Econômicos*, 5ª Edição, SEREC/CEN-SUD, PETROBRAS.
- AKESON, L., DAVIDSON, K., DECK, L., FIRLIE, B., KING, E., LANGE, S., McCUBBIN, D., POST, E., 1999, *Final Tier 2 Rule: Air Quality, Estimation, Selected Health and Welfare Benefits Methods, and Benefit analysis Results*, EPA 420-R-99-032, Office of Air Quality Planning and Standards, US EPA, December.
- AMERICAN JOURNAL RESPIRATORY AND CRITICAL CARE MEDICINE, 1996, *Health Effects of Outdoor Air Pollution*, v.153, 3-50, pp.477-498. Citado em SALA (1999).
- ANFAVEA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES
- _____ 1998, Anuário Estatístico da ANFAVEA.
- _____ 1999, Anuário Estatístico da ANFAVEA.
- _____ 2000, Carta da ANFAVEA, n.165 (Jan).
- _____ 2000, Carta da ANFAVEA, n.170 (Jul).
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DOS TRANSPORTES, 1999, Empresa Brasileira de Planejamento dos Transportes (GEIPOT), Ministério dos Transportes.
- AUTOMÓVEL ON LINE, 1999, Site da Internet: www.automovelonline.com.br.
- BALASSIANO, R., 1991, *Alternativas Tecnológicas para o Ônibus Urbano: Avaliação do Ônibus a Gás Natural Comprimido, do Tróleibus e de seus Impactos Ambientais Atmosféricos*. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- BAMBERGER, R., 1998, *Automobile and Light Truck Fuel Economy: Is CAFE Up to Standards ?* Report 90122, Environmental and Natural Resources Policy Division, The Committee for the National Institute for the Environment, US.
- BARCELLOS, P. P., 1986, *Impactos Ambientais da Indústria de Petróleo: da Produção ao Consumo Final*. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- BEHRENSDORF, C. E., 1998, "Nota Vermelha para a Frota Nacional", *Trânsito: Revista da Associação Brasileira dos Departamentos de Trânsito*, ano I, n.2 (Nov/Dez).
- BEN – BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, Ministério de Minas e Energia.
 _____ 1993, ano base de 1992.
 _____ 1999, ano base de 1998.
- BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, Jun-1998. Citado em ABADIE (1999).
- BRAVO, V., 1977, *El Impacto de la Contaminación del Aire Provocada por los Automóviles*, C.I.F.C.A., Fundación Bariloche, Argentina, (Octubre).
- CALVERT, J. G., HEYWOOD, J. B., SAWYER, R. F. e SEINFELD, J. H., 1993, "Achieving acceptable air quality: some reflections on controlling vehicle emissions". *Science*, 261, 2 July, pp.37-45. Citado em DeCICCO e THOMAS (1998).
- CAMPOS, A. C. e LEONTSINIS, E., 1989, *Petróleo & Derivados – Obtenção, Especificações, Requisitos de Desempenho*. Rio de Janeiro, Editora Técnica Ltda..
- CASLER, S.D. e BLAIR, P.D., 1997, "Methods – Economic Structure, Fuel Combustion, and Pollution Emissions", *Journal of the International Society for Ecological Economics*, v.22, n.1 (Jul), pp.19-27.

CBTU – COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENS URBANOS, 1999, Citado em FILIPE (1999).

CEC – COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1995, *Joule Programme*, ExternE: Externalities of Energy, v.3: Coal and Lignite, Brussels: EUR 16522. Citado em EYRE et al. (1997).

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

_____ 1982, Citado em MURGEL et al. (1987).

_____ 1998, *Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 1997*, São Paulo. Citado em SALA (1999).

_____ 1999, *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 1998*, São Paulo.

CHIN AN LIN, 1997, *Efeitos da Poluição Atmosférica sobre a Morbidade Respiratória Aguda na População Infantil de São Paulo*. Tese de Doutorado, Faculdade de Medicina/USP, São Paulo, S.P., Brasil. Citado em SALA (1999).

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 1980, *A Crise dos Combustíveis Líquidos – A Visão do Setor Industrial*, v. II.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988, *Nosso Futuro Comum*. Rio de Janeiro, Editora da Fundação Getúlio Vargas.

CVC – COALITION FOR VEHICLE CHOICE

_____ 1998, *Fuel Economy & CAFE*, Site de Internet:
www.vehiclechoice.org/cale/

_____ 1998, *CAFE background*, Site de Internet:
www.vehiclechoice.org/cale/background.html

_____ 1998, *Fuel Economy Technology*, Site de Internet:
www.vehiclechoice.org/cale/tech.html

_____ 1998, *Fuel Economy: Much Improved*, Site de Internet:
www.vehiclechoice.org/cale/gains.html

_____ 1998, *High-efficiency Vehicles*, Site de Internet:
www.vehiclechoice.org/tech/highmpg.html

DAVIS, S. C., 1998, *Transportation Energy Data Book: Edition 18*. In: ORNL-6941, Center for Transportation Analysis, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy.

DeBOER, A., 1985, *Transport Sociology*, Amsterdam. Citado em VASCONCELLOS (1996).

DeCICCO, J., 1995, *Projected Fuel Savings and Emissions Reductions From Light Vehicle Fuel Economy Standards*. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, D.C..

DeCICCO, J. e ROSS, M., 1993, *An Updated Assessment of the Near-Term Potential for Improving Automotive Fuel Economy*. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, D.C..

DeCICCO, J. e ROSS, M., 1994, "Improving Automotive Fuel Economy", *Scientific American*, v.271, n.6 (Dec), pp. 52-57.

DeCICCO, J. e THOMAS, M., 1998, *Rating the Environmental Impacts of Motor Vehicles: The Green Guide to Cars and Trucks Methodology, 1998 Edition*. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, D.C..

- DeCICCO, J. e THOMAS, M., 1999, *The Green Guide to Cars and Trucks: Model Year 1999*. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, D.C..
- DELUCCHI, M. A., 1991, *Emissions of Greenhouse Gases from the Use of Transportation Fuels and Electricity*. Report ANL/ESD/TM22, Argonne, IL: Argonne National Laboratory, Center of Transportation Research. Citado em DeCICCO e THOMAS (1998).
- DELUCCHI, M. A., 1997a, *The Annualized Social Cost of Motor-Vehicle Use in the United States, 1990-1991: Summary of Theory, Data, Methods, and Results*. Report UCD-ITS-RR96-3(1) (Jun), Davis, CA: University of California, Institute of Transportation Studies. Citado em DeCICCO e THOMAS (1998).
- DELUCCHI, M. A., 1997b, *GHG (Greenhouse Gas) Emissions Model*. Computer Spreadsheet (Nov), Davis, CA: University of California, Institute of Transportation Studies. Citado em DeCICCO e THOMAS (1998).
- DELUCCHI, M. A. e McCUBBIN, D. R., 1996, *The Contribution of Motor Vehicles and Other Sources to Ambient Air Pollution*. Report UCD-ITS-RR96-3(16) (Aug), Davis, CA: University of California, Institute of Transportation Studies. Citado em DeCICCO e THOMAS (1998).
- DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO, 1980, *Tráfego e Meio Ambiente*. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- DERWENT, R. A., 1988, "A Better Way to Control Pollution", *Nature*, n.331. Citado em URJA (1996).
- DETRAN – DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO, 1999, *Frota Circulante de 1998*, Departamento de Análises, São Paulo. Citado em CETESB (1999).
- DIEGUEZ, C., 2000, "Foi apenas um susto. O preço internacional do petróleo dispara, mas encontra um mundo mais preparado". *Revista VEJA* de 23 de fevereiro.

DIFIGLIO, C.; DULEEP, K. G. e GREENE, D. L., 1990, "Cost Effectiveness of Future Fuel Economy Improvements", *The Energy Journal*, v.11, n.1 (Jan), pp.65-86.

DUPY, J-P., 1980, *Introdução à Crítica da Ecologia Política*. Rio de Janeiro, Editora Civilização Brasileira.

EEA – ENERGY AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS, 1991, *An Assessment of Potential Passenger Car Fuel Economy Objectives for 2010*. Report prepared for the U.S. Environmental Protection Agency, by Energy and Environmental Analysis, Inc., Arlington, VA, July. Citado em DeCICCO e ROSS (1993).

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECT AGENCY

_____ 1981, Citado em MURGEL et al. (1987).

_____ 1994, *Air Toxics from Motor Vehicles*, EPA 400-F-92-004, Fact Sheet OMS-2, (Aug), US, Site da Internet: www.epa.gov/oms/02-toxic.htm

_____ 1994, *Automobile Emissions: An Overview*, EPA 400-F-92-007, Fact Sheet OMS-5, August, US, Site da Internet: www.epa.gov/oms/05-autos.htm

_____ 1995, *National Air Quality: Status and Trends*, Office of Air & Radiation, US, Site da Internet: www.epa.gov/oar/aqtrnd95/pm10.html

_____ 1998, *AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors – Mobile Sources*, Office of Mobile Sources, v. II, April, US, Site da Internet: www.epa.gov/oms/ap42.htm

_____ 1998, *Idling Vehicles Emissions*, Office of Mobile Sources, EPA 420-F-98-014, April, US, Site da Internet: www.epa.gov/oms/consumer/f98014.htm

_____ 1998, *Tier 2 Report to Congress*, Air and Radiation, EPA 420-R-98-008, July, US.

EYRE, N. J.; OZDEMIROGLU, E.; PEARCE, D. W. e STEELE, P., 1997, "Fuel and Location Effects on the Damage Costs of Transport Emissions", *Journal of Transport Economics and Policy*, (Jan), pp.5-24.

- FANKHAUSER, S., 1994, *Evaluating the Social Costs of Greenhouse Gas Emissions*. CSERGE Working Paper, GEC 94-01. Citado em EYRE et al. (1997).
- FERRAZ, C. e MOTTA, R. S., 1999, *Automobile Pollution Control in Brazil*. Texto para Discussão n.670, IPEA.
- FIAT, 1999, Site de Internet: www.fiat.com.br
- FILIPE, T., 1999, "Em busca do metrô". *Transportes*, Revista do Jornal do Brasil, 28 de novembro de 1999.
- FILIPE, T., 1999, "Transporte de alto risco. Fiscalização e conscientização dos usuários são armas contra os clandestinos". *Transportes*, Revista do Jornal do Brasil, 28 de novembro de 1999.
- FONTANA, M., 1998, *An Assessment of Car Scrappage Schemes Draft Report*, CEMT/CS/ENV(98)9 (Dez), Group on Transport and the Environment, Committee of Deputies, European Conference of Ministers of Transports.
- FORD, 1999, Site de Internet: www.ford.com.br
- GEHLEN, K. V., 1985, *The Environmental Impacts of Exploitation of Oil Shales and Tar Sands*. Energy Report Series, ERS-13-85, Institute of Geochemistry, Petrology and Economic Geology, University of Frankfurt Am Main, Federal Republic of Germany, United Nations Environment Program, Nairobi, Kenya.
- GENERAL MOTORS, 1999, Site de Internet: www.gmb.com.br
- GEPA – GRUPOS DE ESTUDOS DE POLUIÇÃO DO AR – e CESP – COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO, 1981, *Impactos Ambientais de Exploração de Energia*, Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), São Paulo.

- GOMES, S-M. D., SILVA, M. A. e FIGUEIREDO, M. A. G. de, 1994, *Estudo do Impacto da Utilização dos Oxigenados na Redução das Emissões Veiculares*, Trabalho da Disciplina Impactos Ambientais de Projetos Energéticos do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1997, Citado por MONTEIRO (1998).
- GREENE, D. L., 1993, *Fuel Economy Spreadsheets*, Personal Communication, Oak Ridge National Laboratory. Citado em DeCICCO e ROSS (1993).
- GREENE, D. L., 1998, "Why CAFE Worked", *Energy Policy*, v.26, n.8 (Jul), pp.595-613.
- HEAVENRICH, R. M., MURRELL, J. D. e HELLMAN, K. H., 1991, *Light-Duty Automotive Technology and Fuel Economy Trends Through 1991*. Report EPA/AA/CTAB/91-02, U. S. Environmental Protection Agency, Ann Arbor, MI, May. Citado em DeCICCO e ROSS (1993).
- HOUGHTON, J. T., et al., 1990, *Climate Change – The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge, Cambridge University Press. Citado em EYRE et al. (1997).
- IAROCHINSKI, U., 1998, "Estradas do Futuro", *Trânsito: Revista da Associação Brasileira dos Departamentos de Trânsito*, ano I, n.2 (Nov/Dez).
- IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 1998, *Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores – PROCONVE*. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 2ª Edição, Brasília, 181p. – Coleção Meio Ambiente, Série Diretrizes – Gestão Ambiental, n.2.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2000, Citado em IPEA (2000).

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA

- _____ 1997, Citado em *Trânsito: Revista da Associação Brasileira dos Departamentos de Trânsito*, ano I, n.2 (Nov/Dez).
- _____ 1997, Citado em *Transportes*, Revista do Jornal do Brasil, 27 de fevereiro de 2000.
- _____ 2000, Boletim Conjuntural (Jan).
- _____ 2000, Projeção de População Residente, Site da Internet: www.ipea.gov.br 2000.

JORNAL DO BRASIL

- _____ 1997, Encarte Especial: Gás Natural, 25 de novembro.
- _____ 1998, Economia, 04 de dezembro.
- _____ 2000, Economia, 23 de março.
- _____ 2000, Economia, 25 de março.
- _____ 2000, Carro & Moto, 15 de abril.
- _____ 2000, Economia, 03 de agosto.

JORNAL O GLOBO, 2000, Economia: "Opep: mais de 800 mil barris", 11 de setembro.

JULIÃO, L., 2000, "O fantasma do lotação. Transporte informal toma 40% dos clientes de empresas regulares". *Transportes*, Revista do Jornal do Brasil, 27 de fevereiro de 2000.

KENNEDY, R. A. e SIMPSON, W., 1999, "Green Power, Energy Conservation and Cost Savings", *Strategic Planning for Energy and the Environment*, v.19, n.1, pp.6-22.

KEOLEIAN, G. A., KAR, K., MANION, M. M. e BULKLEY, J. W., 1997, *Industrial Ecology of the Automobile: A Lifecycle Perspective*. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers. Citado em DeCICCO e THOMAS (1998).

LACERDA, A., 2000, "Caos. Vans e kombis clandestinas organizam-se em máfias urbanas e ameaçam desmontar o sistema de transporte coletivo no país". *Transportes*, Revista do Jornal do Brasil, 27 de fevereiro de 2000.

LACERDA, A., 2000, "Conta desagradável. Congestionamentos nas cidades custam R\$500 milhões por ano". *Transportes*, Revista do Jornal do Brasil, 27 de fevereiro de 2000.

LA ROVERE, E. L., 1995, *Política Ambiental e Planejamento Energético*, Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

LEI Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 – POLÍTICA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE.

LEI Nº 8.723 de 28 de outubro de 1993 – EMISSÃO DE POLUENTES POR VEÍCULOS AUTOMOTORES.

LEI Nº 9.503 de 23 de setembro de 1997 – CÓDIGO NACIONAL DE TRÂNSITO.

MANSUR, A., 1999, "Mais carros e menos poluição. A frota aumenta, mas a qualidade do ar nas grandes cidades está cada vez melhor". *Revista VEJA* de 21 de julho.

MARGULLIS, S., 1990, *Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos*, IPEA, Rio de Janeiro.

MARTINS, J. A., 1999, "Qualidade ambiental urbana para todos". *Revista CREA RJ*, n.24, (maio/junho).

MENDES, A. P. F., 1993, *Uma Avaliação do Impacto Ambiental no Brasil: Poluição do Ar e Mortalidade*. Tese de Mestrado, Instituto de Economia Industrial/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. Citado em SALA (1999).

MONEYWORLD, 1999, UK Inflation History, Site de Internet: www.moneyworld.co.uk/glossary/gl00278.htm

MONTEIRO, A., 1998, *Estratégia de Redução de Emissões de Poluentes no Setor de Transportes por Meio de Substituição Modal na Região Metropolitana de São Paulo*. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- MOSELEY, M. J., HARMAN R.G., COLES O.B. e SPENCER, M.B., 1977, *Rural Transport and Accessibility*, University of East Anglia, England. Citado em VASCONCELLOS (1996)
- MOTTA, R. S. e MENDES, A. P. F., 1994, *Custos de Saúde Associados à Poluição do Ar no Brasil*, Texto para Discussão n.332, IPEA.
- MURGEL, E. M.; SZWARC, A.; SANTOS, M. D.; BRANCO, G. M.; CARVALHO, H., 1987, "Inventário de Emissão Veicular: Metodologia de Cálculo", *Revista de Engenharia Sanitária*, v.26, n.3. Citado em URIA (1996).
- MURGEL, E. M., 1990, *Veículos Automotores, O Proálcool e a Qualidade do Ar*, CNI, COASE, Rio de Janeiro. Citado em URIA (1996).
- NICOLAU, R., 2000, "A opinião do passageiro. Pesquisa explica aceitação das kombis em Belo Horizonte". *Transportes*, Revista do Jornal do Brasil, 27 de fevereiro de 2000.
- OANDA, 1999, Full Currency Converter, Site de Internet: www.oanda.com
- ODUM, E. P., 1988, *Ecologia*, Rio de Janeiro, Editora Guanabara.
- OLIVEIRA, J. L. F. de, 1995, *Poluição Atmosférica Urbana: Gás Natural Uma Alternativa para o Setor Transporte*. Trabalho da Disciplina de Impactos Ambientais de Projetos Energéticos do Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- OSTRO, B., 1994, *Estimating the Health Effects of Air Pollutants – A Method with an Application to Jakarta*. Policy Research Working Paper 1301, The World Bank, Policy Research Department, Public Economics Division, Washington, D.C..
- OSTRO, B., 1996, *A Methodology for Estimating Air Pollution Health Effects*. WHO – Organização Mundial de Saúde, Genebra. Citado em SALA (1999).

OTA – OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, 1982, *Increased Automobile Fuel Efficiency and Synthetic Fuels – Alternatives for Reducing Oil Imports*. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C..

OTTINGER et al., 1990, Citado em SALA (1999).

PEARCE, D. e CROWARDS, T., 1995, *Assessing the Health Costs of Particulate Air Pollution in the UK*. CSERGE Working Paper, GEC 95-27, pp.13-33.

PEARCE, D. & TURNER, R. K., 1990, "The Optimal Level of Pollution". In: *Economics of Natural Resources and The Environment*, capítulo 4, Texto utilizado na Disciplina de Economia do Meio Ambiente do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

PEARCE, D., MARKANDYA, A. e BARBIER, E. B., 1989, *Blueprint for a Green Economy*, Earthscan, London. Citado em EYRE et al. (1997).

PETROBRAS

_____ 1999, PRODIESEL, Site da Internet: www.petrobras.com.br.

_____ 2000, Citado em DIEGUEZ (2000).

POPE, C. A., 1991, Citado em SALA (1999).

POPE, C. A., et al., 1995, Citado em SALA (1999).

POOLE, A. D., PACHECO, R. S. e MELO, M. A. B. C. de, 1994, *Moving People: Transport Policy in the Cities of Brazil*. International Development Research Centre, Ottawa, ON, Canada.

PORTARIA DO IBAMA Nº 1.937 de 28 de setembro de 1990. Publicado no D.O.U. de 11/10/1990.

QUARG – UNITED KINGDOM QUALITY OF URBAN AIR REVIEW GROUP,
1993, *Diesel Vehicle Emissions and Urban Air Quality*. Department of the
Environment, London. Citado em EYRE et al. (1997).

RESOLUÇÃO CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente.

- _____ 1986, Nº 18 de 06 de maio. Publicado no D.O.U. de 17/06/1986.
- _____ 1989, Nº 003 de 15 de junho. Publicado no D.O.U. de 25/08/1989.
- _____ 1989, Nº 004 de 15 de junho. Publicado no D.O.U. de 25/08/1989.
- _____ 1993, Nº 07 de 31 de agosto.
- _____ 1993, Nº 16 de 17 de dezembro.
- _____ 1994, Nº 09 de 04 de maio.
- _____ 1995, Nº 14 de 13 de dezembro.
- _____ 1995, Nº 15 de 13 de dezembro.
- _____ 1995, Nº 16 de 13 de dezembro.
- _____ 1999, Nº 251 de 12 de janeiro.

REVISTA BRASIL ENERGIA

- _____ 1998, "O Brasil tem potencial para mais 22,5 bilhões de barris",
n.216 (Nov).
- _____ 1998, "O Brasil terá ônibus movido a células de hidrogênio", n.217
(Dez).
- _____ 2000, "MTBE – Produção ameaçada", n.237 (Ago).

REVISTA CONJUNTURA ECONÔMICA, 1999, v.53, n.12, Fundação Getúlio Vargas
(Dez).

REVISTA VEJA

- _____ 1999, "Novas artérias no coração do Brasil", 17 de fevereiro.
- _____ 1999, "Fim da fumaça", 31 de março.
- _____ 1999, "Por dentro do Classe A", 28 de abril.
- _____ 1999, "O popular chique", 26 de maio.
- _____ 1999, "Eles têm QI alto", 02 de junho.

- ROSS, M., GOODWIN, R., WATKINS, R., WANG, M. Q. e WENZEL, T., 1995, *Real-World Emissions from Model Year 1993, 2000 and 2010 Passenger Cars*. Report prepared for the Energy Foundation, Washington, D.C.: American Council for an Energy Efficient Economy. Citado em DeCICCO e ROSS (1998).
- SAFATLE, A., 1998, "Lavoisier – Para Fechar o Círculo. Fiat brasileira tenta transformar em prática a teoria da reciclagem de carros". *CARTA CAPITAL*, 14 de outubro.
- SALA, J. F., 1999, *Valoração dos Custos Ambientais Relacionados à Saúde – Estudo de Caso: Setor de Transportes da Cidade de São Paulo*. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- SANTOS, M. P. S., 1981, *A Study of the Assessment of Fuel Consumption and Exhaust Emissions from Road Vehicles as Influenced by Driving Patterns*. Master of Science Thesis – Imperial College of Science and Technology, London. Citado em URJA (1996).
- SAUS – STATISTICAL ABSTRACTS OF THE UNITED STATES, 1999, Site de Internet: www.westegg.com/inflation.
- SCHAEFFER, R., 2000, Comunicação Pessoal, Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- SCHAEFFER, R., LOGAN, J., SZKLO, A. S., CHANDLER, W. e MARQUES, J. C. de S., 2000, *Developing Countries & Global Climate Change: Electric Power Options in Brazil*. Relatório de Pesquisa Pew Center on Global Climate Change/Battelle Memorial Institute/UFRJ. Arlington, VA, EUA: Pew Center on Global Climate Change, (May).
- SCHELEDER, E. M. M., 1998, *A Questão do Alcool Combustível*. Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético (DNDE), Secretaria de Energia, Ministério de Minas e Energia, Brasília.

- SCHUKERT, M., SAUR, K. FLORIN, H., EYERER, P., BEDDIES, H., SULLIVAN, J. e HU, J., 1996, "Lifecycle Analysis: Getting the Total Picture on Vehicle Engineering Alternatives", *Automotive Engineering*, March, 49-52. Citado por DeCICCO e THOMAS (1998).
- SCHWARTZ, J., 1993, Citado em SALA (1999).
- SCHWARTZ, J. e DOCKERY, D. W., 1992, "Particulate Air Pollution and Daily Mortality in Steubenville", *American Journal of Epidemiology*, v.135, pp.12-19. Citado em EYRE et al. (1997).
- SECRETARIA DE POLÍTICA INDUSTRIAL, 1997, *Levantamento de Oportunidades, Intenções e Decisões de Investimento Industrial no Brasil 1997/2000*, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, Governo Federal, Brasil.
- SECRETARIA DE POLÍTICA INDUSTRIAL, 1997, *Ações Setoriais para o Aumento da Competitividade da Indústria Brasileira*, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, Governo Federal, Brasil.
- SMA – SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, 1997, *Por um Transporte Sustentável – Diretrizes e Proposta Preliminar de Anteprojeto de Lei de Política de Controle da Poluição Veicular e Transporte Sustentável*. Documento de Discussão Pública, São Paulo. Citado em SALA (1999).
- SPADARO, J. V., RABL, A., COUSSY, P., JOURDAIN, E., 1998, *Coûts Externes de la Pollution de L'Air: Étude de Cas et Résultats pou le Trajet Paris-Lyon, in Tentative D'Evaluation Monétaire des Coûts Externes Liés à la Pollution Automobile – Difficultés Méthologiques et Étude de Cas*. Artigo 2, École du Pétrole et des Moteurs, Centre Économie et Gestion. Citado em SALA (1999).
- SPRU, 1993, Citado em CORREIA, P. B. & BERNI, M. D. (1994). "Transportes e Emissões de CO₂: Uma Análise com Enfoque Multiobjetivo". In: *Anais do II Congresso Brasileiro de Planejamento Energético*, UNICAMP, São Paulo. Citado em URIA (1996).

- SZKLO, A. S., 1997, *Incertezas na Avaliação dos Custos Ambientais da Poluição Atmosférica da Geração Termelétrica*. Trabalho realizado para o Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. Citado em SALA (1999).
- TOWN, S., 1981, *The Sociologist's Perspective on Transport in Bannister D. e Hall P.* Transportation and Public Policy Planning, London, Mansell, pp. 30-33. Citado em VASCONCELLOS (1996).
- URIA, L. A. B., 1996, *Emissão de Gases de Efeito Estufa no Setor de Transportes e seu Potencial de Aquecimento Indireto: O Caso dos Automóveis e Veículos Comerciais Leves no Brasil*. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- VASCONCELLOS, E. A., 1996, *Transporte Urbano, Espaço e Equidade – Análise das Políticas Públicas*. São Paulo, Editoras Unidas.
- VOLKSWAGEN, 1999 e 2000, Site da Internet: www.volks.com.br
- WOLF, S., 1994, *Transport-Related Air Pollution in London*. Evidence to the House of Commons Select Committee on Transport, HC 506-II. Citado em EYRE et al. (1997).

APÊNDICE

APÊNDICE

A – EVOLUÇÃO DO PROCONVE PARA GASES DE ESCAPAMENTO DE VEÍCULOS LEVES.

B – INTERVALO DE CUSTOS E DE ÍNDICES DE DANO (IDA) RELATIVOS AOS DANOS À SAÚDE HUMANA.

C – TECNOLOGIA DOS AUTOMÓVEIS A GASOLINA DE MODELO-ANO DE 1999.

D – PLANILHAS.

APÊNDICE A

EVOLUÇÃO DO PROCONVE PARA GASES DE ESCAPAMENTO DE VEÍCULOS LEVES

Legislação	Data *	CO (g/km)	HC (g/km)	CO em ML (% volume)	NOx (g/km)	Aldeídos (g/km)	PM ** (g/km)
Resolução CONAMA nº18 / 1986							
Para todas as novas configurações de veículos com motor de ciclo Otto	19/06/88	24,0	2,1	3,0	2,0		
VL ciclo Otto ^[1]	01/01/89	24,0	2,1	3,0	2,0		
VL ciclo Otto exceto os não derivados de automóveis	01/01/90	24,0	2,1	3,0	2,0		
VL ciclo Otto não derivados de automóveis ^[2]	01/01/92	24,0	2,1	3,0	2,0		
VL ciclo Otto exceto os não derivados de automóveis	01/01/92	12,0	1,2	2,5	1,4		
VL ciclo Otto	01/01/97	2,0	0,3	0,5	0,6		
Resolução CONAMA nº003 / 1989							
VL ciclo Otto	01/01/92					0,15	
VL ciclo Otto	01/01/97					0,03	
Lei nº 8.723 / 1993							
VL (nacionais e importados)	01/01/97	2,0	0,3	0,5	0,6	0,03	0,05
VL ciclo Otto (nacionais e importados) não derivados de automóveis ^[3]	31/12/96	24,0	2,1	3,0	2,0	0,15	
Resolução CONAMA nº15 / 1995 ^[6]							
VL passageiros (nacional ou importado) e VL comercial importado	01/01/96	12,0	1,2	2,5	1,4	0,15	
VL comercial (nacional ou do Mercosul) ≤ 2.800 kg ^[4]	01/01/96	24,0	2,1	3,0	2,0	0,15	
VL ciclo Diesel (nacional ou importado) de passageiro e comercial ≤ 1.700 kg	01/01/96						0,05
VL ciclo Diesel (nacional ou importado) comercial > 1.700 kg ^[8]	01/01/96						0,16
VL ciclo Diesel (nacional ou do Mercosul) comercial > 2.800 kg ^[8]	01/01/96 até 31/12/97	12,0	1,2		1,4		
VL passageiros (nacionais e importados)	01/01/97	2,0	0,3	0,5	0,6	0,03 ^[7]	
VL comercial importados ≤ 1.700 kg	01/01/97	2,0	0,3	0,5	0,6	0,03 ^[7]	
VL comercial importado > 1.700 kg ^[8]	01/01/97	6,2	0,5	0,5	1,4	0,06 / 0,10 ^[5]	
VL comercial (nacional ou do Mercosul) ≤ 1.700 kg	01/01/98	2,0	0,3	0,5	0,6	0,03 ^[7]	
VL comercial (nacional ou do Mercosul) > 1.700 kg ^[8]	01/01/98	6,2	0,5	0,5	1,4	0,06 / 0,10 ^[5]	

Notas:

* Data na qual os limites entraram, ou vão entrar, em vigor.

** Valores para motores de ciclo Diesel.

[1]: limites dos gases de escapamento para os seguintes modelos: Uno 1300 álcool (exceto SX); Uno 1050 gasolina; Prêmio 1300 álcool; Corcel álcool; Belina álcool; Del Rey álcool (exceto câmbio automático); Scala álcool (exceto câmbio automático); Escort álcool (exceto XR3); Monza 1600 álcool e gasolina; Monza 1800 álcool e gasolina; Gol 1600 álcool e gasolina (motor refrigerado a água); Chevette 1600 álcool e gasolina; Voyage 1600 álcool e gasolina; Parati 1600 álcool e gasolina; Saveiro 1600 álcool e gasolina (motor refrigerado a água).

[2]: VL não derivado de automóveis quer dizer veículo leve comercial, classificados como utilitários, camionetes de uso misto ou veículos de carga. O veículo leve derivado de automóveis refere-se ao veículo leve de passageiros (i.e., automóveis).

[3]: VL de ciclo Otto fabricados a partir de 1º de janeiro de 1992. Já os VL de ciclo Diesel fabricados a partir de 1º de janeiro de 1992 quando não derivados de automóveis e classificados como utilitários, camionetes de uso misto ou veículo de carga, poderão, dependendo das características técnicas do motor definidas pelo IBAMA, atender aos limites e exigências estabelecidas para veículos pesados.

[4]: Os veículos leves comerciais nacionais ou produzidos nos países do Mercosul, com massa total máxima autorizada maior que 2.800 kg, estão dispensados do atendimento a limites de emissão, exceto quanto à emissão do gás de cárter, que deve ser nula em qualquer regime de trabalho do motor, a partir de 1º de janeiro de 1996 até 31 de dezembro de 1997.

[5]: 0,06 g/km de aldeídos totais (CHO), ou 0,10 g/km desde que a soma da emissão de hidrocarbonetos e aldeídos não exceda a 0,50 g/km.

[6]: A partir de 1º de janeiro de 1996, os veículos leves de ciclo Diesel de passageiros ou comerciais atenderão aos limites de emissão de escapamento, exceto quanto ao teor de aldeídos totais (CHO) e monóxido de carbono (CO) em marcha lenta, conforme §1º do Art. 5º da Resolução CONAMA nº15 de 1995.

[7]: Em caso de impossibilidade de atendimento ao limite de emissão de aldeídos totais, os veículos movidos a álcool poderão, alternativamente, no período de 1º de janeiro de 1997 a 31 de dezembro de 1998, não exceder a 0,06 g/km desde que a soma da emissão de hidrocarbonetos (HC) e aldeídos totais (CHO) não exceda a 0,3 g/km e que a justificativa para uso desta alternativa seja aceita previamente pelo IBAMA.

[8]: Os veículos leves de ciclo Diesel comerciais, com massa total máxima permitida maior que 2.000 kg, podem atender às exigências estabelecidas na Resolução CONAMA nº08 de 1993 para veículos pesados, alternativamente aos procedimentos estabelecidos pelo Art. 5º da Resolução CONAMA nº15 de 1995, desde que as características do motor permitam o ensaio, estando neste caso os motores turbo-alimentados dispensados da exigência de emissão nula do cárter.

Siglas:

CO = monóxido de carbono; HC = hidrocarbonetos; CO em ML = monóxido de carbono em marcha lenta; NOx = óxidos de nitrogênio; PM = material particulado; VL = veículo leve.

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE B

INTERVALO DE CUSTOS E DE ÍNDICES DE DANO (IDA) RELATIVOS AOS DANOS À SAÚDE HUMANA

Neste Apêndice será desenvolvido o índice de dano dos veículos leves com base apenas nas estimativas de custos dos danos à saúde humana. Esses custos refletem diretamente a quantia desembolsada pelo governo que poderia ser revertida em investimento em outras áreas.

Primeiramente, o intervalo de estimativas de custo de dano à saúde estão apresentadas na Tabela B.1. Adotou-se a mesma metodologia do Capítulo V para estabelecer os limites de custos no qual o Brasil estaria inserido.

Tabela B.1 – Intervalo de custos estimados de dano à saúde humana para o setor de transportes no Brasil, em centavos de dólar por grama de poluente
(centavos de US\$ 1999 / g)

Poluente	OUTROS ESTUDOS ^(a)				BRASIL ^(b)			
	Urbano		Rural		Urbano		Rural	
	Lte. Inferior	Lte. Superior	Lte. Inferior	Lte. Superior	Menor Valor ^(c)	Maior Valor ^(d)	Menor Valor ^(c)	Maior Valor ^(d)
CO	0,00372 *	0,00372 *	0,00074 *	0,00074 *	0,00186	0,00372	0,00037	0,00074
NOx	0,558 *	1,1305	0,1116 *	0,8793	0,279	1,1305	0,0558	0,8793
SO ₂	2,636 *	4,7552	0,527 *	0,5563	1,318	4,7552	0,2635	0,5563
PM10	4,479 *	10,1025	0,896 *	1,5791	2,2395	10,1025	0,448	1,5791
VOC ^(e)	0,04216 *	0,3409	0,00843 *	0,3409	0,02108	0,3409	0,004215	0,3409
C ₆ H ₆	24,0451	24,0451	-	-	12,0226	24,0451	-	-

Notas:

- (a) Dados de EYRE et al. (1997), com exceção dos valores com (*) que correspondem aos dados de DeCICCO e THOMAS (1998) sobre os danos à saúde apenas.
- (b) Assumiu-se aqui um intervalo para o Brasil como sendo a variação de 50% a 100% da faixa de limites urbanos e rurais de estudos internacionais.
- (c) O menor valor possível corresponde a 50% do limite inferior de estudos internacionais.
- (d) O maior valor possível corresponde a 100% do limite superior de estudos internacionais.
- (e) Ambos os dados de DeCICCO e THOMAS (1998) e EYRE et al. (1997) referem-se aos compostos orgânicos voláteis não metânicos.

Fonte: Elaboração própria.

Os custos advindos da Tabela B.1 foram utilizados no novo cálculo de IDA, conforme metodologia adotada no Capítulo VI. A partir dos novos valores de IDA calculou-se os custos absolutos de dano mostrados na Tabela B.2 a seguir.

Tabela B.2 – Intervalo de IDA e de custos de dano à saúde para cada cenário

CENÁRIOS:	Cenário de Referência	2º Cenário	3º Cenário	4º Cenário
IDA URBANO / IDA RURAL (centavos de US\$1999/km) (Inferior – Superior)	0,84 – 3,66 / 0,16 – 1,63	0,34 – 1,41 / 0,06 – 0,51	0,54 – 2,22 / 0,10 – 0,73	0,35 – 1,46 / 0,06 – 0,53
IDA TOTAL (centavos de US\$1999/km) (Inferior – Superior) ^(a)	0,07 – 3,25	0,28 – 1,23	0,45 – 1,92	0,29 – 1,27
Quilometragem média anual (km/ano) ^(b)	15.000	15.000	15.000	15.000
Frota de Veículos Leves (nacionais e importados)	15.032.083 (c)	15.032.083 (c)	36.201.439 (d)	36.201.439 (d)
CUSTOS DE DANO À SAÚDE (bilhões de US\$1999/ano) (Inferior – Superior)	1,58 – 7,33	0,63 – 2,77	2,44 – 10,43	1,57 – 6,90

Notas:

- 1º Cenário (Cenário de Referência): Frota de 1998.
 - 2º Cenário (Cenário Ilustrativo): Frota de 1998 de maior eficiência energética e de menores fatores de emissão.
 - 3º Cenário: Hipótese de Tendências Prováveis para a Frota de 2020.
 - 4º Cenário: Hipótese Otimista para a Frota de 2020.
- (a) IDA TOTAL corresponde à média ponderada de 20% IDA rural e 80% IDA urbano.
- (b) A diferença entre a quilometragem média obtida nas Planilhas IV.10 (1º cenário) e VI.3 (2º cenário) no valor de 14.500 km/ano e na Planilha VI.7 (3º e 4º cenários) no valor de 14.000 km/ano deve-se à não linearidade da função de MURGEL (1990). Portanto, assumiu-se aqui a mesma quilometragem média para os quatro cenários de aproximadamente 15.000 km/ano.
- (c) Frota de veículos leves, nacionais e importados, movidos a gasolina, álcool e diesel (Planilha IV.9).
- (d) Frota de veículos leves, nacionais e importados, movidos a gasolina, álcool e diesel (Planilha VI.6).

Fonte: Elaboração própria.

O custo de dano à saúde humana referente à frota de 1998 (1º cenário) se encontra entre 1,6 a 7,3 bilhões de dólares (1999). Mantendo-se a tendência natural de renovação da frota (3º cenário), em 2020, esses custos irão aumentar para aproximadamente 2,4 a 10 bilhões de dólares (1999) devido ao aumento da motorização. Já para o 4º cenário, observa-se o ganho obtido com a eficiência energética pela manutenção dos custos do 1º cenário de aproximadamente 1,6 a 7 bilhões de dólares (1999), mesmo após o aumento da motorização. A diferença entre os 3º e 4º cenários de 2020 está na ordem de 35%, que corresponde a um mínimo de custo evitado de 870 milhões de dólares (1999) e a um máximo de 3,5 bilhões de dólares (1999).

Apêndice C.a.1

Tecnologia dos Automóveis, Nacionais e Importados, a Gasolina de modelo-ano de 1999

Tecnologia Automotiva de 1999 (a gasolina)	MOTOR			Nº de Cilindros	Taxa de Compressão	Nº de Válvulas por cilindro	Eixo de Comando de válvulas	TRANSMISSÃO			CARGA		% Vendas de 1998
	Injeção	Posição						Nº de Marchas	Controle	Posição			
FIAT													
Marea 2.0 20V	mpi	transv.	5	10 : 1	4	2		6	manual		1.270		28
Marea 2.0 20V	mpi	transv.	5	8,5 : 1	4	2	Turbo	6	manual		1.310		0,93
Marea SW 2.0 20V	mpi	transv.	5	10 : 1	4	2		6	manual		1.320		0,39
Marea SW 2.0 20V	mpi	transv.	5	8,5 : 1	4	2	Turbo	6	manual		1.360		
Pálio 1.0	mpi	transv.	4	9,35 : 1	2	1		6	manual	transv.	908		13,97
Pálio 1.6	mpi	transv.	4	9,5 : 1	2	1		6	manual	transv.	975		1,38
Pálio 1.6 16V	mpi	transv.	4	9,3 : 1	4	2		6	manual	transv.	986		
Pálio SW 1.0	mpi	transv.	4	9,3 : 1	2	1		7	manual	transv.	1.040		3,03
Pálio SW 1.5	mpi	transv.	4	9,35 : 1	2	1		6	manual	transv.	1.045		
Pálio SW 1.6	mpi	transv.	4	9,5 : 1	2	1		6	manual	transv.	1.075		
Pálio SW 1.6 16V	mpi	transv.	4	9,3 : 1	4	2		6	manual	transv.	1.095		
Siena 1.0	mpi	transv.	4	9,35 : 1	2	1		7	manual	transv.	990		0,39
Siena 1.6	mpi	transv.	4	9,5 : 1	2	1		6	manual	transv.	1.035		1,42
Siena 1.6 16V	mpi	transv.	4	9,3 : 1	4	2		6	manual	transv.	1.050		
Tempra 2.0	spi	transv.	4	9,5 : 1	2			6	manual		1.200		0,64
Tempra 2.0 16V	mpi	transv.	4	9,5 : 1	4			6	manual		1.280		
Uno Mille	spi	transv.	4	9,5 : 1	2	1		6	manual	transv.	847		6,02
FORD													
Escort 1.8 16V	mpi		4			4		6	manual		1.202		12
Fiesta 1.0	mpi		4			2					980		1,51
Fiesta 1.4 16V	mpi		4			4					1.010		4,04
KA 1.0	mpi		4			2		6	manual		910		0,34
KA 1.3	mpi		4			2		6	manual		919		4,17
Mondeo 2.0 16V	mpi		4			4		6 / 4	man/aut		1.345		0,03
GENERAL MOTORS													
Astra 1.8	mpi	transv.	4	9,2 : 1	2			6	manual				23
Astra 2.0	mpi	transv.	4	9,2 : 2	2			6	manual				0,72
Astra 2.0 16V	spi	transv.	4	9,6 : 1	4	2		6	manual				
Corsa 1.0	mpi	transv.	4			2					890		12,22
Corsa 1.6	mpi	transv.	4			2					931		0,62
Corsa 1.6 16 V	mpi	transv.	4			4					1.025		1,33
Corsa SW 1.6	mpi	transv.	4			2					985		0,94
Corsa SW 1.6 16V	mpi	transv.	4			4					1.055		
Kadett 2.0	mpi	transv.	4			2		6	manual		1.030		1,13
Tigra 1.6 16V	spi	transv.	4			4					1.030		0,14
Vectra 2.2	mpi	transv.	4			2		6	manual		1.235		5,76
Vectra 2.2 16V	spi	transv.	4			4		6 / 4	man/aut		1.343		

Apêndice C.a.2
Tecnologia dos Automóveis, Nacionais e Importados, a Gasolina de modelo-ano de 1999

Tecnologia Automotiva de 1999 (a gasolina)	MOTOR		Nº de Cilindros	Taxa de Compressão	Nº de Válvulas por cilindro	Eixo de Comando de válvulas	Turbo	TRANSMISSÃO			CARGA Peso (kg)
	Injeção	Posição						Nº de Marchas	Controle	Posição	
VOLSKWAGEN											
Gol 1.0	mpi		4		2			6	manual	longitud.	916
Gol 1.0 16V	mpi		4		4			6	manual	longitud.	960
Gol 1.6	mpi		4		2			6	manual	longitud.	950
Gol 1.8	mpi		4		2			6	manual	longitud.	990
Gol 2.0	mpi		4		2			6	manual	longitud.	1.045
Gol 2.0 16V	mpi		4		4			6	manual	longitud.	1.115
Golf 1.6 *	mpi	transv.	4		2			6	manual		1.117
Golf 1.8 *	mpi	transv.	4	9,5 :1	5		turbo	6 / 4	man/aut.		1.294
Golf 2.0 *	mpi	transv.	4	10,0 :1	2			6 / 4	man/aut.		1.211
Parati 1.0 16V	mpi		4		4			6	manual	longitud.	975
Parati 1.6	mpi		4		2			6	manual	longitud.	990
Parati 1.8	mpi		4		2			6	manual	longitud.	1.035
Parati 2.0	mpi		4		2			6	manual	longitud.	1.075
Parati 2.0 16V	mpi		4		4			6	manual	longitud.	1.170
Passat 1.8		longitud.	4		5			6 / 4	man/aut.		1.285
Passat 1.8 T		longitud.	4		5		turbo	6 / 4-5	man/aut.		1.300
Passat 2.8 V6		longitud.	6		5			6 / 5	man/aut.		1.380
Passat Variant 1.8		longitud.	4		5			6 / 4	man/aut.		1.325
Passat Variant 1.8 T		longitud.	4		5		turbo	6 / 4-5	man/aut.		1.345
Passat Variant 2.8 V6		longitud.	6		5			6 / 5	man/aut.		1.425
Polo Classic 1.8	mpi							6	manual	longitud.	1.100
Quantum 1.8 *								6	manual	longitud.	1.125
Quantum 2.0 *								6	manual	longitud.	1.140
Santana 1.8 *								6	manual	longitud.	1.095
Santana 2.0 *								6	manual	longitud.	1.095

Notas: Os dados de vendas ao mercado interno da ANFAVEA não discrimina os modelos quanto à tecnologia adotada.

(*): Referem-se aos automóveis de modelo-ano de 2000

SW: Perua ("station wagon")

Mpl: Injeção Multiponto

SD: Sedan

Spl: Injeção de um ponto

(1.0): Cilindradas

Transv.: Posição transversal

OUTROS: outras montadoras

Longitud.: Posição longitudinal

6 Marchas de Transmissão Manual: corresponde a 5 marchas à frente (5 velocidades) e 1 à ré

Man/aut.: Manual ou automático

7 Marchas de Transmissão Manual: corresponde a 6 marchas (6 velocidades) à frente e 1 à ré

Peso (kg): Peso em ordem de marcha (kg)

4 - 5 Marchas de Transmissão Automática: corresponde a 4 ou 5 velocidades

	% Vendas de 1998
VOLKS	30
Gol 1.0	18,85
Gol	3,09
Golf	0,71
Parati 1.0	1,76
Parati	1,24
Passat	0,42
Variant	0,13
Polo Classic	1,95
Quantum	0,26
Santana	1,33
SUBTOTAL	94
OUTROS	6
TOTAL	100

Fontes: Dados de vendas ao mercado interno de automóveis nacionais e importados da ANFAVEA (1999). Dados tecnológicos da Fiat (1999), Ford (1999), General Motors (1999) e Volkswagen (1999 e 2000).

Apêndice C.b.1

Tecnologia dos Automóveis, Nacionais e Importados, a Gasolina de modelo-ano de 1999

Tecnologia Automotiva de 1999 (a gasolina)	DIREÇÃO	SUSPENSÃO	
	Tipo	Amortecedores Dianteira	Traseira
FIAT			
Marea 2.0 20V	hidrau. com pinhão e crem.		
Marea 2.0 20V	hidrau. com pinhão e crem.		
Marea SW 2.0 20V	hidrau. com pinhão e crem.		
Marea SW 2.0 20V	hidrau. com pinhão e crem.		
Pálio 1.0	mec/hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Pálio 1.6	hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Pálio 1.6 16V	hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Pálio SW 1.0	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Pálio SW 1.5	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Pálio SW 1.6	hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Pálio SW 1.6 16V	hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Siena 1.0	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Siena 1.6	hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Siena 1.6 16V	hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Tempra 2.0		hidrau.	hidrau.
Tempra 2.0 16V		hidrau.	hidrau.
Uno Mille	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
FORD			
Escort 1.8 16V	hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Fiesta 1.0	mec/hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Fiesta 1.4 16V	mec/hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
KA 1.0	mec/hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	
KA 1.3	mec/hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	
Mondeo 2.0 16V	hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
GENERAL MOTORS			
Astra 1.8	hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	
Astra 2.0	eletro-hidrau./hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	
Astra 2.0 16V	eletro-hidrau./hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	
Corsa 1.0	mec/hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	
Corsa 1.6	mec/hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	
Corsa 1.6 16 V	mec/hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	
Corsa SW 1.6	mec/hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	
Corsa SW 1.6 16V	mec/hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	
Kadett 2.0			
Tigra 1.6 16V			
Vectra 2.2			
Vectra 2.2 16V			

	% Vendas de 1998
FIAT	28
Marea	0,93
Marea SW	0,39
Pálio 1.0	13,97
Pálio	1,38
Pálio SW	3,03
Siena 1.0	0,39
Siena	1,42
Tempra	0,64
Uno Mille	6,02
FORD	12
Escort	1,51
Fiesta 1.0	4,04
Fiesta	0,34
KA 1.0	4,17
KA	0,03
Mondeo	0,30
GM	23
Astra	0,72
Corsa 1.0	12,22
Corsa	0,62
Corsa SD	1,33
Corsa SW	0,94
Kadett	1,13
Tigra	0,14
Vectra	5,76

Apêndice C.b.2

Tecnologia dos Automóveis, Nacionais e Importados, a Gasolina de modelo-ano de 1999

VOLSKWAGEN	DIREÇÃO	SUSPENSÃO	
		Dianteira	Traseira
Gol 1.0	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Gol 1.0 16V	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Gol 1.6	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Gol 1.8	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Gol 2.0	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Gol 2.0 16V	mec. com pinhão e crem.		hidrau.
Golf 1.6 *	mec. com pinhão e crem., hidrau. progress	hidrau.	hidrau.
Golf 1.8 *	mec. com pinhão e crem., hidrau. progress	hidrau.	hidrau.
Golf 2.0 *	mec. com pinhão e crem., hidrau. progress	hidrau.	hidrau.
Parati 1.0 16V	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Parati 1.6	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Parati 1.8	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Parati 2.0	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Parati 2.0 16V	mec. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Passat 1.8	hidrau. com pinhão e crem.		
Passat 1.8 T	hidrau. com pinhão e crem.		
Passat 2.8 V6	hidrau. com pinhão e crem.		
Passat Variant 1.8	hidrau. com pinhão e crem.		
Passat Variant 1.8 T	hidrau. com pinhão e crem.		
Passat Variant 2.8 V6	hidrau. com pinhão e crem.		
Polo Classic 1.8	hidrau. com pinhão e crem.	hidrau.	hidrau.
Quantum 1.8 *	mec. com pinhão e crem., hidrau. progress	hidrau.	hidrau.
Quantum 2.0 *	mec. com pinhão e crem., hidrau. progress	hidrau.	hidrau.
Santana 1.8 *	mec. com pinhão e crem., hidrau. progress	hidrau.	hidrau.
Santana 2.0 *	mec. com pinhão e crem., hidrau. progress	hidrau.	hidrau.

Notas: Assumiu-se que todos os importados são movidos a gasolina.

(*) referem-se aos automóveis de modelo-ano de 2000

Transv.: posição transversal

Hidrau.: hidráulico

Mec.: mecânico

Crem.: cremalheira

SW: perua ("station wagon")

SD: sedan

OUTROS: outras montadoras

Fontes: Dados de vendas ao mercado interno da ANFAVEA (1999), inclui os importados.

Dados tecnológicos da Fiat (1999), Ford (1999), General Motors (1999) e Volkswagen (1999 e 2000).

	% Vendas de 1998
VOLKS	30
Gol 1.0	18,85
Gol	3,09
Golf	0,71
Parati 1.0	1,76
Parati	1,24
Passat	0,42
Variant	0,13
Polo Classic	1,95
Quantum	0,26
Santana	1,33
SUBTOTAL	94
OUTROS	6
TOTAL	100

Ano	Unidades Vendidas ao Mercado Interno			Fator de Sucateam.	Unidades Remanescentes			Km Média Anual (km)	Km Acumulada (km)
	Automóveis	Comer. Leves	Total		Automóveis	Comer. Leves	Total		
1971	395.266	71.874	467.140	0,01	3.953	719	4.671	9.000	317.000
1972	457.124	89.143	546.267	0,02	9.142	1.783	10.925	9.000	308.000
1973	557.692	105.745	663.437	0,03	16.731	3.172	19.903	9.000	299.000
1974	639.668	116.280	755.948	0,05	31.983	5.814	37.797	9.000	290.000
1975	661.332	117.588	778.920	0,06	39.680	7.055	46.735	9.000	281.000
1976	695.207	113.522	808.729	0,09	62.569	10.217	72.786	9.000	272.000
1977	678.824	69.247	748.071	0,11	74.671	7.617	82.288	9.000	263.000
1978	797.942	79.353	877.295	0,15	119.691	11.903	131.594	9.000	254.000
1979	826.462	79.244	905.706	0,19	157.028	15.056	172.084	9.000	245.000
1980	566.676	59.791	626.467	0,25	141.669	14.948	156.617	9.000	236.000
1981	318.929	25.499	344.428	0,31	98.868	7.905	106.773	9.000	227.000
1982	344.468	20.931	365.399	0,38	130.898	7.954	138.852	9.000	218.000
1983	70.098	8.512	78.610	0,45	31.544	3.830	35.375	9.000	209.000
1984	28.670	4.811	33.481	0,52	14.908	2.502	17.410	9.000	200.000
1985	23.892	4.761	28.653	0,59	14.096	2.809	16.905	9.000	191.000
1986	53.094	8.822	61.916	0,67	35.573	5.911	41.484	9.000	182.000
1987	23.084	8.105	31.189	0,73	16.851	5.917	22.768	9.000	173.000
1988	64.734	12.578	77.312	0,79	51.140	9.937	61.076	10.000	164.000
1989	220.984	39.837	260.821	0,83	183.417	33.065	216.481	13.000	154.000
1990	462.585	80.270	542.855	0,87	402.449	69.835	472.284	13.000	141.000
1991	468.462	77.852	546.314	0,91	426.300	70.845	497.146	13.000	128.000
1992	431.635	68.407	500.042	0,93	401.421	63.619	465.039	14.000	115.000
1993	675.403	100.096	775.499	0,95	641.633	95.091	736.724	14.000	101.000
1994	1.007.462	141.429	1.148.891	0,96	967.164	135.772	1.102.935	14.000	87.000
1995	1.374.265	224.729	1.598.994	0,97	1.333.037	217.987	1.551.024	15.000	73.000
1996	1.399.214	252.960	1.652.174	0,98	1.371.230	247.901	1.619.131	17.000	58.000
1997	1.568.774	285.110	1.853.884	0,98	1.537.399	279.408	1.816.806	19.000	41.000
1998	1.210.826	237.186	1.448.012	0,99	1.198.718	234.814	1.433.532	22.000	22.000
Total de veículos a gasolina no ano de 1998:					9.513.761	1.573.384	11.087.146		

Nota: Assumiu-se que todos os importados são movidos a gasolina.

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Km média da Frota a gasolina (E)				Km anual x Número de Veículos			Fator Y (i,c)		
Ano	Autom.	Com. Leve	Total	Autom.	Com. Leve	Total	Autom.	Com. Leve	Total
1971	3,74	4,11	3,79	35.573.940	6.468.660	42.042.600	0,0002	0,0003	0,0002
1972	8,6	10,2	8,9	82.282.320	16.045.740	98.328.060	0,0005	0,0006	0,0006
1973	16	18	16	150.576.840	28.551.150	179.127.990	0,0010	0,0011	0,0010
1974	30	33	31	287.850.600	52.326.000	340.176.600	0,0019	0,0021	0,0019
1975	38	40	38	357.119.280	63.497.520	420.616.800	0,0024	0,0025	0,0024
1976	59	58	59	563.117.670	91.952.820	655.070.490	0,0038	0,0036	0,0037
1977	71	44	67	672.035.760	68.554.530	740.590.290	0,0045	0,0027	0,0042
1978	113	68	107	1.077.221.700	107.126.550	1.184.348.250	0,0072	0,0042	0,0068
1979	149	86	140	1.413.250.020	135.507.240	1.548.757.260	0,0094	0,0053	0,0088
1980	134	86	127	1.275.021.000	134.529.750	1.409.550.750	0,0085	0,0053	0,0080
1981	94	45	87	889.811.910	71.142.210	960.954.120	0,0059	0,0028	0,0055
1982	124	45	113	1.178.080.560	71.584.020	1.249.664.580	0,0079	0,0028	0,0071
1983	30	22	29	283.896.900	34.473.600	318.370.500	0,0019	0,0014	0,0018
1984	14	14	14	134.175.600	22.515.480	156.691.080	0,0009	0,0009	0,0009
1985	13	16	14	126.866.520	25.280.910	152.147.430	0,0008	0,0010	0,0009
1986	34	34	34	320.156.820	53.196.660	373.353.480	0,0021	0,0021	0,0021
1987	16	34	18	151.661.880	53.249.850	204.911.730	0,0010	0,0021	0,0012
1988	54	63	55	511.398.600	99.366.200	610.764.800	0,0034	0,0039	0,0035
1989	251	273	254	2.384.417.360	429.841.230	2.814.258.590	0,0159	0,0169	0,0161
1990	550	577	554	5.231.836.350	907.853.700	6.139.690.050	0,0349	0,0356	0,0350
1991	583	585	583	5.541.905.460	920.989.160	6.462.894.620	0,0370	0,0362	0,0369
1992	591	566	587	5.619.887.700	890.659.140	6.510.546.840	0,0375	0,0350	0,0372
1993	944	846	930	8.982.859.900	1.331.276.800	10.314.136.700	0,0600	0,0523	0,0589
1994	1.423	1.208	1.393	13.540.289.280	1.900.805.760	15.441.095.040	0,0904	0,0746	0,0881
1995	2.102	2.078	2.098	19.995.555.750	3.269.806.950	23.265.362.700	0,1336	0,1284	0,1328
1996	2.450	2.679	2.483	23.310.905.240	4.214.313.600	27.525.218.840	0,1557	0,1654	0,1571
1997	3.070	3.374	3.113	29.210.571.880	5.308.748.200	34.519.320.080	0,1951	0,2084	0,1971
1998	2.772	3.283	2.845	26.371.790.280	5.165.911.080	31.537.701.360	0,1762	0,2028	0,1800
	15.735	16.192	15.800	149.700.117.120	25.475.574.510	175.175.691.630			

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Km Acum. (km)	Valor de y"	Fatores de Deterioração			Fatores Médios de Emissão (g/km)			Fatores de Emissão Corrigidos (g/km)		
			CO	HC	NOx	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
1971	317.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1972	308.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1973	299.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1974	290.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1975	281.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1976	272.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1977	263.000	6,27	1,28	1,35	1,00	54	4,7	1,2	69,32	6,36	1,20
1978	254.000	6,27	1,28	1,35	1,00	54	4,7	1,2	69,32	6,36	1,20
1979	245.000	6,27	1,28	1,35	1,00	54	4,7	1,2	69,32	6,36	1,20
1980	236.000	6,27	1,28	1,35	1,00	33	3	1,4	42,36	4,06	1,40
1981	227.000	6,27	1,28	1,35	1,00	33	3	1,4	42,36	4,06	1,40
1982	218.000	6,27	1,28	1,35	1,00	33	3	1,4	42,36	4,06	1,40
1983	209.000	6,27	1,28	1,35	1,00	33	3	1,4	42,36	4,06	1,40
1984	200.000	6,27	1,28	1,35	1,00	28	2,4	1,6	35,95	3,25	1,60
1985	191.000	6,27	1,28	1,35	1,00	28	2,4	1,6	35,95	3,25	1,60
1986	182.000	6,27	1,28	1,35	1,00	22	2	1,9	28,24	2,71	1,90
1987	173.000	6,27	1,28	1,35	1,00	22	2	1,9	28,24	2,71	1,90
1988	164.000	6,27	1,28	1,35	1,00	18,5	1,7	1,8	23,75	2,30	1,80
1989	154.000	6,27	1,28	1,35	1,00	15,2	1,6	1,6	19,51	2,17	1,60
1990	141.000	6,27	1,28	1,35	1,00	13,3	1,4	1,4	17,07	1,90	1,40
1991	128.000	6,27	1,28	1,35	1,00	11,5	1,3	1,3	14,76	1,76	1,30
1992	115.000	6,27	1,28	1,35	1,00	6,2	0,6	0,6	7,96	0,81	0,60
1993	101.000	6,27	1,28	1,35	1,00	6,3	0,6	0,8	8,09	0,81	0,80
1994	87.000	5,40	1,24	1,30	1,00	6	0,6	0,7	7,47	0,78	0,70
1995	73.000	4,53	1,21	1,26	1,00	4,7	0,6	0,6	5,66	0,75	0,60
1996	58.000	3,60	1,16	1,20	1,00	3,8	0,4	0,5	4,42	0,48	0,50
1997	41.000	2,55	1,12	1,14	1,00	1,2	0,2	0,3	1,34	0,23	0,30
1998	22.000	1,37	1,06	1,08	1,00	0,79	0,14	0,23	0,84	0,15	0,23

Fontes: Dados de CETESB (1999); MURGEL (1990).

Ano	Fator Y (i,c)			Fatores de Emissão Corrigidos (g/km)			Fatores de Emissão Médios da Frota Movida a Gasolina (g/km)								
	Autom.	Com. Leve	Total	CO	HC	NOx	Automóveis			Comerciais Leves			Total da Frota a gasolina		
							CO	HC	NOx	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
1971	0,0002	0,0003	0,0002	64,81	5,43	1,20	0,0154	0,0013	0,0003	0,0165	0,0014	0,0003	0,0156	0,0013	0,0003
1972	0,0005	0,0006	0,0006	64,81	5,43	1,20	0,0356	0,0030	0,0007	0,0408	0,0034	0,0008	0,0364	0,0030	0,0007
1973	0,0010	0,0011	0,0010	64,81	5,43	1,20	0,0652	0,0055	0,0012	0,0726	0,0061	0,0013	0,0663	0,0056	0,0012
1974	0,0019	0,0021	0,0019	64,81	5,43	1,20	0,1246	0,0104	0,0023	0,1331	0,0112	0,0025	0,1259	0,0105	0,0023
1975	0,0024	0,0025	0,0024	64,81	5,43	1,20	0,1546	0,0130	0,0029	0,1615	0,0135	0,0030	0,1556	0,0130	0,0029
1976	0,0038	0,0036	0,0037	64,81	5,43	1,20	0,2438	0,0204	0,0045	0,2339	0,0196	0,0043	0,2424	0,0203	0,0045
1977	0,0045	0,0027	0,0042	69,32	6,36	1,20	0,3112	0,0286	0,0054	0,1866	0,0171	0,0032	0,2931	0,0269	0,0051
1978	0,0072	0,0042	0,0068	69,32	6,36	1,20	0,4988	0,0458	0,0086	0,2915	0,0268	0,0050	0,4687	0,0430	0,0081
1979	0,0094	0,0053	0,0088	69,32	6,36	1,20	0,6545	0,0601	0,0113	0,3687	0,0338	0,0064	0,6129	0,0563	0,0106
1980	0,0085	0,0053	0,0080	42,36	4,06	1,40	0,3608	0,0346	0,0119	0,2237	0,0214	0,0074	0,3409	0,0327	0,0113
1981	0,0059	0,0028	0,0055	42,36	4,06	1,40	0,2518	0,0241	0,0083	0,1183	0,0113	0,0039	0,2324	0,0223	0,0077
1982	0,0079	0,0028	0,0071	42,36	4,06	1,40	0,3334	0,0320	0,0110	0,1190	0,0114	0,0039	0,3022	0,0290	0,0100
1983	0,0019	0,0014	0,0018	42,36	4,06	1,40	0,0803	0,0077	0,0027	0,0573	0,0055	0,0019	0,0770	0,0074	0,0025
1984	0,0009	0,0009	0,0009	35,95	3,25	1,60	0,0322	0,0029	0,0014	0,0318	0,0029	0,0014	0,0322	0,0029	0,0014
1985	0,0008	0,0010	0,0009	35,95	3,25	1,60	0,0305	0,0028	0,0014	0,0357	0,0032	0,0016	0,0312	0,0028	0,0014
1986	0,0021	0,0021	0,0021	28,24	2,71	1,90	0,0604	0,0058	0,0041	0,0590	0,0057	0,0040	0,0602	0,0058	0,0040
1987	0,0010	0,0021	0,0012	28,24	2,71	1,90	0,0286	0,0027	0,0019	0,0590	0,0057	0,0040	0,0330	0,0032	0,0022
1988	0,0034	0,0039	0,0035	23,75	2,30	1,80	0,0811	0,0079	0,0061	0,0926	0,0090	0,0070	0,0828	0,0080	0,0063
1989	0,0159	0,0169	0,0161	19,51	2,17	1,60	0,3108	0,0345	0,0255	0,3292	0,0365	0,0270	0,3135	0,0348	0,0257
1990	0,0349	0,0356	0,0350	17,07	1,90	1,40	0,5967	0,0662	0,0489	0,6085	0,0675	0,0499	0,5984	0,0664	0,0491
1991	0,0370	0,0362	0,0369	14,76	1,76	1,30	0,5465	0,0652	0,0481	0,5337	0,0636	0,0470	0,5447	0,0649	0,0480
1992	0,0375	0,0350	0,0372	7,96	0,81	0,60	0,2988	0,0305	0,0225	0,2783	0,0284	0,0210	0,2958	0,0302	0,0223
1993	0,0600	0,0523	0,0589	8,09	0,81	0,80	0,4853	0,0487	0,0480	0,4226	0,0424	0,0418	0,4762	0,0478	0,0471
1994	0,0904	0,0746	0,0881	7,47	0,78	0,70	0,6754	0,0708	0,0633	0,5572	0,0584	0,0522	0,6582	0,0690	0,0617
1995	0,1336	0,1284	0,1328	5,66	0,75	0,60	0,7566	0,1006	0,0801	0,7270	0,0967	0,0770	0,7523	0,1001	0,0797
1996	0,1557	0,1654	0,1571	4,42	0,48	0,50	0,6882	0,0749	0,0779	0,7311	0,0796	0,0827	0,6944	0,0756	0,0786
1997	0,1951	0,2084	0,1971	1,34	0,23	0,30	0,2611	0,0446	0,0585	0,2789	0,0477	0,0625	0,2637	0,0451	0,0591
1998	0,1762	0,2028	0,1800	0,84	0,15	0,23	0,1478	0,0266	0,0405	0,1701	0,0306	0,0466	0,1510	0,0271	0,0414
							8,13	0,87	0,60	6,94	0,76	0,57	7,96	0,86	0,60

Fontes: Dados de ANFAVEA (1998); CETESB (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Unidades Vendidas ao Mercado Interno			Fator de Sucateam.	Unidades Remanescentes			Km Média Anual (km)	Km Acumulada (km)
	Automóveis	Comer. Leves	Total		Automóveis	Comer. Leves	Total		
1971				0,01					
1972				0,02					
1973				0,03					
1974				0,05					
1975				0,06					
1976				0,09					
1977				0,11					
1978				0,15					
1979	2.271	843	3.114	0,19	431	160	592	9.000	245.000
1980	226.352	14.291	240.643	0,25	56.588	3.573	60.161	9.000	236.000
1981	128.679	7.563	136.242	0,31	39.890	2.345	42.235	9.000	227.000
1982	211.761	20.814	232.575	0,38	80.469	7.909	88.379	9.000	218.000
1983	538.401	40.927	579.328	0,45	242.280	18.417	260.698	9.000	209.000
1984	503.565	61.971	565.536	0,52	261.854	32.225	294.079	9.000	200.000
1985	578.177	67.374	645.551	0,59	341.124	39.751	380.875	9.000	191.000
1986	619.290	77.759	697.049	0,67	414.924	52.099	467.023	9.000	182.000
1987	387.176	71.507	458.683	0,73	282.638	52.200	334.839	9.000	173.000
1988	492	74.472	74.964	0,79	389	58.833	59.222	10.000	164.000
1989	345.598	53.931	399.529	0,83	286.846	44.763	331.609	13.000	154.000
1990	70.250	11.746	81.996	0,87	61.118	10.219	71.337	13.000	141.000
1991	129.139	21.843	150.982	0,91	117.516	19.877	137.394	13.000	128.000
1992	164.840	30.663	195.503	0,93	153.301	28.517	181.818	14.000	115.000
1993	227.289	36.946	264.235	0,95	215.925	35.099	251.023	14.000	101.000
1994	119.203	22.631	141.834	0,96	114.435	21.726	136.161	14.000	87.000
1995	32.808	7.898	40.706	0,97	31.824	7.661	39.485	15.000	73.000
1996	6.333	1.314	7.647	0,98	6.206	1.288	7.494	17.000	58.000
1997	924	196	1.120	0,98	906	192	1.098	19.000	41.000
1998	981	243	1.224	0,99	971	241	1.212	22.000	22.000
Total de veículos a álcool no ano de 1998:					2.709.637	437.092	3.146.729		

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Km média da Frota a álcool (E)			Km anual x Número de Veículos			Fator Y (i,c)		
	Autom.	Com. Leve	Total	Autom.	Com. Leve	Total	Autom.	Com. Leve	Total
1979	1,43	3,30	1,69	3.883.410	1.441.530	5.324.940	0,000134	0,000302	0,000158
1980	188	74	172	509.292.000	32.154.750	541.446.750	0,017605	0,006727	0,016062
1981	132	48	121	359.014.410	21.100.770	380.115.180	0,012410	0,004414	0,011276
1982	267	163	253	724.222.620	71.183.880	795.406.500	0,025034	0,014892	0,023596
1983	805	379	746	2.180.524.050	165.754.350	2.346.278.400	0,075373	0,034676	0,069602
1984	870	664	841	2.356.684.200	290.024.280	2.646.708.480	0,081463	0,060673	0,078515
1985	1.133	818	1.089	3.070.119.870	357.755.940	3.427.875.810	0,106124	0,074842	0,101688
1986	1.378	1.073	1.336	3.734.318.700	468.886.770	4.203.205.470	0,129083	0,098091	0,124688
1987	939	1.075	958	2.543.746.320	469.800.990	3.013.547.310	0,087929	0,098282	0,089397
1988	1,43	1.346	188	3.886.800	588.328.800	592.215.600	0,000134	0,123078	0,017568
1989	1.376	1.331	1.370	3.729.002.420	581.915.490	4.310.917.910	0,128899	0,121737	0,127883
1990	293	304	295	794.527.500	132.847.260	927.374.760	0,027464	0,027792	0,027511
1991	564	591	568	1.527.714.370	258.402.690	1.786.117.060	0,052808	0,054058	0,052985
1992	792	913	809	2.146.216.800	399.232.260	2.545.449.060	0,074188	0,083519	0,075511
1993	1.116	1.124	1.117	3.022.943.700	491.381.800	3.514.325.500	0,104493	0,102797	0,104253
1994	591	696	606	1.602.088.320	304.160.640	1.906.248.960	0,055379	0,063630	0,056549
1995	176	263	188	477.356.400	114.915.900	592.272.300	0,016501	0,024040	0,017570
1996	39	50	40	105.507.780	21.891.240	127.399.020	0,003647	0,004580	0,003779
1997	6,35	8,35	6,63	17.204.880	3.649.520	20.854.400	0,000595	0,000763	0,000619
1998	7,89	12,11	8,47	21.366.180	5.292.540	26.658.720	0,000739	0,001107	0,000791
	10.677	10.936	10.713	28.929.620.730	4.780.121.400	33.709.742.130			

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Km Acum. (km)	Valor de y"	Fatores de Deterioração			Fatores Médios de Emissão (g/km)			Fatores de Emissão Corrigidos (g/km)		
			CO	HC	NOx	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
1979	245.000	6,27	1,28	1,35	1,00	18,00	1,60	1,00	23,11	2,17	1,00
1980	236.000	6,27	1,28	1,35	1,00	18,00	1,60	1,00	23,11	2,17	1,00
1981	227.000	6,27	1,28	1,35	1,00	18,00	1,60	1,00	23,11	2,17	1,00
1982	218.000	6,27	1,28	1,35	1,00	18,00	1,60	1,00	23,11	2,17	1,00
1983	209.000	6,27	1,28	1,35	1,00	18,00	1,60	1,00	23,11	2,17	1,00
1984	200.000	6,27	1,28	1,35	1,00	16,90	1,60	1,20	21,70	2,17	1,20
1985	191.000	6,27	1,28	1,35	1,00	16,90	1,60	1,20	21,70	2,17	1,20
1986	182.000	6,27	1,28	1,35	1,00	16,00	1,60	1,80	20,54	2,17	1,80
1987	173.000	6,27	1,28	1,35	1,00	16,00	1,60	1,80	20,54	2,17	1,80
1988	164.000	6,27	1,28	1,35	1,00	13,30	1,70	1,40	17,07	2,30	1,40
1989	154.000	6,27	1,28	1,35	1,00	12,80	1,60	1,10	16,43	2,17	1,10
1990	141.000	6,27	1,28	1,35	1,00	10,80	1,30	1,20	13,86	1,76	1,20
1991	128.000	6,27	1,28	1,35	1,00	8,40	1,10	1,00	10,78	1,49	1,00
1992	115.000	6,27	1,28	1,35	1,00	3,60	0,60	0,50	4,62	0,81	0,50
1993	101.000	6,27	1,28	1,35	1,00	4,20	0,70	0,60	5,39	0,95	0,60
1994	87.000	5,40	1,24	1,30	1,00	4,60	0,70	0,70	5,73	0,91	0,70
1995	73.000	4,53	1,21	1,26	1,00	4,60	0,70	0,70	5,54	0,88	0,70
1996	58.000	3,60	1,16	1,20	1,00	3,90	0,60	0,70	4,54	0,72	0,70
1997	41.000	2,55	1,12	1,14	1,00	0,90	0,30	0,30	1,00	0,34	0,30
1998	22.000	1,37	1,06	1,08	1,00	0,67	0,19	0,24	0,71	0,20	0,24

Fontes: Dados de CETESB (1999); MURGEL (1990).

Ano	Fator Y (i,c)			Fatores de Emissão Corrigidos (g/km)			Fatores de Emissão Médios da Frota Movida a Álcool (g/km)								
	Autom.	Com. Leve	Total	CO	HC	NOx	Automóveis			Comerciais Leves			Total da Frota a álcool		
							CO	HC	NOx	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
1979	0,0001	0,0003	0,0002	23,11	2,17	1,00	0,0031	0,0003	0,0001	0,00697	0,0007	0,0003	0,0037	0,0003	0,0002
1980	0,0176	0,0067	0,0161	23,11	2,17	1,00	0,4068	0,0381	0,0176	0,1554	0,0146	0,0067	0,3712	0,0348	0,0161
1981	0,0124	0,0044	0,0113	23,11	2,17	1,00	0,2868	0,0269	0,0124	0,1020	0,0096	0,0044	0,2606	0,0244	0,0113
1982	0,0250	0,0149	0,0236	23,11	2,17	1,00	0,5785	0,0542	0,0250	0,3441	0,0323	0,0149	0,5453	0,0511	0,0236
1983	0,0754	0,0347	0,0696	23,11	2,17	1,00	1,7417	0,1633	0,0754	0,8013	0,0751	0,0347	1,6084	0,1508	0,0696
1984	0,0815	0,0607	0,0785	21,70	2,17	1,20	1,7674	0,1765	0,0978	1,3164	0,1314	0,0728	1,7035	0,1701	0,0942
1985	0,1061	0,0748	0,1017	21,70	2,17	1,20	2,3025	0,2299	0,1273	1,6238	0,1621	0,0898	2,2062	0,2203	0,1220
1986	0,1291	0,0981	0,1247	20,54	2,17	1,80	2,6514	0,2796	0,2323	2,0148	0,2125	0,1766	2,5612	0,2701	0,2244
1987	0,0879	0,0983	0,0894	20,54	2,17	1,80	1,8061	0,1905	0,1583	2,0188	0,2129	0,1769	1,8363	0,1936	0,1609
1988	0,0001	0,1231	0,0176	17,07	2,30	1,40	0,0023	0,0003	0,0002	2,1015	0,2833	0,1723	0,3000	0,0404	0,0246
1989	0,1289	0,1217	0,1279	16,43	2,17	1,10	2,1181	0,2792	0,1418	2,0004	0,2637	0,1339	2,1014	0,2770	0,1407
1990	0,0275	0,0278	0,0275	13,86	1,76	1,20	0,3808	0,0483	0,0330	0,3853	0,0489	0,0333	0,3814	0,0484	0,0330
1991	0,0528	0,0541	0,0530	10,78	1,49	1,00	0,5695	0,0786	0,0528	0,5829	0,0805	0,0541	0,5714	0,0789	0,0530
1992	0,0742	0,0835	0,0755	4,62	0,81	0,50	0,3429	0,0603	0,0371	0,3860	0,0678	0,0418	0,3490	0,0613	0,0378
1993	0,1045	0,1028	0,1043	5,39	0,95	0,60	0,5634	0,0990	0,0627	0,5543	0,0974	0,0617	0,5621	0,0988	0,0626
1994	0,0554	0,0636	0,0565	5,73	0,91	0,70	0,3170	0,0506	0,0388	0,3643	0,0581	0,0445	0,3237	0,0517	0,0396
1995	0,0165	0,0240	0,0176	5,54	0,88	0,70	0,0915	0,0145	0,0116	0,1333	0,0211	0,0168	0,0974	0,0154	0,0123
1996	0,0036	0,0046	0,0038	4,54	0,72	0,70	0,0165	0,0026	0,0026	0,0208	0,0033	0,0032	0,0171	0,0027	0,0026
1997	0,0006	0,0008	0,0006	1,00	0,34	0,30	0,0006	0,0002	0,0002	0,0008	0,0003	0,0002	0,0006	0,0002	0,0002
1998	0,0007	0,0011	0,0008	0,71	0,20	0,24	0,0005	0,0002	0,0002	0,0008	0,0002	0,0003	0,0006	0,0002	0,0002
							15,95	1,79	1,13	14,91	1,78	1,14	15,80	1,79	1,13

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); CETESB (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Unidades Vendidas ao Mercado Interno			Fator de Sucateam.	Unidades Remanescentes			Km Média Anual (km)	Km Acumulada (km)
	Automóveis	Comer. Leves	Total		Automóveis	Comer. Leves	Total		
1971	395.266	72.378	467.644	0,01	3.953	724	4.676	9.000	317.000
1972	457.124	89.732	546.856	0,02	9.142	1.795	10.937	9.000	308.000
1973	557.692	106.318	664.010	0,03	16.731	3.190	19.920	9.000	299.000
1974	639.668	116.825	756.493	0,05	31.983	5.841	37.825	9.000	290.000
1975	661.332	118.314	779.646	0,06	39.680	7.099	46.779	9.000	281.000
1976	695.207	114.971	810.178	0,09	62.569	10.347	72.916	9.000	272.000
1977	678.824	71.861	750.685	0,11	74.671	7.905	82.575	9.000	263.000
1978	797.942	83.668	881.610	0,15	119.691	12.550	132.242	9.000	254.000
1979	828.733	95.957	924.690	0,19	157.459	18.232	175.691	9.000	245.000
1980	793.028	93.768	886.796	0,25	198.257	23.442	221.699	9.000	236.000
1981	447.608	68.000	515.608	0,31	138.758	21.080	159.838	9.000	227.000
1982	556.229	85.763	641.992	0,38	211.367	32.590	243.957	9.000	218.000
1983	608.499	78.085	686.584	0,45	273.825	35.138	308.963	9.000	209.000
1984	532.235	95.966	628.201	0,52	276.762	49.902	326.665	9.000	200.000
1985	602.069	98.306	700.375	0,59	355.221	58.001	413.221	9.000	191.000
1986	672.384	114.002	786.386	0,67	450.497	76.381	526.879	9.000	182.000
1987	410.260	103.372	513.632	0,73	299.490	75.462	374.951	9.000	173.000
1988	556.744	123.092	679.836	0,79	439.828	97.243	537.070	10.000	164.000
1989	566.582	137.380	703.962	0,83	470.263	114.025	584.288	13.000	154.000
1990	532.906	128.431	661.337	0,87	463.628	111.735	575.363	13.000	141.000
1991	597.892	134.552	732.444	0,91	544.082	122.442	666.524	13.000	128.000
1992	596.964	127.687	724.651	0,93	555.177	118.749	673.925	14.000	115.000
1993	903.828	177.558	1.081.386	0,95	858.637	168.680	1.027.317	14.000	101.000
1994	1.127.673	202.786	1.330.459	0,96	1.082.566	194.675	1.277.241	14.000	87.000
1995	1.407.073	245.205	1.652.278	0,97	1.364.861	237.849	1.602.710	15.000	73.000
1996	1.405.547	267.592	1.673.139	0,98	1.377.436	262.240	1.639.676	17.000	58.000
1997	1.569.698	303.917	1.873.615	0,98	1.538.304	297.839	1.836.143	19.000	41.000
1998	1.211.807	254.952	1.466.759	0,99	1.199.689	252.402	1.452.091	22.000	22.000
Total de veículos no ano de 1998:					12.614.526	2.417.557	15.032.083		

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Km média da Frota (E)			Km anual x Número de Veículos			Fator Y (i,c)		
	Autom.	Com. Leve	Total	Autom.	Com. Leve	Total	Autom.	Com. Leve	Total
1971	2,82	2,69	2,80	35.573.940	6.514.020	42.087.960	0,0002	0,0002	0,0002
1972	6,5	6,7	6,5	82.282.320	16.151.760	98.434.080	0,0005	0,0005	0,0005
1973	12	12	12	150.576.840	28.705.860	179.282.700	0,0008	0,0008	0,0008
1974	23	22	23	287.850.600	52.571.250	340.421.850	0,0016	0,0015	0,0016
1975	28	26	28	357.119.280	63.889.560	421.008.840	0,0020	0,0018	0,0019
1976	45	39	44	563.117.670	93.126.510	656.244.180	0,0031	0,0026	0,0030
1977	53	29	49	672.035.760	71.142.390	743.178.150	0,0037	0,0020	0,0034
1978	85	47	79	1.077.221.700	112.951.800	1.190.173.500	0,0059	0,0032	0,0055
1979	112	68	105	1.417.133.430	164.086.470	1.581.219.900	0,0078	0,0046	0,0073
1980	141	87	133	1.784.313.000	210.978.000	1.995.291.000	0,0098	0,0060	0,0092
1981	99	78	96	1.248.826.320	189.720.000	1.438.546.320	0,0068	0,0054	0,0066
1982	151	121	146	1.902.303.180	293.309.460	2.195.612.640	0,0104	0,0083	0,0101
1983	195	131	185	2.464.420.950	316.244.250	2.780.665.200	0,0135	0,0089	0,0128
1984	197	186	196	2.490.859.800	449.120.880	2.939.980.680	0,0136	0,0127	0,0135
1985	253	216	247	3.196.986.390	522.004.860	3.718.991.250	0,0175	0,0147	0,0171
1986	321	284	315	4.054.475.520	687.432.060	4.741.907.580	0,0222	0,0194	0,0218
1987	214	281	224	2.695.408.200	679.154.040	3.374.562.240	0,0148	0,0192	0,0155
1988	349	402	357	4.398.277.600	972.426.800	5.370.704.400	0,0241	0,0274	0,0246
1989	485	613	505	6.113.419.780	1.482.330.200	7.595.749.980	0,0335	0,0418	0,0348
1990	478	601	498	6.027.166.860	1.452.554.610	7.479.721.470	0,0330	0,0410	0,0343
1991	561	658	576	7.073.062.360	1.591.750.160	8.664.812.520	0,0387	0,0449	0,0397
1992	616	688	628	7.772.471.280	1.662.484.740	9.434.956.020	0,0426	0,0469	0,0433
1993	953	977	957	12.020.912.400	2.361.521.400	14.382.433.800	0,0658	0,0666	0,0660
1994	1.201	1.127	1.190	15.155.925.120	2.725.443.840	17.881.368.960	0,0830	0,0769	0,0820
1995	1.623	1.476	1.599	20.472.912.150	3.567.732.750	24.040.644.900	0,1121	0,1007	0,1103
1996	1.856	1.844	1.854	23.416.413.020	4.458.082.720	27.874.495.740	0,1283	0,1258	0,1279
1997	2.317	2.341	2.321	29.227.776.760	5.658.934.540	34.886.711.300	0,1601	0,1597	0,1600
1998	2.092	2.297	2.125	26.393.156.460	5.552.854.560	31.946.011.020	0,1446	0,1567	0,1465
	14.472	14.661	14.502	182.551.998.690	35.443.219.490	217.995.218.180			

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Km Acum. (km)	Valor de y"	Fatores de Deterioração			Fatores Médios de Emissão (g/km)			Fatores de Emissão Corrigidos (g/km)		
			CO	HC	NOx	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
1971	317.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1972	308.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1973	299.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1974	290.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1975	281.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1976	272.000	6,27	1,20	1,16	1,00	54	4,7	1,2	64,81	5,43	1,20
1977	263.000	6,27	1,28	1,35	1,00	54	4,7	1,2	69,32	6,36	1,20
1978	254.000	6,27	1,28	1,35	1,00	54	4,7	1,2	69,32	6,36	1,20
1979	245.000	6,27	1,28	1,35	1,00	54	4,7	1,2	69,32	6,36	1,20
1980	236.000	6,27	1,28	1,35	1,00	33	3	1,4	42,36	4,06	1,40
1981	227.000	6,27	1,28	1,35	1,00	33	3	1,4	42,36	4,06	1,40
1982	218.000	6,27	1,28	1,35	1,00	33	3	1,4	42,36	4,06	1,40
1983	209.000	6,27	1,28	1,35	1,00	33	3	1,4	42,36	4,06	1,40
1984	200.000	6,27	1,28	1,35	1,00	28	2,4	1,6	35,95	3,25	1,60
1985	191.000	6,27	1,28	1,35	1,00	28	2,4	1,6	35,95	3,25	1,60
1986	182.000	6,27	1,28	1,35	1,00	22	2	1,9	28,24	2,71	1,90
1987	173.000	6,27	1,28	1,35	1,00	22	2	1,9	28,24	2,71	1,90
1988	164.000	6,27	1,28	1,35	1,00	18,5	1,7	1,8	23,75	2,30	1,80
1989	154.000	6,27	1,28	1,35	1,00	15,2	1,6	1,6	19,51	2,17	1,60
1990	141.000	6,27	1,28	1,35	1,00	13,3	1,4	1,4	17,07	1,90	1,40
1991	128.000	6,27	1,28	1,35	1,00	11,5	1,3	1,3	14,76	1,76	1,30
1992	115.000	6,27	1,28	1,35	1,00	6,2	0,6	0,6	7,96	0,81	0,60
1993	101.000	6,27	1,28	1,35	1,00	6,3	0,6	0,8	8,09	0,81	0,80
1994	87.000	5,40	1,24	1,30	1,00	6	0,6	0,7	7,47	0,78	0,70
1995	73.000	4,53	1,21	1,26	1,00	4,7	0,6	0,6	5,66	0,75	0,60
1996	58.000	3,60	1,16	1,20	1,00	3,8	0,4	0,5	4,42	0,48	0,50
1997	41.000	2,55	1,12	1,14	1,00	1,2	0,2	0,3	1,34	0,23	0,30
1998	22.000	1,37	1,06	1,08	1,00	0,79	0,14	0,23	0,84	0,15	0,23

Nota: Assumiu-se que os veículos leves movidos a álcool e a diesel possuem os mesmos padrões de emissão daqueles à gasolina.

Fontes: Dados de CETESB (1999); MURGE (1990).

Ano	Fator Y (i,c)			Fatores de Emissão Corrigidos (g/km)			Fatores de Emissão Médios da Frota (g/km)								
	Autom.	Com. Leve	Total	CO	HC	NOx	Automóveis			Comerciais Leves			Total da Frota		
							CO	HC	NOx	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
1971	0,0002	0,0002	0,0002	64,81	5,43	1,20	0,0126	0,0011	0,0002	0,0119	0,0010	0,0002	0,0125	0,0010	0,0002
1972	0,0005	0,0005	0,0005	64,81	5,43	1,20	0,0292	0,0024	0,0005	0,0295	0,0025	0,0005	0,0293	0,0025	0,0005
1973	0,0008	0,0008	0,0008	64,81	5,43	1,20	0,0535	0,0045	0,0010	0,0525	0,0044	0,0010	0,0533	0,0045	0,0010
1974	0,0016	0,0015	0,0016	64,81	5,43	1,20	0,1022	0,0086	0,0019	0,0961	0,0081	0,0018	0,1012	0,0085	0,0019
1975	0,0020	0,0018	0,0019	64,81	5,43	1,20	0,1268	0,0106	0,0023	0,1168	0,0098	0,0022	0,1252	0,0105	0,0023
1976	0,0031	0,0026	0,0030	64,81	5,43	1,20	0,1999	0,0168	0,0037	0,1703	0,0143	0,0032	0,1951	0,0164	0,0036
1977	0,0037	0,0020	0,0034	69,32	6,36	1,20	0,2552	0,0234	0,0044	0,1391	0,0128	0,0024	0,2363	0,0217	0,0041
1978	0,0059	0,0032	0,0055	69,32	6,36	1,20	0,4091	0,0375	0,0071	0,2209	0,0203	0,0038	0,3785	0,0347	0,0066
1979	0,0078	0,0046	0,0073	69,32	6,36	1,20	0,5382	0,0494	0,0093	0,3209	0,0295	0,0056	0,5028	0,0462	0,0087
1980	0,0098	0,0060	0,0092	42,36	4,06	1,40	0,4141	0,0397	0,0137	0,2522	0,0242	0,0083	0,3878	0,0372	0,0128
1981	0,0068	0,0054	0,0066	42,36	4,06	1,40	0,2898	0,0278	0,0096	0,2268	0,0217	0,0075	0,2796	0,0268	0,0092
1982	0,0104	0,0083	0,0101	42,36	4,06	1,40	0,4415	0,0423	0,0146	0,3506	0,0336	0,0116	0,4267	0,0409	0,0141
1983	0,0135	0,0089	0,0128	42,36	4,06	1,40	0,5719	0,0548	0,0189	0,3780	0,0362	0,0125	0,5404	0,0518	0,0179
1984	0,0136	0,0127	0,0135	35,95	3,25	1,60	0,4905	0,0443	0,0218	0,4555	0,0412	0,0203	0,4848	0,0438	0,0216
1985	0,0175	0,0147	0,0171	35,95	3,25	1,60	0,6295	0,0569	0,0280	0,5294	0,0479	0,0236	0,6132	0,0554	0,0273
1986	0,0222	0,0194	0,0218	28,24	2,71	1,90	0,6273	0,0601	0,0422	0,5478	0,0525	0,0369	0,6144	0,0589	0,0413
1987	0,0148	0,0192	0,0155	28,24	2,71	1,90	0,4170	0,0400	0,0281	0,5412	0,0519	0,0364	0,4372	0,0419	0,0294
1988	0,0241	0,0274	0,0246	23,75	2,30	1,80	0,5722	0,0555	0,0434	0,6516	0,0631	0,0494	0,5851	0,0567	0,0443
1989	0,0335	0,0418	0,0348	19,51	2,17	1,60	0,6535	0,0725	0,0536	0,8161	0,0906	0,0669	0,6799	0,0755	0,0557
1990	0,0330	0,0410	0,0343	17,07	1,90	1,40	0,5637	0,0626	0,0462	0,6998	0,0777	0,0574	0,5858	0,0650	0,0480
1991	0,0387	0,0449	0,0397	14,76	1,76	1,30	0,5720	0,0682	0,0504	0,6630	0,0790	0,0584	0,5868	0,0700	0,0517
1992	0,0426	0,0469	0,0433	7,96	0,81	0,60	0,3389	0,0346	0,0255	0,3733	0,0381	0,0281	0,3445	0,0352	0,0260
1993	0,0658	0,0666	0,0660	8,09	0,81	0,80	0,5326	0,0535	0,0527	0,5389	0,0541	0,0533	0,5336	0,0536	0,0528
1994	0,0830	0,0769	0,0820	7,47	0,78	0,70	0,6200	0,0650	0,0581	0,5742	0,0602	0,0538	0,6125	0,0642	0,0574
1995	0,1121	0,1007	0,1103	5,66	0,75	0,60	0,6353	0,0845	0,0673	0,5702	0,0759	0,0604	0,6247	0,0831	0,0662
1996	0,1283	0,1258	0,1279	4,42	0,48	0,50	0,5669	0,0617	0,0641	0,5559	0,0605	0,0629	0,5651	0,0615	0,0639
1997	0,1601	0,1597	0,1600	1,34	0,23	0,30	0,2143	0,0366	0,0480	0,2137	0,0365	0,0479	0,2142	0,0366	0,0480
1998	0,1446	0,1567	0,1465	0,84	0,15	0,23	0,1213	0,0218	0,0333	0,1314	0,0236	0,0360	0,1229	0,0221	0,0337
							11,00	1,14	0,75	10,23	1,07	0,75	10,87	1,13	0,75

Fontes: Dados de ANFAVEA (1998); CETESB (1999); URJA (1996); MURTEL (1990).

Planilha VI.1 - Projeção da Frota de Veículos Leves (Nacionais e Importados) de 2020

Tabela A - Dados de PIB e de Vendas de Veículos Leves

Ano	PIB - Produto Anual 10 ⁹ US\$ (1998)	Vendas de Veículos Leves
1980	541	886.796
1981	517	515.608
1982	521	641.992
1983	503	686.584
1984	528	628.201
1985	572	700.375
1986	615	786.386
1987	638	513.632
1988	638	679.836
1989	661	703.962
1990	631	661.337
1991	633	732.444
1992	628	724.651
1993	655	1.081.386
1994	694	1.330.459
1995	724	1.652.278
1996	745	1.673.139
1997	772	1.873.615
1998	773	1.466.759

Nota: Vendas de Veículos Leves nacionais e importados

(inclui todos os combustíveis)

Fontes: Balanço Energético Nacional (1993 e 1999) e ANFAVEA (1999).

Tabela B - Evolução do PIB e Projeção das Vendas de Veículos Leves Nacionais e Importados ao mercado interno.

Ano	PIB - Produto Anual 10 ⁹ US\$ (1998)	Vendas de Veículos Leves	Vendas	
			Automóveis	Comerciais Leves
1998	773	1.466.759	1.211.807	254.952
1999	667	1.166.121	1.001.078	165.043
2000	687	1.173.475	1.007.391	166.084
2001	707	1.258.239	1.080.158	178.081
2002	729	1.345.546	1.155.109	190.437
2003	750	1.435.473	1.232.308	203.165
2004	773	1.528.097	1.311.823	216.274
2005	796	1.623.500	1.393.724	229.777
2006	820	1.721.765	1.478.081	243.684
2007	845	1.822.978	1.564.969	258.009
2008	870	1.927.228	1.654.464	272.764
2009	896	2.034.605	1.746.644	287.961
2010	923	2.145.203	1.841.589	303.614
2011	951	2.259.119	1.939.382	319.737
2012	979	2.376.453	2.040.110	336.343
2013	1.008	2.497.306	2.143.859	353.448
2014	1.039	2.621.786	2.250.720	371.066
2015	1.070	2.749.999	2.360.788	389.212
2016	1.102	2.882.059	2.474.157	407.903
2017	1.135	3.018.081	2.590.927	427.154
2018	1.169	3.158.184	2.711.201	446.983
2019	1.204	3.302.489	2.835.083	467.407
2020	1.240	3.451.124	2.962.681	488.443

Fontes: IPEA (2000) e Carta da ANFAVEA (1999).

Na Tabela B foram utilizadas as seguintes equações provenientes da Tabela A (Correlação = 0,81):

1) Equação da reta: Veículo Leve (VL) = a + b * PIB
VL = -1652003 + 4114 * PIB

2) Equação da reta: PIB = c + d * VL
PIB = 479 + 1,6⁻¹⁰⁻⁴ * VL

Na Tabela B aplicou-se percentuais sobre as vendas dos veículos leves para as categorias veiculares, a partir do ano de 2000, tidos como sendo:

Automóveis = 0,86 * VL

Comerciais Leves = 0,14 * VL

Ano	Unidades Vendidas ao Mercado Interno			Fator de Sucateam.	Unidades Remanescentes			Km Média Anual (km)	Km Acumulada (km)
	Automóveis	Comer. Leves	Total		Automóveis	Comer. Leves	Total		
1971	395.266	72.378	467.644	0,01	3.953	724	4.676	9.000	317.000
1972	457.124	89.732	546.856	0,02	9.142	1.795	10.937	9.000	308.000
1973	557.692	106.318	664.010	0,03	16.731	3.190	19.920	9.000	299.000
1974	639.668	116.825	756.493	0,05	31.983	5.841	37.825	9.000	290.000
1975	661.332	118.314	779.646	0,06	39.680	7.099	46.779	9.000	281.000
1976	695.207	114.971	810.178	0,09	62.569	10.347	72.916	9.000	272.000
1977	678.824	71.861	750.685	0,11	74.671	7.905	82.575	9.000	263.000
1978	797.942	83.668	881.610	0,15	119.691	12.550	132.242	9.000	254.000
1979	828.733	95.957	924.690	0,19	157.459	18.232	175.691	9.000	245.000
1980	793.028	93.768	886.796	0,25	198.257	23.442	221.699	9.000	236.000
1981	447.608	68.000	515.608	0,31	138.758	21.080	159.838	9.000	227.000
1982	556.229	85.763	641.992	0,38	211.367	32.590	243.957	9.000	218.000
1983	608.499	78.085	686.584	0,45	273.825	35.138	308.963	9.000	209.000
1984	532.235	95.966	628.201	0,52	276.762	49.902	326.665	9.000	200.000
1985	602.069	98.306	700.375	0,59	355.221	58.001	413.221	9.000	191.000
1986	672.384	114.002	786.386	0,67	450.497	76.381	526.879	9.000	182.000
1987	410.260	103.372	513.632	0,73	299.490	75.462	374.951	9.000	173.000
1988	556.744	123.092	679.836	0,79	439.828	97.243	537.070	10.000	164.000
1989	566.582	137.380	703.962	0,83	470.263	114.025	584.288	13.000	154.000
1990	532.906	128.431	661.337	0,87	463.628	111.735	575.363	13.000	141.000
1991	597.892	134.552	732.444	0,91	544.082	122.442	666.524	13.000	128.000
1992	596.964	127.687	724.651	0,93	555.177	118.749	673.925	14.000	115.000
1993	903.828	177.558	1.081.386	0,95	858.637	168.680	1.027.317	14.000	101.000
1994	1.127.673	202.786	1.330.459	0,96	1.082.566	194.675	1.277.241	14.000	87.000
1995	1.407.073	245.205	1.652.278	0,97	1.364.861	237.849	1.602.710	15.000	73.000
1996	1.405.547	267.592	1.673.139	0,98	1.377.436	262.240	1.639.676	17.000	58.000
1997	1.569.698	303.917	1.873.615	0,98	1.538.304	297.839	1.836.143	19.000	41.000
1998	1.211.807	254.952	1.466.759	0,99	1.199.689	252.402	1.452.091	22.000	22.000
Total de veículos no ano de 1998:					12.614.526	2.417.557	15.032.083		

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Km média da Frota (E)			Km anual x Número de Veículos			Fator Y (i,c)		
	Autom.	Com. Leve	Total	Autom.	Com. Leve	Total	Autom.	Com. Leve	Total
1971	2,82	2,69	2,80	35.573.940	6.514.020	42.087.960	0,0002	0,0002	0,0002
1972	6,5	6,7	6,5	82.282.320	16.151.760	98.434.080	0,0005	0,0005	0,0005
1973	12	12	12	150.576.840	28.705.860	179.282.700	0,0008	0,0008	0,0008
1974	23	22	23	287.850.600	52.571.250	340.421.850	0,0016	0,0015	0,0016
1975	28	26	28	357.119.280	63.889.560	421.008.840	0,0020	0,0018	0,0019
1976	45	39	44	563.117.670	93.126.510	656.244.180	0,0031	0,0026	0,0030
1977	53	29	49	672.035.760	71.142.390	743.178.150	0,0037	0,0020	0,0034
1978	85	47	79	1.077.221.700	112.951.800	1.190.173.500	0,0059	0,0032	0,0055
1979	112	68	105	1.417.133.430	164.086.470	1.581.219.900	0,0078	0,0046	0,0073
1980	141	87	133	1.784.313.000	210.978.000	1.995.291.000	0,0098	0,0060	0,0092
1981	99	78	96	1.248.826.320	189.720.000	1.438.546.320	0,0068	0,0054	0,0066
1982	151	121	146	1.902.303.180	293.309.460	2.195.612.640	0,0104	0,0083	0,0101
1983	195	131	185	2.464.420.950	316.244.250	2.780.665.200	0,0135	0,0089	0,0128
1984	197	186	196	2.490.859.800	449.120.880	2.939.980.680	0,0136	0,0127	0,0135
1985	253	216	247	3.196.986.390	522.004.860	3.718.991.250	0,0175	0,0147	0,0171
1986	321	284	315	4.054.475.520	687.432.060	4.741.907.580	0,0222	0,0194	0,0218
1987	214	281	224	2.695.408.200	679.154.040	3.374.562.240	0,0148	0,0192	0,0155
1988	349	402	357	4.398.277.600	972.426.800	5.370.704.400	0,0241	0,0274	0,0246
1989	485	613	505	6.113.419.780	1.482.330.200	7.595.749.980	0,0335	0,0418	0,0348
1990	478	601	498	6.027.166.860	1.452.554.610	7.479.721.470	0,0330	0,0410	0,0343
1991	561	658	576	7.073.062.360	1.591.750.160	8.664.812.520	0,0387	0,0449	0,0397
1992	616	688	628	7.772.471.280	1.662.484.740	9.434.956.020	0,0426	0,0469	0,0433
1993	953	977	957	12.020.912.400	2.361.521.400	14.382.433.800	0,0658	0,0666	0,0660
1994	1.201	1.127	1.190	15.155.925.120	2.725.443.840	17.881.368.960	0,0830	0,0769	0,0820
1995	1.623	1.476	1.599	20.472.912.150	3.567.732.750	24.040.644.900	0,1121	0,1007	0,1103
1996	1.856	1.844	1.854	23.416.413.020	4.458.082.720	27.874.495.740	0,1283	0,1258	0,1279
1997	2.317	2.341	2.321	29.227.776.760	5.658.934.540	34.886.711.300	0,1601	0,1597	0,1600
1998	2.092	2.297	2.125	26.393.156.460	5.552.854.560	31.946.011.020	0,1446	0,1567	0,1465
	14.472	14.661	14.502	182.551.998.690	35.443.219.490	217.995.218.180			

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Km Acum. (km)	Valor de y"	Fatores de Deterioração			Fatores Médios de Emissão (g/km)			Fatores de Emissão Corrigidos (g/km)		
			CO	HC	NOx	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
1971	317.000	6,27	1,20	1,16	1,00	0,79	0,14	0,23	0,95	0,16	0,23
1972	308.000	6,27	1,20	1,16	1,00	0,79	0,14	0,23	0,95	0,16	0,23
1973	299.000	6,27	1,20	1,16	1,00	0,79	0,14	0,23	0,95	0,16	0,23
1974	290.000	6,27	1,20	1,16	1,00	0,79	0,14	0,23	0,95	0,16	0,23
1975	281.000	6,27	1,20	1,16	1,00	0,79	0,14	0,23	0,95	0,16	0,23
1976	272.000	6,27	1,20	1,16	1,00	0,79	0,14	0,23	0,95	0,16	0,23
1977	263.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1978	254.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1979	245.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1980	236.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1981	227.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1982	218.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1983	209.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1984	200.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1985	191.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1986	182.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1987	173.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1988	164.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1989	154.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1990	141.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1991	128.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1992	115.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1993	101.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1994	87.000	5,40	1,24	1,30	1,00	0,79	0,14	0,23	0,98	0,18	0,23
1995	73.000	4,53	1,21	1,26	1,00	0,79	0,14	0,23	0,95	0,18	0,23
1996	58.000	3,60	1,16	1,20	1,00	0,79	0,14	0,23	0,92	0,17	0,23
1997	41.000	2,55	1,12	1,14	1,00	0,79	0,14	0,23	0,88	0,16	0,23
1998	22.000	1,37	1,06	1,08	1,00	0,79	0,14	0,23	0,84	0,15	0,23

Nota: Assumiu-se que os veículos leves movidos a álcool e a diesel possuem os mesmos padrões de emissão daqueles à gasolina.

Fontes: Dados de CETESB (1999); MURGEL (1990).

Ano	Fator Y (i,c)			Fatores de Emissão Corrigidos (g/km)			Fatores de Emissão Médios da Frota (g/km)								
	Autom.	Com. Leve	Total	CO	HC	NOx	Automóveis			Comerciais Leves			Total da Frota		
							CO	HC	NOx	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
1971	0,0002	0,0002	0,0002	0,95	0,16	0,23	0,0002	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000
1972	0,0005	0,0005	0,0005	0,95	0,16	0,23	0,0004	0,0001	0,0001	0,0004	0,0001	0,0001	0,0004	0,0001	0,0001
1973	0,0008	0,0008	0,0008	0,95	0,16	0,23	0,0008	0,0001	0,0002	0,0008	0,0001	0,0002	0,0008	0,0001	0,0002
1974	0,0016	0,0015	0,0016	0,95	0,16	0,23	0,0015	0,0003	0,0004	0,0014	0,0002	0,0003	0,0015	0,0003	0,0004
1975	0,0020	0,0018	0,0019	0,95	0,16	0,23	0,0019	0,0003	0,0004	0,0017	0,0003	0,0004	0,0018	0,0003	0,0004
1976	0,0031	0,0026	0,0030	0,95	0,16	0,23	0,0029	0,0005	0,0007	0,0025	0,0004	0,0006	0,0029	0,0005	0,0007
1977	0,0037	0,0020	0,0034	1,01	0,19	0,23	0,0037	0,0007	0,0008	0,0020	0,0004	0,0005	0,0035	0,0006	0,0008
1978	0,0059	0,0032	0,0055	1,01	0,19	0,23	0,0060	0,0011	0,0014	0,0032	0,0006	0,0007	0,0055	0,0010	0,0013
1979	0,0078	0,0046	0,0073	1,01	0,19	0,23	0,0079	0,0015	0,0018	0,0047	0,0009	0,0011	0,0074	0,0014	0,0017
1980	0,0098	0,0060	0,0092	1,01	0,19	0,23	0,0099	0,0019	0,0022	0,0060	0,0011	0,0014	0,0093	0,0017	0,0021
1981	0,0068	0,0054	0,0066	1,01	0,19	0,23	0,0069	0,0013	0,0016	0,0054	0,0010	0,0012	0,0067	0,0013	0,0015
1982	0,0104	0,0083	0,0101	1,01	0,19	0,23	0,0106	0,0020	0,0024	0,0084	0,0016	0,0019	0,0102	0,0019	0,0023
1983	0,0135	0,0089	0,0128	1,01	0,19	0,23	0,0137	0,0026	0,0031	0,0090	0,0017	0,0021	0,0129	0,0024	0,0029
1984	0,0136	0,0127	0,0135	1,01	0,19	0,23	0,0138	0,0026	0,0031	0,0129	0,0024	0,0029	0,0137	0,0026	0,0031
1985	0,0175	0,0147	0,0171	1,01	0,19	0,23	0,0178	0,0033	0,0040	0,0149	0,0028	0,0034	0,0173	0,0032	0,0039
1986	0,0222	0,0194	0,0218	1,01	0,19	0,23	0,0225	0,0042	0,0051	0,0197	0,0037	0,0045	0,0221	0,0041	0,0050
1987	0,0148	0,0192	0,0155	1,01	0,19	0,23	0,0150	0,0028	0,0034	0,0194	0,0036	0,0044	0,0157	0,0029	0,0036
1988	0,0241	0,0274	0,0246	1,01	0,19	0,23	0,0244	0,0046	0,0055	0,0278	0,0052	0,0063	0,0250	0,0047	0,0057
1989	0,0335	0,0418	0,0348	1,01	0,19	0,23	0,0340	0,0063	0,0077	0,0424	0,0079	0,0096	0,0353	0,0066	0,0080
1990	0,0330	0,0410	0,0343	1,01	0,19	0,23	0,0335	0,0063	0,0076	0,0416	0,0078	0,0094	0,0348	0,0065	0,0079
1991	0,0387	0,0449	0,0397	1,01	0,19	0,23	0,0393	0,0073	0,0089	0,0455	0,0085	0,0103	0,0403	0,0075	0,0091
1992	0,0426	0,0469	0,0433	1,01	0,19	0,23	0,0432	0,0081	0,0098	0,0476	0,0089	0,0108	0,0439	0,0082	0,0100
1993	0,0658	0,0666	0,0660	1,01	0,19	0,23	0,0668	0,0125	0,0151	0,0676	0,0126	0,0153	0,0669	0,0125	0,0152
1994	0,0830	0,0769	0,0820	0,98	0,18	0,23	0,0816	0,0152	0,0191	0,0756	0,0140	0,0177	0,0806	0,0150	0,0189
1995	0,1121	0,1007	0,1103	0,95	0,18	0,23	0,1068	0,0197	0,0258	0,0958	0,0177	0,0232	0,1050	0,0194	0,0254
1996	0,1283	0,1258	0,1279	0,92	0,17	0,23	0,1179	0,0216	0,0295	0,1156	0,0212	0,0289	0,1175	0,0215	0,0294
1997	0,1601	0,1597	0,1600	0,88	0,16	0,23	0,1411	0,0256	0,0368	0,1407	0,0256	0,0367	0,1410	0,0256	0,0368
1998	0,1446	0,1567	0,1465	0,84	0,15	0,23	0,1213	0,0218	0,0333	0,1314	0,0236	0,0360	0,1229	0,0221	0,0337
							0,95	0,17	0,23	0,94	0,17	0,23	0,95	0,17	0,23

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); CETESB (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Unidades Vendidas ao Mercado Interno			Fator de Sucateam.	Unidades Remanescentes			Km Média Anual (km)	Km Acumulada (km)
	Automóveis	Comer. Leves	Total		Automóveis	Comer. Leves	Total		
1993	903.828	177.558	1.081.386	0,01	9.038	1.776	10.814	9.000	317.000
1994	1.127.673	202.786	1.330.459	0,02	22.553	4.056	26.609	9.000	308.000
1995	1.407.073	245.205	1.652.278	0,03	42.212	7.356	49.568	9.000	299.000
1996	1.405.547	267.592	1.673.139	0,05	70.277	13.380	83.657	9.000	290.000
1997	1.569.698	303.917	1.873.615	0,06	94.182	18.235	112.417	9.000	281.000
1998	1.211.807	254.952	1.466.759	0,09	109.063	22.946	132.008	9.000	272.000
1999	1.001.078	165.043	1.166.121	0,11	110.119	18.155	128.273	9.000	263.000
2000	1.007.391	166.084	1.173.475	0,15	151.109	24.913	176.021	9.000	254.000
2001	1.080.158	178.081	1.258.239	0,19	205.230	33.835	239.065	9.000	245.000
2002	1.155.109	190.437	1.345.546	0,25	288.777	47.609	336.387	9.000	236.000
2003	1.232.308	203.165	1.435.473	0,31	382.016	62.981	444.997	9.000	227.000
2004	1.311.823	216.274	1.528.097	0,38	498.493	82.184	580.677	9.000	218.000
2005	1.393.724	229.777	1.623.500	0,45	627.176	103.399	730.575	9.000	209.000
2006	1.478.081	243.684	1.721.765	0,52	768.602	126.716	895.318	9.000	200.000
2007	1.564.969	258.009	1.822.978	0,59	923.332	152.225	1.075.557	9.000	191.000
2008	1.654.464	272.764	1.927.228	0,67	1.108.491	182.752	1.291.243	9.000	182.000
2009	1.746.644	287.961	2.034.605	0,73	1.275.050	210.211	1.485.261	9.000	173.000
2010	1.841.589	303.614	2.145.203	0,79	1.454.855	239.855	1.694.710	10.000	164.000
2011	1.939.382	319.737	2.259.119	0,83	1.609.687	265.382	1.875.069	13.000	154.000
2012	2.040.110	336.343	2.376.453	0,87	1.774.895	292.619	2.067.514	13.000	141.000
2013	2.143.859	353.448	2.497.306	0,91	1.950.911	321.638	2.272.549	13.000	128.000
2014	2.250.720	371.066	2.621.786	0,93	2.093.170	345.091	2.438.261	14.000	115.000
2015	2.360.788	389.212	2.749.999	0,95	2.242.748	369.751	2.612.499	14.000	101.000
2016	2.474.157	407.903	2.882.059	0,96	2.375.191	391.586	2.766.777	14.000	87.000
2017	2.590.927	427.154	3.018.081	0,97	2.513.200	414.339	2.927.539	15.000	73.000
2018	2.711.201	446.983	3.158.184	0,98	2.656.977	438.043	3.095.020	17.000	58.000
2019	2.835.083	467.407	3.302.489	0,98	2.778.381	458.059	3.236.440	19.000	41.000
2020	2.962.681	488.443	3.451.124	0,99	2.933.054	483.559	3.416.613	22.000	22.000
Total de veículos no ano de 2020:					31.068.789	5.132.650	36.201.439		

Nota: Do ano de 1993 a 1999 estão incluídos todos os veículos leves, nacionais e importados, de todos os tipos de combustível. Os veículos leves de modelo-ano posteriores a 2000 são estimativas próprias.

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Km média da Frota (E)			Km anual x Número de Veículos			Fator Y (i,c)		
	Autom.	Com. Leve	Total	Autom.	Com. Leve	Total	Autom.	Com. Leve	Total
1993	2,62	3,11	2,69	81.344.520	15.980.220	97.324.740	0,0002	0,0002	0,0002
1994	6,53	7,11	6,62	202.981.140	36.501.480	239.482.620	0,0005	0,0005	0,0005
1995	12	13	12	379.909.710	66.205.350	446.115.060	0,0009	0,0009	0,0009
1996	20	23	21	632.496.150	120.416.400	752.912.550	0,0014	0,0017	0,0015
1997	27	32	28	847.636.920	164.115.180	1.011.752.100	0,0019	0,0023	0,0020
1998	32	40	33	981.563.670	206.511.120	1.188.074.790	0,0022	0,0029	0,0023
1999	32	32	32	991.067.220	163.392.570	1.154.459.790	0,0023	0,0023	0,0023
2000	44	44	44	1.359.977.837	224.213.120	1.584.190.958	0,0031	0,0031	0,0031
2001	59	59	59	1.847.071.024	304.517.873	2.151.588.897	0,0042	0,0042	0,0042
2002	84	83	84	2.598.995.299	428.484.075	3.027.479.375	0,0059	0,0059	0,0059
2003	111	110	111	3.438.139.504	566.829.816	4.004.969.320	0,0078	0,0078	0,0078
2004	144	144	144	4.486.434.939	739.657.331	5.226.092.270	0,0102	0,0102	0,0102
2005	182	181	182	5.644.580.367	930.595.296	6.575.175.662	0,0129	0,0129	0,0129
2006	223	222	223	6.917.419.207	1.140.442.221	8.057.861.429	0,0158	0,0158	0,0158
2007	267	267	267	8.309.986.619	1.370.028.231	9.680.014.850	0,0190	0,0189	0,0190
2008	321	320	321	9.976.418.413	1.644.764.968	11.621.183.381	0,0228	0,0227	0,0228
2009	369	369	369	11.475.449.619	1.891.903.160	13.367.352.779	0,0262	0,0262	0,0262
2010	468	467	468	14.548.552.029	2.398.551.034	16.947.103.063	0,0332	0,0332	0,0332
2011	674	672	673	20.925.935.057	3.449.960.043	24.375.895.100	0,0478	0,0477	0,0477
2012	743	741	742	23.073.638.968	3.804.041.839	26.877.680.808	0,0527	0,0526	0,0526
2013	816	815	816	25.361.847.310	4.181.287.937	29.543.135.247	0,0579	0,0578	0,0579
2014	943	941	943	29.304.376.193	4.831.274.047	34.135.650.239	0,0669	0,0668	0,0669
2015	1.011	1.009	1.010	31.398.473.953	5.176.518.050	36.574.992.003	0,0717	0,0716	0,0716
2016	1.070	1.068	1.070	33.252.668.926	5.482.210.415	38.734.879.340	0,0759	0,0758	0,0759
2017	1.213	1.211	1.213	37.697.993.597	6.215.090.090	43.913.083.687	0,0860	0,0859	0,0860
2018	1.454	1.451	1.453	45.168.608.497	7.446.735.072	52.615.343.569	0,1031	0,1029	0,1031
2019	1.699	1.696	1.699	52.789.241.612	8.703.112.848	61.492.354.460	0,1205	0,1203	0,1204
2020	2.077	2.073	2.076	64.527.193.282	10.638.293.480	75.165.486.762	0,1472	0,1471	0,1472
	14.105	14.094	14.103	438.220.001.583	72.341.633.266	510.561.634.849			

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); URIA (1996); MURGEL (1990).

Ano	Km Acum. (km)	Valor de y"	Fatores de Deterioração			Fatores Médios de Emissão (g/km)			Fatores de Emissão Corrigidos (g/km)		
			CO	HC	NOx	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
1993	317.000	6,27	1,28	1,35	1,00	6,3	0,6	0,8	8,09	0,81	0,80
1994	308.000	6,27	1,28	1,35	1,00	6	0,6	0,7	7,70	0,81	0,70
1995	299.000	6,27	1,28	1,35	1,00	4,7	0,6	0,6	6,03	0,81	0,60
1996	290.000	6,27	1,28	1,35	1,00	3,8	0,4	0,5	4,88	0,54	0,50
1997	281.000	6,27	1,28	1,35	1,00	1,2	0,2	0,3	1,54	0,27	0,30
1998	272.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
1999	263.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2000	254.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2001	245.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2002	236.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2003	227.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2004	218.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2005	209.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2006	200.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2007	191.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2008	182.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2009	173.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2010	164.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2011	154.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2012	141.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2013	128.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2014	115.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2015	101.000	6,27	1,28	1,35	1,00	0,79	0,14	0,23	1,01	0,19	0,23
2016	87.000	5,40	1,24	1,30	1,00	0,79	0,14	0,23	0,98	0,18	0,23
2017	73.000	4,53	1,21	1,26	1,00	0,79	0,14	0,23	0,95	0,18	0,23
2018	58.000	3,60	1,16	1,20	1,00	0,79	0,14	0,23	0,92	0,17	0,23
2019	41.000	2,55	1,12	1,14	1,00	0,79	0,14	0,23	0,88	0,16	0,23
2020	22.000	1,37	1,06	1,08	1,00	0,79	0,14	0,23	0,84	0,15	0,23

Nota: Assumiu-se que os poucos veículos leves existentes movidos a álcool e a diesel possuem os mesmos padrões de emissão daqueles a gasolina.

Fontes: Dados de CETESB (1999); MURGEL (1990).

Ano	Fator Y (i,c)			Fatores de Emissão Corrigidos (g/km)			Fatores de Emissão Médios da Frota (g/km)								
	Autom.	Com. Leve	Total	CO	HC	NOx	Automóveis			Comerciais Leves			Total da Frota		
							CO	HC	NOx	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
1993	0,0002	0,0002	0,0002	8,09	0,81	0,80	0,0015	0,0002	0,0001	0,0018	0,0002	0,0002	0,0015	0,0002	0,0002
1994	0,0005	0,0005	0,0005	7,70	0,81	0,70	0,0036	0,0004	0,0003	0,0039	0,0004	0,0004	0,0036	0,0004	0,0003
1995	0,0009	0,0009	0,0009	6,03	0,81	0,60	0,0052	0,0007	0,0005	0,0055	0,0007	0,0005	0,0053	0,0007	0,0005
1996	0,0014	0,0017	0,0015	4,88	0,54	0,50	0,0070	0,0008	0,0007	0,0081	0,0009	0,0008	0,0072	0,0008	0,0007
1997	0,0019	0,0023	0,0020	1,54	0,27	0,30	0,0030	0,0005	0,0006	0,0035	0,0006	0,0007	0,0031	0,0005	0,0006
1998	0,0022	0,0029	0,0023	1,01	0,19	0,23	0,0023	0,0004	0,0005	0,0029	0,0005	0,0007	0,0024	0,0004	0,0005
1999	0,0023	0,0023	0,0023	1,01	0,19	0,23	0,0023	0,0004	0,0005	0,0023	0,0004	0,0005	0,0023	0,0004	0,0005
2000	0,0031	0,0031	0,0031	1,01	0,19	0,23	0,0031	0,0006	0,0007	0,0031	0,0006	0,0007	0,0031	0,0006	0,0007
2001	0,0042	0,0042	0,0042	1,01	0,19	0,23	0,0043	0,0008	0,0010	0,0043	0,0008	0,0010	0,0043	0,0008	0,0010
2002	0,0059	0,0059	0,0059	1,01	0,19	0,23	0,0060	0,0011	0,0014	0,0060	0,0011	0,0014	0,0060	0,0011	0,0014
2003	0,0078	0,0078	0,0078	1,01	0,19	0,23	0,0080	0,0015	0,0018	0,0079	0,0015	0,0018	0,0080	0,0015	0,0018
2004	0,0102	0,0102	0,0102	1,01	0,19	0,23	0,0104	0,0019	0,0024	0,0104	0,0019	0,0024	0,0104	0,0019	0,0024
2005	0,0129	0,0129	0,0129	1,01	0,19	0,23	0,0131	0,0024	0,0030	0,0130	0,0024	0,0030	0,0131	0,0024	0,0030
2006	0,0158	0,0158	0,0158	1,01	0,19	0,23	0,0160	0,0030	0,0036	0,0160	0,0030	0,0036	0,0160	0,0030	0,0036
2007	0,0190	0,0189	0,0190	1,01	0,19	0,23	0,0192	0,0036	0,0044	0,0192	0,0036	0,0044	0,0192	0,0036	0,0044
2008	0,0228	0,0227	0,0228	1,01	0,19	0,23	0,0231	0,0043	0,0052	0,0231	0,0043	0,0052	0,0231	0,0043	0,0052
2009	0,0262	0,0262	0,0262	1,01	0,19	0,23	0,0266	0,0050	0,0060	0,0265	0,0050	0,0060	0,0266	0,0050	0,0060
2010	0,0332	0,0332	0,0332	1,01	0,19	0,23	0,0337	0,0063	0,0076	0,0336	0,0063	0,0076	0,0337	0,0063	0,0076
2011	0,0478	0,0477	0,0477	1,01	0,19	0,23	0,0484	0,0091	0,0110	0,0484	0,0090	0,0110	0,0484	0,0090	0,0110
2012	0,0527	0,0526	0,0526	1,01	0,19	0,23	0,0534	0,0100	0,0121	0,0533	0,0100	0,0121	0,0534	0,0100	0,0121
2013	0,0579	0,0578	0,0579	1,01	0,19	0,23	0,0587	0,0110	0,0133	0,0586	0,0110	0,0133	0,0587	0,0110	0,0133
2014	0,0669	0,0668	0,0669	1,01	0,19	0,23	0,0678	0,0127	0,0154	0,0677	0,0127	0,0154	0,0678	0,0127	0,0154
2015	0,0717	0,0716	0,0716	1,01	0,19	0,23	0,0727	0,0136	0,0165	0,0726	0,0136	0,0165	0,0727	0,0136	0,0165
2016	0,0759	0,0758	0,0759	0,98	0,18	0,23	0,0746	0,0139	0,0175	0,0745	0,0138	0,0174	0,0746	0,0139	0,0174
2017	0,0860	0,0859	0,0860	0,95	0,18	0,23	0,0819	0,0151	0,0198	0,0818	0,0151	0,0198	0,0819	0,0151	0,0198
2018	0,1031	0,1029	0,1031	0,92	0,17	0,23	0,0947	0,0174	0,0237	0,0946	0,0173	0,0237	0,0947	0,0174	0,0237
2019	0,1205	0,1203	0,1204	0,88	0,16	0,23	0,1061	0,0193	0,0277	0,1060	0,0193	0,0277	0,1061	0,0193	0,0277
2020	0,1472	0,1471	0,1472	0,84	0,15	0,23	0,1235	0,0222	0,0339	0,1234	0,0222	0,0338	0,1235	0,0222	0,0339
							0,97	0,18	0,23	0,97	0,18	0,23	0,97	0,18	0,23

Fontes: Dados de ANFAVEA (1999); CETESB (1999); URJA (1996); MURGEL (1990).

Planilha VL10 - Consumo Médio para Automóveis de Modelo-Ano 1997, movidos a Gasolina.

	VENDAS em 1997		Consumo de Combustível (km/l)				% Vendas x Consumo Combinado	
	(unidade)	(%)	Cidade	Estrada	Combinado		Rural (km/l)	Urbano (km/l)
					Rural	Urbano		
FIAT	468.236	31,07						
<i>NACIONAIS:</i>	<i>452.429</i>	<i>30,02</i>						
Palio (1.0)	237.157	15,74	11,80	14,70	13,40	12,09	2,11	1,90
Palio	53.168	3,53	9,80	13,25	11,70	10,15	0,41	0,36
Palio SW	47.013	3,12	9,50	11,55	10,63	9,71	0,33	0,30
Tempra	28.190	1,87	9,00	11,87	10,58	9,29	0,20	0,17
Uno (1.0)	86.901	5,77	10,90	13,40	12,28	11,15	0,71	0,64
<i>IMPORTADOS:</i>	<i>15.807</i>	<i>1,05</i>						
Siena	8.936	0,59	10,50	16,10	13,58	11,06	0,08	0,07
Tempra SW	801	0,05	9,00	11,90	10,60	9,29	0,01	0,00
Uno (1.0)	6.070	0,40	10,90	13,40	12,28	11,15	0,05	0,04
FORD	218.474	14,50						
<i>NACIONAIS:</i>	<i>143.210</i>	<i>9,50</i>						
Fiesta (1.0)	78.692	5,22	13,20	15,40	14,41	13,42	0,75	0,70
Fiesta	10.432	0,69	12,15	14,40	13,39	12,38	0,09	0,09
Ka (1.0)	48.462	3,22	13,10	15,00	14,15	13,29	0,45	0,43
Ka	5.624	0,37	12,10	14,80	13,59	12,37	0,05	0,05
<i>IMPORTADOS:</i>	<i>75.264</i>	<i>4,99</i>						
Escort	38.913	2,58	9,50	12,90	11,37	9,84	0,29	0,25
Escort SW	23.873	1,58	9,60	12,70	11,31	9,91	0,18	0,16
Mondeo	8.555	0,57	9,80	13,40	11,78	10,16	0,07	0,06
Mondeo SW	2.209	0,15	9,70	13,10	11,57	10,04	0,02	0,01
Taurus	1.714	0,11	7,40	10,99	9,37	7,76	0,01	0,01
GENERAL MOTORS	328.004	21,76						
<i>NACIONAIS:</i>	<i>328.004</i>	<i>21,76</i>						
Corsa Hatch (1.0)	163.951	10,88	11,70	14,80	13,41	12,01	1,46	1,31
Corsa Hatch	10.223	0,68	9,80	13,70	11,95	10,19	0,08	0,07
Corsa CD	21.580	1,43	9,60	12,90	11,42	9,93	0,16	0,14
Corsa SW	13.877	0,92	10,10	13,87	12,17	10,48	0,11	0,10
Kadett	29.333	1,95	9,83	12,00	11,02	10,05	0,21	0,20
Omega	5.592	0,37	8,05	11,05	9,70	8,35	0,04	0,03
Vectra	83.448	5,54	9,93	14,17	12,26	10,35	0,68	0,57
VOLKSWAGEN	492.388	32,67						
<i>NACIONAIS:</i>	<i>429.936</i>	<i>28,53</i>						
Gol (1.0)	249.694	16,57	12,90	16,70	14,99	13,28	2,48	2,20
Gol	81.086	5,38	11,13	15,63	13,61	11,58	0,73	0,62
Parati (1.0)	7.009	0,47	10,50	13,10	11,93	10,76	0,06	0,05
Parati	47.414	3,15	10,05	14,53	12,51	10,50	0,39	0,33
Quantum	9.475	0,63	9,50	12,70	11,26	9,82	0,07	0,06
Santana	35.258	2,34	10,20	14,40	12,51	10,62	0,29	0,25
<i>IMPORTADOS:</i>	<i>62.452</i>	<i>4,14</i>						
Gol	30.015	1,99	11,13	15,63	13,61	11,58	0,27	0,23
Golf	15.338	1,02	9,67	14,03	12,07	10,11	0,12	0,10
Polo	17.099	1,13	11,00	16,00	13,75	11,50	0,16	0,13
TOTAL:	1.507.102	100					13,13	11,64

Notas:

O Consumo Combinado Rural = consumo em cidade * 0,45 + consumo em estrada * 0,55

O Consumo Combinado Urbano = consumo em cidade * 0,90 + consumo em estrada * 0,10

Fontes: ANFAVEA (1998), para os dados de vendas ao mercado interno, e AUTOMOVELOONLINE (1999), para os dados de fábrica de consumo de combustível.

Planilha VI.11 - Consumo Médio para a Frota de Veículos Leves de 2020, movidos a Gasolina.

ANO	3º CENÁRIO FROTA de 2020 (Unidades Remanescentes)		CONSUMO ESTIMADO (km/l)		FATOR DE CONSUMO (km/l)	
	Total	% da Frota	URBANO	RURAL	URBANO	RURAL
1993	7.064	0,02	10	11	0,002	0,002
1994	19.291	0,04	10	11	0,004	0,005
1995	37.027	0,08	10	11	0,01	0,01
1996	71.633	0,15	10	11	0,02	0,02
1997	93.247	0,20	12	13	0,02	0,03
1998	99.284	0,21	12	13	0,03	0,03
1999	109.212	0,23	12	13	0,03	0,03
2000	167.902	0,36	12	13	0,04	0,05
2001	238.538	0,51	12	13	0,06	0,07
2002	348.916	0,75	12	13	0,09	0,10
2003	477.421	1,02	12	13	0,12	0,13
2004	641.746	1,37	12	13	0,16	0,18
2005	828.902	1,78	12	13	0,21	0,23
2006	1.039.896	2,23	12	13	0,27	0,29
2007	1.275.775	2,73	12	13	0,33	0,36
2008	1.560.923	3,34	12	13	0,40	0,43
2009	1.826.579	3,91	12	13	0,47	0,51
2010	2.117.013	4,54	12	13	0,54	0,59
2011	2.376.034	5,09	12	13	0,61	0,66
2012	2.654.464	5,69	12	13	0,68	0,74
2013	2.953.111	6,33	12	13	0,76	0,82
2014	3.203.913	6,86	12	13	0,82	0,89
2015	3.468.407	7,43	12	13	0,89	0,97
2016	3.708.498	7,94	12	13	0,95	1,03
2017	3.959.001	8,48	12	13	1,02	1,10
2018	4.220.295	9,04	12	13	1,08	1,18
2019	4.447.389	9,53	12	13	1,14	1,24
2020	4.729.063	10,13	12	13	1,22	1,32
TOTAL =	46.680.544	100			11,99	12,99

Notas:

- 1) O Consumo Estimado (km/l) dos veículos leves do período de 1993 a 1996 foi tido como sendo o consumo específico de veículos a gasolina de 10 km/l (área urbana), segundo MONTEIRO (1998) e a partir desse valor estimou-se 11 km/l o consumo em área rural.
- 2) O Consumo Estimado (km/l) dos veículos leves do ano de 1997 foram calculados na Planilha VI.10.
- 3) O Consumo Estimado (km/l) dos veículos leves posteriores à 1997 foi tido como igual àqueles de modelo-ano de 1997.

Fontes: ANFAVEA (1999) e URIA (1996).

Planilha VL12 - Consumo Médio para a Frota de Veículos Leves de 2020, movidos a Gasolina.

ANO	4º CENÁRIO FROTA de 2020 (Unidades Remanescentes)		CONSUMO ESTIMADO (km/l)		FATOR DE CONSUMO (km/l)	
	Total	% da Frota	URBANO	RURAL	URBANO	RURAL
1993	7.064	0,02	10	11	0,002	0,002
1994	19.291	0,04	10	11	0,004	0,005
1995	37.027	0,08	10	11	0,01	0,01
1996	71.633	0,15	10	11	0,02	0,02
1997	93.247	0,20	12	13	0,02	0,03
1998	99.284	0,21	12	13	0,03	0,03
1999	109.212	0,23	12	13	0,03	0,03
2000	167.902	0,36	13	14	0,04	0,05
2001	238.538	0,51	13	14	0,07	0,07
2002	348.916	0,75	14	15	0,10	0,12
2003	477.421	1,02	15	17	0,15	0,17
2004	641.746	1,37	16	18	0,22	0,24
2005	828.902	1,78	17	19	0,30	0,34
2006	1.039.896	2,23	18	20	0,40	0,45
2007	1.275.775	2,73	19	21	0,52	0,58
2008	1.560.923	3,34	20	23	0,67	0,76
2009	1.826.579	3,91	21	24	0,82	0,93
2010	2.117.013	4,54	22	25	1,00	1,13
2011	2.376.034	5,09	22	25	1,12	1,27
2012	2.654.464	5,69	22	25	1,25	1,42
2013	2.953.111	6,33	22	25	1,39	1,58
2014	3.203.913	6,86	22	25	1,51	1,72
2015	3.468.407	7,43	22	25	1,63	1,86
2016	3.708.498	7,94	22	25	1,75	1,99
2017	3.959.001	8,48	22	25	1,87	2,12
2018	4.220.295	9,04	22	25	1,99	2,26
2019	4.447.389	9,53	22	25	2,10	2,38
2020	4.729.063	10,13	22	25	2,23	2,53
TOTAL =	46.680.544	100			21,24	24,09

Notas:

- 1) O Consumo Estimado (km/l) dos veículos leves do período de 1993 a 1996 foi tido como sendo o consumo específico de veículos a gasolina de 10 km/l (área urbana), segundo MONTEIRO (1998) e a partir desse valor estimou-se 11 km/l o consumo em área rural.
- 2) O Consumo Estimado (km/l) dos veículos leves do ano de 1997 foram calculados na Planilha VI.10.
- 3) O Consumo Estimado (km/l) dos veículos leves posteriores a 1997 foi calculado segundo uma estimativa de penetração no mercado brasileiro (valores de "y" contidos na Tabela VI.4) das tecnologias automotivas previstas por DeCICCO e ROSS (1993). As fórmulas utilizadas foram:

$$\text{Consumo Estimado Urbano (km/l)} = (12 * x) + (22 * y)$$

$$\text{Consumo Estimado Rural (km/l)} = (13 * x) + (25 * y)$$

O valor "y" é a fração de veículos leves com maior eficiência energética daquele ano. Onde: (x + y = 1). Os valores 12 e 13, correspondem ao consumo de veículos leves de modelo-ano de 1997, áreas urbana e rural, respectivamente. Já os valores 22 e 25 correspondem ao consumo dos veículos leves de maior eficiência energética nas áreas urbana e rural, respectivamente, e que estarão compondo a frota de 2020.

Fontes: ANFAVEA (1999) e URIA (1996).

Planilhas VI

Cálculo de Índice de Dano Ambiental de Veículos Leves - Área Urbana

VL13 - Frota de 1998 (Cenário de Referência):

Consumo médio (km/l): 10

EMISSIONES VEICULARES	Fator de Emissão	Fator de Ajuste	FEC a	Custo do Dano Urbano		IDA inferior	IDA superior
				inferior	superior	inferior	superior
Emissões Regulamentadas	(g/km)		(g/km)	(US\$cents/g)	(US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
CO			10,87	0,0013	0,00372	0,0141	0,0404
HC			1,13	0,02108	0,3686	0,0238	0,4165
NOx			0,75	0,279	1,4319	0,2093	1,0739
PM 10			0,026	2,2395	10,3179	0,0582	0,2683
Sub total						0,305	1,80

	Fator das Emissões Não Regulamentadas	Fator Consumo Médio	FEC b	Custo do Dano Urbano		IDA inferior	IDA superior
				inferior	superior	inferior	superior
Emissões Não Regulamentadas	(g/l)	(km/l)	(g/km)	(US\$cents/g)	(US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
NMVOC	3,67	10	0,3670	0,02108	0,3686	0,0077	0,1353
SOx	0,42	10	0,0420	1,318	5,8523	0,0554	0,2458
CH4	1,16	10	0,1160	0,0126	0,0126	0,0015	0,0015
N2O	0,87	10	0,0870	0,1077	0,1077	0,0094	0,0094
CO2	2166	10	216,6000	0,0007	0,012	0,1516	2,5992
Sub total						0,23	2,99
Total das Emissões Veiculares						0,53	4,79

CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

	Fator de Emissão do Ciclo de Suprimento	Fator Consumo Médio	FEC c	Custo do Dano Urbano		IDA inferior	IDA superior
				inferior	superior	inferior	superior
Poluentes	(g/l)	(km/l)	(g/km)	(US\$cents/g)	(US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
CO	1,65	10	0,1650	0,0013	0,00372	0,0002	0,0006
NMVOC	1,62	10	0,1620	0,02108	0,3686	0,0034	0,0597
NOx	2,25	10	0,2250	0,279	1,4319	0,0628	0,3222
PM	0,25	10	0,0250	2,2395	10,3179	0,0560	0,2579
SOx	2,61	10	0,2610	1,318	5,8523	0,3440	1,5275
CH4	4,39	10	0,4390	0,0126	0,0126	0,0055	0,0055
N2O	0,48	10	0,0480	0,1077	0,1077	0,0052	0,0052
CO2	647	10	64,7000	0,0007	0,012	0,0453	0,7764
Total do Ciclo de Suprimento do Combustível						0,52	2,96

TOTAL do ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA), em Centavos de US\$1999/km

1,05

7,75

Planilhas VI

Cálculo de Índice de Dano Ambiental de Veículos Leves - Área Urbana

VL14 - Frota de 1998 (2º Cenário):

Consumo médio (km/l): 22

EMISSIONES VEICULARES	Fator de Emissão	Fator de Ajuste	FEC a	Custo do Dano Urbano		IDA inferior	IDA superior
	(g/km)		(g/km)	inferior (US\$cents/g)	superior (US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
Emissões Regulamentadas							
CO			0,95	0,0013	0,00372	0,0012	0,0035
HC			0,17	0,02108	0,3686	0,0036	0,0627
NOx			0,23	0,279	1,4319	0,0642	0,3293
PM 10			0,012	2,2395	10,3179	0,0269	0,1238
Sub total						0,10	0,52

	Fator das Emissões Não Regulamentadas	Fator Consumo Médio	FEC b	Custo do Dano Urbano		IDA inferior	IDA superior
	(g/l)	(km/l)	(g/km)	inferior (US\$cents/g)	superior (US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
Emissões Não Regulamentadas							
NMVOC	3,67	22	0,1668	0,02108	0,3686	0,0035	0,0615
SOx	0,42	22	0,0191	1,318	5,8523	0,0252	0,1117
CH4	1,16	22	0,0527	0,0126	0,0126	0,0007	0,0007
N2O	0,87	22	0,0395	0,1077	0,1077	0,0043	0,0043
CO2	2166	22	98,45	0,0007	0,012	0,0689	1,1815
Sub total						0,10	1,36
Total das Emissões Veiculares						0,20	1,88

CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

	Fator de Emissão do Ciclo de Suprimento	Fator Consumo Médio	FEC c	Custo do Dano Urbano		IDA inferior	IDA superior
Poluentes	(g/l)	(km/l)	(g/km)	inferior (US\$cents/g)	superior (US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
CO	1,65	22	0,0750	0,0013	0,00372	0,0001	0,0003
HC	1,62	22	0,0736	0,02108	0,3686	0,0016	0,0271
NOx	2,25	22	0,1023	0,279	1,4319	0,0285	0,1464
PM	0,25	22	0,0114	2,2395	10,3179	0,0254	0,1172
SOx	2,61	22	0,1186	1,318	5,8523	0,1564	0,6943
CH4	4,39	22	0,1995	0,0126	0,0126	0,0025	0,0025
N2O	0,48	22	0,0218	0,1077	0,1077	0,0023	0,0023
CO2	647	22	29,4091	0,0007	0,012	0,0206	0,3529
Total do Ciclo de Suprimento do Combustível						0,24	1,34

TOTAL do ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA), em Centavos de US\$1999/km**0,44****3,22**

Planilhas VI

Cálculo de Índice de Dano Ambiental de Veículos Leves - Área Urbana

VL15 - Frota de 2020 (3º Cenário):

Consumo médio (km/l): 12

EMISSIONES VEICULARES	Emissão Padrão	Fator de ajuste	FEC a	Custo do Dano Urbano		IDA	IDA
				inferior	superior	inferior	superior
Emissões Regulamentadas	(g/km)		(g/km)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
CO			0,97	0,0013	0,00372	0,0013	0,0036
HC			0,18	0,02108	0,3686	0,0038	0,0663
NOx			0,23	0,279	1,4319	0,0642	0,3293
PM 10			0,012	2,2395	10,3179	0,0269	0,1238
Sub total						0,10	0,52

	Fator das Emissões Não Regulamentadas	Fator Consumo Médio	FEC b	Custo do Dano Urbano		IDA	IDA
				inferior	superior	inferior	superior
Emissões Não Regulamentadas	(g/l)	(km/l)	(g/km)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
NMVOC	3,67	12	0,3058	0,02108	0,3686	0,0064	0,1127
SOx	0,42	12	0,0350	1,318	5,8523	0,0461	0,2048
CH4	1,16	12	0,0967	0,0126	0,0126	0,0012	0,0012
N2O	0,87	12	0,0725	0,1077	0,1077	0,0078	0,0078
CO2	2166	12	180,5000	0,0007	0,012	0,1264	2,1660
Sub total						0,19	2,49
Total das Emissões Veiculares						0,28	3,02

CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

	Fator de Emissão do Ciclo de Suprimento	Fator Consumo Médio	FEC c	Custo do Dano Urbano		IDA	IDA
				inferior	superior	inferior	superior
Poluentes	(g/l)	(km/l)	(g/km)	(US\$cents/g)	(US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
CO	1,65	12	0,1375	0,0013	0,00372	0,0002	0,0005
HC	1,62	12	0,1350	0,02108	0,3686	0,0028	0,0498
NOx	2,25	12	0,1875	0,279	1,4319	0,0523	0,2685
PM	0,25	12	0,0208	2,2395	10,3179	0,0467	0,2150
SOx	2,61	12	0,2175	1,318	5,8523	0,2867	1,2729
CH4	4,39	12	0,3658	0,0126	0,0126	0,0046	0,0046
N2O	0,48	12	0,0400	0,1077	0,1077	0,0043	0,0043
CO2	647	12	53,9167	0,0007	0,012	0,0377	0,6470
Total do Ciclo de Suprimento do Combustível						0,44	2,46

TOTAL do ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA), em Centavos de US\$1999/km**0,72****5,48**

Planilhas VI

Cálculo de Índice de Dano Ambiental de Veículos Leves - Área Urbana

VL16 - Frota de 2020 (4º Cenário):

Consumo médio (km/l): 21

EMISSIONES VEICULARES	Fator de Emissão	Fator de Ajuste	FEC a	Custo do Dano Urbano		IDA	IDA
				inferior	superior	inferior	superior
<u>Emissões Regulamentadas</u>	<u>(g/km)</u>		<u>(g/km)</u>	<u>(US\$cents/g)</u>	<u>(US\$cents/g)</u>	<u>(US\$cents/km)</u>	<u>(US\$cents/km)</u>
CO			0,97	0,0013	0,00372	0,0013	0,0036
HC			0,18	0,02108	0,3686	0,0038	0,0663
NOx			0,23	0,279	1,4319	0,0642	0,3293
PM 10			0,012	2,2395	10,3179	0,0269	0,1238
Sub total						0,10	0,52

	Fator das Emissões Não Regulamentadas	Fator Consumo Médio	FEC b	Custo do Dano Urbano		IDA	IDA
				inferior	superior	inferior	superior
<u>Emissões Não Regulamentadas</u>	<u>(g/l)</u>	<u>(km/l)</u>	<u>(g/km)</u>	<u>(US\$cents/g)</u>	<u>(US\$cents/g)</u>	<u>(US\$cents/km)</u>	<u>(US\$cents/km)</u>
NM VOC	3,67	21	0,1748	0,02108	0,3686	0,0037	0,0644
SOx	0,42	21	0,0200	1,318	5,8523	0,0264	0,1170
CH4	1,16	21	0,0552	0,0126	0,0126	0,0007	0,0007
N2O	0,87	21	0,0414	0,1077	0,1077	0,0045	0,0045
CO2	2166	21	103,14	0,0007	0,012	0,0722	1,2377
Sub total						0,11	1,42
Total das Emissões Veiculares						0,20	1,95

CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

	Fator de Emissão do Ciclo de Suprimento	Fator Consumo Médio	FEC c	Custo do Dano Urbano		IDA	IDA
				inferior	superior	inferior	superior
<u>Poluentes</u>	<u>(g/l)</u>	<u>(km/l)</u>	<u>(g/km)</u>	<u>(US\$cents/g)</u>	<u>(US\$cents/g)</u>	<u>(US\$cents/km)</u>	<u>(US\$cents/km)</u>
CO	1,65	21	0,0786	0,0013	0,00372	0,0001	0,0003
HC	1,62	21	0,0771	0,02108	0,3686	0,0016	0,0284
NOx	2,25	21	0,1071	0,279	1,4319	0,0299	0,1534
PM	0,25	21	0,0119	2,2395	10,3179	0,0267	0,1228
SOx	2,61	21	0,1243	1,318	5,8523	0,1638	0,7274
CH4	4,39	21	0,2090	0,0126	0,0126	0,0026	0,0026
N2O	0,48	21	0,0229	0,1077	0,1077	0,0025	0,0025
CO2	647	21	30,8095	0,0007	0,012	0,0216	0,3697
Total do Ciclo de Suprimento do Combustível						0,25	1,41

TOTAL do ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA), em Centavos de US\$1999/km**0,45****3,35**

Planilha VI

Cálculo do Índice de Dano Ambiental de Veículos Leves - Área Rural

VL17 - Frota de 1998 (Cenário de Referência):

Consumo médio (km/l): 11

EMISSIONES VEICULARES	Fator de Emissão	Fator de Ajuste	FEC a	Custo do Dano Rural		IDA	IDA
				inferior	superior	inferior	superior
Emissões Regulamentadas	(g/km)		(g/km)	(US\$cents/g)	(US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
CO			10,87	0,0004	0,0013	0,0040	0,0141
HC			1,13	0,0042	0,3686	0,0048	0,4165
NOx			0,75	0,0558	1,0533	0,0419	0,7900
PM 10			0,026	0,4480	1,6114	0,0116	0,0419
Sub total						0,06	1,26
	Fator das Emissões Não Regulamentadas	Fator Consumo Médio	FEC b	Custo do Dano Rural		IDA	IDA
	(g/l)	(km/l)	(g/km)	inferior	superior	inferior	superior
Emissões Não Regulamentadas				(US\$cents/g)	(US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
NMVOC	3,67	11	0,3336	0,0042	0,3686	0,0014	0,1230
SOx	0,42	11	0,0382	0,2635	0,7867	0,0101	0,0300
CH4	1,16	11	0,1055	0,0126	0,0126	0,0013	0,0013
N2O	0,87	11	0,0791	0,1077	0,1077	0,0085	0,0085
CO2	2166	11	196,9091	0,0007	0,0120	0,1378	2,3629
Sub total						0,16	2,53
Total das Emissões Veiculares						0,22	3,79

CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

	Fator de Emissão do Ciclo de Suprimento	Fator Consumo Médio	FEC c	Custo do Dano Rural		IDA	IDA
	(g/l)	(km/l)	(g/km)	inferior	superior	inferior	superior
Poluentes				(US\$cents/g)	(US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
CO	1,65	11	0,1500	0,0004	0,0013	0,0001	0,0002
NMVOC	1,62	11	0,1473	0,0042	0,3686	0,0006	0,0543
NOx	2,25	11	0,2045	0,0558	1,0533	0,0114	0,2154
PM	0,25	11	0,0227	0,4480	1,6114	0,0102	0,0366
SOx	2,61	11	0,2373	0,2635	0,7867	0,0625	0,1867
CH4	4,39	11	0,3991	0,0126	0,0126	0,0050	0,0050
N2O	0,48	11	0,0436	0,1077	0,1077	0,0047	0,0047
CO2	647	11	58,8182	0,0007	0,0120	0,0412	0,7058
Total do Ciclo de Suprimento do Combustível						0,14	1,21

TOTAL do ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA), em Centavos de US\$1999/km

0,36

5,00

Planilha VI

Cálculo do Índice de Dano Ambiental de Veículos Leves - Área Rural

VL18 - Frota de 2020 (2º Cenário):

Consumo médio (km/l): 25

EMISSIONES VEICULARES	Fator de Emissão	Fator de Ajuste	FEC a	Custo do Dano Rural		IDA	IDA
				inferior	superior	inferior	superior
Emissões Regulamentadas	(g/km)		(g/km)	(US\$cents/g)	(US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
CO			0,95	0,0004	0,0013	0,0004	0,0012
HC			0,17	0,0042	0,3686	0,0007	0,0627
NOx			0,23	0,0558	1,0533	0,0128	0,2423
PM 10			0,012	0,4480	1,6114	0,0054	0,0193
Sub total						0,02	0,33

	Fator das Emissões Não Regulamentadas	Fator Consumo Médio	FEC b	Custo do Dano Rural		IDA	IDA
				inferior	superior	inferior	superior
Emissões Não Regulamentadas	(g/l)	(km/l)	(g/km)	(US\$cents/g)	(US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
NM VOC	3,67	25	0,1468	0,0042	0,3686	0,0006	0,0541
SOx	0,42	25	0,0168	0,2635	0,7867	0,0044	0,0132
CH ₄	1,16	25	0,0464	0,0126	0,0126	0,0006	0,0006
N ₂ O	0,87	25	0,0348	0,1077	0,1077	0,0037	0,0037
CO ₂	2166	25	86,64	0,0007	0,0120	0,0606	1,0397
Sub total						0,07	1,11
Total das Emissões Veiculares						0,09	1,44

CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

	Fator de Emissão do Ciclo de Suprimento	Fator Consumo Médio	FEC c	Custo do Dano Rural		IDA	IDA
				inferior	superior	inferior	superior
Poluentes	(g/l)	(km/l)	(g/km)	(US\$cents/g)	(US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
CO	1,65	25	0,0660	0,0004	0,0013	0,0000	0,0001
HC	1,62	25	0,0648	0,0042	0,3686	0,0003	0,0239
NOx	2,25	25	0,0900	0,0558	1,0533	0,0050	0,0948
PM	0,25	25	0,0100	0,4480	1,6114	0,0045	0,0161
SOx	2,61	25	0,1044	0,2635	0,7867	0,0275	0,0821
CH ₄	4,39	25	0,1756	0,0126	0,0126	0,0022	0,0022
N ₂ O	0,48	25	0,0192	0,1077	0,1077	0,0021	0,0021
CO ₂	647	25	25,8800	0,0007	0,0120	0,0181	0,3106
Total do Ciclo de Suprimento do Combustível						0,06	0,53

TOTAL do ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA), em Centavos de US\$1999/km

0,15

1,97

Planilha VI

Cálculo do Índice de Dano Ambiental de Veículos Leves - Área Rural

VL19 - Frota de 2020 (3º Cenário):

Consumo médio (km/l): 13

EMISSIONES VEICULARES	Emissão Padrão	Fator de ajuste	FEC a	Custo do Dano Rural		IDA inferior	IDA superior
	(g/km)		(g/km)	inferior (US\$cents/g)	superior (US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
Emissões Regulamentadas							
CO			0,97	0,0004	0,0013	0,0004	0,0013
HC			0,18	0,0042	0,3686	0,0008	0,0663
NOx			0,23	0,0558	1,0533	0,0128	0,2423
PM 10			0,012	0,4480	1,6114	0,0054	0,0193
Sub total						0,02	0,33

	Fator das Emissões Não Regulamentadas	Fator Consumo Médio	FEC b	Custo do Dano Rural		IDA inferior	IDA superior
	(g/l)	(km/l)	(g/km)	inferior (US\$cents/g)	superior (US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
Emissões Não Regulamentadas							
NMVOC	3,67	13	0,2823	0,0042	0,3686	0,0012	0,1041
SOx	0,42	13	0,0323	0,2635	0,7867	0,0085	0,0254
CH4	1,16	13	0,0892	0,0126	0,0126	0,0011	0,0011
N2O	0,87	13	0,0669	0,1077	0,1077	0,0072	0,0072
CO2	2166	13	166,6154	0,0007	0,0120	0,1166	1,9994
Sub total						0,13	2,14
Total das Emissões Veiculares						0,15	2,47

CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

	Fator de Emissão do Ciclo de Suprimento	Fator Consumo Médio	FEC c	Custo do Dano Rural		IDA inferior	IDA superior
Poluentes	(g/l)	(km/l)	(g/km)	inferior (US\$cents/g)	superior (US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
CO	1,65	13	0,1269	0,0004	0,0013	0,0000	0,0002
HC	1,62	13	0,1246	0,0042	0,3686	0,0005	0,0459
NOx	2,25	13	0,1731	0,0558	1,0533	0,0097	0,1823
PM	0,25	13	0,0192	0,4480	1,6114	0,0086	0,0310
SOx	2,61	13	0,2008	0,2635	0,7867	0,0529	0,1579
CH4	4,39	13	0,3377	0,0126	0,0126	0,0043	0,0043
N2O	0,48	13	0,0369	0,1077	0,1077	0,0040	0,0040
CO2	647	13	49,7692	0,0007	0,0120	0,0348	0,5972
Total do Ciclo de Suprimento do Combustível						0,11	1,02

TOTAL do ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA), em Centavos de US\$1999/km

0,27

3,49

Planilha VI

Cálculo do Índice de Dano Ambiental de Veículos Leves - Área Rural

VL20 - Frota de 2020 (4º Cenário):

Consumo médio (km/l): 24

EMISSIONES VEICULARES	Fator de Emissão	Fator de Ajuste	FEC a	Custo do Dano Rural		IDA inferior	IDA superior
	(g/km)		(g/km)	inferior (US\$cents/g)	superior (US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
Emissões Regulamentadas							
CO			0,97	0,0004	0,0013	0,0004	0,0013
HC			0,18	0,0042	0,3686	0,0008	0,0663
NOx			0,23	0,0558	1,0533	0,0128	0,2423
PM 10			0,012	0,4480	1,6114	0,0054	0,0193
Sub total						0,02	0,33

	Fator das Emissões Não Regulamentadas	Fator Consumo Médio	FEC b	Custo do Dano Rural		IDA inferior	IDA superior
	(g/l)	(km/l)	(g/km)	inferior (US\$cents/g)	superior (US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
Emissões Não Regulamentadas							
NMVOC	3,67	24	0,1529	0,0042	0,3686	0,0006	0,0564
SOx	0,42	24	0,0175	0,2635	0,7867	0,0046	0,0138
CH4	1,16	24	0,0483	0,0126	0,0126	0,0006	0,0006
N2O	0,87	24	0,0363	0,1077	0,1077	0,0039	0,0039
CO2	2166	24	90,25	0,0007	0,0120	0,0632	1,0830
Sub total						0,07	1,16
Total das Emissões Veiculares						0,09	1,49

CICLO DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL

	Fator de Emissão do Ciclo de Suprimento	Fator Consumo Médio	FEC c	Custo do Dano Rural		IDA inferior	IDA superior
Poluentes	(g/l)	(km/l)	(g/km)	inferior (US\$cents/g)	superior (US\$cents/g)	(US\$cents/km)	(US\$cents/km)
CO	1,65	24	0,0688	0,0004	0,0013	0,0000	0,0001
HC	1,62	24	0,0675	0,0042	0,3686	0,0003	0,0249
NOx	2,25	24	0,0938	0,0558	1,0533	0,0052	0,0987
PM	0,25	24	0,0104	0,4480	1,6114	0,0047	0,0168
SOx	2,61	24	0,1088	0,2635	0,7867	0,0287	0,0856
CH4	4,39	24	0,1829	0,0126	0,0126	0,0023	0,0023
N2O	0,48	24	0,0200	0,1077	0,1077	0,0022	0,0022
CO2	647	24	26,9583	0,0007	0,0120	0,0189	0,3235
Total do Ciclo de Suprimento do Combustível						0,06	0,55

TOTAL do ÍNDICE DE DANO AMBIENTAL (IDA), em Centavos de US\$1999/km

0,15

2,04