

AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA
POR VEÍCULOS LEVES NO BRASIL

Francisco Eduardo Mendes

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 DOUTOR EM CIÊNCIAS
EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Aprovada por:

Prof. Emilio Lèbre La Rovere, D.Sc.

Prof. Luiz Augusto Horta Nogueira, D.Sc

Prof. Marcos Sebastião de Paula Gomes, Ph.D.

Prof^a. Suzana Kahn Ribeiro, D.Sc.

Prof. Carlos Rodrigues Pereira Belchior, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
MARÇO DE 2004

MENDES, FRANCISCO EDUARDO

Avaliação de Programas de Controle de
Poluição Atmosférica por Veículos Leves no
Brasil [Rio de Janeiro] 2004

X, 179 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc.,
Planejamento Energético, 2004)

Tese - Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE

1. Avaliação de Políticas Públicas
2. Meio Ambiente

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Dedicatória

Ao Chico, meu pai, que sempre me incentivou a estudar.

Agradecimentos

Kleiser, minha esposa, pelo amor e carinho;

André, meu filho, pelo verão memorável que passamos juntos em casa fazendo esta Tese;

Emílio, meu orientador, que sempre acreditou em mim e não me deixou desanimar;

Yolanda e Chico, meus pais, pelo incentivo e exemplo;

Lila, minha colega de Projeto, pelo companheirismo durante todo este caminho;

Paulina, grande amiga, por tudo que me ensinou;

Alfred Szwarc, meu primeiro mestre nessa área, pelas portas que me abriu;

Manoel, Linke, Homero e outros amigos da CETESB pelas informações fundamentais;

Laura, Cícero, Cadu, Leonardo, Cláudio... pela ajuda;

Izabella e Carlinhos, do MMA, pelo projeto;

Colegas do LIMA e do PPE, pelo incentivo;

Amigos da AEA, por tudo que aprendi com vocês;

Professores do PPE, também;

Fabiana, Sandrinha, Simone, Claudinha Friis, Maria... sem Secretária não se chega lá!

Aos membros da Banca pelas importantes sugestões que permitiram o aprimoramento deste trabalho.

E ao CNPq e à Fundação COPPETEC, pelas bolsas.

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

AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR VEÍCULOS LEVES NO BRASIL

Francisco Eduardo Mendes

Março / 2004

Orientador: Emilio Lèbre La Rovere

Programa: Planejamento Energético

Os veículos leves de passageiros são reconhecidamente uma das principais fontes de poluição atmosférica nos grandes centros urbanos brasileiros. A Tese apresenta de forma condensada as principais políticas públicas implementadas no Brasil para o controle deste problema. Uma atenção especial é dada ao PROCONVE, Programa Nacional de Controle da Poluição Veicular, que atua a partir do estabelecimento de limites de emissão máximos para veículos novos vendidos no país. As conseqüências desse programa e seus efeitos de médio e longo prazo sobre as emissões de poluentes atmosféricos são quantificados e discutidos, a partir de um estudo de inventário das emissões na Região Metropolitana de São Paulo. O inventário, que leva em conta novas hipóteses sobre a deterioração das emissões, mostra que os efeitos do PROCONVE podem ser menores do que os publicados em estudos anteriores, o que indica a necessidade de se criar novos instrumentos de política para reduzir as emissões veiculares.

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

EVALUATION OF PROGRAMS OF CONTROL OF ATMOSPHERIC POLLUTION
FOR LIGHT VEHICLES IN BRAZIL

Francisco Eduardo Mendes

March / 2004

Advisor: Emilio Lèbre La Rovere

Department: Energy Planning

Light-duty passenger vehicles are one of the main sources of atmospheric pollution in the large Brazilian urban centers. This Thesis presents in a condensed way the most important public policies implemented in Brazil to control this problem. A special attention is given to PROCONVE, National Program of Vehicular Pollution Control. This Program establishes maximum emission limits for new vehicles sold at the country. The consequences of that program and its medium and long-term effects on the emissions of pollutant atmospheric are quantified and discussed, starting from an inventory study in the São Paulo Metropolitan Area. This inventory, that takes into account new hypotheses on emissions' deterioration rates, shows that the actual effects of PROCONVE can be smaller than previously published, and indicates a need to develop new instruments to reduce the vehicular emissions.

Índice

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	O TRANSPORTE E A POLUIÇÃO DO AR LOCAL NAS GRANDES CIDADES	4
2.1	HISTÓRICO E EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL	6
2.2	CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	8
2.2.1	MELHORANDO OS NÍVEIS DE EMISSÃO DOS VEÍCULOS EM CIRCULAÇÃO	9
2.2.2	REDUZINDO O NÚMERO DE VEÍCULOS EM CIRCULAÇÃO	19
2.3	A POLUIÇÃO DO AR NA RMSP	20
3	CONTROLE DAS EMISSÕES DE POLUENTES POR VEÍCULOS AUTOMOTORES NO BRASIL	36
3.1	O PROCONVE	37
3.1.1	HISTÓRICO	37
3.1.2	ATRIBUIÇÕES DAS PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES DO PROCONVE.....	44
3.1.3	DIRETRIZES DO PROCONVE	50
3.1.4	ASPECTOS TÉCNICOS	54
3.2	OUTROS PROGRAMAS	61
3.2.1	RODÍZIO DE AUTOMÓVEIS NA RMSP	61
3.2.2	O PROGRAMA DE I/M DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	64
3.2.3	O PIV DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	73
3.3	COMBUSTÍVEIS AUTOMOTIVOS EM USO POR VEÍCULOS LEVES DE PASSAGEIROS NO BRASIL	74
3.3.1	A GASOLINA “C”	75
3.3.2	O ÁLCOOL HIDRATADO	82
3.3.3	O GNV.....	91
4	AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO PROCONVE NAS EMISSÕES FUTURAS	99
4.1	INTRODUÇÃO	99
4.2	METODOLOGIA	100
4.2.1	FROTA.....	101
4.2.2	QUILOMETRAGEM PERCORRIDA	106
4.2.3	FATORES DE EMISSÃO	107
4.2.4	FATORES DE DETERIORAÇÃO	111
4.3	RESULTADOS	114
4.3.1	EVOLUÇÃO DA FROTA E DA QUILOMETRAGEM PERCORRIDA	115
4.3.2	CENÁRIO “COM PROCONVE”	117
4.3.3	CENÁRIO “SEM PROCONVE – OTIMISTA”	121
4.3.4	CENÁRIO “SEM PROCONVE – PESSIMISTA”	124
4.3.5	COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES.....	126
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
5.1	CONCLUSÕES	130
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	138
6	REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA	147
	APÊNDICE 1 ALGUMAS OBSERVAÇÕES SOBRE OS INVENTÁRIOS DE EMISSÕES PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO	156
	APÊNDICE 2 A EVOLUÇÃO DOS VEÍCULOS DURANTE A IMPLEMENTAÇÃO DO PROCONVE	171
	• ESTUDO DE CASO A.....	171
	• ESTUDO DE CASO B.....	177

Índice de Figuras

FIGURA 1 - VARIAÇÃO DO NÚMERO DE DIAS EM QUE O DO PADRÃO FEDERAL DE QUALIDADE DO AR DE SMOG FOTOQUÍMICO FOI ULTRAPASSADO NA BACIA AÉREA DE SOUTH COAST, CALIFORNIA	12
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO NO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NOS EUA [MÉDIA ANUAL DE GALÕES POR MILHA]	18
FIGURA 3 - CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DAS FONTES DE POLUIÇÃO DO AR NA RMSP EM 2002 [%]	22
FIGURA 4 - MP10 – MÉDIAS ARITMÉTICAS ANUAIS NA RMSP - 2002	25
FIGURA 5 – MP10 - EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ANUAIS NA RMSP	26
FIGURA 6 - MP10 - PORCENTAGEM DO TEMPO EM QUE O PADRÃO DIÁRIO FOI ULTRAPASSADO NA RMSP EM 2002.....	26
FIGURA 7 - MP10 - NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS DO PADRÃO POR ANO - RMSP	27
FIGURA 8 - PTS - MÉDIAS GEOMÉTRICAS ANUAIS NA RMSP E CUBATÃO EM 2002.....	27
FIGURA 9 - PTS - EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES NA RMSP E CUBATÃO	28
FIGURA 10 - CO - PORCENTAGEM DE DIAS EM QUE O PADRÃO FOI EXCEDIDO EM 2002 (MÉDIAS DE 8 HORAS) - RMSP E INTERIOR	29
FIGURA 11 - CO - EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DAS MÁXIMAS (MÉDIA DE 8 HORAS)	29
FIGURA 12 - CO - NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS DO PADRÃO E NÍVEL DE ATENÇÃO POR ANO – CERQUEIRA CÉSAR (MÉDIAS DE 8 HORAS)	30
FIGURA 13 - CO - NÚMERO DE ULTRAPASSAGENS DO PADRÃO E NÍVEL DE ATENÇÃO POR ANO – RMSP (MÉDIAS DE 8 HORAS)	30
FIGURA 14 - O ₃ - PORCENTAGEM DE DIAS EM QUE AS CONCENTRAÇÕES ULTRAPASSARAM O PADRÃO E O NÍVEL DE ATENÇÃO EM 2002 (MÉDIAS DE 1 HORA) - RMSP	31
FIGURA 15 – O ₃ - EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ANUAIS DAS MÁXIMAS DIÁRIAS NA RMSP (MÉDIAS DE 1 HORA)	32
FIGURA 16 - NO ₂ – MÉDIAS ARITMÉTICAS ANUAIS NA RMSP - 2002	32
FIGURA 17 - NO ₂ - EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS NA RMSP, CUBATÃO E INTERIOR	33
FIGURA 18– NO ₂ - PORCENTAGEM DE DIAS EM QUE AS CONCENTRAÇÕES ULTRAPASSARAM O PADRÃO E O NÍVEL DE ATENÇÃO EM 2002 – RMSP, CUBATÃO E INTERIOR (MÉDIAS DE 1 HORA)	33
FIGURA 19 - NO _x - EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS NA RMSP, CUBATÃO E INTERIOR	34
FIGURA 20 – RODÍZIO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	63
FIGURA 21 – ABRANGÊNCIA DO PROGRAMA DE I/M JÁ IMPLANTADO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	66
FIGURA 22 - RESULTADO DAS VISTORIAS DOS VEÍCULOS DA RMRJ MOVIDOS A GASOLINA (GASOL) NO ANO DE 2001	70
FIGURA 23 - RESULTADO DAS VISTORIAS DOS VEÍCULOS DA RMRJ MOVIDOS A ÁLCOOL NO ANO DE 2001	70
FIGURA 24 - RESULTADO DAS VISTORIAS DOS VEÍCULOS DA RMRJ MOVIDOS A GNV NO ANO DE 2001.....	71
FIGURA 25 – ANÁLISE DAS REPROVAÇÕES DOS AUTOMÓVEIS DO CICLO OTTO, VISTORIADOS NA RMRJ EM 2001.....	72
FIGURA 26 - PROJEÇÃO DA FROTA DE AUTOMÓVEIS A ÁLCOOL NA RMSP COM A MANUTENÇÃO DAS VENDAS DE VEÍCULOS NOVOS DE 4% AO ANO	90
FIGURA 27 - IMPACTO DOS FDS SOBRE AS ESTIMATIVAS DE EMISSÕES – CO [10 ³ TON/ANO].....	113
FIGURA 28 - IMPACTO DOS FDS SOBRE AS ESTIMATIVAS DE EMISSÕES – HC [10 ³ TON/ANO].....	114
FIGURA 29 - IMPACTO DOS FDS SOBRE AS ESTIMATIVAS DE EMISSÕES – NO _x [10 ³ TON/ANO]	114
FIGURA 30 - EVOLUÇÃO DA FROTA E DA QUILOMETRAGEM ANUAL PERCORRIDA NA RMSP	116
FIGURA 31 - FROTA POR ANO-MODELO NA RMSP	116
FIGURA 32 - EMISSÃO DE CO POR ANO-MODELO - CENÁRIO “COM PROCONVE”	117
FIGURA 33 - EMISSÃO DE HC POR ANO-MODELO - CENÁRIO “COM PROCONVE”	118
FIGURA 34 - EMISSÃO DE NO _x POR ANO-MODELO - CENÁRIO “COM PROCONVE”	118
FIGURA 35 - EMISSÃO DE CO POR COMBUSTÍVEL - CENÁRIO “COM PROCONVE”	120
FIGURA 36 - EMISSÃO DE HC POR COMBUSTÍVEL - CENÁRIO “COM PROCONVE”	120
FIGURA 37 - EMISSÃO DE NO _x POR COMBUSTÍVEL - CENÁRIO “COM PROCONVE”	121
FIGURA 38 - EMISSÃO DE CO POR ANO-MODELO - CENÁRIO “SEM PROCONVE - OTIMISTA”	122
FIGURA 39 - EMISSÃO DE HC POR ANO-MODELO - CENÁRIO “SEM PROCONVE - OTIMISTA”	122
FIGURA 40 - EMISSÃO DE NO _x POR ANO-MODELO - CENÁRIO “SEM PROCONVE - OTIMISTA” [10 ³ TON/ANO]	123
FIGURA 41 - EMISSÃO DE CO POR ANO-MODELO - CENÁRIO “SEM PROCONVE - PESSIMISTA”	124
FIGURA 42 - EMISSÃO DE HC POR ANO-MODELO - CENÁRIO “SEM PROCONVE - PESSIMISTA”	125
FIGURA 43 - EMISSÃO DE NO _x POR ANO-MODELO - CENÁRIO “SEM PROCONVE - PESSIMISTA”	125

FIGURA 44 - EMISSÕES DE CO NOS CENÁRIOS “SEM PROCONVE” E “COM PROCONVE”	128
FIGURA 45 - EMISSÕES DE HC NOS CENÁRIOS “SEM PROCONVE” E “COM PROCONVE”	128
FIGURA 46 - EMISSÕES DE NOX NOS CENÁRIOS “SEM PROCONVE” E “COM PROCONVE”	129

Índice de Tabelas

TABELA 1 - POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM ALGUMAS CIDADES DO MUNDO, 1995 [mg / m^3]	5
TABELA 2 - EFEITOS DO CONTROLE DE EMISSÕES VEICULARES NA CALIFÓRNIA	11
TABELA 3 - ESTIMATIVA DE MONTADORAS EUROPÉIAS PARA VARIAÇÃO NOS CUSTOS DE MOTORES A GASOLINA	15
TABELA 4 - ESTIMATIVA DA EPA PARA VARIAÇÃO NOS CUSTOS DE VEÍCULOS A GASOLINA	15
TABELA 5 - ESTIMATIVA DE EMISSÃO DAS FONTES DE POLUIÇÃO DO AR NA RMSP EM 2002 [10^3 TON/ANO]	21
TABELA 6 - CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DAS FONTES DE POLUIÇÃO DO AR NA RMSP EM 2002 [%]	21
TABELA 7 - FONTES, CARACTERÍSTICAS E EFEITOS DOS PRINCIPAIS POLUENTES NA ATMOSFERA.....	24
TABELA 8 – NÚMERO DE DIAS DE ULTRAPASSAGEM DO PADRÃO DE OZÔNIO NA RMSP	31
TABELA 9– CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS TOTAIS MENOS METANO EM 2002 (MÉDIA DAS 7H ÀS 9H)– REDE AUTOMÁTICA (PPMC).....	34
TABELA 10 - REDUÇÃO ESTIMADA PARA A CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES NA ATMOSFERA DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO	41
TABELA 11 - ESTIMATIVA DE CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DAS FONTES DE POLUIÇÃO DO AR NA RMSP - 1981.....	41
TABELA 12 - FATORES DE EMISSÃO MÉDIOS PARA VEÍCULOS LEVES NOVOS ¹	58
TABELA 13 - LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO PARA VEÍCULOS LEVES NOVOS ¹	60
TABELA 14 –DIAS DO RODÍZIO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.....	63
TABELA 15 - LIMITES PARA FINS DE INSPEÇÃO DE VEÍCULOS LEVES DO CICLO OTTO.....	67
TABELA 16 – RELAÇÃO DOS POSTOS DE VISTORIAS E SUAS CAPACIDADES	68
TABELA 17 – DADOS DISPONÍVEIS DE VISTORIAS DE GASES REALIZADAS NO RIO DE JANEIRO, EM 2001....	68
TABELA 18 - ESPECIFICAÇÃO DAS GASOLINAS AUTOMOTIVAS, SEGUNDO REGULAMENTO TÉCNICO ANP Nº 5/2001.....	77
TABELA 19 – PROPOSTAS DE FORMULAÇÕES DA GASOLINA “C”	78
TABELA 20 – FORMULAÇÕES DA GASOLINA PADRÃO PARA ENSAIOS DE CONSUMO E EMISSÕES.....	79
TABELA 21 – ESPECIFICAÇÕES DO ÁLCOOL COMBUSTÍVEL.....	80
TABELA 22 – EMISSÕES EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DO TEOR DE ETANOL MISTURADO À GASOLINA [22%=100].....	80
TABELA 23 - NÚMERO DE CILINDROS PARA GNV COMERCIALIZADOS NO PAÍS 1996-2003	96
TABELA 24 – FROTAS, EMISSÕES DE CO, HC E NOx NA RMSP – HIPÓTESES “EXPANSÃO” E “TENDENCIAL” [TON/ANO]	103
TABELA 25 – DISTRIBUIÇÃO DA QUILOMETRAGEM MÉDIA RODADA POR FAIXA ETÁRIA	106
TABELA 26 - FATORES DE EMISSÃO PARA VEÍCULOS NOVOS NOS CENÁRIOS “COM PROCONVE”, “SEM PROCONVE - OTIMISTA” E “SEM PROCONVE - PESSIMISTA” [G/KM].....	110
TABELA 27 - PARÂMETROS PARA CÁLCULO DOS FDS - CO	112
TABELA 28 - PARÂMETROS PARA CÁLCULO DOS FDS - HC	112
TABELA 29 - PARÂMETROS PARA CÁLCULO DOS FDS - NOx.....	113
TABELA 30 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL NAS VENDAS DE VEÍCULOS LEVES NO MERCADO INTERNO POR COMBUSTÍVEL E ANO-MODELO NO CENÁRIO	115
TABELA 31 - PARTICIPAÇÃO NA FROTA E NAS EMISSÕES POR ANO MODELO EM 2002.....	119
TABELA 32 - PARTICIPAÇÃO NA FROTA E NAS EMISSÕES POR ANO MODELO EM 2010.....	119
TABELA 33 - PARTICIPAÇÃO NA FROTA E NAS EMISSÕES POR ANO MODELO EM 2002.....	123
TABELA 34 - PARTICIPAÇÃO NA FROTA E NAS EMISSÕES POR ANO MODELO EM 2010.....	124
TABELA 35 - PARTICIPAÇÃO NA FROTA E NAS EMISSÕES POR ANO MODELO EM 2002.....	126
TABELA 36 - PARTICIPAÇÃO NA FROTA E NAS EMISSÕES POR ANO MODELO EM 2010.....	126
TABELA 37 – COMPARAÇÃO DAS EMISSÕES DOS CENÁRIOS “COM PROCONVE” E “SEM PROCONVE – OTIMISTA” ENTRE OS ANOS 2002 - 2010.....	126
TABELA 38 – COMPARAÇÃO DAS EMISSÕES DOS CENÁRIOS “COM PROCONVE” E “SEM PROCONVE – PESSIMISTA” ENTRE OS ANOS 2002 - 2010.....	126

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho trata da relação entre alguns aspectos fundamentais da vida moderna nos grandes centros urbanos: a mobilidade das pessoas, a poluição do ar, os processos decisórios e a relação entre os atores envolvidos nesses processos.

De uma forma bastante interessante para o planejador da área ambiental esses aspectos juntam-se na questão da poluição do ar por automóveis, constituindo um exemplo fascinante de aplicação de instrumentos e políticas ambientais.

Esta Tese procura avaliar a experiência brasileira no controle da poluição do ar pelos veículos leves de passageiros, os “carros particulares”. Dentre as diversas medidas que foram implantadas para procurar resolver esse problema, destaca-se o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), que será alvo de especial atenção deste trabalho.

A nossa Tese é de que o PROCONVE foi um programa no qual foi possível conciliar os interesses de atores poderosos como a indústria automobilística e a de combustíveis com o interesse público de mitigar um dos problemas decorrentes da sua existência: a poluição do ar nos centros urbanos. Mais do que isso, o PROCONVE foi um importante exemplo de como a Área Ambiental do governo pode trabalhar em conjunto com o setor produtivo e obter resultados bastante satisfatórios.

Embora verifiquemos que o PROCONVE isoladamente tenha obtido resultados importantes na redução da poluição do ar originada pelos automóveis particulares, esses avanços podem não ser suficientes para garantir melhorias mais dramáticas na qualidade do ar das cidades brasileiras.

Para demonstrar a nossa tese montaremos uma discussão da natureza e origem do problema e mostraremos a história das tentativas de solucionar o problema da poluição do ar em centros urbanos. Em seguida, apresentaremos os principais atores envolvidos, fazendo depois um breve relato da história das negociações que levaram ao PROCONVE e o que o programa teve de inovador em termos de Brasil.

Avançando ainda mais mostraremos alguns resultados do Programa e falaremos de suas perspectivas, sempre do ponto de vista dos veículos leves de passageiros que são o ponto focal de nosso estudo.

O trabalho falará também de outros caminhos que foram trilhados. Teremos também a pretensão de apresentar ao leitor alguns números que mostram os benefícios do programa em análise. Uma leitura, embora simplificada, destes números mostrará que o PROCONVE como existe hoje ainda dará frutos no futuro – podemos inclusive dizer que os seus mais importantes frutos somente virão a manifestar-se nos anos por vir.

Por fim, retomando as oportunidades ainda não propriamente atacadas, indicaremos algumas formas e caminhos para avançar ainda mais para resolver o problema da poluição do ar por veículos leves.

Inicialmente este Estudo apresenta um histórico destacando aspectos gerais sobre poluição atmosférica, os diversos tipos de programas de controle de emissões veiculares e aspectos de desenvolvimento tecnológico de veículos e combustíveis. Em seguida, apresenta-se a evolução do controle de emissões veiculares no Brasil, com destaque para os aspectos técnicos, legais e institucionais do PROCONVE e as principais alternativas tecnológicas disponíveis, incluindo algumas especulações sobre as rotas tecnológicas que teriam sido adotadas caso o PROCONVE não tivesse sido implantado e seus efeitos sobre as emissões no Brasil.

Em seguida, o estudo apresenta alguns cenários que simulam as emissões de escapamento de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NOx) de automóveis de passeio que objetivam embasar a análise dos efeitos da implantação do PROCONVE. Neste exercício foram comparadas as emissões estimadas da frota de veículos leves movidos a *gasolina*¹, a *álcool*² e a GNV em um

¹ A rigor, gasolina com adição de quantidades variáveis entre 20% e 24% de álcool anidro, também referidos na literatura como “gasool”. Não se considera nas simulações o uso de veículos do tipo *flex-fuel*, que podem usar álcool misturado à gasolina em proporções mais elásticas.

² Álcool etílico hidratado (AEH), usado como combustível exclusivo em veículos especialmente fabricados ou adaptados para usar este combustível.

cenário com a adoção do PROCONVE com dois cenários hipotéticos onde os fatores médios de emissão veicular foram alterados de forma a refletir a não adoção do PROCONVE. O estudo foi elaborado utilizando como estudo de caso a Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, o maior centro urbano brasileiro, um dos que apresentam maiores problemas de poluição atmosférica e, em consequência disto, ter tido papel pioneiro na formulação e implantação de mecanismos de monitoramento da qualidade do ar e de controle de emissões, dispondo da mais abrangente base de informações sobre o tema no País.

A seguir foram simuladas algumas situações alternativas como por exemplo a entrada de um maior número de veículos movidos a Gás Natural Veicular (GNV) e a etanol hidratado ou bicomcombustíveis álcool-gasolina (“*flex-fuel*”). Algumas análises de sensibilidade também são apresentadas, discutindo diferentes cenários de evolução das vendas de veículos novos (e conseqüentemente da composição relativa da frota nos anos futuros) e dos fatores de deterioração das emissões decorrentes do uso normal dos veículos.

Uma análise comparativa dos resultados e recomendações para estudos futuros completam este estudo.

Essa Tese é fruto de um trabalho de quatro anos desenvolvido no Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente (LIMA) da COPPE/UFRJ “Avaliação do PROCONVE”, comissionado pela Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos do Ministério do Meio Ambiente e coordenado pelo Prof. Emilio Lèbre La Rovere, do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ e coordenador do LIMA.

O desenvolvimento deste trabalho contou com a estreita colaboração, entre outros, de Lila Szwarcfiter, Alfred Szwarc, Paulina Cavalcanti e Laura Mattos, além da ajuda de Cícero Pimenteira, Manoel Toledo e Renato Linke, a quem o autor muito agradece.

O trabalho foi financiado ao longo dos anos por uma bolsa do CNPq e pela Fundação COPPETEC.

2 O TRANSPORTE E A POLUIÇÃO DO AR LOCAL NAS GRANDES CIDADES

A utilização pelo homem das diversas formas de energia tem sido uma das principais causas de danos ao meio ambiente, com destaque às fontes fósseis de energia, as principais fontes entre elas. Os combustíveis fósseis são amplamente utilizados para diversos fins energéticos, como geração de energia elétrica, transporte e indústria. Mesmo com um maior uso de outras fontes energéticas atualmente, os combustíveis fósseis têm se mantido como a principal fonte. Os mais utilizados são o carvão mineral, os derivados de petróleo e, mais recentemente, o gás natural.

Nos meios de transporte os derivados de petróleo (como gasolina e óleo diesel) continuam sendo os energéticos predominantes, apesar de no caso específico do Brasil haver um amplo uso do álcool etílico, tanto como combustível exclusivo quanto misturado a derivados de petróleo como a gasolina. Recentemente nota-se também uma expansão no uso do gás natural veicular, principalmente em veículos leves de uso intensivo (táxis e frotas cativas) em grandes centros urbanos.

As emissões originadas pelo uso de veículos automotores podem ser divididas nas seguintes categorias:

- emissões de gases e partículas pelo escapamento do veículo (subprodutos da combustão lançados à atmosfera pelo tubo de escapamento);
- emissões evaporativas de combustível (lançadas na atmosfera através de evaporação de hidrocarbonetos do combustível);
- emissões de gases do cárter do motor (subprodutos da combustão que passam pelos anéis de segmento do motor e por vapores do óleo lubrificante);
- emissões de partículas provenientes do desgaste de pneus, freios e embreagem;
- ressuspensão de partículas de poeira do solo e
- emissões evaporativas de combustível nas operações de transferência de combustível (associadas ao armazenamento e abastecimento de combustível)

Alguns dos principais produtos da combustão em veículos automotores são o dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não ou parcialmente oxidados (HC), aldeídos (R-CHO), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de

enxofre (SO_x) e material particulado (MP). O ozônio troposférico (O₃), outro importante poluente, tem a sua formação associada à presença de HC e NO_x.

A queima de combustíveis fósseis gera impactos ambientais de alcance global (como o aumento do efeito estufa), regional (como chuvas ácidas) e locais como o aumento da concentração na atmosfera de poluentes de efeito tóxico ou teratogênico, como o monóxido de carbono (CO), o ozônio (O₃), o dióxido de enxofre (SO₂) e materiais particulados (MP).

A poluição atmosférica urbana é considerada um dos problemas ambientais mais significativos tanto em países em desenvolvimento como nos desenvolvidos. De um modo geral, os meios de transporte como automóveis, ônibus e caminhões são responsáveis por parte importante da degradação da qualidade ambiental nas áreas urbanas. A expansão das frotas circulantes, associadas às características tecnológicas dos veículos mais antigos e dos combustíveis então em uso acabaram por acarretar uma elevação preocupante os níveis de emissões automotivas. Este foi e continua sendo um problema apresentado não somente no Brasil, mas em todo o mundo, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Poluição Atmosférica em algumas cidades do mundo, 1995 [mg / m³]

País	Dióxido de Enxofre	Particulados em Suspensão	Dióxido de Nitrogênio
Frankfurt	11	36	45
Tóquio	18	49	68
Cidade do Cabo	21	-	72
Nova York	26	-	79
Mumbai, Índia	33	240	39
São Paulo	43	86	83
Xangai	53	246	73
Moscou	109	100	-
Jacarta, Indonésia	-	271	-

Fonte: Banco Mundial, World Development Indicators 2000 (Washington, DC: 2000), 162–64.

No Brasil registrou-se um rápido aumento das emissões de poluentes atmosféricos nas áreas urbanas nas últimas décadas. Em algumas cidades, notadamente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), os níveis de concentração de poluentes passaram a atingir patamares que colocavam em risco a saúde das pessoas com frequência alarmante, obrigando as autoridades a tomar ações para controlar este problema emergente.

O controle das emissões de origem industrial foi implantado em várias áreas por meio de medidas como, entre outras, o estabelecimento de sistemas de licenciamento de instalação e operação de estabelecimentos.

2.1 HISTÓRICO E EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL

Diversas pesquisas realizadas no princípio da década de 50 na Califórnia, EUA, apresentaram as primeiras evidências científicas de que os veículos automotores representavam uma significativa fonte de poluição do ar que provocava efeitos negativos sobre a saúde e o bem estar da população e, conseqüentemente, necessitava de medidas de controle.

Como resultado dessa constatação, em 1961 foi promulgada naquele Estado norte-americano, a primeira legislação no mundo destinada especialmente a controlar a emissão de poluentes atmosféricos produzidos por veículos. Essa legislação, implementada a partir de 1963, estabeleceu a obrigatoriedade de instalação nos veículos comercializados na Califórnia de sistemas de controle para os hidrocarbonetos gerados no cárter do motor. Em 1966, a Califórnia manteve o seu pioneirismo regulamentando os primeiros limites de emissão de gases de escapamento. Em 1970, com a publicação do “*Clean Air Act*”, os EUA passaram a dispor de uma ampla legislação federal sobre o assunto, que veio equacionar as necessidades de diversos Estados norte-americanos que, como a Califórnia, também apresentavam crescimento rápido da frota de veículos e degradação da qualidade do ar.

A tendência de controle das emissões atmosféricas veiculares não ficou limitada aos EUA. O Japão estabeleceu a sua primeira legislação em 1966, os países da Comunidade Econômica Européia, Suécia e Canadá em 1971, o Reino Unido e a Austrália em 1972 e a Finlândia em 1975.

O estabelecimento de regulamentações destinadas a controlar a emissão de poluentes pelos veículos automotores enfrentou, no início, forte oposição da indústria automobilística que argumentava que as principais fontes de poluição atmosférica eram as indústrias e não os veículos; que não se dispunha de tecnologias de controle de emissão pouco custosas, efetivas e confiáveis; que haveria necessidade de longos prazos para o desenvolvimento dessas tecnologias e que o controle de emissões elevaria

significativamente o preço dos veículos. Alegava, também, que grande parte da responsabilidade para a redução das emissões cabia à indústria do petróleo, que deveria produzir combustíveis com baixo potencial poluidor. A indústria do petróleo reagiu, alegando produzir gasolina e óleo diesel dentro das especificações técnicas aprovadas pelas montadoras e também fazendo críticas a essas regulamentações, sob a alegação de dificuldades técnicas e econômicas e necessidade de longos prazos para a produção de combustíveis menos poluentes.

Entretanto, o reconhecimento pelos Governos dos países envolvidos nessa discussão, dos elevados custos sociais decorrentes da poluição do ar ocasionada pelos veículos, sustentado por inúmeros trabalhos científicos e apoiado na pressão pública da mídia e de diversos organismos não governamentais, contribuiu para a manutenção da firmeza na ação regulatória empreendida e estimulou o desenvolvimento tecnológico no setor automotivo e de combustíveis.

Gradativamente, as indústrias automobilísticas e de petróleo estabelecidas nesses países diminuíram a sua oposição aos programas de controle de poluição veicular e passaram a aceitar a necessidade da produção de veículos e combustíveis menos poluentes, não apenas devido aos requisitos legais vigentes mas, também, como forma de garantir o seu próprio futuro em um mundo que começava a adotar novos conceitos de desenvolvimento econômico e social, em que preservação da qualidade ambiental passava a assumir posição de destaque. Além do mais, as exigências de controle de emissões trouxeram novas oportunidades de negócios para diversos setores (fabricantes de auto-peças, de equipamentos e instrumentos de laboratório, de aditivos de combustíveis, prestadores de serviços especializados etc.), que apoiaram as medidas governamentais, demonstrando tecnicamente a viabilidade das regulamentações estabelecidas.

Enquanto os EUA, Japão e alguns outros países punham em prática os seus programas de controle de emissões veiculares, verificou-se nas décadas de 70 e 80 um processo de industrialização rápido em diversos países, que resultou em um crescimento vertiginoso da frota mundial de veículos. Se em 1950 essa frota era de aproximadamente 65 milhões de unidades, em 1985 já atingia 488 milhões, apresentando índices de crescimento superiores aos das taxas de natalidade observadas no período. Como grande parte desse crescimento ocorreu em países em desenvolvimento, diversas cidades como São Paulo,

Seul, Cidade do México, Santiago, Bangcoc, Taipé e Manila passaram a enfrentar problemas sérios de poluição do ar devido o tráfego de veículos³. Para combater a degradação na qualidade do ar, um número crescente de países passou a estabelecer legislações específicas regulamentando o controle das emissões de poluentes emitidos por veículos. Essas regulamentações, baseadas normalmente em normas técnicas e práticas desenvolvidas nos EUA, Europa e Japão, apesar de buscarem atingir os mesmos objetivos, apresentam algumas vezes diferenças consideráveis entre si. Fatores importantes como características e qualidade dos combustíveis disponíveis, métodos de ensaio adotados para a medição e homologação das emissões, prazos de implementação, limites de emissão, procedimentos de certificação, requisitos de durabilidade de componentes, aplicação regional ou nacional, controle da frota em circulação, incentivos econômicos, implementação institucional e política de penalidades podem gerar resultados mais ou menos eficazes.

A despeito das diferenças existentes nas legislações, a sua implementação tem resultado na oferta ao mercado consumidor de veículos e combustíveis cada vez menos poluentes, possibilitando atingir níveis de redução na emissão de poluentes atmosféricos que chegam a ultrapassar atualmente 95% em relação aos valores observados nos anos 60. Isto se deve em boa parte à crescente globalização da indústria automobilística e à necessidade de padronizar componentes e obter ampla escala de produção para redução de custos. Como resultado, observa-se em diversas regiões do mundo a contenção da degradação da qualidade do ar, apesar do crescimento contínuo da frota de veículos automotores em circulação e do aumento no uso dos veículos mas, também, a reversão desse quadro para diversos poluentes. Entretanto a poluição do ar ainda continua a ser um problema sério em muitas regiões.

2.2 CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

O objetivo fundamental dos programas de controle de emissões veiculares é a redução da emissão de poluentes a níveis tais que a sua concentração na atmosfera não ocasione impactos negativos sobre a saúde e o bem estar da população e tampouco resulte em

³ Walsh, MP (1985), Mage, DT & Zali, O (1992)

efeitos deletérios normalmente associados à poluição do ar como diminuição da produtividade agrícola, degradação de materiais, redução da visibilidade ambiente e perda no valor de propriedades imobiliárias. Normalmente toma-se como referência o pleno atendimento dos padrões de qualidade do ar como a meta a ser atingida.

Deve-se ter sempre em mente que a redução das emissões de poluentes atmosféricos de origem veicular é apenas uma das muitas facetas associadas à questão da *mobilidade*.

Isso implica em encontrar formas de se reduzir a poluição sem impedir ou restringir severamente a capacidade das pessoas fazerem todos os deslocamentos necessários às suas necessidades, em segurança, com conforto, comodidade e baixo custo.

Para tanto, pode-se adotar uma abordagem quantitativa (reduzir a quantidade de veículos em circulação naquele local naquele instante) e/ou uma abordagem qualitativa (fazer com que cada veículo em circulação emita menos poluentes). De forma alguma essas abordagens são excludentes. Na verdade, políticas eficientes de gestão da poluição urbana podem e devem usar ambas as abordagens. Como veremos, muitas dessas soluções são bastante familiares e adotadas em boa parte das cidades do mundo, inclusive nas cidades brasileiras, em maior ou menor escala.

2.2.1 MELHORANDO OS NÍVEIS DE EMISSÃO DOS VEÍCULOS EM CIRCULAÇÃO

2.2.1.1 DESENVOLVIMENTO DOS VEÍCULOS

De um modo geral pode-se admitir que os programas mais eficazes, como o norte-americano, tem tido um elevado grau de sucesso na reversão das tendências de aumento da poluição atmosférica, uma vez que a sua inexistência resultaria na ocorrência de níveis críticos de poluição, com efeitos desastrosos para a sociedade e o meio-ambiente. Por outro lado, apesar dos esforços governamentais e da indústria em reduzir a emissão dos veículos nos EUA, que no caso dos veículos leves a gasolina tem sido superior a 90% para monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NOx) em relação aos veículos de 1960, as reduções nas concentrações ambientes de poluentes tem sido menores do que inicialmente previsto, sendo possível creditar essas “perdas de eficiência” aos seguintes fatores:

- Aumento significativo da frota de veículos e de sua utilização;
- Consumo elevado de combustíveis devido aos seus baixos preços, às características dos veículos e às condições do trânsito, cada vez mais congestionado;
- Mau funcionamento de sistemas de controle de emissões reduzindo a eficácia de controle;
- Degradação acelerada de componentes que tem impacto direto na redução das emissões por falha de projeto e/ou uso de materiais inadequados ou, também, por uso indevido do veículo;
- Falta de cuidados na manutenção dos veículos pelos seus proprietários;
- Falta de preparo de considerável número de oficinas de reparação para oferecer serviços de manutenção tecnicamente corretos;
- Retirada proposital dos dispositivos de controle de emissões pelos proprietários dos veículos ou por serviços inadequados de reparação;
- Disponibilidade no mercado de combustíveis com elevado potencial poluidor;
- Adulteração de combustíveis;
- Permanência em circulação de veículos antigos ou em péssimo estado de conservação, com níveis de emissão muito elevados;
- Falta de medidas destinadas a conter o crescimento do uso de automóveis como forma de transporte individual;
- Falta de medidas destinadas a popularizar e incentivar o uso do transporte público.

Esses problemas têm contribuído para que ainda ocorram ultrapassagens dos padrões qualidade do ar nas principais regiões metropolitanas. Evidentemente, essas ultrapassagens também se devem aos efeitos de outras fontes de emissão de poluentes como termelétricas, indústrias e comércio. Porém, como os veículos têm uma contribuição importante na formação do *smog* fotoquímico (expresso como ozônio) e na emissão de poluentes, principalmente do CO, permanece a necessidade de se dar continuidade a programas rigorosos de combate à poluição atmosférica de origem veicular.

Apesar da eficácia das medidas de controle das emissões ter sido menor que a esperada, ainda assim os níveis de redução da concentração de poluentes na atmosfera têm sido bastante expressivos.

A bacia aérea conhecida como *South Coast Air Quality District*, na Califórnia, que inclui a Região Metropolitana de Los Angeles (LA), e conta atualmente com uma população de 15 milhões de habitantes, é provavelmente o caso mais estudado e conhecido internacionalmente, não somente pelos elevados níveis de poluição que apresentou nos anos 60 mas, também, pelo rigor exercido no combate à poluição do ar e devido às características topográficas e meteorológicas que favorecem a formação de *smog fotoquímico*. Esse tipo de poluição, originada pela reação de NO_x com HC e outras substâncias (principalmente de natureza orgânica como os aldeídos, éteres, ácidos orgânicos etc.) na presença de energia solar, é uma forma de poluição persistente que apesar de ser de difícil controle, vem apresentando uma redução contínua de sua concentração na LA e outras áreas, graças às medidas rigorosas de combate a poluição existentes.

A Tabela 2 apresenta a variação das emissões veiculares na Califórnia e os seus efeitos na concentração de Ozônio na LA. Também apresenta a redução observada na emissão de monóxido de carbono (CO), poluente atmosférico de origem primordialmente veicular. A poluição por CO é considerada como de mais fácil controle, visto tratar-se de poluente primário, sendo diretamente relacionada com a sua emissão para a atmosfera e com as condições de dispersão locais.

Tabela 2 - Efeitos do Controle de Emissões Veiculares na Califórnia

Ano	Frota (10 ⁶ veículos)	Km Percorrida (10 ⁹ km)	Emissão de Escapamento (g/km)			Concentração Máxima de Ozônio em LA (1 hora - ppb)
			CO	HC ^a	NO _x	
1965	10,5	145	52	6,8	2,5	580
1995	26	436	1,2	0,2	0,2	260
Redução relativa (%)			98%	97%	92%	55%

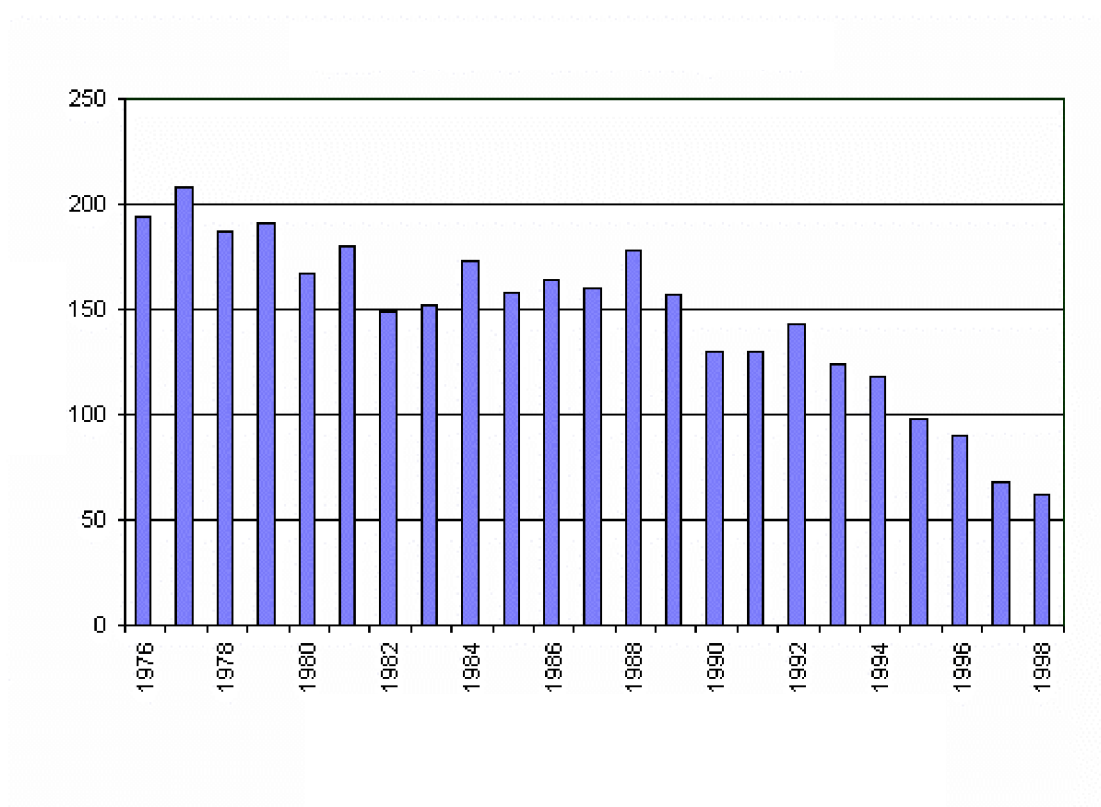
Fonte: California Air Resources Board, 2000

Nota (a): Hidrocarbonetos Totais

No caso do ozônio, além da redução na concentração máxima também foi reduzido o número de dias em que este gás ultrapassou o padrão federal de qualidade do ar (120 ppb) indicando uma menor exposição da população a níveis considerados indesejáveis

(Figura 1). Em 1975, quando já se havia estabelecido o nível Alerta I, de 200 ppb de ozônio (média de 1 hora) para caracterizar o primeiro estágio de ocorrência de episódio agudo de smog fotoquímico, a ultrapassagem desse nível foi observada em 118 dias enquanto que em 1995 isso ocorreu somente em 14 dias. Essa tendência de diminuição da gravidade do problema é efetiva visto que em 1999 e 2000 não se verificou nenhuma ocorrência desse tipo. Quanto ao monóxido de carbono, este poluente deixou de ser considerado um problema sério pois há tempos a sua concentração na atmosfera não tem atingido o nível Alerta 1, de 15 ppm (média móvel de 8 horas), atendendo na maior parte do tempo o padrão federal de qualidade do ar de 9 ppm (média móvel de 8 horas). Em 1998 a concentração máxima atingida na região foi de 13,5 ppm (média móvel de 8 horas) e o padrão federal de qualidade do ar foi ultrapassado somente em 10 dias⁴.

Figura 1 - Variação do número de dias em que o do Padrão Federal de Qualidade do Ar de Smog Fotoquímico foi ultrapassado na Bacia Aérea de South Coast, California



Fonte: EPA, 2000

⁴ South Coast Air Quality Management District, 2000

2.2.1.2 DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS VEÍCULOS E COMBUSTÍVEIS⁵

Quando se analisa a evolução dos diversos programas de controle de emissões veiculares, freqüentemente se discute o seu efeito sobre o desenvolvimento tecnológico dos veículos e dos combustíveis, os custos relacionados com esses melhoramentos e o seu impacto sobre o consumo de combustível.

No que se refere ao desenvolvimento tecnológico dos veículos, é inegável o fato de que os programas de controle de emissões têm efetivamente estimulado a pesquisa nesse setor, não sendo sempre fácil apropriar adequadamente os custos resultantes exclusivamente das exigências ambientais pois muitas das tecnologias empregadas agregam outras qualidades aos veículos.

No caso das tecnologias aplicadas para a otimização da combustão no motor, redução do peso do veículo e melhoria na sua aerodinâmica, há uma combinação de motivações que orientam a utilização de cada uma delas onde o controle de emissões, dependendo do contexto de sua aplicabilidade (características do país; período, rigor e forma da aplicação das exigências ambientais; disponibilidade, qualidade e preço dos combustíveis; existência de outras legislações como de eficiência energética e de segurança; custos de manutenção etc.) pode ter maior ou menor importância. Essas motivações são baseadas em fatores econômicos e técnicos relacionados com a produção do veículo, desempenho, dirigibilidade, consumo de combustível, confiabilidade operacional, custos operacionais e de manutenção, atualização tecnológica, características dos combustíveis, design e mercado.

O uso de sistemas de injeção eletrônica de combustível multiponto, por exemplo, associados à ignição eletrônica mapeada oferece, em relação aos antigos sistemas de carburação de combustível e ignição eletrônica convencional com avanço mecânico, menor emissão de poluentes, melhor desempenho e dirigibilidade, facilidade de partida a frio, menor consumo de combustível e maior confiabilidade operacional. Dessa forma, além da redução nas emissões, os sistemas mais avançados também aumentam a

⁵ Esta Seção contou com a colaboração de Alfred Szwarc

satisfação do consumidor e contribuem para uma maior eficiência energética. A sua aplicação, entretanto, é decidida com base nas motivações mencionadas anteriormente, visto que outras soluções tecnológicas podem resultar em benefício ambiental equivalente porém não serem tão efetivas nos demais benefícios esperados. Fica claro que nesses casos a variação nos custos relacionados com a produção e uso do veículo devido a utilização de sistemas mais avançados deve ser avaliada em função de todos os benefícios advindos e não apenas àqueles relacionados com o cumprimento da legislação.

Por outro lado, é fácil verificar que sistemas de contenção das emissões, como é o caso da recirculação dos gases do cárter e de escapamento e o controle de emissões evaporativas, foram desenvolvidos exclusivamente para atender as exigências ambientais. O mesmo ocorre com os sistemas de pós-tratamento dos gases de escapamento, como os conversores catalíticos, filtros para partículas e componentes acessórios, que não tem outra função a não ser a redução na emissão de poluentes. Dessa forma, a variação nos custos relacionados com a produção e uso do veículo devido a utilização desses sistemas deve ser creditada ao cumprimento da legislação.

Estimativas de montadoras européias de 1990⁶ sugerem que tomando como referência um veículo compacto, equipado com motor convencional de 1,4 litros, carburação simples e atendendo aos limites estabelecidos em 1984 (Diretiva Européia ECE 15/04), haveria um aumento no custo do motor em 1% a 13%, dependendo da tecnologia utilizada para o controle das emissões de escapamento. Selecionando deste estudo as soluções tecnológicas aplicadas no Brasil, temos a estimativa apresentada na Tabela 3.

⁶ in Faiz et alii, 1996

Tabela 3 - Estimativa de Montadoras Europeias para Variação nos Custos de Motores a Gasolina

Tecnologia	Aumento no Custo do Motor (%)
Motor convencional com injeção eletrônica de combustível	8
Motor convencional com carburador e conversor catalítico 3 fases (open loop)	4,1
Motor convencional com injeção eletrônica de combustível e conversor catalítico de 3 fases (closed loop)	13

Fonte: Faiz et alii, 1996

Entretanto essas estimativas variam, dependendo de cada lugar e das premissas adotadas. Um outro estudo realizado em 1990 pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA), apresenta essas variações de outra forma, conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa da EPA para Variação nos Custos de Veículos a Gasolina

Tecnologia	Aumento no Custo do Veículo (US\$)
Motor convencional com carburador ajustado para mínimo CO e HC + injeção de ar no coletor de escapamento, avanço de ignição + EGR para mínimo NOx	130
Motor convencional com carburador e conversor catalítico 2 fases (open loop) + injeção de ar no coletor de escapamento	380
Motor convencional com carburador eletrônico ou injeção eletrônica de combustível e conversor catalítico de 3 fases (closed loop)	630

Fonte: Faiz et alii, 1996

As estimativas de variação nos custos apresentadas devem ser analisadas com cuidado pois não representam necessariamente os custos reais envolvidos, que inclusive variam de empresa para empresa em função de uma série de fatores como nível de redução nas emissões a ser atingido, estágio tecnológico do veículo e motor, solução tecnológica adotada, escala de produção, política de compras de materiais e componentes, exportação, etc. Além disso, as variações de custos podem ser minimizadas ou compensadas por aumento na produtividade de produção do veículo ou motor, conquista de mercado, benefícios fiscais, políticas comerciais das montadoras etc., não resultando necessariamente em aumento de preço final ao consumidor.

Para atender às necessidades de redução das emissões, os combustíveis têm sofrido melhorias nas suas características e se espera que essa tendência continue nos próximos anos. O potencial de redução das emissões oriundo de alterações custo-efetivas das características técnicas dos combustíveis derivados de petróleo é da ordem de 10% a

30%⁷, podendo chegar a níveis mais elevados com combustíveis alternativos como o álcool e o gás natural, dependendo das características do veículo. Além de poderem contribuir para a redução das emissões, essas alterações podem também resultar em outras vantagens como:

- Redução da toxicidade e reatividade fotoquímica das emissões de vapores e de gases de combustão;
- Viabilização do uso de sistemas avançados de controle de emissões como os conversores catalíticos, que são suscetíveis a perda de sua função na presença de aditivos antidetonantes a base de chumbo e elevados teores de enxofre;
- Obtenção imediata dos benefícios ambientais à medida que os combustíveis otimizados ou reformulados são introduzidos no mercado;
- Aplicação em caráter regional, em localidades com maior necessidade de controle de poluição, ou sazonal para atender necessidades de controle mais intensas em períodos do ano em que a meteorologia ou outros fatores contribuam para o aumento dos níveis de poluição.

No caso da gasolina, os principais esforços têm sido direcionados para as seguintes medidas:

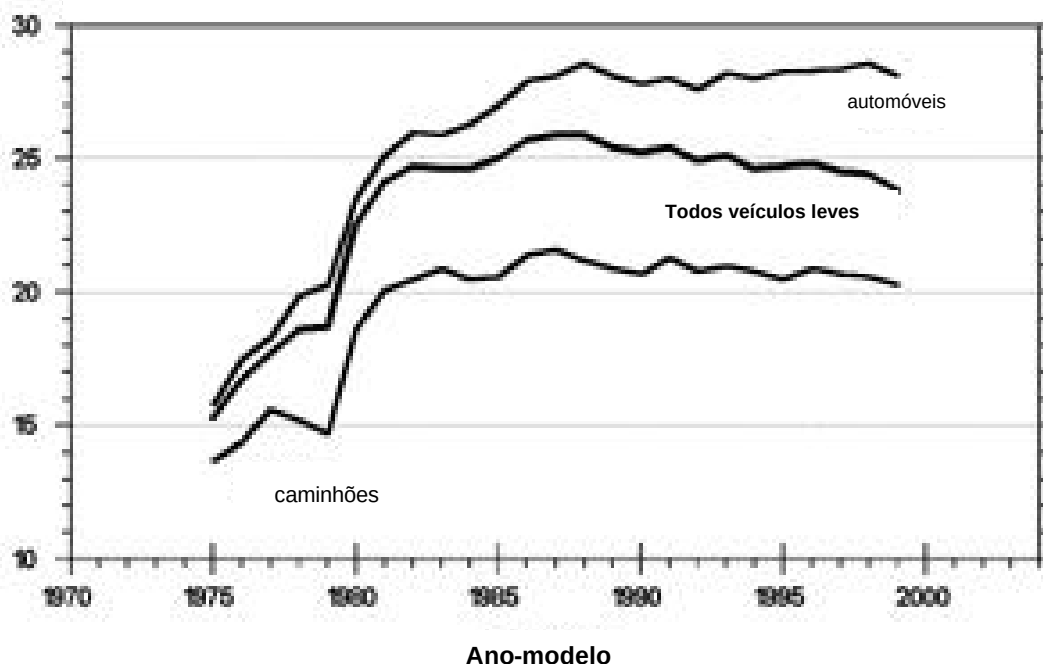
- Eliminação total dos aditivos a base de chumbo;
- Redução substancial dos teores de enxofre para concentrações em torno de 15 ppm, em peso;
- Utilização de aditivos para controlar a formação de gomas e depósitos nos sistemas de alimentação de combustível e no motor;
- Controle da volatilidade;
- Ajuste da curva de destilação;
- Redução dos teores de hidrocarbonetos aromáticos e olefinas;
- Adição de oxigenados, como o álcool;

⁷ in Faiz et alii, 1996

2.2.1.3 EFEITOS SOBRE O CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

Em termos de impacto no consumo de combustível, os programas de controle de emissões tem sido acompanhados por uma crescente eficiência energética, contrariamente ao que a indústria automobilística apregoava no princípio dos anos 70. Isto se deve em parte às crises de abastecimento de petróleo em 1973 e 1979, que obrigaram as montadoras a produzir veículos mais econômicos e estimularam o desenvolvimento de soluções tecnológicas que compatibilizassem as necessidades de economia de combustível com as de controle de emissões. Este efeito pode ser inclusive constatado nos EUA (Figura 2), país sem grande tradição na produção de veículos com baixo consumo. Como se pode observar, o pico de eficiência energética ocorreu por volta de 1987/1988. Com a queda nos preços de petróleo observados na década de 90, a indústria automobilística voltou a produzir veículos mais potentes e menos econômicos, especialmente no segmento de veículos comerciais leves e utilitários. Esses veículos passaram a ficar mais pesados e utilizar motores de maior cilindrada para oferecer conforto, dirigibilidade e performance equivalente ou superior aos dos automóveis, fenômeno representado pelas vans, utilitários esportivos e picapes. Com a crescente pressão para a redução da emissão de CO₂ e os recentes aumentos dos preços do petróleo, os representantes das montadoras que atuam no mercado dos EUA já se apressaram a prometer veículos mais eficientes para os próximos anos, mesmo considerando a entrada em vigor de limites de emissão mais restritivos, o que representa uma constatação de que o controle de emissões não representa um obstáculo para maior eficiência energética dos veículos.

Figura 2 - Evolução no consumo de combustível nos EUA [média anual de galões por milha]



Fonte: EPA, 2000

2.2.1.4 OUTROS EFEITOS RELEVANTES

Além dos impactos mencionados, existem outros efeitos relevantes decorrentes da existência dos programas de controle de emissões e que merecem ser considerados.

Um dos efeitos mais importantes é a geração de milhares de empregos em todo o mundo, nos mais diversos níveis e em atividades bastante diversas como pesquisa, engenharia, produção, testes de laboratório e de campo, homologação e certificação, garantia de qualidade, inspeção de campo, treinamento, equipamentos de diagnóstico e reparação. Esse quadro caracteriza uma atividade econômica importante, não somente pelo valor agregado aos produtos e serviços, como também pela sua função social.

Um outro efeito importante é a melhoria na capacitação técnica de mecânicos e das oficinas de reparação, necessária para lidar com os veículos modernos, equipados com conversores catalíticos e sistemas eletrônicos de gerenciamento do motor, injeção de combustível e ignição. Para o consumidor isso representa melhores serviços e possibilidade de contribuir, dentro de seu nível de responsabilidade, para a melhoria ambiental.

A conscientização da sociedade para os efeitos negativos associados à poluição causada pelos veículos também deve ser vista como um efeito positivo. Devido a grande importância do transporte motorizado na sociedade moderna, quaisquer medidas tomadas em relação aos veículos são rapidamente disseminadas pelos mais diversos meios. Isto tem contribuído para angariar suporte para a continuidade e aprimoramento dos programas.

2.2.2 REDUZINDO O NÚMERO DE VEÍCULOS EM CIRCULAÇÃO

Possivelmente o mais importante grupo de medidas nessa área é o aumento da oferta de transporte público de qualidade. Especialmente no Brasil, os serviços de transporte público deixam muito a desejar, oferecendo pouca confiabilidade, segurança e conforto aos usuários. Evidentemente não temos a pretensão de apresentar soluções concretas para esse tema, por si só assunto suficiente para várias teses. Mas é certo que nenhuma das medidas a seguir apresentadas será plenamente bem sucedida se não forem oferecidas alternativas eficazes para substituir o uso do automóvel.

Não há uma fórmula geral para o estabelecimento da composição ideal de modais de transportes coletivos. Isso depende fundamentalmente das diferentes configurações das cidades e das necessidades e particularidades, inclusive culturais, de cada local.

Uma outra abordagem é a proibição ou restrição da circulação de veículos em determinadas áreas e/ou horários. Nesta família de soluções estão por exemplo os rodízios como o implantado na RMSP (ver Seção 3.2.1) e o fechamento de áreas centrais das cidades ao tráfego. Uma variante bastante comum dessa solução é a aplicação de restrições parciais ao tráfego, proibindo por exemplo a circulação de carros particulares e permitindo somente o acesso de coletivos. Como exemplo pode-se citar que os centros históricos de várias cidades importantes do mundo têm sistemas bastante severos de restrição à circulação de veículos.

Outra forma de se restringir o acesso a áreas saturadas é com a adoção de restrições severas ao estacionamento. A restrição no número de vagas legalmente disponíveis e a cobrança de tarifas elevadas para o estacionamento em áreas centrais é uma das formas mais comuns de se reduzir o fluxo de veículos particulares às áreas centrais. Uma

medida complementar é a oferta de áreas de estacionamento fora das áreas centrais com comutação garantida para uma rede confiável de transporte público.

O estabelecimento de prioridades para os modais coletivos (criação de faixas seletivas e/ou exclusivas, pontos especiais de parada, etc) também é usual em várias cidades brasileiras.

O estabelecimento de limites de velocidade, “ondas verdes” nos semáforos, faixas especiais em horários de pico, etc podem ajudar a otimizar a velocidade média de deslocamento, reduzindo os tempos de viagem e reduzindo os congestionamentos.

Incentivos econômicos também são úteis e muitas vezes têm ótima relação custo-efetividade. Pedágios para uso de certas vias e taxas de entrada em áreas especiais são bastante comuns, e ajudam a desincentivar o uso do automóvel.

Outras medidas como incentivos ao transporte solidário, uso de modais não motorizados e a adoção de horários de trabalho intercalados também podem ter efeito, embora restrito a condições particulares de cada cidade, especialmente em cidades de menor porte.

2.3 A POLUIÇÃO DO AR NA RMSP⁸

Como em qualquer grande cidade, a qualidade do ar na RMSP é determinada pelas emissões das fontes fixas (na sua maioria indústrias) e móveis, e pelas condicionantes locais de meteorologia e topografia. As emissões veiculares representam a parcela mais importante das emissões de poluentes na RMSP, em função de avanços importantes no controle das emissões industriais, principalmente de dióxido de enxofre e material particulado. A Tabela 5 apresenta as principais fontes de emissão de poluentes do ar na RMSP inventariadas para o ano de 2002 e a Tabela 6 as suas contribuições relativas.

⁸ Esta Seção sintetiza as informações relevantes disponíveis no Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 2002 (CETESB, 2003)

Tabela 5 - Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP em 2002 [10³ ton/ano]

FONTES		CO	HC	NOx	SO₂	MP
Escapamento	gasolina	790,2	84,2	51,8	9,1	5,2
	álcool	211,5	22,9	12,8		
	diesel	444,4	72,4	324,5	11,2	20,2
	motocicletas	238,9	31,5	1,2	0,5	0,8
	táxi	2,3	0,5	0,7	0,3	0,1
Cárter e evaporativa	gasool		134,1			
	álcool		17,2			
	motos		17			
Pneus						8,3
Operações de transferência	gasolina		12,4			
	álcool		0,8			
TOTAL VEÍCULOS		1.687	393	391	21	35
Processos Industriais³		38,6 ¹	12 ¹	14 ¹	21,7 ¹	40,7 ¹
TOTAL		1.725,9	405,0	405,0	42,8	75,3

1 - Ano de consolidação do inventário: 1990

2 - Ano de consolidação do inventário: 1998

3 – Total das indústrias que representam mais de 90% das emissões do setor

Fonte: CETESB (2003)

Tabela 6 - Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP em 2002 [%]

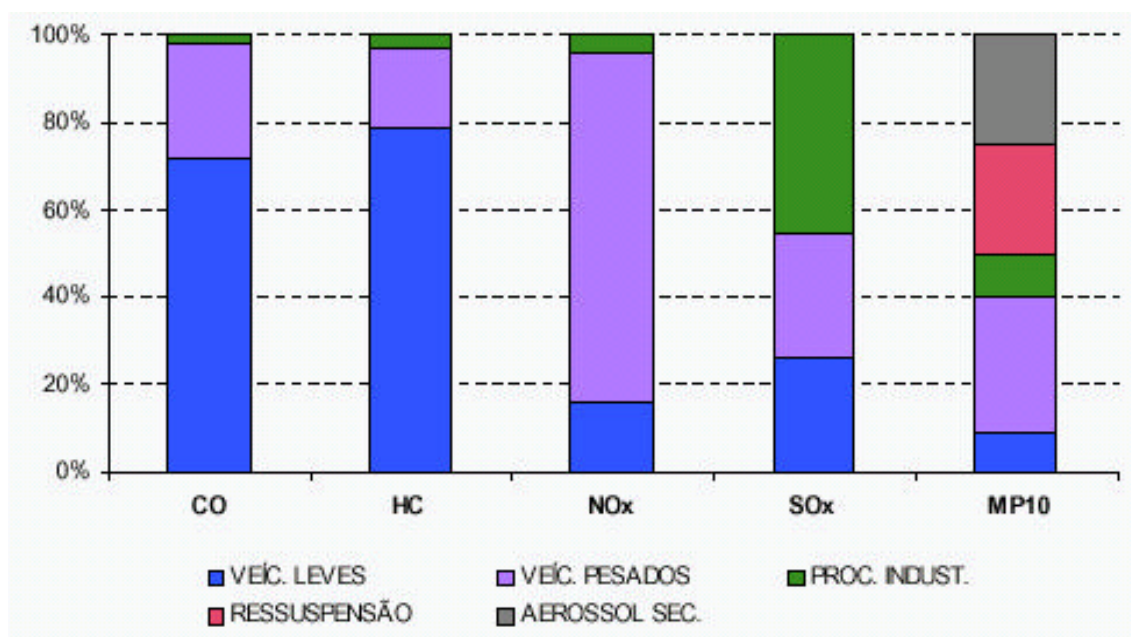
FONTES		CO	HC	NOx	SO₂	MP¹
Escapamento	gasolina	45,9%	20,8%	12,8%	23,8%	8,0%
	álcool	12,3%	5,7%	3,1%		
	diesel	25,7%	17,9%	80,1%	29,3%	30,9%
	motocicletas	13,8%	7,8%	0,3%	1,3%	0,9%
	táxi	0,1%	0,1%	0,2%	0,8%	0,2%
Cárter e evaporativa	gasool		33,1%			
	álcool		4,2%			
	motos		4,2%			
Operações de transferência	gasolina		3,1%			
	álcool		0,1%			
TOTAL VEÍCULOS		97,8 %	97,0 %	96,5 %	55,2 %	40,0 %
Processos Industriais (1990)		2,2%	3,0%	3,5%	44,8%	10,0%
Ressuspensão de partículas						25,0%
Aerossóis primários						25,0%

1 - Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis. A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre veículos a gasolina e diesel de acordo com os dados de emissão disponíveis (tabela 1).

Fonte: CETESB (2003)

Em termos relativos, a contribuição das fontes apresenta-se como na Figura 3 abaixo:

Figura 3 - Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP em 2002 [%]



Fonte: CETESB (2003)

Pode-se verificar que as fontes móveis respondem por uma parcela importante das emissões de poluentes locais, à exceção de SOx e Material Particulado. Os veículos leves, tema deste trabalho, representam por sua vez mais da metade das emissões totais de CO e HC.

A qualidade do ar, por sua vez, não depende apenas das emissões de poluentes mas também das condições de diluição na atmosfera e da probabilidade de ocorrência de reações químicas entre eles e entre eles e os componentes da atmosfera.

Nos meses de inverno, por exemplo, as condições meteorológicas são menos favoráveis à dispersão dos poluentes, fazendo com que os níveis de CO, MP e SOx sejam tipicamente mais altos nesses meses. Já o ozônio, um poluente secundário formado a partir de complexas reações químicas envolvendo óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos e outros compostos orgânicos, sob a presença de luz solar, verifica-se ultrapassagens do padrão durante o ano inteiro, com maior frequência na primavera e verão em função da maior insolação nesses meses.

Em termos climatológicos, a RMSP apresenta dois períodos bem diferenciados (CETESB, 2003). Durante o período chuvoso (“verão”), grandes áreas de instabilidade alimentadas pela umidade proveniente do interior do continente se formam na região sul e sudeste e se associam à passagem de frentes frias organizando, dessa forma, intensa

atividade convectiva e aumentando sobremaneira a precipitação na faixa leste do estado, onde se encontra a RMSP. Dessa forma, durante este período as condições de dispersão dos poluentes emitidos na atmosfera são bastante favoráveis. No período seco (“inverno”), a região encontra-se sob o domínio dos anticiclones (sistemas de altas pressões) subtropical e polar. Os anticiclones que atuam nesse período são de dois tipos: os anticiclones polares que podem ser continentais ou marítimos e anticiclone subtropical marítimo. Os sistemas frontais, provenientes do extremo sul do continente, atuam de maneira rápida na região, causando pouca precipitação.

A determinação sistemática da qualidade do ar deve ser, por questões de ordem prática, limitada a um restrito número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis. De uma forma geral, a escolha recai sempre sobre um grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, consagrados universalmente: dióxido de enxofre (SO_2), material particulado (MP), monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3) e dióxido de nitrogênio (NO_2). A razão da escolha desses parâmetros como indicadores de qualidade do ar está ligada a sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente. A Tabela 7 abaixo sumariza as fontes, características e efeitos dos principais poluentes atmosféricos de efeito local existentes da RMSP (CETESB, 2003):

Tabela 7 - Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera

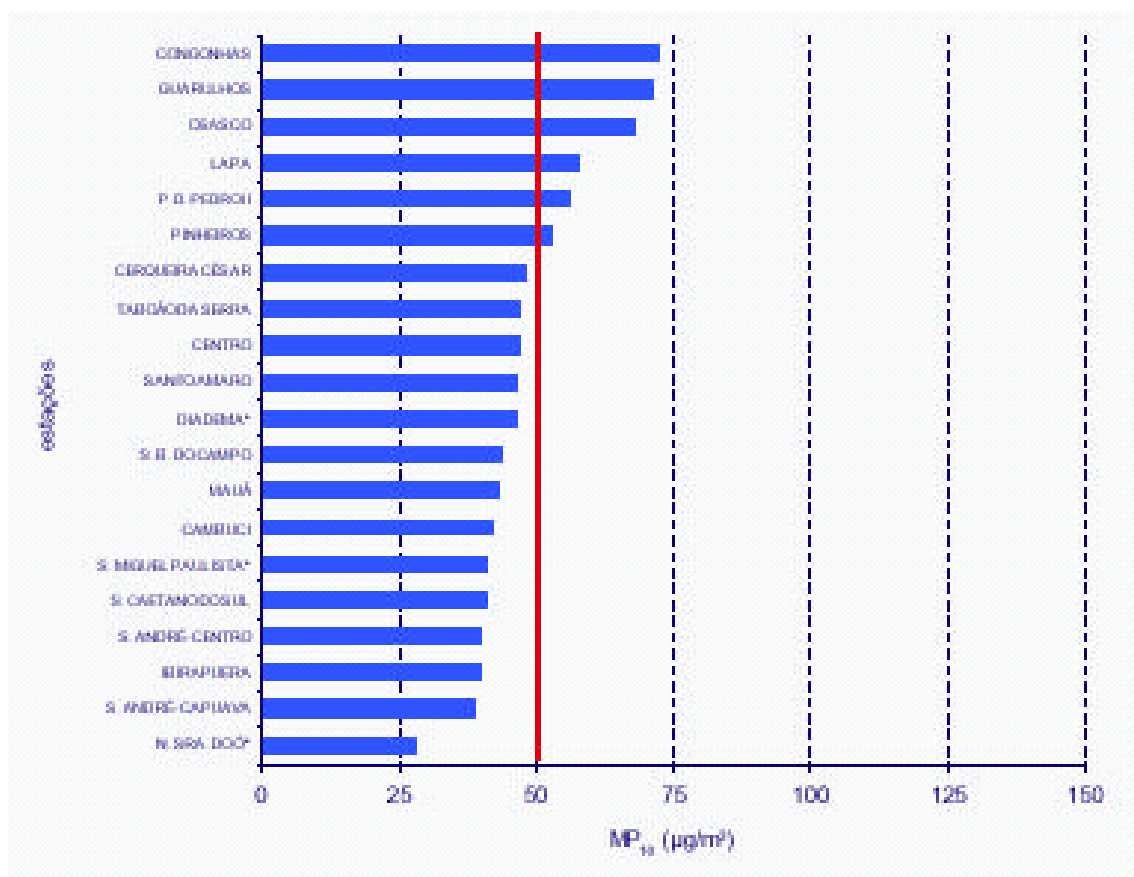
POLUENTE	CARACTERÍSTICAS	FONTES PRINCIPAIS	EFEITOS GERAIS SOBRE A SAÚDE	EFEITOS GERAIS AO MEIO AMBIENTE
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 micra.	Processos 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 (SO₂)	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 (NO₂)	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 (O₃)	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 (2003)

De um modo resumido, a qualidade do ar da Região Metropolitana apresenta o seguinte quadro (CETESB, 2003):

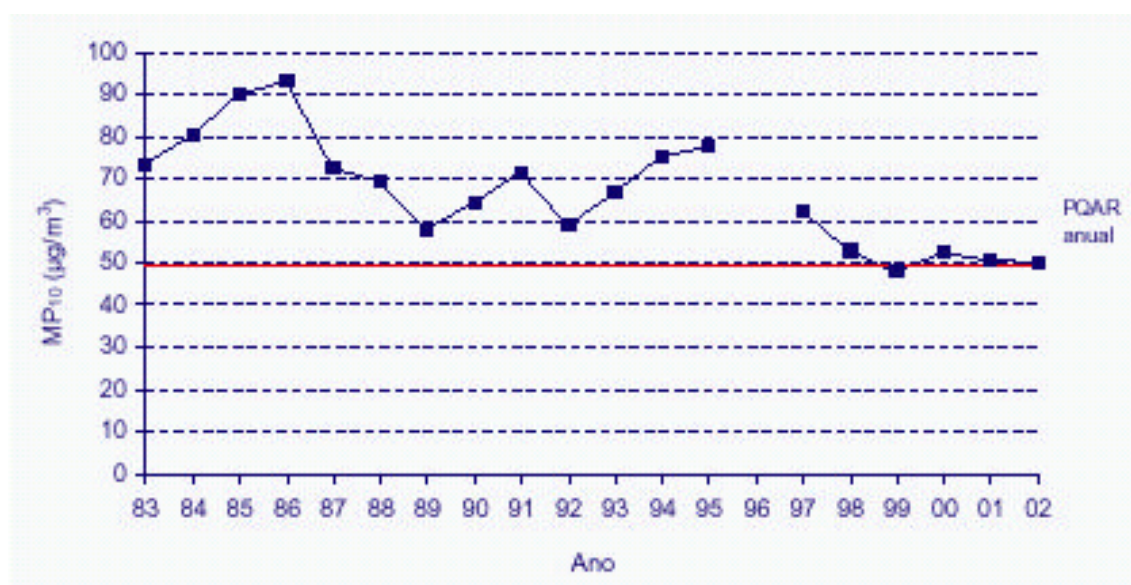
- Material Particulado - Partículas Totais em Suspensão (PTS): O monitoramento efetuado a cada seis dias mostra que são excedidos os padrões de qualidade do ar, tanto o de 24 horas ($240\mu\text{g}/\text{m}^3$), como o anual ($80\mu\text{g}/\text{m}^3$). Em 2001 e 2002 não foi observada nenhuma concentração acima do nível de atenção ($375\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 24 horas).

Figura 4 - MP₁₀ – Médias aritméticas anuais na RMSP - 2002



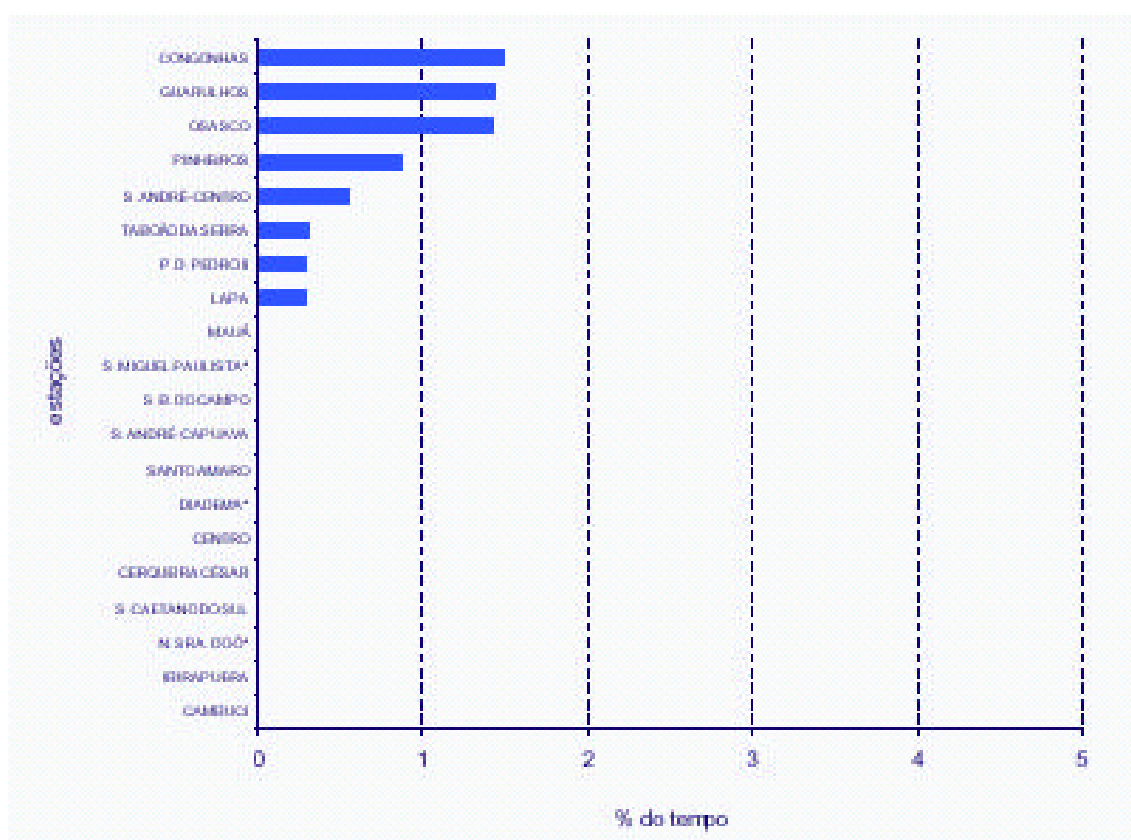
Fonte: CETESB (2003)

Figura 5 – MP10 - Evolução das concentrações médias anuais na RMSP



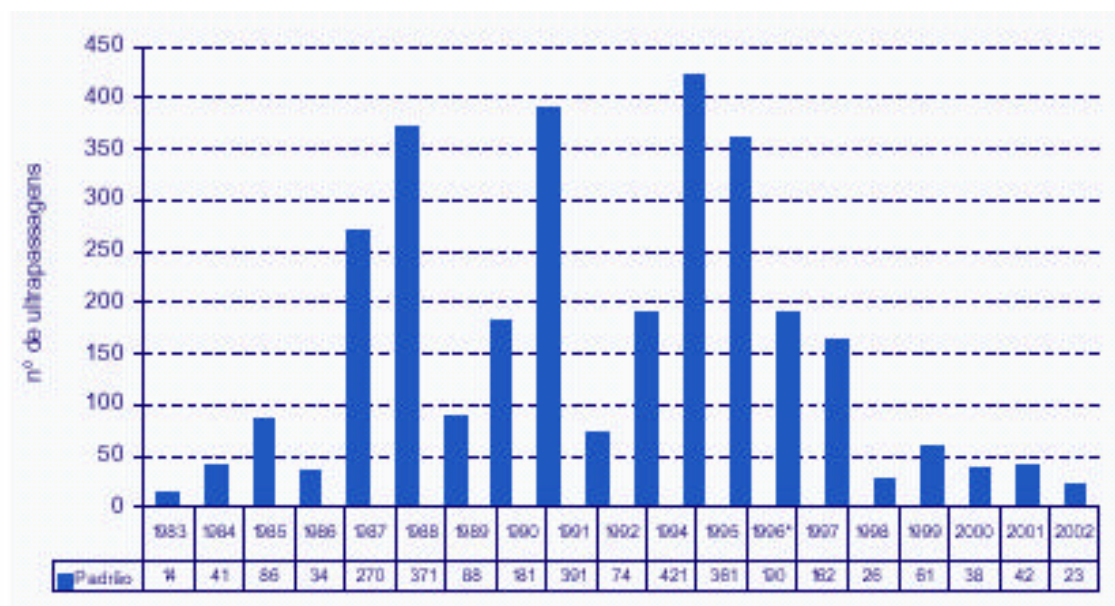
Fonte: CETESB (2003)

Figura 6 - MP10 - Porcentagem do tempo em que o padrão diário foi ultrapassado na RMSP em 2002



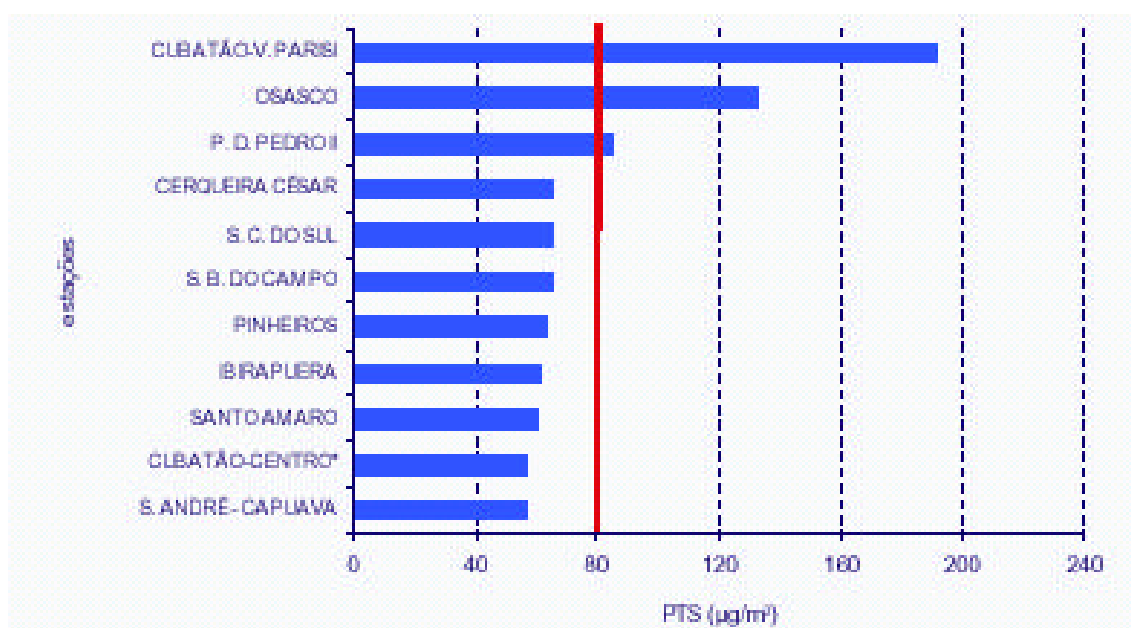
Fonte: CETESB (2003)

Figura 7 - MP10 - Número de ultrapassagens do padrão por ano - RMSP



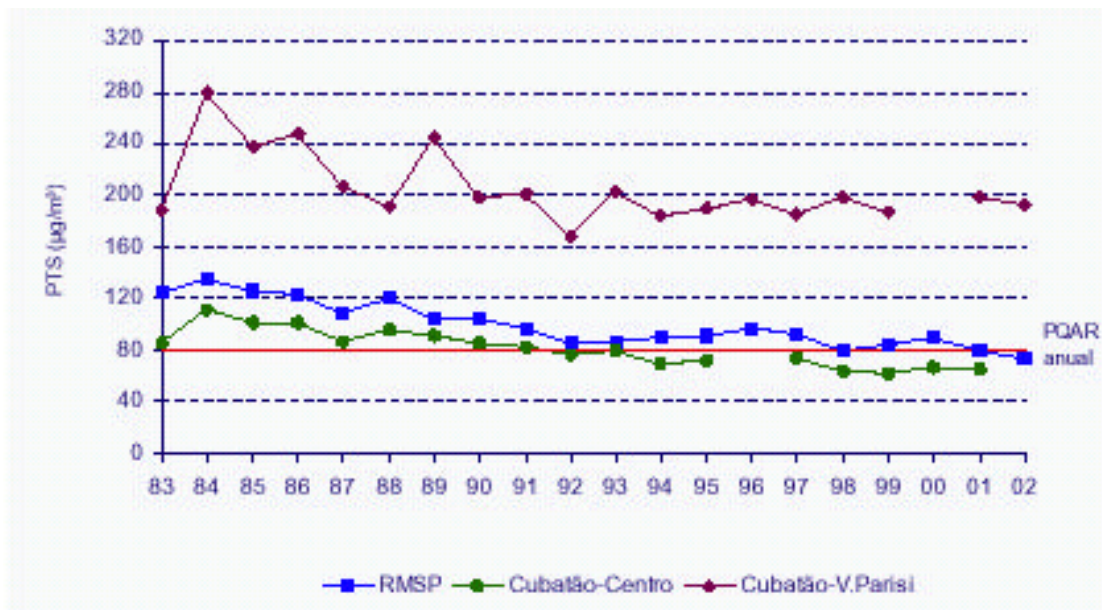
Fonte: CETESB (2003)

Figura 8 - PTS - Médias geométricas anuais na RMSP e Cubatão em 2002



Fonte: CETESB (2003)

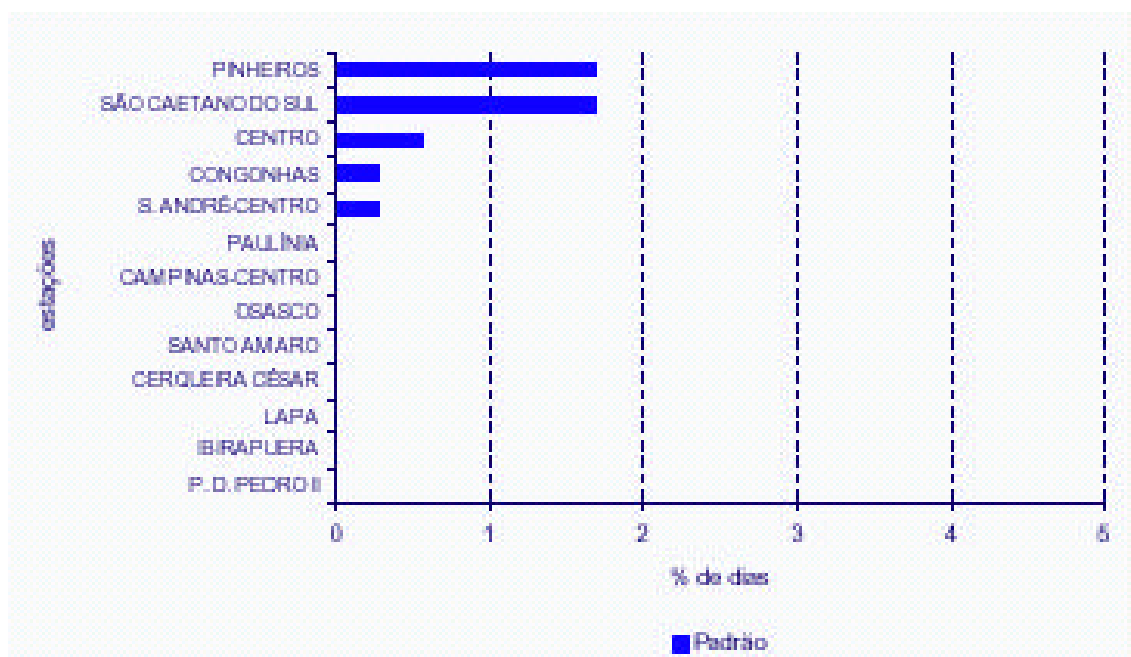
Figura 9 - PTS - Evolução das concentrações na RMSP e Cubatão



Fonte: CETESB (2003)

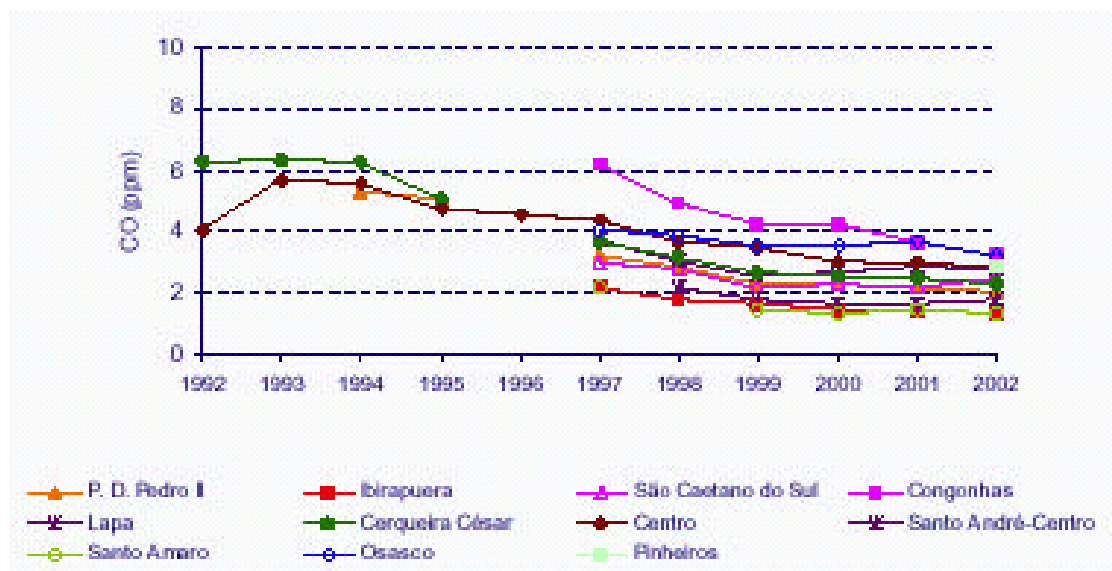
- Monóxido de Carbono (CO): As concentrações de monóxido de carbono excedem o padrão de qualidade do ar para 8 horas (9ppm), principalmente durante o inverno. Foram observadas ultrapassagens do nível de atenção (15ppm) em eventos mais críticos, porém não são registradas desde 1997. As reduções contínuas nas concentrações vinham sendo observadas até o ano de 2000, motivadas, principalmente, pela renovação da frota de veículos. Nos últimos 3 anos, porém, observa-se que os níveis praticamente têm-se mantido constantes.

Figura 10 - CO - Porcentagem de dias em que o padrão foi excedido em 2002 (médias de 8 horas) - RMSP e Interior



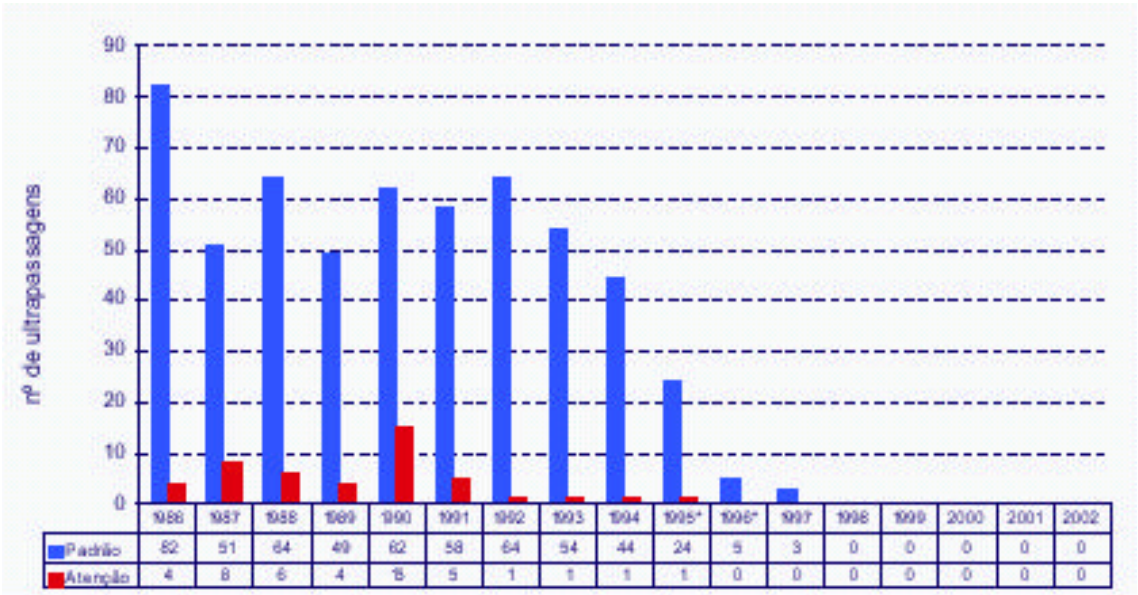
Fonte: CETESB (2003)

Figura 11 - CO - Evolução das concentrações médias das máximas (média de 8 horas)



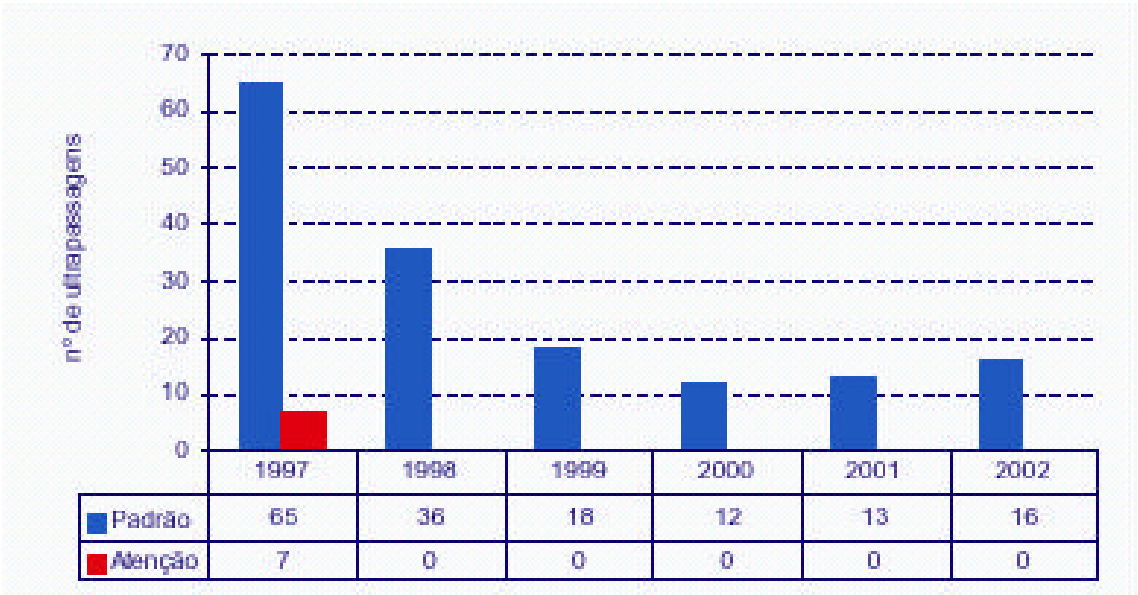
Fonte: CETESB (2003)

Figura 12 - CO - Número de ultrapassagens do padrão e nível de atenção por ano – Cerqueira César (médias de 8 horas)



Fonte: CETESB (2003)

Figura 13 - CO - Número de ultrapassagens do padrão e nível de atenção por ano – RMSP (médias de 8 horas)



Fonte: CETESB (2003)

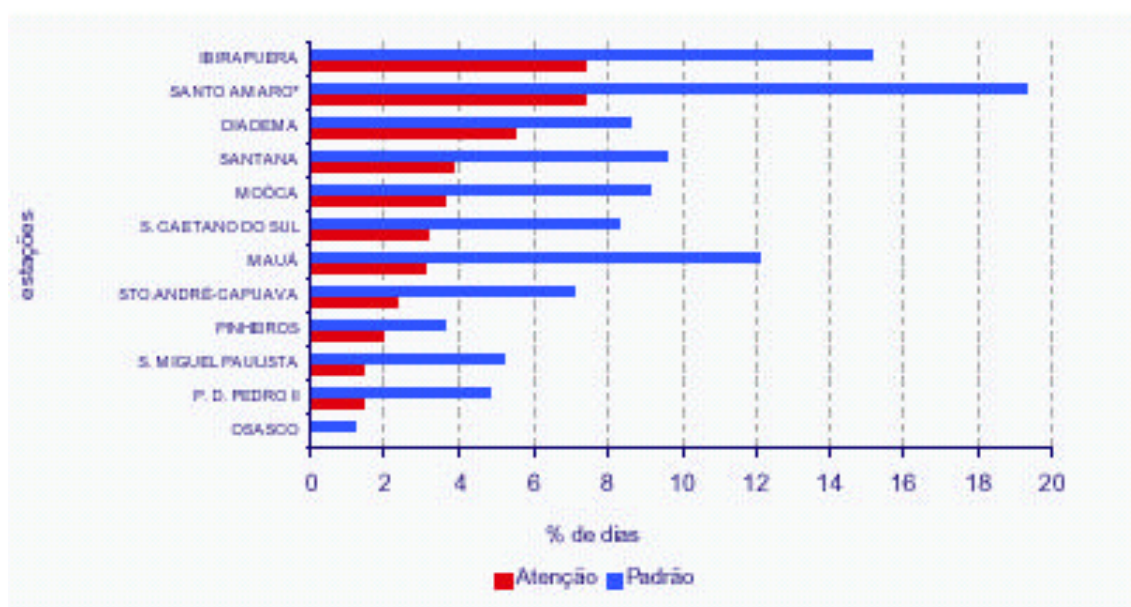
- Ozônio (O₃): No caso do ozônio, o padrão de qualidade do ar (160µg/m³ - 1h) e também o nível de atenção (200µg/m³ - 1h) são frequentemente ultrapassados, principalmente nos dias de alta insolação.

Tabela 8 – Número de dias de ultrapassagem do padrão de ozônio na RMSP

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1999	12	8	7	6	0	3	0	8	14	5	7	10	80
2000	5	2	1	8	0	2	2	4	4	17	12	10	67
2001	9	8	17	1	0	2	3	5	7	11	11	4	78
2002	5	3	16	7	2	0	0	6	5	22	6	10	82

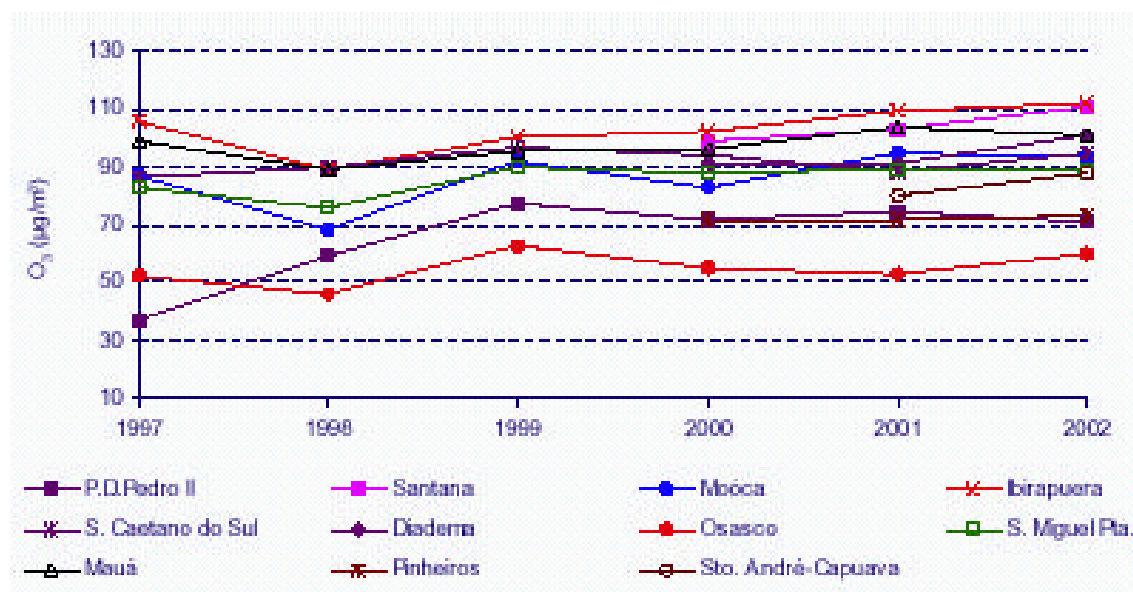
Fonte: CETESB (2003)

Figura 14 - O₃ - Porcentagem de dias em que as concentrações ultrapassaram o padrão e o nível de atenção em 2002 (médias de 1 hora) - RMSP



Fonte: CETESB (2003)

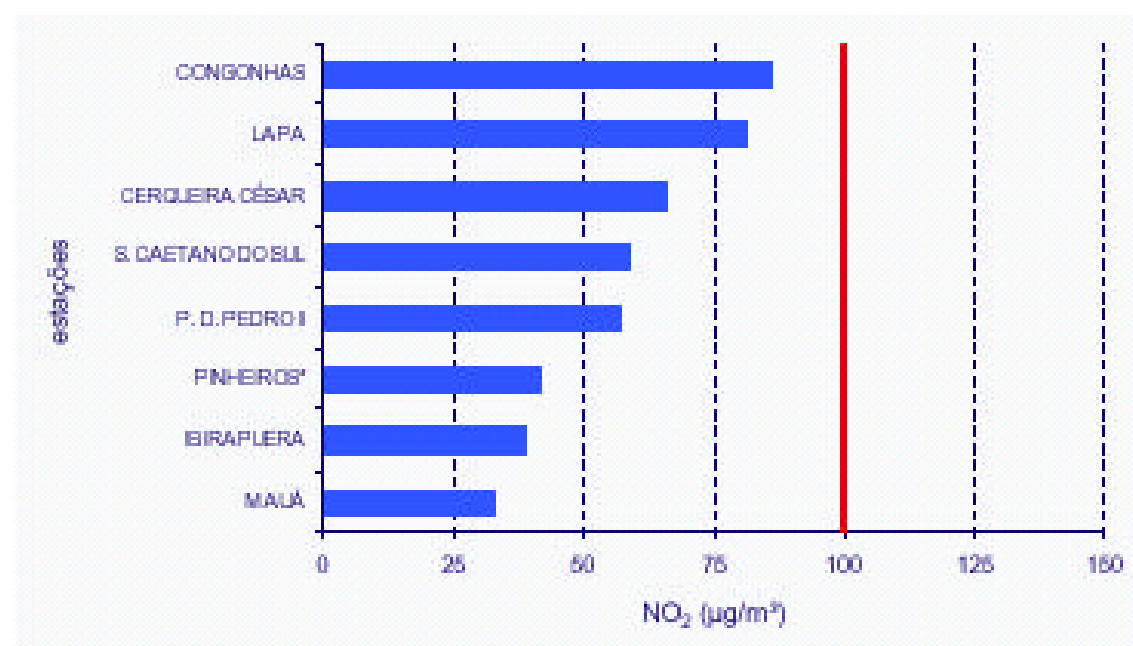
Figura 15 – O₃ - Evolução das concentrações médias anuais das máximas diárias na RMSP (médias de 1 hora)



Fonte: CETESB (2003)

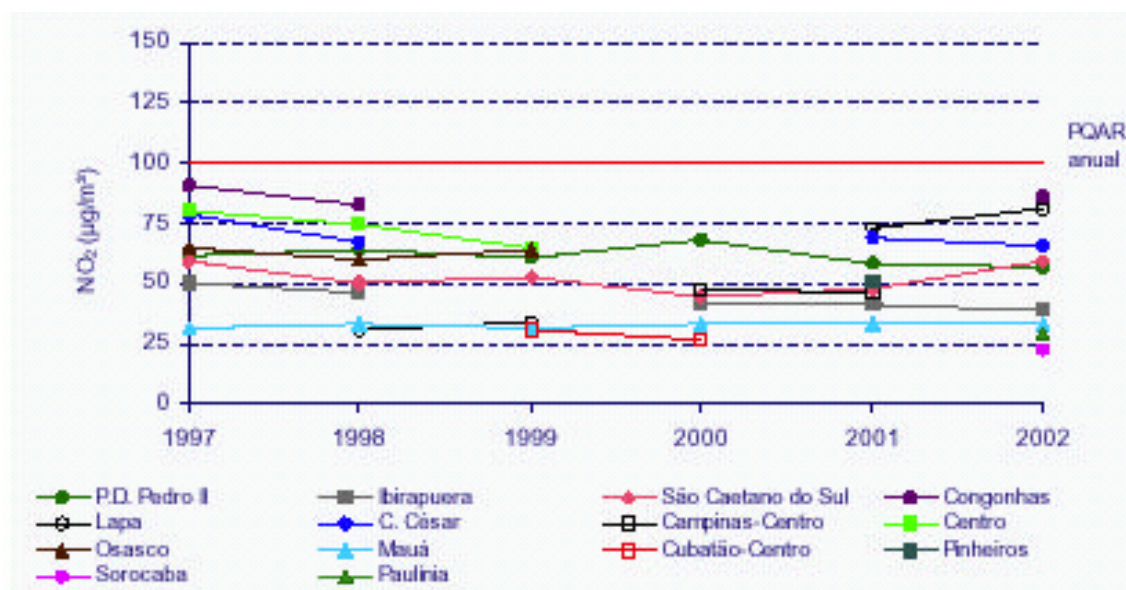
- Dióxido de Nitrogênio (NO₂): Os dados de dióxido de nitrogênio mostram que o padrão horário (320µg/m³) é algumas vezes ultrapassado. Destaca-se que este padrão é mais elevado que o limite sugerido pela OMS (200µg/m³ - 1h). O padrão anual (100µg/m³), não tem sido ultrapassado nos últimos anos.

Figura 16 - NO₂ – Médias aritméticas anuais na RMSP - 2002



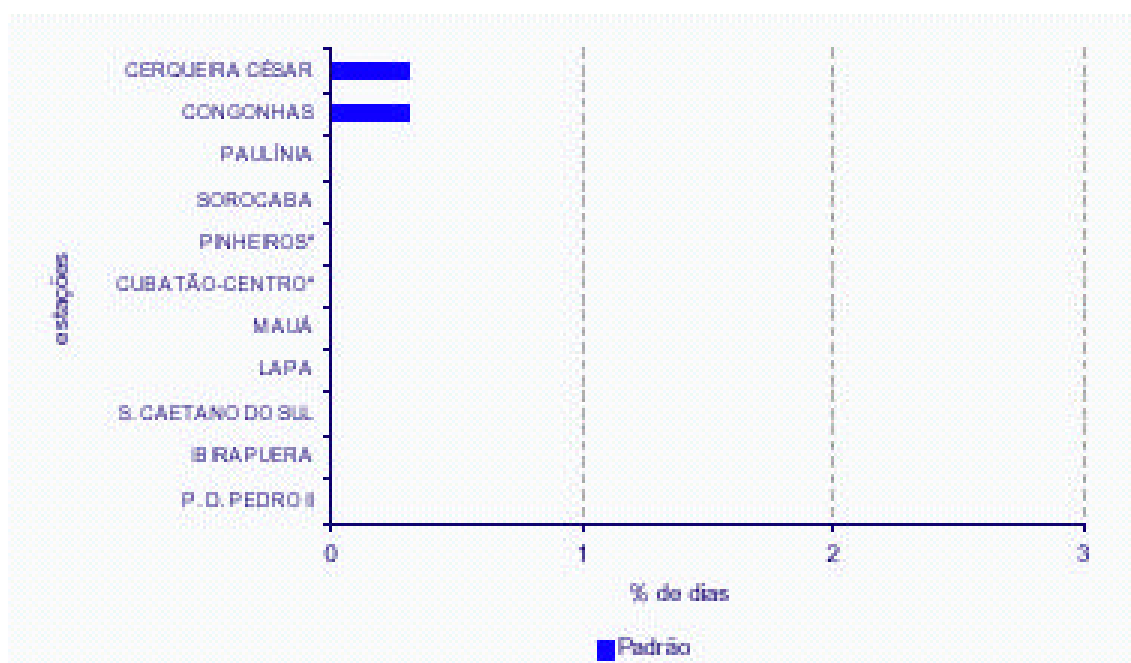
Fonte: CETESB (2003)

Figura 17 - NO₂ - Evolução das concentrações médias na RMSP, Cubatão e Interior



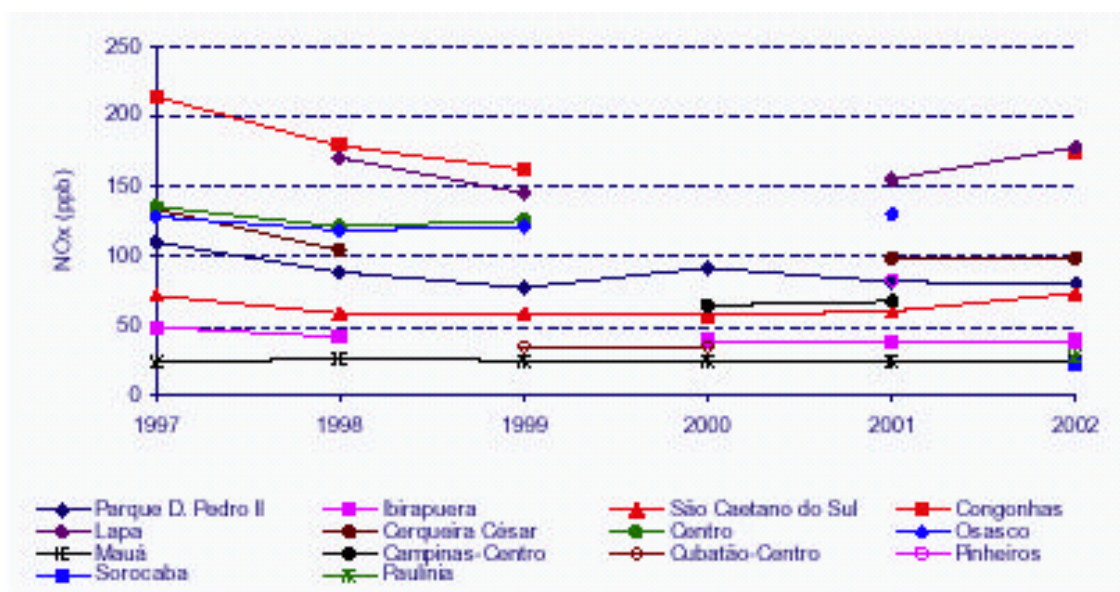
Fonte: CETESB (2003)

Figura 18- NO₂ - Porcentagem de dias em que as concentrações ultrapassaram o padrão e o nível de atenção em 2002 – RMSP, Cubatão e Interior (médias de 1 hora)



Fonte: CETESB (2003)

Figura 19 - NOx - Evolução das concentrações médias na RMSP, Cubatão e Interior



Fonte: CETESB (2003)

- Hidrocarbonetos totais menos metano: As concentrações médias das 7h às 9h de hidrocarbonetos totais menos metano, estão apresentadas na tabela 24. Embora não haja padrão legal para os hidrocarbonetos, a avaliação das concentrações, sobretudo no período da manhã, quando os níveis são mais elevados, é extremamente importante, uma vez que são precursores na formação do ozônio. Os dados desse período, assim como os de NOx são importantes nos estudos que utilizam modelos matemáticos para ozônio.

Tabela 9– Concentrações de hidrocarbonetos totais menos metano em 2002 (média das 7h às 9h)– Rede Automática (ppmC)

Estação	Média	1ª Máx	2ª Máx
P. D. Pedro II	0,57	2,06	1,84
S. Caetano do Sul	0,95	5,30	4,52

Fonte: CETESB (2003)

Os padrões de qualidade do ar são violados, principalmente, por gases de origem veicular como é o caso do ozônio.

Para reduzir as concentrações de O₃ é necessário controlar as emissões dos compostos orgânicos e óxidos de nitrogênio, os formadores desse poluente por processos fotoquímicos. Além do ozônio, esse processos fotoquímicos geram várias outras

substâncias agressivas, denominadas genericamente de oxidantes fotoquímicos, e uma quantidade considerável de aerossóis secundários, que em função de seu pequeno tamanho, têm significativa importância em termos de saúde.

3 CONTROLE DAS EMISSÕES DE POLUENTES POR VEÍCULOS AUTOMOTORES NO BRASIL

O Brasil foi o primeiro País a adotar uma legislação destinada a reduzir as emissões veiculares na América do Sul. Em 1976, o Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN estabeleceu, por meio da Resolução nº 507, o controle das emissões de gases e vapores do cárter. Nesse mesmo ano, o Governo do Estado de São Paulo promulgou a Lei nº 997 que, por meio do Decreto nº 8468/76, estabeleceu o padrão Nº 2 da Escala de Ringelmann⁹ como limite de emissão de fumaça emitida por veículos diesel em circulação e condicionou a autorização de comercialização de veículos novos no Estado somente para aqueles em conformidade com limites de emissão de CO, HC e NOx a serem definidos.

A metodologia de medição dos poluentes adotada para verificar a conformidade das emissões era a do Amostrador de Volume Constante (CVS), associada à simulação do uso do veículo em dinamômetro de chassis segundo o ciclo de condução FTP-75¹⁰. O referido Decreto estabeleceu, também, medidas de restrição de circulação de veículos por ocasião da ocorrência de *Episódios Críticos de Poluição do Ar*¹¹, fato indicativo das preocupações existentes na época com o aumento da poluição do ar, especialmente em condições desfavoráveis à dispersão dos poluentes. Em 1977, por meio da Resolução Nº 510 do CONTRAN, a Escala de Ringelmann foi adotada em todo o território nacional como instrumento para a fiscalização da fumaça emitida pelos veículos diesel, sendo

⁹ A Escala de Ringelmann consiste em uma escala gráfica para avaliação colorimétrica de densidade de fumaça, constituída de seis padrões com variações uniformes de tonalidade entre o branco e o preto. Os padrões são apresentados por meio de quadros retangulares, com redes de linhas de espessura e espaçamentos definidos, sobre um fundo branco.

¹⁰ O procedimento adotado para a medição dos gases de escapamento consta de uma simulação de trânsito urbano do veículo completo e amostragem contínua da medição de CO, HC, NOx e dióxido de carbono (CO₂). Utiliza-se para tanto um dinamômetro de chassis sobre o qual o veículo é colocado e que simula as forças de inércia e de atrito que o veículo enfrentaria em uma via comum durante essa “viagem padrão”, que segue uma sequência padronizada de partidas, acelerações, desacelerações e paradas. Para a quantificação do combustível evaporado proveniente de respiros e conexões do sistema de alimentação de combustível, o veículo é colocado em uma câmara hermeticamente fechada, onde é medida a concentração de HC em duas condições, que simulam o aquecimento do veículo pelo sol e após a sua utilização.

¹¹ Concentrações sucessivas de gases poluentes que indicam condições perigosas para a saúde humana

definido como limite de emissão o padrão N° 2, admitindo-se, para localidades com altitude superiores a 500 metros, o padrão N° 3.

Foi criada a Secretaria Especial de Meio Ambiente - SEMA, por meio do Decreto n° 73.030, de 30 de outubro de 1973, a qual posteriormente assumiu a responsabilidade pela coordenação das atividades relacionadas com o controle das emissões veiculares e elegeu a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB como braço técnico e operacional e sua representante nas negociações com a indústria automobilística.

Nessa mesma época a CETESB iniciou suas atividades de proteção do meio ambiente, passando a monitorar a qualidade do ar em São Paulo, exercer a fiscalização da fumaça emitida por ônibus e caminhões e iniciar os primeiros estudos para avaliar a contribuição dos veículos para a poluição do ar na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP. Em 1978, a Volkswagen do Brasil inaugurou o primeiro laboratório brasileiro destinado à medição das emissões de veículos leves. Neste mesmo ano a CETESB adquiriu os equipamentos para a instalação do seu laboratório, que entrou em operação em 1980, ano em que se deu o início da operação dos laboratórios da General Motors do Brasil e da Ford. Gradativamente, o número de laboratórios especializados no assunto foi crescendo de modo que o Brasil conta atualmente com a maior rede do gênero, dentre os países em desenvolvimento. Atualmente, o País possui mais de 20 laboratórios, número que vem se expandindo com a instalação de novas empresas no País, a sua maioria com várias bancadas de teste, representando investimentos de mais de US\$ 100 milhões.

3.1 O PROCONVE

Nesta Seção apresentaremos o histórico, o desenho institucional e as principais características do Programa.

3.1.1 HISTÓRICO

As primeiras discussões sobre a necessidade da implantação de um programa nacional de controle de emissões veiculares ocorreram no País em 1977. Um dos marcos dessas discussões foi a realização, nesse mesmo ano, de um seminário internacional promovido pela CETESB, que contou com a presença de três especialistas dos EUA. A realização

do evento contribuiu para que as autoridades estaduais e municipais da RMSP reconhecessem que essa região já enfrentava níveis preocupantes de poluição do ar e que a participação dos veículos para a ocorrência desse problema era significativa. Também contribuiu para elaborar as primeiras idéias sobre um programa de controle de emissões veiculares.

Com a formação da Comissão de Estudos “Emissão de Auto Veículos” na Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, a CETESB, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO e a indústria automobilística passaram a discutir a elaboração de normas técnicas sobre o assunto. O trabalho dessa Comissão foi determinante na avaliação e adoção das normas técnicas internacionais mais apropriadas para as condições brasileiras. Em 1981 foi elaborada a Norma NBR 6601 - Análise dos Gases de Escapamento de Veículos Rodoviários Automotores Leves a Gasolina (ABNT, 1990) que pode ser considerada a principal base técnica para o estabelecimento dos requisitos de controle para os automóveis e veículos comerciais leves, equipados com motor do ciclo Otto, e uma ponte para a extensão desses requisitos para os veículos comerciais médios e pesados, equipados com motores dos ciclos Otto e Diesel.

A utilização da ABNT como fórum de discussão técnica possibilitou que os agentes diretamente envolvidos no equacionamento do problema pudessem desenvolver um trabalho estruturado, que se consolidou ao longo do tempo e produziu uma coletânea de normas técnicas importantes para o desenvolvimento de um programa de controle das emissões veiculares. Um fato a ressaltar foi a construção de um relacionamento positivo entre as partes envolvidas, que aprimoraram a sua compreensão sobre o assunto por meio de importante intercâmbio de informações entre seus técnicos.

O Governo Federal, por intermédio da SEMA, instituiu em 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente, pela qual foi criado o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e instituído o Cadastro Técnico Federal das atividades e instrumentos de defesa ambiental. Foi criado, também, o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que passou a ter o poder de “estabelecer, privativamente, normas e padrões nacionais de controle de poluição por veículos automotores, aeronaves e embarcações, mediante audiência dos Ministérios competentes”.

A SEMA propôs o que seria de fato a primeira Lei ambiental no País destinada à proteção da natureza, a Lei nº 6.938, de 1981.

As negociações do Governo com o setor industrial para o estabelecimento de um programa de controle de emissões nessa época avançavam, porém de forma lenta. Os representantes das montadoras e da Petrobrás utilizavam os mesmos argumentos utilizados nos anos 60 e 70 nos EUA e em outros países, para justificar as suas dificuldades no atendimento de exigências legais. Tais argumentos baseavam-se na questão da prioridade do crescimento econômico e aversão à qualquer medida que pudesse desacelerar esse processo, como a implantação de restrições de emissão de veículos novos.

Nesse contexto, o Ministério da Indústria e do Comércio, por meio de sua Secretaria de Tecnologia Industrial - STI, passou a participar do processo de negociação sob o argumento de se buscar um compromisso equilibrado, visto que as posições defendidas pelo segmento ambiental eram consideradas demasiado avançadas. A Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - ANFAVEA chegou a apresentar uma proposta de controle de emissões, baseada em procedimentos e limites de emissão europeus.

Em 1984 a CETESB promoveu curso sobre controle da poluição veicular, priorizou a avaliação dos dados de qualidade do ar disponíveis e a prestação de assessoria na elaboração de uma proposta que fosse eficaz e, ao mesmo tempo, considerada viável pelo setor industrial. Com base nesse trabalho ficou evidente que a RMSP apresentava níveis de poluição do ar bastante sérios, que já afetavam a saúde e o bem estar da população e resultavam em prejuízos econômicos importantes. Indicou, também, que o assunto não deveria ser visto apenas pela ótica industrial e tecnológica mas, também e especialmente, pela saúde pública. Na análise de características de outras importantes regiões metropolitanas (Rio de Janeiro e Belo Horizonte), encontrou-se indícios significativos de que os problemas existentes em São Paulo também poderiam estar ocorrendo nessas regiões. Essas conclusões foram amplamente divulgadas pela mídia e sensibilizaram outras áreas governamentais, que passaram a defender o estabelecimento de medidas efetivas de combate à poluição atmosférica.

O Governo Federal constituiu, então, um Grupo de Trabalho para apreciação prévia da proposta, formado pela SEMA, CETESB, STI, ANFAVEA, Conselho Nacional do Petróleo – CNP e Empresa Brasileira de Planejamento dos Transportes – GEIPOT. Alterações introduzidas no texto original por esse grupo tiveram como resultado a aceitação do programa pela ANFAVEA e por setores governamentais mas, segundo as estimativas da época, resultariam em um atraso de aproximadamente três anos no atendimento das metas previstas para a redução das emissões.

Finalmente, em 1985, o Governo de São Paulo, por meio da CETESB, submeteu à apreciação do CONAMA, por intermédio da SEMA, uma proposta para a criação de um programa de controle de emissões veiculares para veículos novos. Essa proposta foi fundamentada naquilo que se apresentava como o pior caso no Brasil, ou seja, na necessidade de se reduzir os valores máximos das concentrações de poluentes registrados na atmosfera da RMSP aos padrões de qualidade de ar¹², conforme apresentado nas Tabelas 6 e 7.

Essa proposta foi aprovada por meio da Resolução n.º 18/1986, instituindo-se, então, o PROCONVE. Foi, também, instituído o Programa Nacional de Certificação de Conformidade de Veículos Automotores: Emissões - PROVEM¹³, que foi submetida à apreciação do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - CONMETRO e aprovada pela Resolução n.º 01/1987. A estrutura do PROCONVE definiu uma estratégia na qual a SEMA é responsável pela coordenação, implementação e execução do PROCONVE, tendo como o seu braço técnico e operacional, a CETESB. No que tange ao PROVEM, a responsabilidade pelas atividades foi atribuída ao INMETRO.

Os limites máximos de emissão de poluentes foram, então, 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).

¹² Branco & Szwarc (1987)

¹³ Tem como objetivo principal o estabelecimento de métodos de ensaio e de procedimentos de certificação de conformidade com os limites de emissão estabelecidos.

Tabela 10 - Redução Estimada para a Concentração de Poluentes na Atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo

Poluente	Padrão Primário de Qualidade do Ar	Concentração Máxima Registrada	Redução Necessária (%)
CO	9 ppm (média aritmética móvel de 8 horas)	26 ppm	65
MP	80µg/m ³ (média geométrica anual)	140 µg/m ³	55
SO ₂	80µg/m ³ (média aritmética anual)	150 µg/m ³	47
NO ₂	100µg/m ³ (média aritmética anual)	160 µg/m ³	38
HC	0,24 ppmC (média diária das 6 às 9 h)	3 ppm	94
O ₃	82 ppb (máxima horária)	226 ppb	64

Fonte: CETESB, 1985

Obs.: ppm = partes por milhão em volume, ppmC = partes por milhão como carbono, ppb = partes por bilhão em volume, µg/m³ = microgramas de poluente por metro cúbico de ar, CO = monóxido de carbono, MP = material particulado, SO₂ = dióxido de enxofre, NO₂ = dióxido de nitrogênio, HC = hidrocarbonetos e outros compostos orgânicos, O₃ = ozônio.

Tabela 11 - Estimativa de Contribuição Relativa das Fontes de Poluição do Ar na RMSP - 1981

Fontes	Contribuição da Emissão de Poluentes (%)				
	CO	HC	NOx	SO ₂	MP
Veículos	96	80	89	26	24
Estacionárias	4	20	11	74	76

Fonte: CESTEB, 1985

A hierarquização das necessidades de controle foi feita com base nas estimativas disponíveis sobre a contribuição relativa das fontes de emissão de poluentes atmosféricos em 1981 (Tabela 10 e Tabela 11), que recomendava a priorização dos esforços no controle das emissões veiculares para CO, HC e NOx, principalmente no segmento de veículos leves, enquanto que o MP e SO₂ deveriam ter o seu controle priorizado no setor industrial, como já vinha ocorrendo. Avaliava-se também a necessidade de controle das emissões veiculares de MP e SO₂ numa fase posterior, com ênfase no segmento de veículos pesados. Considerou-se, ainda, não ser necessário estabelecer na ocasião requisitos de controle de emissões para as motocicletas, motonetas e ciclomotores, visto que esses veículos contribuía muito pouco para a poluição do ar e que esta medida poderia ser tomada posteriormente, caso necessário. Acreditava-se que essa estratégia seria a mais custo-efetiva, embora não tivesse sido submetida a uma análise econômica detalhada. Cabe ressaltar que, atualmente, verifica-

se uma importante contribuição das motocicletas para a poluição do ar, o que gerou sua inclusão nas discussões sobre a continuidade do PROCONVE.

Cabe acrescentar que, percebeu-se ser de significativa importância, a criação de um programa nacional que contemplasse as fontes fixas de poluição atmosférica. Tendo em vista que a maioria dos estados não dispunha de padrões locais de emissão de fontes, observou-se a necessidade da fixação de dispositivos de caráter normativo e do estabelecimento de ações de monitoramento atmosférico.

Assim, por meio da resolução CONAMA 05/89, foi criado o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar — PRONAR — com o intuito de promover a orientação e controle da poluição atmosférica no país, envolvendo estratégias de cunho normativo, como o estabelecimento de padrões nacionais de qualidade do ar e de emissão na fonte, a implementação de uma política de prevenção de deterioração da qualidade do ar, a implementação da rede nacional de monitoramento do ar e o desenvolvimento de inventários de fontes e poluentes atmosféricos prioritários.

A estratégia básica do PRONAR, conforme disposto na referida resolução, é de estabelecer limites nacionais para as emissões, por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle. Para que isso fosse implementado, foram definidas metas de curto, médio e longo prazo para que se desse prioridade à alocação de recursos e fossem direcionadas as ações.

Nesse mesmo ano foi criado pela Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Este Órgão foi formado a partir da fusão de quatro entidades brasileiras que trabalhavam na área ambiental: SEMA (Secretaria Especial do Meio Ambiente), a SUDHEVEA (Superintendência do Desenvolvimento da Borracha), SUDEPE (Superintendência do Desenvolvimento da Pesca) e o IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal). O IBAMA, posteriormente, passaria a desempenhar um papel fundamental no controle das emissões veiculares – o de gerenciamento nacional do PROCONVE.

Em 1990, foi criada a Secretaria de Meio Ambiente da Presidência da República – SEMAM, que tinha no IBAMA seu órgão gerenciador da questão ambiental,

responsável por formular, coordenar, executar e fazer executar a Política Nacional de Meio Ambiente e da preservação, conservação e uso racional, fiscalização, controle e fomento dos recursos naturais renováveis.

Em 16 de outubro de 1992, foi criado o Ministério de Meio Ambiente – MMA, órgão de hierarquia superior, com o objetivo de estruturar a política de meio ambiente do Brasil.

A complementação das exigências legais e a evolução do PROCONVE foram garantidas por novas Resoluções do CONAMA, CONMETRO, CNP, DNC (Departamento Nacional de Combustíveis, que substituiu o extinto CNP e que hoje foi substituído pela Agência Nacional do Petróleo) e por Portarias do IBAMA.

Por fim, em 1993, o PROCONVE teve o seu suporte legal reforçado pela promulgação da Lei n.º 8.723, que confirmou as medidas aprovadas pelo CONAMA e estabeleceu algumas outras, como a autorização para que os Governos estaduais e municipais estabeleçam, através de planos específicos, normas e medidas adicionais de controle de poluição para os veículos em circulação em consonância com as exigências do PROCONVE e suas medidas complementares, além de adotar medidas estabelecidas pelo CONAMA, ampliando o escopo do PROCONVE, já que é necessário garantir, também, que os veículos sejam mantidos conforme as recomendações do fabricante. A implantação de programas de inspeção e manutenção de veículos em uso nos grandes centros urbanos, que foi regulamentado em 1993, através da Resolução CONAMA 7/93, complementada pela Resolução CONAMA 18/95 e alterada pela Resolução CONAMA 227/97.

Para contribuir no controle das emissões veiculares e reduzir o problema da poluição atmosférica, foi criado em 1986 o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, instituído pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 18/86 e pela Lei 8723, de outubro de 1993. Resoluções adicionais, editadas posteriormente e relacionadas no Anexo I, estabeleceram diretrizes, prazos e padrões legais de emissão admissíveis para as diferentes categorias de veículos e motores, nacionais e importados.

O Programa, segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, tem como principal meta a *“redução da poluição atmosférica*

através do estabelecimento de limites de emissão veicular, induzindo o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes e determinando que os veículos e motores atendam aos limites de emissões, em ensaios padronizados e com combustível de referência” (IBAMA, 2000). O PROCONVE impõe, também, “a certificação de protótipos e o acompanhamento estatístico em veículos de produção, a autorização do IBAMA para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento e reparo de veículos e motores encontrados em desconformidade com a produção ou projeto e proíbe a comercialização de modelos de veículos não homologados, além da melhoria das características técnicas dos combustíveis automotivos, criação de programas de inspeção e manutenção para veículos em uso e promoção da conscientização da população com relação à poluição atmosférica originada pelos veículos e o desenvolvimento tecnológico no País”.

3.1.2 ATRIBUIÇÕES DAS PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES DO PROCONVE

3.1.2.1 ATRIBUIÇÕES GERAIS

Segundo a Resolução 18/66, a qual instituiu o PROCONVE, os atores envolvidos, detalhados nos próximos itens, por meio da Comissão de Acompanhamento e Avaliação do PROCONVE, têm as seguintes competências:

- Identificar e propor medidas que otimizem o Programa com base em seus resultados e em estudos realizados no âmbito do PROCONVE.
- Desenvolver campanhas educativas com relação à poluição do ar por veículos automotores.
- Atuar junto aos Governos estaduais e municipais, visando o desenvolvimento de sistemas de transportes de massa, preferencialmente os elétricos, e melhoria de tráfego.
- Acompanhar o estado do conhecimento das técnicas e equipamentos de controle de emissão.
- Organizar palestras, seminários e reuniões de cunho técnico, relacionados à poluição do ar por veículos automotores.
- Envidar esforços para promover o desenvolvimento de profissionais, compra de equipamentos e instalação de laboratórios.

- Promover a realização de estudos e pesquisas relativas à poluição do ar por veículos automotores, nacionalização e desenvolvimento de tecnologias de controle de emissão, de equipamento de ensaio e análise de emissão.
- Deliberar sobre a aplicação de penalidades, bem como outras ações necessárias para o acompanhamento do Programa.
- Supervisionar a fiscalização do atendimento ao estabelecido nesta Resolução, sem prejuízo da competência dos órgãos envolvidos.
- Deliberar sobre casos omissos.

3.1.2.2 PRINCIPAIS PARTICIPANTES

Com a criação do CONAMA e a instituição do PROCONVE, o setor ambiental do Governo federal passou a ter condições de concentrar e ordenar as ações de controle da poluição atmosférica originada pelos veículos automotores, que anteriormente eram definidas de forma não articulada por diversos setores governamentais, que também atuavam sem uma visão sistêmica e de longo prazo, como apresentado anteriormente. A entrada em vigor da Lei 8723/93 contribuiu positivamente para a consolidação do PROCONVE, pois lhe conferiu o status de uma política setorial. O IBAMA, por meio de seu setor de “Coordenação do PROCONVE”, tem exercido a coordenação e supervisão da implementação das medidas em vigor, acompanhando a realização de testes de homologação, emitido as Licenças de Configuração de Veículo e Motor (LCVM) e participado das reuniões técnicas sobre o assunto no País e no exterior.

O Ministério do Meio Ambiente - MMA, ao qual o IBAMA está vinculado, também vem acompanhando o desenvolvimento do PROCONVE e as principais questões relativas a este Programa, especialmente no CONAMA e em fóruns ministeriais e outros em que a sua presença é necessária. O MMA tem contribuído para a definição das posições brasileiras apresentadas pelo IBAMA no âmbito do MERCOSUL visando a regulamentação do controle de emissões para os veículos produzidos nesse mercado.

A CETESB atua como braço técnico do Governo Federal. A parceria entre a CETESB e o Governo Federal está oficializada por meio de um convênio com o IBAMA, cabendo à CETESB realizar e acompanhar os ensaios de homologação no Brasil e no exterior, elaborar pareceres técnicos para subsidiar o IBAMA na emissão das LCVM's, emitir pareceres técnicos de assuntos de interesse do programa, processar e verificar os

resultados e informações fornecidos pelas montadoras para a homologação de seus produtos e controle da linha de produção e assessorar o IBAMA nas reuniões do MERCOSUL. A CETESB também tem contribuído para a proposição e elaboração de normas técnicas, procedimentos operacionais e administrativos e novos regulamentos, pesquisas com novos combustíveis, organização de cursos de treinamento e eventos técnicos além de outras atividades correlatas.

O INMETRO, como órgão executor do PROVEM, tem participado das discussões relativas à implementação do PROCONVE e, atuando na sua área de competência, desenvolvido o trabalho de apoio à normatização técnica e certificação de laboratórios, de procedimentos operacionais e de ensaios de homologação.

No passado, tanto o CNP como o DNC contribuíram para a viabilização do PROCONVE estabelecendo as especificações dos combustíveis, comerciais e de referência para ensaios, em linha com os requisitos mínimos necessários para o controle das emissões. Atualmente a ANP, sucessora destes órgãos a partir de meados de 1997, tem participado do PROCONVE por meio de debates sobre novas etapas do programa e a evolução das especificações dos combustíveis, os quais têm se intensificados desde agosto de 2000.

Como se pode observar, o PROCONVE tem contado com uma estrutura institucional bastante abrangente, que vem propiciando suporte para as suas ações. Há que se ressaltar, entretanto, que a estrutura administrativa e técnica dedicada às atividades de rotina para a gestão do PROCONVE é demasiado pequena para a realização do trabalho de avaliação e acompanhamento dos veículos produzidos por aproximadamente 40 empresas (montadoras instaladas no País e importadores) e insuficiente para, simultaneamente, realizar um acompanhamento detalhado do Programa com avaliação periódica dos resultados, conduzir estudos e pesquisas voltados para a sua otimização, aprimorar medidas administrativas, documentar e divulgar informações disponíveis e elaborar propostas para a sua atualização.

No caso do IBAMA, o setor de “Coordenação do PROCONVE” possui apenas um técnico, que é o próprio Coordenador, dois assistentes administrativos e uma secretária. O INMETRO conta com apenas um técnico que trabalha em tempo parcial na certificação dos dados de homologação. Para os trabalhos de certificação de laboratórios

são normalmente contratados especialistas no assunto que prestam esses serviços quando necessário. A CETESB dispõe de uma área que atua de forma dedicada ao PROCONVE e que dispõe atualmente de 5 técnicos e 2 secretárias, tendo já contado com uma equipe com mais de 10 técnicos exclusivamente para essa função.

Como resultado, questões importantes como a regulamentação da emissão de substâncias tóxicas, como o benzeno, ou de emissão de substâncias com elevada reatividade fotoquímica, que já são controladas em outros países, ainda não puderam ser avaliadas quanto à necessidade de seu controle.

Um fato que merece atenção é que o IBAMA, apesar de dispor de uma estrutura insuficiente para a gestão do PROCONVE, arrecadou, em 1999, R\$ 222.750,00 da emissão de licenças. É previsto na legislação um recolhimento, pelo IBAMA, de R\$ 1,00 por veículo produzido. A arrecadação do IBAMA devido o PROCONVE é substancial, fato que deveria motivar a contratação de um maior número de técnicos para atuarem no Programa.

Segundo a Resolução que cria o PROCONVE, é atribuído ao IBAMA a competência para:

- Emitir para fins de controle da poluição do ar A LICENÇA PARA USO DA CONFIGURAÇÃO DE VEÍCULOS OU MOTOR – LCVM em Território Nacional, fundamentando-se no CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DO VEÍCULO OU MOTOR – CAC, expedido pela Secretaria de Tecnologia Industrial - STI e nos documentos apresentados pelo fabricante.
- Emitir as notificações necessárias às empresas industriais, fundamentando-se, quanto a certificação de conformidade e acompanhamento da produção de veículos, motores e peças de reposição, nas ações e atribuições do CONMETRO, por meio da sua Secretaria Executiva.
- Estabelecer convênios, contratos e atividades afins com órgãos e entidades que, direta ou indiretamente, possam contribuir para o desenvolvimento do PROCONVE.
- Delegar a outros órgãos, atribuições previstas nesta Resolução.

O IBAMA tem a função de coordenar os estudos e trabalhos necessários ao estabelecimento, implantação e revisão dos limites máximos de emissão dos diversos poluentes, convocando, a qualquer momento, os órgãos e entidades afetos ao problema e, quando necessário, apresentar ao CONAMA o relatório final com a proposta dos limites a serem exigidos, para aprovação.

Alguns estados e municípios exercerão um papel importante no PROCONVE, que é a implementação da verificação periódica dos níveis de emissão dos veículos em uso, como afirmado anteriormente, para que estes não venham a emitir poluentes em excesso durante a sua vida útil, por meio de Programas de Inspeção e Manutenção. Essa questão tem sido postergada seguidamente pelas diversas esferas governamentais envolvidas no PROCONVE. Apenas o Rio de Janeiro vem desenvolvendo esse tipo de medida, que é amplamente utilizada internacionalmente devido aos seus bons resultados. Entretanto, atualmente, diversos outros estados estão se movimentando para implantar esses Programas, já que precisam atender à Resolução nº 7, de 31 de agosto de 1993, a qual, no seu Artigo 2º, determina que os Programas de IM deverão ser implantados, prioritariamente, a critério dos órgãos estaduais e municipais competentes, em regiões que apresentam um comprometimento de qualidade de ar, devido às emissões de poluentes pela frota circulante. Além disso, determina que todos os veículos automotores com motor de combustão interna estão sujeitos à inspeção obrigatória, independente do tipo de combustível que utilizarem.

Dentro do setor de agentes do mercado diretamente relacionados ao PROCONVE, destacam-se a área responsável pela produção de combustíveis derivados de petróleo, representada pela Petrobrás, a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - ANFAVEA e a Associação Brasileira das Empresas Importadoras de Veículos Automotores – ABEIVA, como os principais agentes diretamente envolvidos com o PROCONVE, visto que as regulamentações estabelecidas interferem diretamente nas características de seus produtos.

Por conta do PROCONVE, a Petrobrás instalou um laboratório de emissões onde testa os seus produtos e avalia os efeitos dos combustíveis e outros parâmetros sobre a emissão de poluentes. Embora as ações de redução do potencial poluidor dos combustíveis ainda sejam implementadas de forma lenta, há que se reconhecer que algumas das medidas tomadas tem contribuído decisivamente para a redução das

emissões de poluentes. A primeira medida de destaque foi o banimento do uso na gasolina de aditivos anti-detonantes a base de chumbo em 1991, o que viabilizou o uso de conversores catalíticos em diversos modelos de veículos a partir de 1992, com resultados benéficos na redução das emissões de CO, HC, NOx e aldeídos.

A outra medida importante foi a redução, a partir de 1996, dos teores máximos de enxofre no óleo diesel de 1,0% para 0,5% e a criação de duas versões de óleo diesel metropolitano, com 0,3% e 0,2% de enxofre, para serem utilizadas nas 9 principais regiões metropolitanas do País. Em 2000 deixou de existir a versão com 0,3%. Essas medidas, além de contribuírem para reduzir a emissão de SO₂ e de MP, acabaram com os argumentos dos proprietários de veículos multados por emissão excessiva de fumaça, de que o problema seria causado pelo desgaste prematuro de componentes devido os altos teores de enxofre presentes no diesel.

Apesar dos avanços ocorridos, há ainda diversas outras medidas que necessitam ser tomadas para a redução do potencial poluidor dos combustíveis e para possibilitar o uso de sistemas avançados de controle de emissões, como a redução adicional dos teores de enxofre do óleo diesel e o aumento do seu índice mínimo de cetana, além da diminuição dos teores de enxofre, olefinas e aromáticos na gasolina.

No que concerne a ANFAVEA, essa entidade criou uma “Comissão de Energia e Meio Ambiente” que trata dos assuntos do PROCONVE e representa a posição das montadoras junto ao Governo. Pode-se dizer que após a criação do Programa a indústria automobilística tem tido, com poucas exceções, uma atitude positiva de atendimento às prescrições legais, inclusive com antecipação nos prazos de atendimento para alguns modelos. Atualmente há um interesse grande da indústria automobilística brasileira na continuidade e evolução do PROCONVE, muito em função de interesses de exportação de veículos, que geram a necessidade de aceitação dos veículos localmente produzidos em mercados em que as exigências de controle de emissões são mais severas que no Brasil.

Quanto a ABEIVA, pelo fato desta entidade ter sido constituída após as principais medidas relacionadas com o PROCONVE terem sido estabelecidas, não houve oportunidade para uma participação mais efetiva no desenvolvimento do Programa. Uma ação da ABEIVA em favor de seus associados levou o IBAMA a ter que admitir,

para os veículos importados, os mesmos prazos de atendimento aos limites de emissão que os concedidos para os veículos nacionais, visto que os prazos originalmente previstos para os importados eram menores em função da existência de veículos que já atendiam às exigências mais restritivas. A ABEIVA teve, entretanto, importante papel na divulgação do PROCONVE entre os associados e na orientação sobre os requisitos necessários para poderem obter a homologação de seus produtos.

Como já mencionado anteriormente, a ABNT tem tido importante papel na criação e desenvolvimento do PROCONVE, tendo contribuído para a elaboração da grande maioria das normas técnicas atualmente utilizadas pelas montadoras, órgãos públicos e entidades técnicas.

A Associação Brasileira de Engenharia Automotiva - AEA também tem contribuído para o desenvolvimento do PROCONVE, promovendo, desde as primeiras discussões que antecederam a criação do Programa, inúmeros seminários e reuniões técnicas que, sem dúvida, possibilitaram o aprimoramento do Programa e serviram, também, para integrar os técnicos do setor. Além disso, a AEA também tem servido como fórum para elaboração de propostas de normas técnicas e regulamentos para o PROCONVE.

Outras entidades técnicas como o Instituto Brasileiro do Petróleo - IBP, o Instituto de Engenharia de São Paulo - IE e a filial brasileira da American Society of Automotive Engineers - SAE Brasil também tem promovido seminários onde as principais questões técnicas relacionadas ao PROCONVE têm sido discutidas.

Verifica-se, então, que, a nível não governamental, o PROCONVE conta com uma estrutura institucional abrangente, formada pelos principais agentes interessados, o que lhe confere a necessária representatividade junto à sociedade. Além disso, pelo fato desses agentes estarem tecnologicamente nivelados com os seus congêneres, estabelecidos em países com maior tradição que o Brasil no controle de emissões, há um fluxo permanente de informações que possibilita a atualização rápida dos técnicos brasileiros sobre o assunto.

3.1.3 DIRETRIZES DO PROCONVE

O PROCONVE foi concebido segundo os seguintes princípios:

- Adoção de procedimentos avançados e utilizados internacionalmente para ensaio de veículos, motores e medição de poluentes, objetivando promover a harmonização normativa e estabelecer no País um referencial tecnológico atualizado. Assim, para os veículos leves (aqueles com massa total máxima autorizada até 3856 kg e massa em ordem de marcha para realização do ensaio até 2720 kg), foram adotados os procedimentos norte-americanos de ensaio do veículo para medição dos gases de escapamento (CVS/FTP-75) e evaporação de combustível (SHED). Na época esses procedimentos também eram utilizados no Canadá, Austrália, Suécia e Suíça e representavam, de forma mais confiável, as condições reais de utilização dos veículos do que as metodologias européia e japonesa. Um outro argumento importante para a adoção desses procedimentos é que os EUA se constituíam no país mais avançado no campo do controle de emissões veiculares e, portanto, o Brasil contaria com um poderoso aliado para a indução da utilização de sistemas modernos de controle de emissões, no segmento de mercado automobilístico com maiores índices de crescimento.

O procedimento adotado para a medição dos gases de escapamento consta de uma simulação de trânsito urbano do veículo completo e amostragem contínua da medição de CO, HC, NOx e dióxido de carbono (CO₂). Utiliza-se para tanto um dinamômetro de chassis sobre o qual o veículo é colocado e que simula as forças de inércia e de atrito que o veículo enfrentaria em uma via comum durante uma “viagem padrão”, que segue uma seqüência padronizada de partidas, acelerações, desacelerações e paradas. O ciclo adotado é o ciclo FTP-75, concebido e adotado como padrão nos EUA. Para a quantificação do combustível evaporado proveniente de respiros e conexões do sistema de alimentação de combustível, o veículo é colocado em uma câmara hermeticamente fechada, onde é medida a concentração de HC em duas condições, que simulam o aquecimento do veículo pelo sol e após a sua utilização¹⁴.

¹⁴ Branco e Szwarc, 1987

Para os veículos pesados (aqueles com massa total máxima autorizada superior a 3856 kg e massa em ordem de marcha para realização do ensaio superior a 2720 kg), optou-se pela adoção do procedimento europeu para ensaio do motor e medição da emissão dos gases de escapamento. Essa escolha foi feita com base na tradição da Europa no desenvolvimento de motores a diesel, que praticamente dominam o segmento de veículos pesados no Brasil, e pelo fato deste procedimento requerer o uso de bancos dinamométricos mais simples, já existentes na maioria dos fabricantes instalados no País. Esses fatos possibilitariam o início das medidas de controle no Brasil de forma mais econômica e em um menor período do que caso fossem adotados os novos procedimentos norte-americanos, os quais, inclusive, estavam em processo de implantação nos EUA e ainda não tinham tido a sua eficácia demonstrada. É oportuno esclarecer que todos os procedimentos internacionais considerados para veículos pesados - europeu, norte-americano e japonês - adotam o procedimento de teste em motor e não no veículo, como no caso dos veículos leves, devido aos elevados custos dos dinamômetros de chassi para essa classe de veículos e pela dificuldade em se realizar os ensaios dentro dos requisitos de confiabilidade e reprodutibilidade exigidos. Os procedimentos adotados no Japão foram desconsiderados por serem utilizados somente naquele país e não apresentarem vantagens comparativas em relação aos europeus. Não foi estabelecido nenhum requisito para a medição de emissões evaporativas pois, em função da baixa volatilidade do óleo diesel, este tipo de emissão não é considerada relevante.

A determinação das emissões de CO, HC, NO_x, MP e CO₂ é feita submetendo-se o motor, em um banco dinamométrico, a vários regimes de operação representativos de sua utilização em campo (13 para motores Diesel e 9 para motores Otto), e ponderando-se os resultados com fatores de utilização previamente normatizados. A emissão de fuligem é medida em cinco velocidades diferentes, com o motor operando a plena carga.

- Adoção de limites de emissão gradualmente mais restritivos, visando estabelecer, em bases factíveis para a indústria automobilística e de combustíveis derivados de petróleo, os períodos necessários para a

modernização desses setores e produção, em escala industrial, dos sistemas de controle de emissões necessários para cada uma das etapas do cronograma definido. Esse gradualismo possibilitaria, também, pular algumas das etapas de desenvolvimento tecnológico adotadas no exterior e possibilitar ao País adotar soluções de controle de emissões de eficácia comprovada, evitando-se assim desperdício de recursos e de tempo.

É importante ressaltar que a comparação direta dos limites de emissão do Brasil com os de outros países só deve ser feita quando os procedimentos de ensaio são iguais, pois um mesmo veículo ou motor apresenta resultados variados quando submetido a procedimentos de ensaio diferentes.

- Homologação de protótipos dos veículos novos produzidos visando demonstrar e comprovar previamente à produção em massa do veículo ou motor, por meio de especificações técnicas e resultados de medição das emissões, a sua conformidade com as exigências legais.
- Exigência de requisitos mínimos de durabilidade dos sistemas de controle de emissão, para evitar o uso de técnicas e tecnologias que se degradem rapidamente com o uso do veículo.
- Controle de conformidade da linha de produção e importação dos produtos homologados, por meio de relatórios de acompanhamento estatístico dos níveis de emissão de poluentes.
- Definição de combustíveis de referência representativos dos combustíveis comerciais para utilização nos ensaios de homologação, porém com características técnicas mais severas objetivando garantir a reprodutibilidade dos testes.
- Exigência de melhoria das características técnicas dos combustíveis comerciais, envolvendo medidas como o banimento da aditivação da gasolina com aditivos a base de chumbo e a redução na concentração de enxofre na gasolina e no óleo diesel, tornando-os apropriados para uso nos veículos equipados com sistemas de controle de emissões.
- Responsabilização legal do fabricante e importador pelas informações prestadas para homologação dos protótipos e demais informações exigidas, inclusive quanto a modificações introduzidas nos veículos homologados.

- Implementação de medidas de fiscalização em campo das emissões, por meio de programas de Inspeção e Manutenção (I/M) e outras formas, para evitar a circulação de veículos sem os sistemas de controle originalmente instalados e com níveis de emissão excessivos.
- Implementação de medidas voltadas para a informação do público em geral e dos serviços especializados na reparação dos veículos quanto à necessidade e importância em se operar e manter o veículo em condições adequadas. Dentre essas medidas consta a obrigatoriedade de todas as veiculações publicitárias de veículos homologados fazerem menção cumprimento das exigências do PROCONVE, ao uso de mensagens colocadas em adesivos existentes nos veículos novos e informações contidas nos manuais de proprietário do veículo e de serviços.

3.1.4 ASPECTOS TÉCNICOS

O PROCONVE é um caso único no contexto mundial devido ao fato de ser implementado em um cenário muito peculiar. Ao mesmo tempo em que a economia nacional enfrentava turbulências econômicas sérias, que afetavam os investimentos no País, o mercado automobilístico apresentava variações significativas nas vendas de veículos novos, tanto no volume como no seu perfil. Esse quadro representou um grande desafio para as montadoras, especialmente sob o ponto de vista técnico, pois enquanto no início do PROCONVE as vendas de veículos leves eram lideradas pelos modelos a álcool, nos anos 90 passaram a ser lideradas pelos veículos a gasolina (gasolina com 22% de álcool), o que exigiu pesquisas e desenvolvimento de soluções tecnológicas para ambas as versões.

Com a liberação das importações de veículos em 1991, houve também a necessidade de adaptação a uma nova situação, em que veículos originalmente desenvolvidos para combustíveis com características diferentes dos nacionais precisavam ter seus sistemas de alimentação de combustível e motores recalibrados, num processo que ficou conhecido como “tropicalização”. A criação do MERCOSUL foi um outro acontecimento importante que pôs o PROCONVE à prova, pois a Argentina questionou duramente as exigências brasileiras, considerando-as por demais rigorosas, numa

tentativa de ganhar maior competitividade no mercado brasileiro para os veículos argentinos, de tecnologia ultrapassada.

Um aspecto importante a ser considerado na avaliação dos resultados do PROCONVE é o crescimento da frota. Tomando a RMSP como referência, a frota total circulante de veículos leves a álcool e gasolina registrada era, em 1985, de 2.247.940 unidades. Nessa época a frota de veículos a diesel (leves e pesados) era de 153.000 unidades¹⁵. Em 1999 a frota de veículos leves a álcool e gasolina passou para 5.506.997 unidades¹⁶, representando um aumento de aproximadamente 145% em 14 anos e uma taxa média de crescimento líquido (incorporação de veículos novos menos a retirada de veículos sucateados) de 6,6% ao ano. No caso dos veículos diesel, a frota cresceu para 396.842 unidades (leves e pesados), o que representa um aumento de 160% no período e uma taxa de crescimento líquido de 7% ao ano.

Um outro aspecto a ser considerado é que o segmento de veículos leves a álcool e gasolina, seguindo a estratégia delineada na elaboração do PROCONVE, deveria atingir limites bastante severos em prazos relativamente curtos, o que de fato ocorreu em 1997, quando passaram a ser atendidos os limites de emissão em vigor nos EUA até o princípio de 1994. Quanto aos veículos diesel, a estratégia de controle foi menos agressiva, o que deve resultar até 2002 no atendimento pleno dos limites de emissão equivalentes aos em vigor na Comunidade Européia até 2000 (Euro II).

A seguir é apresentada a evolução do controle de emissões até 1999 e avaliados alguns dos seus principais aspectos tecnológicos, com total ênfase nos veículos leves com motor Otto.

3.1.4.1 AS FASES DE IMPLANTAÇÃO DO PROCONVE

Em 1987, com base nas alternativas disponíveis internacionalmente, já havia uma visão da indústria automobilística sobre as soluções tecnológicas que poderiam ser adotadas

¹⁵ CETESB, 1985. Infelizmente os dados não são desagregados por ano-modelo.

¹⁶ PRODESP, 2000

no País para os veículos leves com motor do ciclo Otto¹⁷. Resumidamente, as soluções adotadas até o presente (Fase III) são as seguintes:

Fase I (em vigor até dezembro de 1991)

- Recirculação dos gases de escapamento (*EGR*) para controle das emissões de NO_x;
- Injeção ou sucção secundária de ar no coletor de exaustão para controle de CO e HC;
- Amortecedor da borboleta do acelerador do carburador para controle de HC (*Dash Pot*);
- Otimização do avanço da ignição;
- Estreitamento das tolerâncias de produção dos principais componentes que tem influencia sobre a emissão das emissões, especialmente os responsáveis pela alimentação de combustível e ignição;

Para essas medidas estimava-se a redução das emissões em até 15% para CO, 20% para HC e 40% de NO_x e aumento no consumo em até 5%.

Fase II (de janeiro de 1992 a dezembro de 1996):

Tendo em vista que na ocasião não havia perspectivas para o banimento da adição de aditivos a base de chumbo da gasolina, fato necessário para viabilizar o uso de conversores catalíticos, havia dúvidas sobre a possibilidade de atendimento dos limites de emissão através de outras soluções. Essa situação chegou a levar diversos representantes da indústria automobilística a solicitarem uma reavaliação das fases do PROCONVE.

Fase III (de janeiro de 1997 a janeiro de 2005)

- Conversor catalítico de 3 vias, para a redução de CO, HC e NO_x;
- Sistemas eletrônicos de injeção e ignição de combustível;

¹⁷ Ribas, R.G. e Falcon, A.M, 1987

- Sonda de oxigênio no coletor de gás de escapamento para retroalimentação do controle da mistura ar/combustível;

Para essas medidas se estimava a redução das emissões em até 80% para CO, 90% para HC e 85% de NOx e aumento no consumo em até 10%.

Em 1989 a Brosol divulgou um estudo que confirmou a possibilidade de atendimento da Fase II sem o uso de conversores catalíticos. Foi demonstrado que mesmo com tecnologia disponível para a Fase I isso também seria possível. Basicamente, a solução adotada era baseada na utilização de uma válvula *Thermac* para manter a temperatura do ar de admissão controlada e um dispositivo conhecido como *Hot Spot*, instalado na parte inferior do coletor de admissão, sob o carburador, para melhorar a homogeneização da mistura ar/combustível antes de sua combustão. A curva de avanço de ignição foi otimizada para a região de maior frequência de uso no ciclo de condução FTP-75 e uma válvula *EGR* também foi utilizada. Para reduzir as emissões de HC durante os regimes de desaceleração foi utilizado o dispositivo *Dash Pot*. Os resultados obtidos representaram, em relação aos limites previstos para 1992, uma redução de 23% de CO, 17% de HC e 27% de NOx.

Nessa época também surgiram estudos demonstrando a viabilidade de utilização de conversores catalíticos em veículos a álcool, especialmente com vistas à redução das emissões de aldeídos.

Em 1991, buscando soluções avançadas para o cumprimento dos limites previstos para 1992, a General Motors do Brasil anunciou a adoção nas linhas Monza e Kadett de sistemas eletrônicos de injeção de combustível e controle de ignição. Complementarmente seriam usadas válvulas *Thermac* e, nas versões equipadas com transmissão automática, o *EGR*. Foi reportado que esses modelos apresentariam melhor dirigibilidade, inclusive dispensando o uso do afogador na partida a frio, melhor desempenho e retomada e menor consumo de combustível. Dependendo da configuração do veículo essa solução permitiria reduzir as emissões em relação aos limites de 1992 em 30% a 67% de HC, em 35% a 75% de CO e em 18% a 44% de NOx. Por motivos econômicos, as soluções anunciadas para as linhas Chevette e Opala teriam

uma configuração mais convencional, composta por carburador recalibrado com corte de combustível na desaceleração (*fuel cut off*), ignição recalibrada com válvula de retardo de ignição (*delay valve*), *EGR*, válvula *Thermac* e conversores catalíticos de oxidação. Dependendo da configuração do veículo essa solução permitiria reduzir as emissões em relação aos limites de 1992 em 17% a 63% de HC, em 27% a 77% de CO e em 36% a 64% de NOx.

Os fatores de emissão estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Fatores de emissão médios para veículos leves novos¹

ANO-MODELO	COMBUSTÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	RCHO (g/km)	EMIÇÃO EVAPORATIVA
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%)
99	Gasool	0,74 (-97%)	0,14 (-94%)	0,23 (-86%)	0,004 (-92%)	0,79 (-96%)
	Álcool	0,60 (-96%)	0,17 (-88%)	0,22 (-80%)	0,013 (-92%)	1,64 (-84%)
2000	Gasool	0,75 (-97%)	0,13 (-95%)	0,21 (-87%)	0,004 (-92%)	0,73 (-97%)
	Álcool	0,63 (-96%)	0,18 (-89%)	0,21 (-83%)	0,014 (-92%)	1,35 (-87%)
2001	Gasool	0,48 (-98%)	0,11 (-95%)	0,14 (-91%)	0,004 (-92%)	0,68 (-97%)
	Álcool	0,66 (-96%)	0,15 (-91%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	1,31 (-87%)

Fonte: CETESB (2003)

Notas:

(1) Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume de produção

(nd) não disponível

(%)Refere-se à variação verificada em relação aos veículos 1985, antes da atuação do PROCONVE.

Valores representam médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume de produção;

(Gasool) = mistura de 78% gasolina com 22% etanol anidro

(RCHO) = formaldeído + acetaldeído

3.1.4.2 RETIRADA DO CHUMBO DA GASOLINA

Respondendo às pressões do Governo e da indústria automobilística, a Petrobrás anunciou em dezembro de 1989 um plano para a descontinuação do uso de aditivos a base de chumbo na gasolina, que estaria efetivado até outubro de 1991. A estratégia adotada para descontinuar o uso desses aditivos e evitar a redução na octanagem da gasolina seria baseada nas seguintes 4 medidas:

- Otimização das condições operacionais das unidades de craqueamento catalítico;
- Utilização de catalisadores mais seletivos para melhoria da octanagem da nafta;
- Retirada de frações de nafta de destilação direta (de baixa octanagem) do “pool” de gasolina, através da adequação do perfil de petróleo processado;
- Adição de álcool à gasolina;

Para viabilizar essa ação na Refinaria de Manguinhos (independente), a Petrobrás estabeleceu um compromisso de fornecer nafta craqueada em troca de nafta de destilação direta, que então seria utilizada pela indústria petroquímica.

3.1.4.3 LIMITES DE EMISSÃO ESTABELECIDOS PELO PROCONVE PARA VEÍCULOS LEVES DE PASSAGEIROS

As Tabelas a seguir apresentam os limites de emissão, estabelecidos pelo PROCONVE e os fatores de emissão dos veículos leves novos. A evolução dos limites é apresentada nas Tabelas a seguir, incluindo as novas fases aprovadas em 2002 e que entrarão em vigor até 2009 conforme a Resolução CONAMA 315/02.

As novas fases do PROCONVE foram aprovadas após uma intensa série de debates envolvendo os mais diversos atores, como as montadoras, fornecedores de autopeças, indústria petrolífera, órgãos ambientais (IBAMA, MMA, CETESB, FEEMA, etc), órgãos de classe (ANFAVEA, AEA), academia, etc.

Tabela 13 - Limites máximos de emissão para veículos leves novos¹

ANO	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	RCHO 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 ³	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
mai/03	2	0,30	0,6	0,03	0,05	2	nula	0,5
jan/05 (40%)	2	0,16 ^b	0,25 ^c	0,03	0,05	2	nula	0,5 ^c
jan/06 (70%)	2	ou	ou	0,03	0,05	2	nula	0,5 ^c
jan/09 (100%)	2	0,30 ^b	0,60 ^c	0,03	0,05	2	nula	0,5 ^c
jan/09	2	0,05 ^b ou	0,12 ^c ou	0,02	0,05	2	nula	0,5 ^c
jan/09	2	0,30 ^b	0,25 ^c	0,02	0,05	2	nula	0,5 ^c

Fonte: CETESB, 2003

(1) Medição de acordo com a Norma NBR 6601 (FTP US-75) e Resoluções CONAMA 15/95 e 315/02.

(2) Apenas para veículos a Otto. Aldeídos totais de acordo com a Norma NBR 12026.

(3) Apenas para veículos a Diesel.

(4) Apenas para veículos do ciclo Otto, exceto a GNV.

(5) Hidrocarbonetos não metano (NMHC).

(6) Apenas para veículos do ciclo Otto, inclusive a GNV.

3.1.4.4 A EVOLUÇÃO DOS VEÍCULOS DURANTE A IMPLEMENTAÇÃO DO PROCONVE

Para ilustrar de que modo os veículos evoluíram para atender às exigências do PROCONVE, Szwarc (*In: La Rovere et al, 2002*) analisou a evolução de veículos fabricados no País que passaram por todas as fases do Programa. Para essa análise foram preparados dois estudos de caso abordando, dois modelos de veículos leves com motor ciclo Otto fabricados por duas montadoras diferentes (montadora “A” e montadora “B”) ¹⁸.

O Apêndice 2 apresenta os principais aspectos e resultados dessa análise.

¹⁸ As marcas e modelos não são explicitados para preservar o sigilo comercial das montadoras, a pedido do autor do trabalho e das próprias montadoras que forneceram as informações.

3.2 OUTROS PROGRAMAS

Muitas iniciativas em curso no país ajudam a reduzir o problema da poluição do ar nas grandes cidades, mas não objetivam primordialmente reduzir a poluição do ar, mas sim oferecer melhores condições de mobilidade e segurança, não sendo seus objetivos principais declaradamente ambientais. Nessa categoria de iniciativas, que não serão discutidas aqui em maior profundidade, encontram-se por exemplo todos os esforços de substituição modal para o transporte pendular (ônibus, trens urbanos, metrô), criação de vias expressas e outras obras viárias para facilitar o escoamento do tráfego, criação de faixas exclusivas dedicadas para coletivos, ciclovias, programas de transporte solidário, automação de semáforos, estabelecimento de procedimentos para lidar com emergências (acidentes, enchentes, etc), restrições ao estacionamento em áreas críticas, pedágios, etc.

O impacto dessas medidas (a maioria delas, aliás, em curso na RMSP) deve ser alvo de uma pesquisa extensa, que vai muito além do escopo deste trabalho. Espera-se que em conjunto elas sejam responsáveis por importantes reduções na circulação de automóveis particulares e na melhora da velocidade média de circulação, com reduções evidentes na emissão de poluentes na atmosfera.

Duas medidas, porém, tiveram declaradamente como objetivo a redução da poluição atmosférica. Foram elas o rodízio de carros em São Paulo e o Programa de Inspeção Veicular no Rio de Janeiro. A seguir discutiremos os dois programas com um pouco mais de profundidade.

3.2.1 RODÍZIO DE AUTOMÓVEIS NA RMSP

Uma medida muito polêmica adotada em alguns países tem sido a restrição à circulação de partes da frota circulante em áreas onde a poluição é particularmente concentrada. Essa restrição dá-se muitas vezes através de uma espécie de rodízio, no qual uma parcela predeterminada da frota tem sua circulação proibida em determinados dias em áreas previamente demarcadas.

Exemplo clássico de rodízio foi o adotado na Cidade do México. Margulis (1992) faz uma detalhada análise do caso mexicano, um programa integrado que incluía entre diversas medidas o chamado “Hoy No Circula”, proibindo a circulação de todos os veículos num dos dias da semana. Os efeitos de curto prazo foram positivos, mas em

pouco tempo vários proprietários passaram a adquirir veículos adicionais (na sua grande maioria, mais velhos e mais poluidores) e boa parte dos benefícios perdeu-se pela contribuição desses veículos altamente poluidores reintroduzidos na frota local. Poucos meses depois do início do programa, o consumo de gasolina estava acima do nível anterior (Margulis, 1996). Boa parte do fracasso da experiência pode ser atribuída à ineficiência do sistema de licenciamento e inspeção veicular implantado, que poderia ter impedido a entrada desses grandes poluidores em circulação.

Entre os anos de 1995 e 1998, uma iniciativa estadual a região metropolitana de São Paulo implantou o rodízio estadual obrigatório nos meses de inverno. A partir de 1997 foi implantado, no centro expandido da cidade de São Paulo, um sistema municipal de rodízio que objetivava reduzir congestionamentos (Martins et al, 1991).

O rodízio estadual de automóveis, por número da placa aplicava-se de maio a setembro, das 7 às 20 horas, exceto aos sábados, domingos e feriados nos municípios de São Paulo, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Mauá, Diadema, Ferraz de Vasconcelos, Taboão da Serra, Guarulhos e Osasco.

O sistema de rodízio da Prefeitura de São Paulo é chamado de “Operação Horário de Pico no Município”, e também abrange caminhões e automóveis. É diário e restringe a circulação pelos algarismos finais das placas. Vigora em dois horários considerados de pico de movimento - das 7 às 10 horas e das 17 às 20 horas - para as áreas conhecidas como “centro expandido” - o antigo centro da cidade mais as áreas circunvizinhas, até o encontro das marginais do Tietê e do Pinheiros. O esquema funciona de fevereiro a dezembro, exceto nos fins de semana e feriados. Os caminhões que circulam nas avenidas Marginais e no Mini Anel Viário, que delimitam o centro expandido, estão liberados. As Tabela 14 e Figura 20 ilustram este esquema.

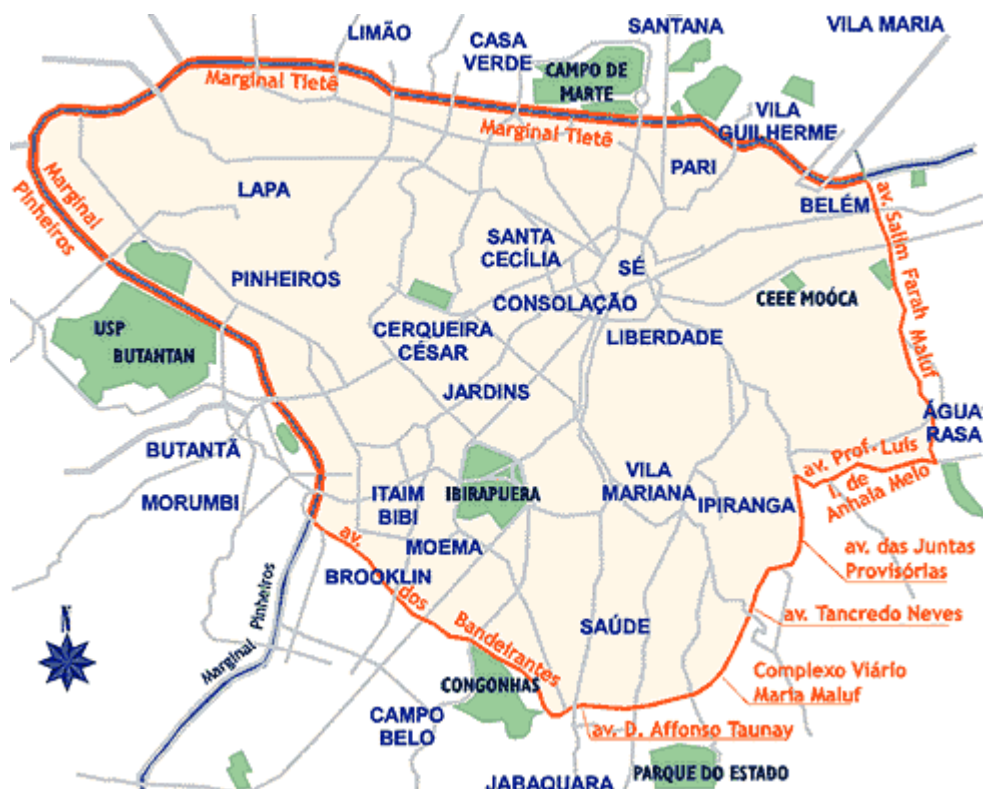
A multa para quem desrespeitar o rodízio é de R\$ 85,13. A infração é considerada média correspondendo a 4 pontos na CNH (Carteira Nacional de Habilitação). As multas são acumulativas. O motorista pode ser multado duas vezes num só dia, tanto no período da manhã quanto no final da tarde. A restrição também é válida para os veículos de outras cidades.

Tabela 14 –Dias do rodízio no Município de São Paulo

Dia	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Final da Placa	1 e 2	3 e 4	5 e 6	7 e 8	9 e 0

Fonte: CET/SP

Figura 20 – Rodízio no Município de São Paulo



Na vias da área amarela não circulam automóveis nem caminhões

Nas vias em laranja (anel viário) não circulam automóveis mas circulam caminhões.

Fonte: CET/SP

O rodízio, desde a sua concepção, despertou e desperta reações apaixonadas. Seus defensores afirmam que ele é indispensável para a cidade, pois reduz substancialmente a circulação de veículos nas áreas críticas do centro, reduz a demanda nas grandes vias periféricas e ajuda a aliviar substancialmente os congestionamentos.

Por outro lado, seus detratores afirmam que, além de ser uma medida arbitrária que não leva em conta as necessidades individuais, o rodízio é um esforço inútil pois seu principal efeito é o de introduzir (ou reintroduzir) ainda mais veículos na frota da cidade, em geral veículos mais baratos, mais velhos e com pior nível de manutenção mas que garantem a circulação de seus proprietários nos dias em que seus carros “primários” têm circulação restrita.

Como bem lembra Scharingella (2001), *“o rodízio de veículos não é uma solução que se sustenta ao longo do tempo. É uma ação emergencial, de baixo custo (se comparada com melhoria no transporte público, por exemplo), mas que apenas ameniza os impactos do contingente excessivo de veículos na cidade. No entanto, só por este ângulo ele já tem validade. Nas palavras da própria Cetesb, o rodízio se apresenta como uma alternativa de emergência, enquanto se buscam soluções para os problemas estruturais”*.

Quantificar e qualificar a parcela da frota associada a esse fenômeno do “segundo carro” é fundamental para se ter uma idéia do impacto do rodízio sobre as emissões. Infelizmente, não foi possível alcançar números confiáveis que pudessem dar margem a uma modelagem desses impactos. Espera-se que em pesquisas futuras seja possível conseguirem-se esses números.

3.2.2 O PROGRAMA DE I/M DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO¹⁹

Até 1997, as únicas ações de controle da poluição gerada por veículos implantadas no Rio de Janeiro além do PROCONVE tinham sido a restrição do tráfego de veículos pesados, ônibus e caminhões, no interior dos principais túneis da cidade do Rio de Janeiro e a intensa campanha de fiscalização de fumaça negra nos veículos movidos a óleo diesel, nos principais corredores de tráfego da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Como parte das metas do PROCONVE, os órgãos estaduais de controle ambiental deveriam a partir de 1997 implantar Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso, regulamentados pelas Resoluções CONAMA 07/93, 18/95 e 227/97.

Somente o estado do Rio de Janeiro estabeleceu um programa dessa natureza no prazo estabelecido, com Lei Estadual N. 2539, de 19.04.96, e com a assinatura ainda em 1997 de um convênio de cooperação técnica entre a FEEMA e o DETRAN-RJ.

¹⁹ Esta Seção baseia-se nos trabalhos realizados pela equipe do LIMA/COPPE/UFRJ e FEEMA/RJ para o MMA (Cavalcanti *et al*, 2003 e La Rovere *et al*, 2002).

Adicionalmente deve-se destacar a Portaria Conjunta DETRAN/RJ-FEEMA N° 17, de 21/3/2002 que torna obrigatória a aprovação dos veículos de circulação intensa nos testes de emissão de gases para obtenção de documento de licenciamento anual.

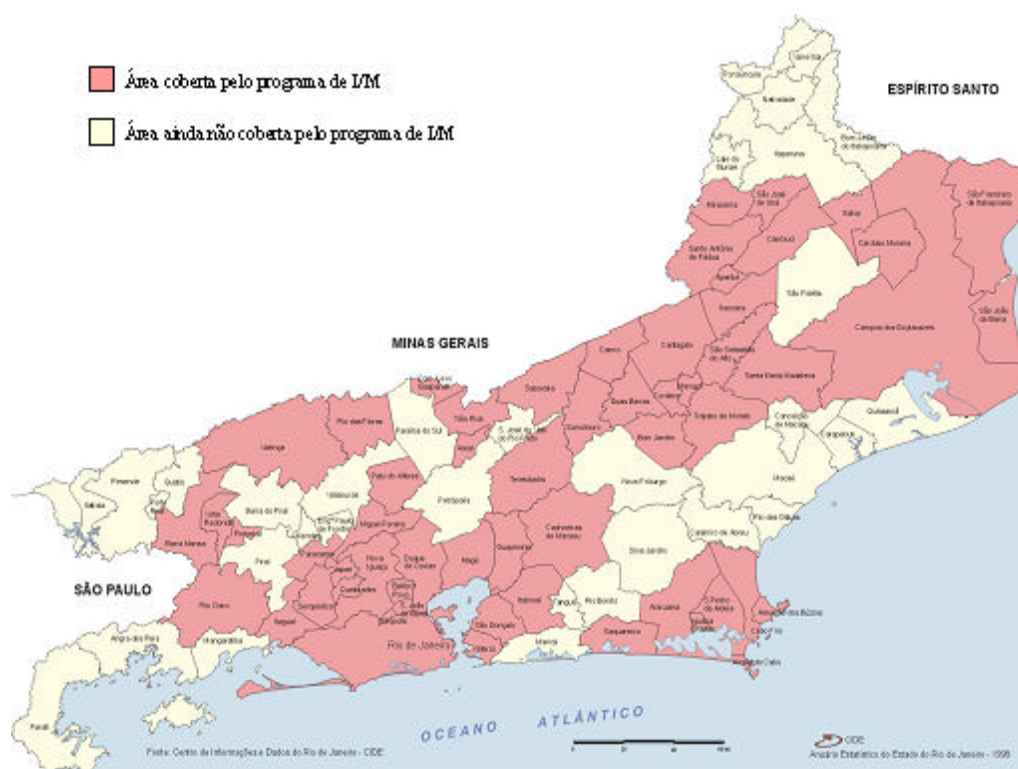
O programa contou com desde a sua concepção com o apoio e participação técnica de vários órgãos governamentais e empresas privadas, tais como INMETRO, NUSEG Engenharia e da White Martins, entre outros.

De início, o programa de inspeção e manutenção veicular visava somente os municípios da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. Entretanto, o termo aditivo de prorrogação do convênio, datado em 17/05/99, determinou que o programa fosse estendido para todo o Estado do Rio de Janeiro.

Hoje, o programa de I/M cobre toda a área da RMRJ, (Município do Rio de Janeiro e mais 18 municípios da Baixada Fluminense). No interior do Estado, porém, em algumas regiões onde a proximidade dos municípios e o tamanho da frota ainda não justificam a criação de um posto ao menos por município, foi localizado um único posto de vistoria que abrangesse cada área.

A Figura 21 permite visualizar os municípios do Estado do Rio de Janeiro em que o programa de I/M já se encontra implantado, incluindo-se também, aqueles cobertos por um posto em outra cidade próxima.

Figura 21 – Abrangência do programa de I/M já implantado no Estado do Rio de Janeiro



Fonte: FEEMA/RJ / Fundação CIDE

Os recursos financeiros são obtidos pelo DETRAN através da cobrança da taxa de vistoria que é feita juntamente com a cobrança do IPVA, sendo repassados pelo DETRAN-RJ à FEEMA a proporção de 7% sobre o resultado bruto arrecadado, mensalmente até o último dia útil do mês seguinte.

Todos os veículos do Estado estão sujeitos à vistoria anual, que consiste de uma inspeção de itens básicos de segurança e de emissão de gases poluentes.

No quesito segurança são observados a condição e o funcionamento de diversos equipamentos: lanterna, farol, setas de direção, pisca-alerta, buzina, limpadores de pára-brisas, extintor de incêndio, luz traseira de freio, luz de ré e triângulo de sinalização, além do estado de conservação dos pneus e estepe, e das condições de identificação da numeração de chassi e placas.

Já no âmbito da emissão de poluentes, a vistoria tem por objetivo verificar os gases oriundos da combustão no motor, uma vez que limites de concentração são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 7 para veículos do ciclo Otto e limites de

opacidade são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 251, para os veículos do ciclo Diesel. A Tabela 15 mostra os limites estabelecidos pela legislação para os veículos Otto.

Tabela 15 - Limites para fins de inspeção de veículos leves do ciclo OTTO

Ano/modelo	Monóxido de Carbono CO em marcha lenta e 2500 rpm		Hidrocarbonetos HC	
	Limites (%vol.)		Gasolina	Álcool
Até 1979	7,0 (*)	6,0		
1980 – 1988	6,5 (*)	5,0		
1989	6,0 (*)	4,0	700 ppm	1100 ppm
1990 – 1991	6,0 (*)	3,5		
1992 – 1996	5,0 (*)	3,0		
A partir de 1997	1,5 (*)	1,0		

(*) limites de CO opcionais, válidos somente para o estágio inicial do Programa de I/M

a) Monóxido de Carbono Corrigido e Hidrocarbonetos em marcha lenta e a 2500 rpm

b) Diluição Mínima (CO + CO₂): 6% para todos os veículos

Fonte: CONAMA (1993) in: Cavalcanti et al (2003)

Caso o veículo não seja aprovado na vistoria relativa à segurança, o proprietário do mesmo não obtém a licença para circulação até que haja o cumprimento da referida exigência. Entretanto, no caso da emissão de gases poluentes, o programa se encontra em fase de transição entre os caracteres educativo e punitivo, sendo atualmente punitivo para os veículos de circulação intensa e educativo nos demais casos.

O conjunto de procedimentos que culminam na realização da vistoria veicular pode ser ordenado da seguinte forma: pagamento da taxa de inspeção, agendamento, vistoria do veículo e emissão do documento de licença de condução anual, além do laudo de vistoria de gases poluentes.

Nos termos do Convênio é de responsabilidade da FEEMA a aquisição, manutenção e operação dos equipamentos que compõem a rede de monitoramento da qualidade do ar, a divulgação dos respectivos resultados, atividades relacionadas ao processo de qualificação da mão de obra através da realização de cursos, fornecimento de material didático adequado, promoção do contínuo aprimoramento e manutenção da qualidade dos serviços através de auditoria, supervisão técnica, cursos de reciclagem e aperfeiçoamento. Ao DETRAN cabe o fornecimento de todo e qualquer recurso físico e humano para a operacionalização do programa, bem como recursos públicos e financeiros necessários ao desenvolvimento das atividades, efetuando, dessa forma,

todas as atividades administrativas necessárias a esta finalidade. Além disso, através do NUSEG, o DETRAN é também responsável pelo planejamento e construção dos postos de vistoria, sua operação e recrutamento, gerenciamento e treinamento de pessoal.

A Tabela 16 lista o total de postos de vistorias e a capacidade instalada no Estado do Rio de Janeiro.

Tabela 16 – Relação dos postos de vistorias e suas capacidades

Localização	Nº de postos	Nº de máq. Otto	Nº de máq. Diesel	Capac. diária
Região Metropolitana	22	126	38	8.200
Unidade Volante	5	5	5	500
Região Interiorana	17	32	17	2150
Total	44	163	60	11.550

Fonte: DETRAN/RJ

A Tabela 17 é apresentada a composição da frota vistoriada por combustível, referente ao ano de 2001²⁰.

Tabela 17 – Dados disponíveis de vistorias de gases realizadas no Rio de Janeiro, em 2001.

Veículo	Nº de Vistorias				
	Ciclo Otto			Ciclo Diesel	Total
	Gasolina	Álcool	GNV		
Região					
Região Metropolitana	672.043	74.157	38.628	31.439	816.267
Região Interiorana	61.909	9.464	1.382	5.088	77.843
Sub-Total	733.952	83.621	40.010	36.527	894.110
Total	857.583				

Obs – As motocicletas estão incluídas em veículos de ciclo Otto (a gasolina).

Como pode ser observado, foram vistoriados somente 894.110 veículos dos 3.053.944. da frota estadual total. Esta diferença pode ser explicada por quatro motivos:

- Alguns municípios do interior do Estado não possuem postos de vistoria, não sendo os proprietários de veículos ali licenciados obrigados a realizar o teste de gases;

²⁰ Selecionado por ter um volume de dados disponíveis estatisticamente representativo da frota circulante devido ao estabelecimento de rotinas para recolhimento, armazenamento e análise de dados.

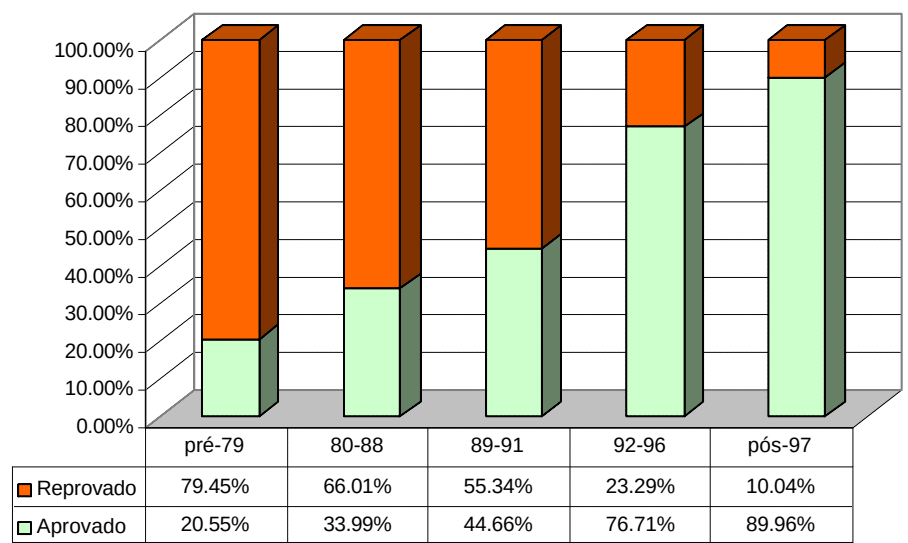
- A inadimplência de proprietários de veículos que deixam de fazer vistoria por terem problemas para pagar o IPVA anual, como é o caso de veículos com multas em atraso ou em disputa;
- Nem todos os veículos que comparecem aos postos de vistoria são submetidos a os testes de emissões, já que podem previamente ter sido reprovados em alguma fase anterior da inspeção²¹;
- É comum também ocorrer a perda de dados em função da deterioração de discos rígidos das máquinas localizadas nos postos e responsáveis pelo armazenamento provisório de dados. Os operadores do sistema estimam que cerca de 20% dos dados podem se perder desta forma. Como o licenciamento independe do registro das informações da vistoria de gases (os dados não são transmitidos on-line no momento do licenciamento), há pouca preocupação por parte dos usuários e do DETRAN em alimentar o banco de dados de uma maneira ideal.

O melhor desempenho nas vistorias de gases é obtido pelos veículos com menor tempo de uso. Isso apenas reflete o fato de que, no decorrer do tempo, os dispositivos de controle de emissão veicular se deterioram, resultando, conseqüentemente, em maiores emissões para os veículos mais velhos.

As Figura 22, Figura 23 e Figura 24 abaixo são apresentados os resultados das vistorias dos veículos da RMRJ, classificados como “aprovados” ou “reprovados” conforme os limites legais apresentados na Tabela 15.

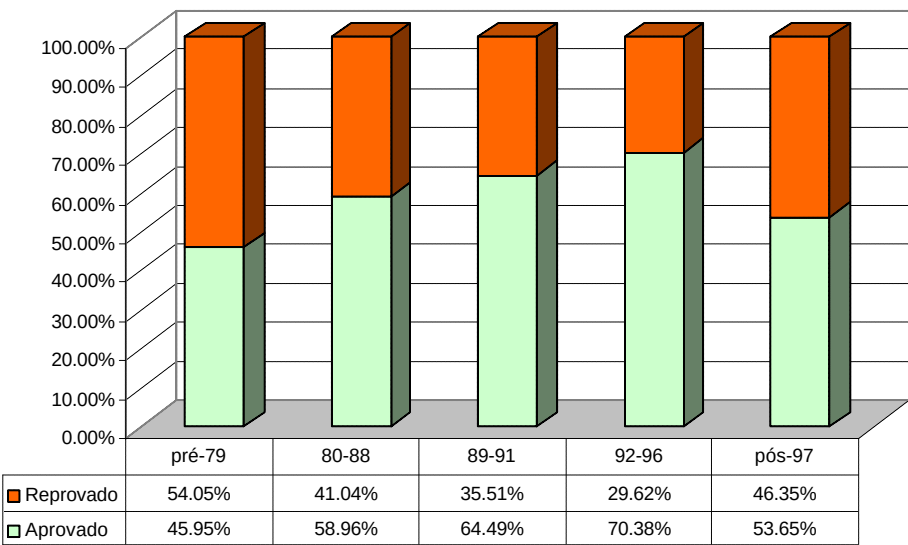
²¹ Motivos comuns são: vazamento de óleo do motor; emissão de fumaça branco-azulada em veículos de ciclo Otto; falta ou violação do lacre da bomba injetora no caso de veículos de ciclo Diesel; aceleração irregular, etc.

Figura 22 - Resultado das vistorias dos veículos da RMRJ movidos a gasolina (Gasool) no ano de 2001



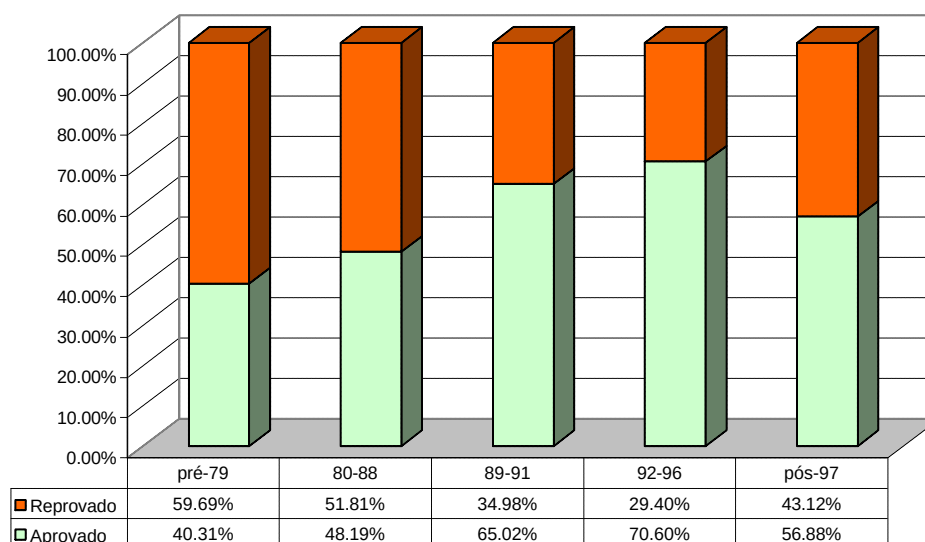
Fonte: Cavalcanti et al (2003)

Figura 23 - Resultado das vistorias dos veículos da RMRJ movidos a álcool no ano de 2001



Fonte: Cavalcanti et al (2003)

Figura 24 - Resultado das vistorias dos veículos da RMRJ movidos a GNV no ano de 2001



Fonte: Cavalcanti et al (2003)

A análises destes gráficos permite as seguintes conclusões:

- Os automóveis a gasolina são os que apresentam maior variação entre aprovado e reprovado, em decorrência da idade do veículo. Isso pode ser atribuído, além da deterioração, ao grande avanço tecnológico na tecnologia veicular, principalmente para essa categoria de veículos.
- Nos veículos movidos a álcool essa “melhora” não é tão evidente. A frota a álcool é constituída basicamente por veículos fabricados na sua maioria na década de 80, mais velhos e provavelmente com menor manutenção, o que resulta em maiores índices médios de reprovação.
- Os veículos movidos a GNV apresentam também altos percentuais de reprovação. Isso deve-se ao grande número de conversões para o uso de GNV com a utilização de kits “incompletos”, mais baratos, porém menos eficientes na queima do combustível e no controle de emissões.

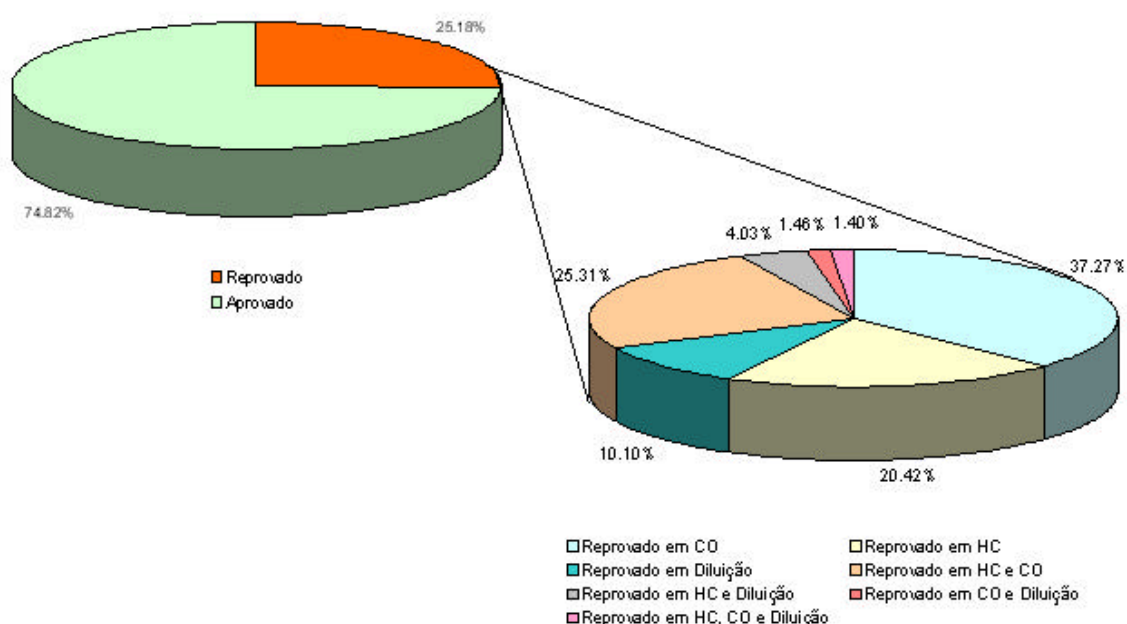
Outro resultado importante mostra que 46% dos veículos reprovados é compreendida por veículos de ano/modelo anterior a 1992, mesmo sendo a legislação bastante tolerante com os veículos mais antigos, para os quais os limites de emissão são bastante elásticos (vide Tabela 15). Aproximadamente metade da frota licenciada na Região Metropolitana do Rio de Janeiro é composta por veículos dessa geração.

Para os veículos de ano/modelo de 1992 a 1996, os limites de emissão previstos na legislação são um pouco mais restritivos, porém ainda flexíveis. O percentual de reprovação dessa parcela da frota no total de veículos reprovados nos testes é de cerca de 34%. Com relação aos veículos de ano/modelo 1997 em diante, esses correspondem a 20% do total das reprovações observadas.

É importante lembrar também que da parcela da frota que não comparece aos Postos de Vistoria, a maior parte dessa é composta de veículos mais antigos, o que provavelmente aumentaria ainda mais o percentual de reprovados.

Cerca de $\frac{1}{4}$ dos veículos Otto foram reprovados no teste de gases em 2001 (ver Figura 25). O Monóxido de carbono é o principal responsável pelas reprovações, aproximadamente $\frac{2}{3}$ dessas. Cerca de 25% dos veículos reprovados não têm emissões de HC conformes e apenas 15,5% são reprovados em diluição.

Figura 25 – Análise das reprovações dos automóveis do ciclo Otto, vistoriados na RMRJ em 2001.



Fonte: Cavalcanti et al (2003)

A vistoria de emissões no RJ, como já citado anteriormente, tem até o momento um caráter meramente educativo para a maior parte da frota. Para a extensão do caráter punitivo para a inspeção de emissões (somente em vigor para veículos de grande circulação) para o resto da frota, serão necessárias adequações principalmente nas

oficinas que deverão estar capacitadas a fazer conformes os veículos que eventualmente serão reprovados (em números de 2001, cerca de 200 mil automóveis).

Além disso, a abrangência do programa deve ser estendida para todo Estado para que se evite migração da frota passível de reprovação.

Ao longo desses anos de implantação do programa de I/M, observa-se maior conscientização do usuário tanto nas questões de segurança quanto de poluição do ar e, acredita-se que ao adquirir caráter punitivo para toda a frota, o Programa trará resultados ainda mais satisfatórios.

A implantação do programa de I/M no Rio de Janeiro foi uma iniciativa pioneira e única até o momento no país, apesar de todos os demais estados do país terem à mão os instrumentos legais para fazê-lo. Não é um programa perfeito, mas tem o inegável mérito de ser o único já implantado.

A experiência do RJ é de valor inestimável para os demais estados, que deverão nos próximos anos implementar sistemas análogos para ajudar a aliviar a poluição do ar nas grandes cidades e principalmente aumentar as condições de segurança da frota em circulação.

3.2.3 O PIV DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

A Prefeitura Municipal de São Paulo está em vias de implantar um Programa de Inspeção Veicular (PIV), para o qual foi contratada a empresa Controlar através de uma licitação realizada em 1995. Problemas legais (envolvendo inclusive a competência do município para estabelecer e licitar tal tipo de programa) têm atrasado o início do programa, que estava marcado para começar ainda em 2002. Informações recentes dão conta de que finalmente o Programa deverá iniciar-se em 2004.

O Programa previsto será obrigatório para todos os veículos automotores de combustão interna, leves e pesados, e o licenciamento anual será vinculado à aprovação na vistoria conforme o Código Brasileiro de Trânsito (CBT).

Prevê-se inicialmente a inspeção dos veículos fases II e III do PROCONVE. Nos anos posteriores gradualmente a frota-alvo abrangerá a totalidade dos veículos em circulação. Os veículos novos somente serão inspecionados após a segunda vistoria anual.

A inspeção será feita com uma dinâmica ligeiramente diferente da adotada no Rio de Janeiro, no qual o proprietário já sai da vistoria com seu CRLV²² novo em mãos. Como não há um convênio com o DETRAN/SP neste sentido, ao final da inspeção o proprietário receberá um certificado que será necessário para a emissão do CRLV junto ao DETRAN. Os veículos receberão em São Paulo também um “selo ambiental” que facilitará o trabalho da fiscalização. A inspeção propriamente dita terá três fases: uma inspeção visual (compreendendo o funcionamento do motor, itens de segurança, identificação, estado geral do veículo, etc), a medição de ruídos e a inspeção de emissões conforme previsto nas Resoluções CONAMA 07/93 (veículos otto), 251/99 (veículos diesel) e 252/99 (ruído).

Veículos “rejeitados” (que apresentam não conformidades na inspeção visual) ou “reprovados” (que apresentam não conformidades nas inspeções de ruídos e/ou emissões) receberão um laudo com orientações sobre os problemas encontrados e possíveis causas e soluções, devendo efetuar os reparos necessários e retornar em até 30 dias para dar continuidade ao processo de inspeção, sem ônus, ou com o pagamento de uma nova tarifa após decorrido o prazo de 30 dias.

Ainda não há informações disponíveis sobre o valor da tarifa a ser cobrada para os proprietários dos veículos ou dos custos associados ao Programa.

3.3 COMBUSTÍVEIS AUTOMOTIVOS EM USO POR VEÍCULOS LEVES DE PASSAGEIROS NO BRASIL

Não é objetivo deste trabalho fazer uma exaustiva descrição de todas as propriedades dos combustíveis em uso no país, mas é importante tecer alguns comentários sobre a

²² Certificado de Registro e Licenciamento de Veículo

origem e a qualidades destes, especialmente no que diz respeito ao PROCONVE e às emissões de poluentes.

Atualmente são liberados no Brasil três combustíveis para uso por veículos leves de passageiros: a gasolina “C”, o Álcool Etílico Hidratado e o Gás Natural Veicular (GNV). Todos têm suas especificações controladas pela Agência Nacional do Petróleo – ANP, que herdou essa atribuição do extinto Departamento Nacional de Combustíveis – DNC. A seguir veremos de forma resumida alguns aspectos desses combustíveis e de sua utilização.

3.3.1 A GASOLINA “C”

A gasolina é um derivado do petróleo e o mais usado combustível em motores a explosão de ciclo Otto em todo o mundo. Apresenta uma excelente relação entre disponibilidade, facilidade de transporte e armazenamento, conteúdo energético e preço em relação a outros combustíveis como o álcool e o GNV.

3.3.1.1 ESPECIFICAÇÕES DA GASOLINA

A Portaria ANP nº 309/2001, complementada pelo Regulamento Técnico ANP nº 5/2001 estabelece as especificações para a comercialização de gasolinas automotivas em todo o território nacional (ANP, 2001).

A Portaria define dois tipos de gasolina automotiva:

- Gasolina “A” - é a produzida no País, a importada ou a formulada pelos agentes econômicos autorizados para cada caso, isenta de componentes oxigenados e que atenda ao Regulamento Técnico;
- Gasolina “C” - é aquela constituída de gasolina A e álcool etílico anidro combustível, nas proporções e especificações definidas pela legislação em vigor e que atenda ao Regulamento Técnico.

A gasolina “A” destina-se à mistura com álcool, e a gasolina “C” é a gasolina adicionada de álcool anidro e que é encontrada nos postos de abastecimento.

A Tabela 18 abaixo apresenta a especificação da gasolina brasileira, conforme estabelecido pelo o Regulamento Técnico ANP nº 5/2001:

Tabela 18 - Especificação das gasolinas automotivas, segundo Regulamento Técnico ANP nº 5/2001

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ESPECIFICAÇÃO			
		Gasolina Comum		Gasolina Premium	
		Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C
Cor	-	(1)	(2)	(1)	(2)
Aspecto	-	(4)	(4)	(4)	(4)
Álcool Etílico Anidro Combustível - AEAC	%vol	1 máx (5).	(6)	1 máx. (5)	(6)
Massa específica a 20°C	Kg/m³	anotar	anotar	anotar	anotar
Destilação					
10% evaporado, máx.	°C	65,0	65,0	65,0	65,0
50% evaporado, máx.	°C	120,0	80,0	120,0	80,0
90% evaporado, máx.(7)	°C	190,0	190,0	190,0	190,0
PFE, máx.	°C	220,0	220,0	220,0	220,0
Resíduo, máx.	%vol	2,0	2,0	2,0	2,0
Nº de Octano Motor – MON, mín.	-	(8) (9)	82,0 (9)	-	-
Índice Antidetonante – IAD, mín. (10)	-	(8)	87,0	(8)	91,0
Pressão de Vapor a 37,8 °C (11)	kPa	45,0 a 62,0	69,0 máx.	45,0 a 62,0	69,0 máx.
Goma Atual Lavada, máx.	mg/100 mL	5	5	5	5
Período de Indução a 100°C, mín.	min	(12)(13)	360	(12)(13)	360
Corrosividade ao Cobre a 50°C, 3h, máx.	-	1	1	1	1
Enxofre, máx. (14)	% massa	0,12	0,10	0,12	0,10
Benzeno, máx. (14)	%vol	1,2	1,0	1,9	1,5
Chumbo, máx. (5)	g/L	0,005	0,005	0,005	0,005
Aditivos (15)	-	-	-	-	-
Hidrocarbonetos: (14) (16)	%vol				
Aromáticos, máx. (17)		57	45	57	45
Olefínicos, máx. (17)		38	30	38	30

(1) De incolor a amarelada, isenta de corante.

(2) De incolor a amarelada se isenta de corante cuja utilização é permitida no teor máximo de 50 ppm com exceção da cor azul, restrita à gasolina de aviação

(3) A visualização será realizada em proveta de vidro, conforme a utilizada no Método NBR 7148 ou ASTM D 1298.

(4) Límpido e isento de impurezas.

(5) Proibida a adição. Deve ser medido quando houver dúvida quanto à ocorrência de contaminação.

(6) O AEAC a ser misturado às gasolinas automotivas para produção da gasolina C deverá estar em conformidade com o teor e a especificação estabelecidos pela legislação em vigor.

(7) No intuito de coibir eventual presença de contaminantes o valor da temperatura para 90% de produto evaporado não poderá ser inferior à 155 °C para gasolina A e 145°C para gasolina C.

(8) A Refinaria, a Central de Matérias-Primas Petroquímicas, o Importador e o Formulador deverão reportar o valor das octanagem MON e do IAD da mistura de gasolina A, de sua produção ou importada, com AEAC no teor mínimo estabelecido pela legislação em vigor.

(9) Fica permitida a comercialização de gasolina automotiva com MON igual ou superior a 80 até 30/06/2002.

(10) Índice antidetonante é a média aritmética dos valores das octanagens determinadas pelos métodos MON e RON.

(11) Para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins, bem como para o Distrito Federal, admite-se, nos meses de abril a novembro, um acréscimo de 7,0 kPa ao valor máximo especificado para a Pressão de Vapor.

(12) A Refinaria, a Central de Matérias-Primas Petroquímicas, o Importador e o Formulador deverão reportar o valor do Período de Indução da mistura de gasolina A, de sua produção ou importada, com AEAC no teor máximo estabelecido pela legislação em vigor.

(13) O ensaio do Período de Indução só deve interrompido após 720 minutos, quando aplicável, em pelo menos 20% das bateladas comercializadas. Neste caso, e se interrompido antes do final, deverá ser reportado o valor de 720 minutos.

(14) Os teores máximos de Enxofre, Benzeno, Hidrocarbonetos Aromáticos e Hidrocarbonetos Olefínicos permitidos para a gasolina A referem-se àquela que transformar-se-á em gasolina C através da adição de 22%±1% de álcool. No caso de alteração legal do teor de álcool na gasolina os teores máximos permitidos para os componentes acima referidos serão automaticamente corrigidos proporcionalmente ao novo teor de álcool regulamentado.

(15) Utilização permitida conforme legislação em vigor, sendo proibidos os aditivos a base de metais pesados.

(16) Fica permitida alternativamente a determinação dos hidrocarbonetos aromáticos e olefínicos por cromatografia gasosa. Em caso de desacordo entre resultados prevalecerão os valores determinados pelos ensaios MB424 e D1319.

(17) Até 30/06/2002 os teores de Hidrocarbonetos Aromáticos e Olefínicos podem ser apenas informados.

É sempre importante lembrar que alguns dos componentes dos combustíveis veiculares, como as olefinas e os aromáticos por exemplo, podem ter impactos negativos tanto na geração de poluentes primários como secundários.

Um Grupo de Trabalho foi estabelecido envolvendo a ANP, empresas petrolíferas, empresas do setor automobilístico, órgãos ambientais e academia para discutirem a adoção de novas especificações para os combustíveis nacionais, tanto para comercialização quanto para homologação. A Tabela 19 e a Tabela 20 abaixo apresentam as formulações em vigor e as propostas, como em maio de 2003.

Tabela 19 – Propostas de formulações da Gasolina “C”

Características a serem alteradas	Unidades	Portaria 309/01		Proposta Final ANP - Fase 4		Proposta Final ANP - Fase 5 (4)	
				01/01/2007		01/01/2009	
		Comum	Premium	Comum	Premium	Comum	Premium
PFE	°C	220	220	215	215		
Índice de Dirigibilidade		não especific.	não especific.	não incluir ainda (1)	não incluir ainda (1)		
MON, mín		82	não especific.	82	não especificar		
RON, mín		não especific.	não especific.	92	não especificar		
IAD, mín		87	91	não especificar	91		
Período de Indução, mín	min	360	360	480	480		
Teor de Enxofre, máx	% massa	0,1	0,1	0,04	0,02	0,008	0,008
Aditivos Detergentes Dispersantes		admissível	admissível	será obrigatório (2)	será obrigatório (2)		
Aditivo Organometálico (FE)		não especific.	não especific.	proibir	proibir		
Aditivo Organometálico (MMT)		não especific.	não especific.	não incluir ainda (3)	não incluir ainda (3)		
Teor de Aromáticos, máx	% vol	45	45	40	45		
Teor de Olefinas, máx	% vol	30	30	25	25		

(1) Será criado em 2003 (sob coordenação da ANP) um GT para “tropicalizar” a fórmula do Índice de Dirigibilidade (levando em conta o teor de álcool da gasolina brasileira).

(2) Será obrigatória a adição tão logo:

(a) método único para identificação da presença (em desenvolvimento no CEPAT/ANP);

(b) compromisso de preço justo;

(c) definição do ponto de adição (produtor ou distribuidor);

(d) estabelecimento de critérios mínimos de desempenho (GT a ser criado em 2003 sob coordenação da ANP).

(3) Será criado ainda em 2003 (sob a coordenação da ANP) um GT para, num prazo de 6 meses concluir pela autorização ou pela proibição.

Fonte: ANP (com. Pessoa)

3.3.1.2 GASOLINAS ESPECIAIS

Gasolinas especiais com especificações diferentes podem ser produzidas e comercializadas para fins especiais, como para uso em competições e testes de motores para exportação, por exemplo, sempre em quantidades limitadas e sujeitas à anuência da ANP.

Dentre essas gasolinas especiais destaca-se a gasolina padrão usada nos testes de homologação para obtenção das LCVMs. Esta gasolina tem especificação constante, com tolerâncias mais rígidas e é assim ligeiramente diferente da gasolina atualmente

encontrada nos postos de abastecimento. Uma polêmica recorrente no setor é justamente a utilização para homologação de uma gasolina diferente daquela comercialmente disponível para o usuário final. Tal prática justifica-se pela necessidade de se manter um padrão único que sirva de referência para o projeto dos veículos a serem homologados, e garantir a padronização dos testes de homologação.

Tabela 20 – Formulações da Gasolina Padrão para ensaios de consumo e emissões

Gasolina Padrão para ensaios de consumo e emissões

Características	Unidades	Portaria ANP nº 309 Dez/01	Gasolina Padrão Resolução CNP nº 01/89	Proposta ANP Fase 4 01/01/2007	Proposta ANP Gasolina Padrão 01/01/2005 (1)
		Gasolina C Comum	Gasolina A	Gasolina C Comum	Gasolina C
Aspecto	-	LII	LIMS	LII	LII
Teor de Álcool Anidro	%vol	Legislação	zero	Legislação	22+/-1
Massa específica a 20°C	Kg/m3	Anotar	730 a 760	Anotar	730 a 760
PIE	°C	-	30 a 40	-	30 a 40
10% evaporados	°C	65	45 a 60	65	45 a 60
50% evaporados	°C	80	90 a 110	80	70 a 80
90% evaporados	°C	145 - 190	160 a 190	145 a 190	160 a 190
PFE, máx.	°C	220	190 a 215	215	190 a 215
Resíduo, máx.	%vol	2	2	2	2
Nº Oct. Motor, mín.	-	82	80	82	82
Nº Oct. Pesquisa, mín.	-	-	93	92	93
Índice Antidetonante – IAD, mín.	-	87	-	-	-
Pressão de Vapor, máx.	kPa	69	53,9 a 63,7	69	54 a 64
Goma Atual Lavada, máx.	mg/100 mL	5	5	5	5
Período de Indução a 100°C, mín.	min	360	480	480	1000
Enxofre, máx.	% m/m	0,10	0,12	0,04	0,04
Chumbo, máx.	g/L	0,005	0,013	0,005	0,005
Teor de HC aromáticos, máx.	% v/v	45	45	40	40
Teor de HC olefinicos, máx.	% v/v	30	35	25	20

(1) Gasolina Padrão para a Fase 5 será especificada pela ANP em 2006 para produção a partir de 01/01/2007.

Fonte: ANP (co. pessoal)

3.3.1.3 ADIÇÃO DO ÁLCOOL À GASOLINA

O Artigo 9º da Lei 8723/98 estabelece que o teor de mistura de álcool à gasolina para formação da gasolina “C” deve ser de 22%, podendo este percentual ser elevado até o limite de 24% ($\pm 1\%$) por decisão do Poder Executivo²³. A Tabela 21 apresenta a especificação do álcool anidro a ser adicionado à gasolina, bem como do álcool etílico hidratado.

²³ conforme §1º e §2º do referido Artigo, com redação dada pela Medida Provisória nº 1.975-27, de 29/06/2000

Tabela 21 – Especificações do álcool combustível

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ESPECIFICAÇÕES		MÉTODO
		AEAC	AEHC	ABNT
Aspecto		(1)		Visual
Cor		(2)		Visual
Acidez total (como ácido acético), máx.	mg/L	20,0	20,0	NBR 9866
Condutividade Elétrica, máx	µS/m	500	500	NBR 10547
Massa Específica a 20°C	kg/m³	790,9 + / - 0,6	809,3 + / - 1,1	NBR 5992
Teor Alcoólico	°INPM	99,5 + / - 0,2	93,2 + / - 0,4	NBR 5992
Resíduo por evaporação, máx.	mg/100mL	5	5	NBR 8644
Ion Sulfato, máx	mg/kg	2	2	NBR 10894 / 12120
Sódio, máx	mg/kg	2	2	NBR 10422
Cobre, mg /fg, máx	mg/kg	0,03	-	NBR 10893

(1) límpido e Isento de Impurezas

(2) Incolor a amarelada. Não é permitida a adição de corante

Fonte: ANP, com. pessoal

Segundo os fabricantes de veículos (ANFAVEA, com. Pessoal), o limite máximo admissível para a adição de álcool anidro à gasolina é de 24% a 25%, sendo os motores a gasolina vendidos no país projetados e configurados para operarem otimamente com uma mistura de 22% de álcool. Um estudo da CETESB (Linke, 2000) mostra o quanto a variação do teor de álcool adicionado à gasolina pode afetar as emissões veiculares de veículos regulados para queimar gasool com mistura de 22% de álcool²⁴. A Tabela 22 sumariza resultados desse estudo.

Tabela 22 – Emissões em função da variação do teor de etanol misturado à gasolina [22%=100]

	PORCENTAGEM DE ETANOL				
	30%	22%	18%	12%	0%
CO	55	100	120	150	200 - 450
HC	80	100	105	110	140
NOx	120	100	95	80	60

Fonte: Linke, 2000

²⁴ O estudo não leva em conta configurações “flex-fuel”, especialmente projetadas para funcionar com misturas “gasool”/AEH.

3.3.1.4 HARMONIZAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE COMBUSTÍVEL

Existe um continuado (e por vezes apaixonado) debate sobre o futuro e a eventual harmonização das especificações dos combustíveis automotivos, não só da gasolina.

De um lado situam-se os defensores da harmonização das especificações, como a proposta pelo “World-Wide Fuel Charter”²⁵ (Autoalliance, 2002). Esta iniciativa, se implementada globalmente, poderia trazer grandes vantagens especialmente para os fabricantes de veículos, motores e componentes e grandes empresas do ramo de refino, que poderiam atender ao mercado global com evidentes economias de escala e redução dos custos de pesquisa, desenvolvimento e homologação de produtos. Do outro lado estão empresas e governos locais, que advogam a necessidade de atender às condicionantes locais de maneira ótima, como é de certa forma o caso do Brasil, com seu mercado de combustíveis extremamente peculiar (devido, por exemplo, à grande presença do álcool carburante).

3.3.1.5 ADULTERAÇÃO

Um desafio adicional e condicionante importante para o problema das emissões é a oferta de combustíveis adulterados ao consumidor. Combustíveis fora de especificação (em geral, misturados a produtos mais baratos, como solventes) podem produzir emissões muito mais elevadas do que as normais, além de poderem comprometer definitivamente o funcionamento de sistemas delicados de controle de emissão como os catalisadores. Em que pese o esforço das autoridades (em especial da ANP) no sentido de fiscalizar, coibir e punir responsáveis, infelizmente o problema ainda não está definitivamente solucionado no país.

²⁵ Patrocinada pela *Alliance Of Automobile Manufacturers*, entidade formada pela American Automobile Manufacturers Association, European Automobile Manufacturers Association e Japan Automobile Manufacturers Association, congregando empresas como o Grupo BMW, Daimler-Chrysler, Ford, General Motors, Mazda- Mitsubishi Motors, Porsche, Toyota e Volkswagen.

3.3.2 O ÁLCOOL HIDRATADO

O álcool foi o combustível dos primeiros automóveis, e embora tenha sido muito cedo abandonado cedendo seu lugar à gasolina por causa dos custos de produção e transporte, nunca deixou de ser uma alternativa tecnologicamente viável como combustível para motores Otto. O Brasil, grande produtor de cana-de-açúcar e portanto com grande potencial de produção de álcool, desde há muito emprega o álcool com grande sucesso como combustível.

A partir de 1931, a mistura do álcool etílico anidro combustível passou a ser obrigatória em toda gasolina comercializada no País, inicialmente em uma proporção de 5%. Esta percentagem variou ao longo dos anos devido a alterações promovidas nas diretrizes políticas energéticas e, também, em função dos preços do açúcar e do álcool no mercado externo. Sob a orientação do governo, esta mistura era adotada apenas quando os preços externos do mercado de açúcar, de melaço e aguardente encontravam-se abaixo do esperado pelos produtores. Com isto o uso do álcool carburante acabava funcionando como um regulador do mercado externo. Em 1966 a legislação foi modificada elevando o limite da adição do álcool de 5 para 10%.

Quando ocorreu o primeiro choque do petróleo, houve a necessidade da adoção de medidas para reduzir o déficit da balança comercial, diminuir a dependência externa de petróleo. A substituição da gasolina em veículos leves pelo álcool etílico hidratado decorreu da necessidade estratégica de reduzir essa dependência.

Em 1975, então, foi criado o Programa Nacional do Álcool – PROALCOOL. Este Programa foi implementado com significativos investimentos estatais e privados, com muitos subsídios do Governo Federal. O aumento da produção nacional de petróleo e o uso do álcool como combustível automotivo fizeram com que diminuíssem as despesas com importação de petróleo ao longo da década de 80.

Após uma queda do preço do petróleo no mercado internacional, aliado à recuperação dos preços do açúcar no mercado externo, houve problemas com o PROALCOOL. Com a recuperação dos preços do açúcar, a atratividade da produção de etanol foi muito reduzida, forçando o governo a aumentar o subsídio aos produtores, via Petrobrás.

No final da década de 80, o Programa foi bastante atingido por uma redução na safra de cana-de-açúcar que, aliada ao excesso de carros a álcool em circulação, provocou uma escassez generalizada do produto no País, impactando a credibilidade do Programa como um todo. Em consequência disso a venda de veículos a álcool reduziu-se significativamente, atingindo no final da década de 90, apenas 1% das vendas de veículos novos ciclo Otto. Devido a esses problemas, o percentual do álcool anidro na gasolina sofreu algumas variações em função da redução da demanda por AEH e o aumento da demanda por álcool anidro e às variações dos preços do açúcar no mercado internacional. Assim, em outubro de 1993, através da Lei nº 8.723, Artigo 9º, o teor de álcool anidro na gasolina foi oficializado em 22%, podendo variar de 20 a 24%, mas mantendo-se em 22% até 1997, quando o teor de álcool sofreu um aumento para 24%. Em agosto de 2000, através do Decreto nº 3.552, o percentual de álcool etílico na gasolina foi reduzido para 20%. Em maio de 2001, o Decreto nº 3.824 determinou que o percentual obrigatório de adição de álcool etílico anidro combustível à gasolina será de vinte e dois por cento.

Durante a década de 90, o PROALCOOL foi posto em discussão. A anterior fabricação desenfreada de carros a álcool, aliada ao fato de que a produção nacional deste combustível não conseguir acompanhar o crescimento da demanda, mesmo com os grandes subsídios dados ao setor, tornou o Brasil, ao mesmo tempo, o maior produtor de etanol do mundo e o maior importador.

A oferta oscilante e uma demanda afetada por constantes mudanças na legislação que controlam o consumo resultaram na proposição de soluções alternativas como, por exemplo, a utilização de metanol e etanol obtidos de outras fontes que não a cana-de-açúcar, além da substituição por oxigenados oriundos do petróleo como o MTBE (éter metílico terc-butílico), ETBE (éter etílico terc-butílico) e TAME (éter metílico terc-amílico).

No Brasil, o metanol teve o seu uso como combustível oxigenado alternativo na crise do álcool de 1989. Nesta época, além da redução dos teores de álcool anidro que era adicionado à gasolina, o DNC (Departamento Nacional de Combustíveis) sugeriu um novo combustível que deveria ser usado pelos veículos movidos a álcool hidratado. Este combustível foi denominado MEG (60% etanol + 33% metanol + 7% gasolina). O MEG chegou a ter seu uso aprovado na cidade de São Paulo, onde os problemas de controle

de poluição são críticos, com a intenção de implementá-lo nas demais cidades. O Programa sofreu muita pressão devido a diversos fatores, como por exemplo, a alegação que a manipulação do metanol é perigosa, e acabou sendo abandonado até mesmo na cidade de São Paulo.

De um modo geral, pode-se dividir o PROALCOOL em três fases: a primeira fase abrange os anos 1975 a 1981; a segunda, de 1981 a 1985 e a terceira, de 1985 em diante.

Na primeira fase, ocorreu a expansão da capacidade de destilarias anexas às usinas de açúcar existentes. Tal fato buscava desviar parte da produção de açúcar para a produção de álcool, sustentando assim os preços internacionais do açúcar.

Nessa fase, houve a continuação da adição de etanol à gasolina, com o objetivo de substituir de 20 a 25% da gasolina consumida no País por álcool anidro. Esta prática existe no Brasil desde a década de 1940, mas não significativamente. Tal mistura apresentava as seguintes vantagens: aumentaria a octanagem da gasolina e eliminaria o uso de chumbo tetraetila.

Cabe ressaltar que a adição de até 22% de álcool à gasolina foi efetuada sem a necessidade de modificações no motor. Já em 1981 os objetivos tinham sido, de um modo geral, alcançados. Para tanto, concorreu em muitos casos o aporte de subsídios para os investidores.

A segunda fase objetivava triplicar a produção de etanol e produzir carros totalmente a álcool, projetando-se que 50% da frota nacional de carros possuiria motores álcool. Contou-se nesta fase, com o financiamento do Banco Mundial e na concorrência internacional exigida para a construção das novas destilarias. Vale destacar que venceram as nacionais.

Nesta fase, foram construídas destilarias autônomas, que triplicariam a produção de etanol, e foram fornecidos incentivos fiscais aos consumidores de carro a álcool com o objetivo de incentivar sua aquisição.

A ênfase em relação às destilarias autônomas era aumentar em 150% a capacidade de destilação. Também se objetivava aumentar em 1/3, a produção de cana-de-açúcar. Vale

acrescentar que 4% das áreas cultivadas no Brasil seriam dedicadas à produção de álcool. Os resultados dessa fase foram bastante satisfatórios. As metas foram atingidas.

A terceira fase do PROALCOOL objetivava expandir ainda mais o programa, mas, houve uma queda significativa nos preços internacionais do petróleo. Com isto, o programa entrou em compasso de espera. Ele foi lançado numa conjuntura mundial em que se projetava um incremento constante do então elevado preço do petróleo, desconsiderando-se a questão dos seus custos. Entretanto, quando o preço do petróleo começou a declinar e os recursos nacionais a ficarem escassos, o PROALCOOL começou a ser muito questionado.

Por razões de mercado, a indústria automobilística limitou os investimentos nos veículos a álcool desde 1990, o que resultou na descontinuação da produção de vários modelos. Além disso, como os poucos modelos ainda em produção não têm recebido a mesma atenção em termos de otimização tecnológica que as versões a gasolina, eles perderam um pouco da vantagem ambiental que tinham. Este fato, porém, não significa que os veículos a álcool tenham deixado de ser uma boa alternativa para o combate à poluição atmosférica, pois ainda apresentam diversas vantagens, dentre as quais pode-se destacar:

- O álcool é praticamente isento de enxofre e, portanto, o seu uso não contribui para a emissão de compostos de enxofre;
- A maior tolerância do álcool à combustão com excesso de ar possibilita uma queima mais completa com menor emissão de CO;
- A menor complexidade molecular do álcool possibilita uma combustão com baixíssima formação de partículas de carbono o que resulta em emissão desprezível de material particulado;
- Os compostos orgânicos resultantes da combustão e evaporação do álcool são, em geral, menos tóxicos e apresentam menor reatividade fotoquímica que os originados pela combustão e evaporação da gasolina;
- O álcool é menos volátil que a gasolina e contribui para a redução da emissão evaporativa na armazenagem, transporte e abastecimento de combustível. A emissão evaporativa do veículo a álcool produzido atualmente pode ser menor

que a do veículo a gasolina se for utilizado um sistema semelhante de controle de emissões que o adotado nestes veículos;

- Devido a sua alta octanagem o álcool pode ser utilizado como aditivo elevador da octanagem da gasolina.
- Devido a sua estrutura molecular, a combustão do álcool gera menor quantidade de CO₂ que a da gasolina. Além disso, pelo fato de o álcool ser produzido a partir de biomassa, o ciclo do carbono relativo à cadeia produção-uso final em veículos é praticamente neutra, podendo-se admitir que uma quantidade equivalente de CO₂ produzido na combustão do álcool será absorvida pela biomassa através do processo de fotossíntese. Desta maneira, é possível dizer que um aumento uso do álcool combustível contribuiria para o melhorar o problema do aquecimento global²⁶.

A dificuldade de inserção do álcool combustível no mercado é decorrente de sua capacidade de competir, em termos econômicos, com os derivados de petróleo. O PROALCOOL foi criado em um contexto de choque do petróleo, gerando a necessidade de investimentos do governo em fontes alternativas de energia. Cabe acrescentar, entretanto, que os seus custos vêm diminuindo graças às inovações tecnológicas na sua produção.

Um dos motivos da estagnação do PROALCOOL foi a queda de produção de cana-de-açúcar a partir de 1986, contrariamente ao que vinha ocorrendo até então. Esta situação de falta de crescimento da lavoura de cana, concomitantemente com a falta de planejamento e controle nas vendas de carro a álcool – que teria permitido ajustar a demanda e oferta de álcool combustível – foram os grandes responsáveis pela falta de álcool verificada em 1989 e 1990. Antes os veículos a álcool representavam um grande percentual nas vendas de automóveis. No período de 1984 a 1988 representavam 80% das vendas e, até 1992, 60% das vendas.

Ainda existe um ambiente de favorecimento do retorno do PROALCOOL, novamente sendo levado em consideração devido à questão ambiental. Os argumentos utilizados pelos defensores do Programa são, principalmente: o benefício ambiental do uso do

²⁶ Ribeiro, S.K, 1997 e 2001

álcool carburante em relação ao problema das emissões de CO₂ dos combustíveis fósseis e suas consequências sobre o aumento do efeito-estufa (fontes renováveis poderão ser estimulados pelo Protocolo de Kioto, que prevê um aumento de investimentos neste tipo de energia e mecanismos financeiros como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que permitiria que um país investisse na redução de emissões em outro, contabilizando este abatimento de sua meta de redução), geração de empregos, futuro aumento dos preços do petróleo devido à limitação da quantidade de petróleo no mundo, entre outros.

A introdução dos veículos Flex-Fuel, porém, mudou consideravelmente o foco da questão, como veremos a seguir.

Um desafio que teve que ser vencido localmente e que não tinha referências estabelecidas no exterior, foi a necessidade de controle da emissão de aldeídos devido o uso extensivo de álcool etílico como combustível e como componente de mistura com a gasolina. Um outro desafio, também devido a presença de álcool na gasolina, foi dimensionar e especificar corretamente o *canister* (recipiente contendo carvão ativado), elemento principal do sistema de controle de emissões evaporativas. Por outro lado, devido à baixa volatilidade do álcool, o sistema de controle de emissões evaporativas pôde ser simplificado e barateado nos veículos a álcool, que até hoje dispensam o uso do *canister*. Os níveis médios de emissão (fatores de emissão) obtidos com a aplicação de diversos pacotes tecnológicos, específicos para cada família de veículos, foram apresentados na Tabela 12.

Como pode ser visto, a redução média de emissões observada em 1999 nos veículos novos a gasolina ultrapassa os 90% em relação aos veículos sem controle de 1985, exceto para os NO_x, que se situa em 86%. Esses níveis de redução são da mesma ordem de grandeza que os atingidos nos EUA em relação aos veículos de 1960. Com respeito aos veículos a álcool, a redução média é superior aos 80%, com destaque para as emissões de CO e aldeídos, em que ultrapassa os 90%. Esta redução é um pouco inferior que a observada nos veículos a gasolina pois os veículos a álcool sem controle de emissões, utilizados como referência, apresentam níveis de emissão mais baixos.

Ao analisar esses dados é preciso considerar que os níveis de redução observados são incorporados gradualmente na frota, dependendo da taxa de renovação. Também

dependem do grau de degradação das emissões com o tempo, do crescimento da frota, da quilometragem média percorrida no ano e da velocidade média do trânsito.

O fato de os veículos a álcool terem historicamente apresentado níveis de emissão mais baixos que os a gasolina foi de grande importância, especialmente na RMSP, pois evitou que os níveis de concentração ambiente de poluentes, particularmente de CO, atingissem níveis ainda mais elevados que os então observados. Por razões de mercado, a indústria automobilística limitou os investimentos nos veículos a álcool desde 1990, o que resultou na descontinuidade de produção de vários modelos. Além disso, como os poucos modelos ainda em produção não tem recebido a mesma atenção em termos de otimização tecnológica que as versões a gasolina, perderam um pouco da vantagem ambiental que tinham.

3.3.2.1 OS VEÍCULOS “FLEX-FUEL”

A partir de 2002 foi iniciada a comercialização no país de veículos com motores capazes de empregar tanto álcool hidratado quanto gasool quanto quaisquer misturas desses dois combustíveis. Esses veículos, que recebem o nome genérico de flex-fuel (combustível flexível) baseiam-se na adaptação de motores existentes que recebem modificações que permitem o uso de qualquer um a mistura de álcool e gasolina.

Duas vertentes são possíveis: a adaptação de um motor “a álcool”, com maior taxa de compressão, ou a adaptação de um motor “a gasolina”. Cada montadora tem a sua estratégia²⁷, e os resultados são semelhantes para o consumidor tanto em termos de dirigibilidade quanto de consumo, conforme afirmam testes realizados pela imprensa especializada.

A conversão consiste no ajuste da taxa de compressão, se necessário, na substituição do chip que contém o mapeamento dos sistemas de injeção e ignição, do uso de algumas peças com tratamento especial contra corrosão pela água presente no álcool (bicos injetores, bombas de combustível, etc), sensores de oxigênio e catalisadores adequados.

²⁷ No momento, Wolkswagen, Ford, GM e Fiat oferecem configurações flex-fuel.

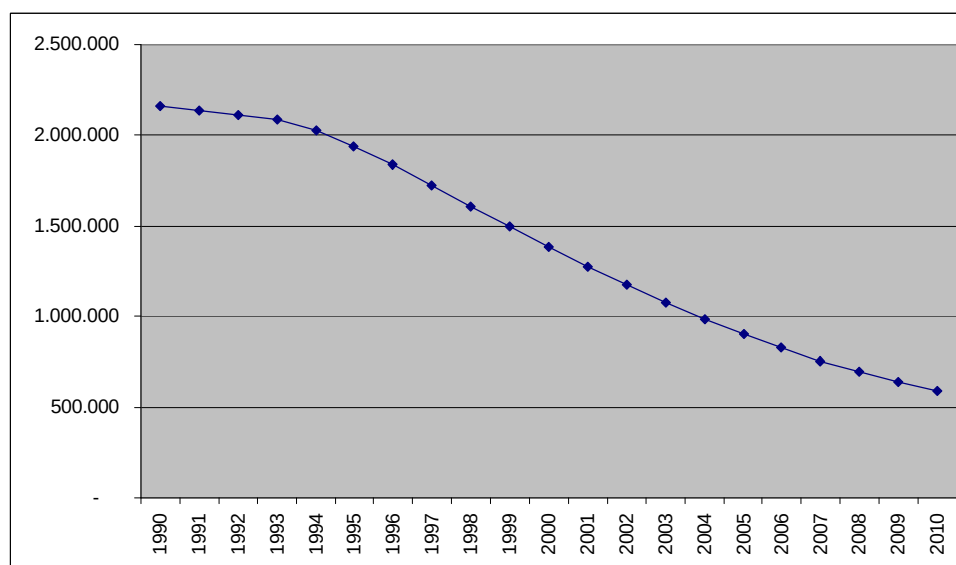
Embora pareça uma opção muito atrativa para o consumidor, refletida no sucesso de vendas, o desenvolvimento de versões flex-fuel ainda é restrito face os (alegados pela indústria) elevados custos de desenvolvimento e certificação dessas configurações. Na verdade, embora a tecnologia fosse conhecida e testada em protótipos pelas montadoras há muitos anos (desde meados da década de 90), somente a partir de março de 2003 esses veículos passaram a ser oferecidos em linha de produção em decorrência de um acordo com o Governo Federal que igualou as alíquotas de impostos àquelas praticadas para os carros exclusivamente a álcool.

Mesmo com o preço final do automóvel ligeiramente superior, dados da ANFAVEA (ANFAVEA, 2004) dão conta de que 13,7% dos automóveis produzidos no país já são a álcool ou flex-fuel. No mesmo período de 2003, a produção de automóveis exclusivamente a álcool não passou de 3,3% do total de nacionais. Infelizmente ainda não há dados desagregando os dados de álcool e flex-fuel, que são somados nas estatísticas fornecidas pela ANFAVEA, mas sabe-se que uma parte significativa dessas vendas correspondem a veículos flex-fuel.

A queda recente dos preços do álcool combustível tem contribuído para a rápida expansão das vendas dos carros flex-fuel, mas essa tendência pode ser efêmera. No momento circulam rumores na imprensa especializada de que a ANFAVEA sustenta a retirada do incentivo fiscal para os carros flex-fuel, o que poderia (ou não) representar uma alta nos preços dos carros novos ao consumidor. Lembremos que a composição dos preços finais dos veículos ao consumidor não depende apenas das alíquotas de impostos incidentes sobre parcelas específicas da frota, mas também de uma infinidade de outras variáveis.

Uma coisa parece certa, porém. Se nos anos anteriores já havia uma nítida disposição dos fabricantes de retirar de produção os carros movidos exclusivamente a álcool, hoje parece certo que a parcela dos consumidores interessados em usar o AEH como combustível terão que optar pelos veículos flex-fuel. É fato que a demanda por AEH está decrescendo rapidamente, com a queda da frota circulante de carros a álcool em função do sucateamento cada vez mais acelerado dos carros fabricados na época do “boom” do Proálcool. A Figura 26 mostra a evolução da frota de carros a álcool na RMSP se for mantida a proporção de 4% das vendas totais de novos a álcool como observada nos primeiros meses de 2003.

Figura 26 - Projeção da frota de automóveis a álcool na RMSP com a manutenção das vendas de veículos novos de 4% ao ano



Fonte: elaboração própria

Essa demanda deve ser incentivada de alguma forma, sob pena de se perder a economicidade de se ter a oferta de álcool nas bombas do país inteiro. A existência de uma frota nova que possa apropriar-se dessa parcela de álcool, associada a uma política de preços finais que não inibam o consumo pode continuar a viabilizar a existência do álcool etílico hidratado como combustível alternativo no país.

Em suma, infelizmente não é possível traçar com segurança tendências sobre a evolução dos veículos flex-fuel no país, embora pareça certo que eles venham a desempenhar um papel importante como substitutos mais modernos para os carros movidos exclusivamente a álcool, que deixavam o consumidor à mercê das variações historicamente erráticas dos preços ao consumidor do álcool na bomba.

A homologação das configurações flex-fuel foi regulamentada pela Instrução Normativa 28 do IBAMA, de 27/12/2002. A IN prevê no seu artigo 3º que os fabricantes devem apresentar previamente dois resultados de ensaios de emissão de escapamento e evaporativa realizados com AEH padrão, gasolina padrão (22% de etanol) e uma mistura 50%-50% (V/V) de gasolina padrão e AEH. Os ensaios testemunhados para fins de homologação serão realizados com um dos combustíveis citados anteriormente, o qual será definido pelo agente técnico conveniado com antecedência de 48 horas. Os ensaios de ruído e as exigências para durabilidade são semelhantes àsquelas previstas para os demais veículos ciclo Otto.

Embora sujeita a revisão, esta IN implica que os veículos flex-fuel devem atender aos limites em vigor do PROCONVE tanto usando álcool, gasolina comercial ou uma mistura 50%-50% de ambos.

Ainda não estão disponíveis dados sobre as emissões desses veículos nem sobre o consumo deles em condições padronizadas. O que se pode supor (infelizmente, sem nenhuma base científica) é que os carros flex-fuel comportam-se como carros a gasolina quando abastecidos com gasolina e como carros a álcool quando abastecidos a álcool.

3.3.3 O GNV²⁸

O Gás Natural é a designação genérica da mistura de hidrocarbonetos gasosos, resultante da decomposição da matéria orgânica fóssil no interior da terra. É composto principalmente por Metano (de 78% a 82% em volume), podendo apresentar também outros hidrocarbonetos mais pesados, gás carbônico, Nitrogênio, água e outras impurezas.

A Portaria 243 da ANP, de 18/10/2000, define: Gás Natural como sendo “todo hidrocarboneto que permaneça em estado gasoso nas condições atmosféricas normais, extraído diretamente a partir de reservatórios petrolíferos ou gasíferos, incluindo gases úmidos, secos, residuais e gases raros”. É diferente do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), resultado do processo de refino do petróleo. (ANP, 2000)

O gás natural tem temperatura de ignição superior a 600°C, muito acima da temperatura de ignição de álcool e da gasolina (entre 200°C a 300°C). A queima do gás natural, por ser mais completa do que a dos outros combustíveis, reduz as emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos, em comparação com a gasolina.

O Gás Natural tem uma grande diversidade de aplicações industrial, comercial, residencial (nos fogões, aquecedores de água e, em países de clima frio, nos sistemas de calefação). É também utilizado na recuperação secundária de campos petrolíferos - através de sua reinjeção.

²⁸ A parte inicial desta Seção baseia-se em Santos (2004)

Há várias décadas é usado como energético em máquinas industriais, como por exemplo na geração de vapor para movimentar turbinas.

O Gás Natural também é um importante insumo da indústria gasoquímica, que como a petroquímica, produz uma ampla gama de produtos químicos industriais, plásticos, tintas e fibras sintéticas, além de fertilizantes e derivados. A indústria siderúrgica também utiliza o GN para a redução do minério de ferro.

Cada vez mais cresce a importância do Gás Natural como energético na geração de eletricidade em usinas termelétricas. Atualmente o GN é a terceira maior fonte de energia primária no mundo, perdendo apenas para o petróleo e para o carvão.

A utilização do gás natural como combustível para veículos (conhecido como Gás Natural Veicular, GNV, ou Gás Metano Veicular, GMV) vem ganhando espaço crescente. São mais de 1 milhão de unidades em circulação por 47 países da Europa, América do Norte e do Sul e Ásia. Alguns autores também referem-se ao GNV com o nome genérico de GNC, gás natural comprimido, uma tradução literal do inglês CNG, *compressed natural gas*.

Na Argentina, depois de mais de 10 anos de implantação, o gás natural passou a ser responsável por mais de 6% de todo o consumo de combustíveis do país.

3.3.3.1 HISTÓRICO

A utilização de gás como combustível no Brasil começou com a inauguração da Fábrica de Gás de Carvão, em 1854, no Rio, seguida pela criação em 1872 da “The São Paulo Gás Company”. Nesta época, o gás era utilizado para iluminação pública e no uso doméstico.

Na primeira metade do Século XX veículos no Brasil foram adaptados para funcionar movidos a gasogênio, produzido a partir do carvão, refletindo a grave crise de abastecimento de gasolina provocada pela II Guerra Mundial.

A partir de 1947, com as descobertas de óleo e gás natural na Bahia, o gás natural passou a ser usado em indústrias locais.

As refinarias brasileiras produziam desde a década de 50 GLP, que era usado essencialmente como energético doméstico, e, em menor escala como energético industrial e como insumo industrial.

Em 1980 ocorreram grandes descobertas de óleo e gás natural na Bacia de Campos, no Rio de Janeiro. As duas crises mundiais do petróleo na década de 70, impuseram a revisão na política energética brasileira, principalmente em decorrência da nossa grande dependência dos combustíveis derivados do refino do petróleo para o setor de transporte (Óleo Diesel e Gasolina). Dentre as diretrizes tomadas, surgiu -se o PLANGÁS – Plano Nacional de Gás Natural, desenvolvido pela Comissão Nacional de Energia, objetivando buscar um substituto para o óleo diesel utilizado no transporte rodoviário de cargas e passageiros, principalmente nos grandes centros urbanos, onde também já se tornavam críticos os problemas ambientais decorrentes de poluentes atmosféricos. Na época, o, gás natural representava apenas 1,8% do consumo energético do país.

Como parte desse Plano, surgiram algumas iniciativas no setor automotivo. A Resolução n. 01/88 da CNE determinou a aceleração do uso de GNC em transporte coletivo para a redução do consumo de diesel. As Resoluções 727/89 e 735/89 do CONTRAN autorizaram o uso de Gás Natural em frotas cativas, em veículos novos ou usados, com motores do ciclo diesel ou OTTO., além de instituem a obrigatoriedade da apresentação do certificado de homologação de conversão, expedido pelo INMETRO, ou entidades por ele credenciadas, para licenciamento junto às autoridades de trânsito. Ainda em 1989, a Portaria Interministerial 755 (Minas e Energia e Transportes) criou um Grupo Executivo de Acompanhamento para implantação do uso automotivo da GNC nos transportes, e determinou o estudo das possibilidades da utilização do GNC em táxis.

Apesar desses incentivos, o programa sofreu grande resistência por parte dos empresários donos de frotas de ônibus, que alegavam que a autonomia dos veículos ficava comprometida, que os veículos dedicados ao uso exclusivo do Gás Natural não tinham valor comercial de revenda fora das poucas áreas abastecidas por gasodutos, que o preço do combustível era pouco atrativo e principalmente que o custo benefício da conversão não justificava sua adoção. Esse conjunto de justificativas permanece até hoje como base da argumentação dos grandes frotistas de ônibus contra a adoção do GNV.

No início da década de 90, em decorrência das dificuldades registradas nos anos 80, o governo, através de uma série de medidas, procurou viabilizar o uso do Gás Natural em outros segmentos do transporte rodoviário. A Portaria 107/91 do então Ministério da Infra-Estrutura autorizou as distribuidoras de combustíveis a distribuir o Gás Natural Combustível, obedecidas as normas do então DNC. No mesmo ano, a Portaria 222 do MINFRA liberou o uso do GNV em táxis, e a Portaria 26 do DNC autorizou a venda de GNC em Posto operado por distribuidora ou terceiros.

Em 1991 foi inaugurado o primeiro posto público de abastecimento de Gás Natural Veicular no Brasil, localizado na Av. Brasil, em Bonsucesso, no Rio de Janeiro (Posto Brasil Grande – de bandeira Ipiranga).

A Portaria 553/92 do MME autorizou a utilização do GNC para fins automotivos em frotas de ônibus urbanos e interurbanos, em táxis, em frotas cativas de empresas e de serviços públicos e em veículos de transporte de cargas. Por fim, em 1996, o Decreto 1787 autorizou a utilização de GNC em veículos automotores e motores estacionários, nas regiões onde o referido combustível for disponível, obedecidas as normas e procedimentos estabelecidos pelo DNC.

Somente a partir destas medidas o programa de gás natural brasileiro iniciou seu desenvolvimento efetivo. Viabilizou-se, então, o gás natural como combustível alternativo (seja para o álcool, a gasolina ou mesmo para o diesel) em função das suas qualidades, do seu preço competitivo, reservas e aspectos positivos em relação ao meio ambiente.

A Lei 3335, de 29/12/1999 do Governo do Estado do Rio de Janeiro estabeleceu alíquotas reduzidas (1%) para o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores - IPVA, caso o veículo use gás natural ou energia elétrica. Foi um incentivo determinante para o pioneirismo do Estado no uso do GNV. Este incentivo, somado aos baixos preços do m³ do gás e dos kits de conversão tornou o GNV extremamente atrativo para os proprietários de veículos de uso mais intensivo e de circulação restrita às áreas onde o GNV é ofertado, como os táxis.

A demanda pelo combustível passou a ter um ritmo de crescimento constante, estimulando investimentos na abertura de novas estações de abastecimento como veremos a seguir.

A maior parte dos investimentos no programa de gás natural automotivo é proveniente do capital privado, especialmente das companhias distribuidoras de petróleo, ao contrário do PROÁLCOOL que foi criado, desenvolvido e controlado totalmente pelo governo.

No Rio de Janeiro a distribuição de Gás Natural é feita pela CEG e em São Paulo pela COMGÁS. A maioria dos Postos de Abastecimento de Gás Natural Veicular ostentam as bandeiras da BR-Petrobrás e Ipiranga. Entretanto, uma considerável quantidade de Postos sem vínculo contratual com as grandes distribuidoras, os chamados “bandeira branca”, já investem com recursos próprios, consolidando-se como uma realidade.

3.3.3.2 O GNV ATUALMENTE

Até o momento não são fabricados veículos novos movidos a GNV no país, embora as redes autorizadas de algumas montadoras (VW e GM, por exemplo) já ofereçam veículos novos convertidos sob encomenda por empresas terceirizadas. Conseqüentemente, a frota de veículos a GNV no país hoje é essencialmente uma frota de veículos fabricados para funcionar a gasolina ou álcool e posteriormente convertidos (a grande maioria²⁹ de veículos a álcool, pois têm preços subsidiados e taxa de compressão de fábrica mais adequada para a conversão).

As conversões para GNV têm se expandido grandemente no país, como mostra a Tabela 23. Deve-se lembrar que não existem dados oficiais sobre a conversão de carros para GNV. A desregulamentação da conversão nos primeiros anos levou a um quadro de total falta de estatísticas, seja pelo lado dos órgãos de trânsito (muitos proprietários não notificam a conversão) seja pelo lado das convertedoras e/ou fabricantes/importadores de kits de conversão.

²⁹ embora não haja estatísticas disponíveis

O mercado de conversão para GNV no país ainda está extremamente pulverizado, e com a desregulamentação dos anos iniciais, uma infinidade de pequenas oficinas passou a oferecer o serviço de conversão, muitas vezes na informalidade, o que impede até o momento a construção de um quadro mais acurado da evolução da frota convertida.

Tabela 23 - Número de cilindros para GNV comercializados no país 1996-2003

Estado	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	TOTAL	% TOTAL
RJ	4.000	2.729	5.530	19.034	33.024	60.224	60.373	62.123	247.037	38,4%
SP	800	1.277	2.981	9.517	20.094	25.437	37.779	66.782	164.667	25,6%
MG		100	157	4.153	7.023	16.539	10.884	9.834	48.690	7,6%
PE		18	98	1.129	6.030	7.587	5.238	5.019	25.119	3,9%
BA		32	39	217	3.138	5.796	6.170	9.332	24.724	3,8%
ES		2	100	373	4.915	4.776	7.005	6.673	23.844	3,7%
CE				443	3.487	7.295	5.746	6.068	23.039	3,6%
RN		250	362	2.278	3.047	5.907	6.156	4.966	22.966	3,6%
RS					11	4.367	5.097	5.328	14.803	2,3%
PR					31	3.668	3.313	4.533	11.545	1,8%
PB		50	133	1.652	3.241	2.787	1.646	764	10.273	1,6%
SC				3		630	2.965	6.380	9.978	1,6%
SE					1.463	1.658	2.434	1.959	7.514	1,2%
AL				236	1.720	1.283	1.725	1.754	6.718	1,0%
MS							33	963	996	0,2%
Tot. anual	4.800	4.458	9.400	39.035	87.224	147.954	156.564	194.072	643.507	
Tot. acum.		9.258	13.858	48.435	126.259	235.178	304.518	350.636		
Var %		-7%	111%	315%	123%	70%	6%	22%		

Fonte: adaptado de IBP (in: Gasnet, 2004)

A regulamentação das conversões para GNV está lentamente tomando forma, embora um tanto que tardiamente. A Portaria DENATRAN 60/2002 estabeleceu que a inspeção de veículos modificados para GNV (e outros veículos que sofrem alterações) poderá ser feita por entidades públicas ou paraestatais, desde que autorizadas pelo INMETRO. Estas entidades, portanto, poderão atestar o cumprimento da legislação de trânsito vigente, especialmente quanto à segurança. Na área ambiental, a Resolução CONAMA 291/2001 instituiu o CAGN - Certificado Ambiental para Uso do Gás Natural em Veículos Automotivos, regulamentando os conjuntos de componentes do sistema de GNV, inclusive quanto aos limites de emissões aceitáveis e foi regulamentada pela Instrução Normativa 15 do IBAMA, de agosto de 2002.

Complementando instrumentos legais, diversas normas da ABNT e portarias do INMETRO e da ANP vêm colocando ordem em um ambiente de mercado que expôs os consumidores em várias ocasiões a conversões feitas por pessoal não qualificado,

usando kits de conversão de qualidade duvidosa e instalados sem critério técnico, ameaçando a segurança e o meio ambiente (Belchior, 2000).

Até o momento (janeiro de 2004) 19 kits receberam o CAGN emitido pelo IBAMA/PROCONVE nos termos da IN 15/02, e apenas 487 oficinas estão credenciadas pelo INMETRO para realizar conversões.

Em um cenário assim, as perspectivas para o GNV permanecem em aberto, sendo difícil traçar-se um cenário seguro para a sua evolução.

As condições necessárias para uma expansão sustentável da frota de automóveis movida a gás natural estão sendo implementadas, embora como já se disse antes, tardiamente em nossa opinião. Limitações técnicas (tanto ambientais quanto de segurança quanto de normatização técnica) deverão aos poucos reduzir a fragmentação excessiva do setor e permitir o oferecimento de conversões dentro de padrões mínimos de qualidade, embora a um custo unitário maior. Em termos coletivos, essa nova situação parece ser bem mais sustentável que a atual, onde ainda há um bom número de oficinas pequenas e sem capacitação oferecendo conversões a preços baixos o suficiente para prejudicar seriamente a competitividade das montadoras e as empresas realmente capacitadas a oferecer esses serviços.

Por outro lado, uma discussão ainda mais importante (e que infelizmente não poderemos aprofundar nessa Tese) trata do papel do gás natural na matriz energética. Realmente, em um primeiro momento como o que vivemos atualmente, parece ser uma boa idéia promover a expansão do consumo de GN através da expansão da frota de automóveis particulares convertidos. Essa solução transfere para os consumidores de GNV custos importantes para a expansão da rede de distribuição e de produção de gás, vis a vis a elevada disposição a pagar pelo GNV (basta comparar com o custo de oportunidade dos outros combustíveis automotivos, gasolina e álcool). Com isso, financia-se a expansão podendo vender-se gás natural a preços por metro cúbico melhores do que os que se conseguiriam auferir vendendo-o, por exemplo para residências, indústrias ou concessionárias de energia – todas essas opções com grandes justificativas de preços “socialmente” subsidiados.

Mas há um segmento que, embora apontado já há muito tempo como importante para a entrada do GNV, tem sido negligenciado em função de restrições por parte dos empresários perfeitamente contornáveis. Trata-se dos transportes coletivos, essencialmente ônibus urbanos movidos a diesel, e do transporte de cargas dentro das cidades feito por frotas cativas de empresas de transportes. Felizmente há indícios de que as negociações necessárias para que se contornem as restrições (essencialmente, maiores preços de aquisição dos veículos, investimentos necessários para instalação de postos de GNV nas empresas, maiores custos de manutenção e reduzido valor de revenda de veículos usados) estão sendo paulatinamente resolvidas.

4 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO PROCONVE NAS EMISSÕES FUTURAS

4.1 INTRODUÇÃO

Esta Seção apresenta cenários que objetivam avaliar os benefícios do principal programa brasileiro de controle de poluições veiculares, o PROCONVE e o seu desempenho nos próximos anos. Os cenários apresentam emissões estimadas de CO, HC e NO_x da frota de veículos leves de passageiros e motor ciclo Otto na RMSP entre os anos de 2002 e 2010.

Os cenários construídos foram os seguintes:

- Cenário “Com PROCONVE” – representa a situação “*business as usual*”, incorporando a implantação do PROCONVE como estabelecido pela legislação em vigor incluindo as novas fases já aprovadas com entrada em vigor até 2009.
- Cenário “sem PROCONVE - otimista” – simula as emissões caso o PROCONVE não tivesse sido implantado, alterando os fatores de emissão dos veículos novos, considerando uma evolução tecnológica independente do PROCONVE.
- Cenário “sem PROCONVE - pessimista” – simula as emissões caso o PROCONVE não tivesse sido implantado, considerando uma não evolução tecnológica. Essa evolução ocorre somente em função da implantação do PROCONVE.

Todos os cenários para veículos leves envolvem apenas as emissões de tubo de escapamento da frota de veículos leves da RMSP e compreendem o período 2002-2010.

Esta construção foi aplicada de forma a manter as incertezas que poderiam influenciar as análises no menor patamar possível, conforme detalhado na Seção 4.2.

Segundo o inventário de emissões por tipo de fonte da CETESB para o ano-referência 2002 (CETESB, 2003), as emissões de tubo de escapamento de CO, HC e NO_x da frota de automóveis correspondem, a, respectivamente, 58%, 27% e 16% do total das emissões desses poluentes na RMSP. As emissões de CO, HC e NO_x da frota diesel, que corresponderiam segundo o inventário da CETESB a respectivamente, 26%, 18% e 80% das emissões totais, não foram analisadas em função da indisponibilidade de

fatores de emissão confiáveis expressos em gramas por km para efetuar a análise dos efeitos do PROCONVE³⁰.

A seguir são apresentados a metodologia das estimativas e os cenários considerados.

4.2 METODOLOGIA

Para inventariar das emissões de poluentes veiculares das porções da frota escolhidas foi elaborado um modelo baseado na metodologia utilizada pela CETESB que, por sua vez, é uma adaptação da metodologia empregada pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA. Outra vantagem da adoção desta metodologia básica é permitir a comparação destes resultados como de outros estudos prospectivos como o de Murgel (1999).

Essa metodologia adota uma abordagem *bottom-up*, estimando o total de emissões a partir de fatores de emissão médios para cada ano-modelo de veículo, nos quais são aplicados fatores de deterioração, multiplicados pela frota de cada ano-modelo em um determinado ano multiplicados pela quilometragem percorrida pelos veículos. Assim, pode-se estimar as emissões de origem veicular E de um poluente p em um ano t através de:

$$E_{p,t} = \sum_{c,i} (F_{c,i,t} \times K_{c,i,t} \times (FE_{c,i,p} \times FD_{c,i,p})), \text{ onde}$$

E são as emissões de origem veicular de um poluente p em um ano t

i é a parcela da frota fabricada em cada ano (“ano-modelo”);

c é o tipo de combustível empregado (gasool, álcool, GNV)

F é o número de veículos ano-modelo i em circulação no ano t

K é a distância média percorrida em quilômetros pelos veículos ano-modelo i no ano t ;

FE é o fator médio de emissão dos veículos novos ano-modelo i , função das configurações dos veículos e tipo de combustível c ;

FD é o fator de deterioração das emissões de um veículo ano-modelo i no ano t .

³⁰ A CETESB usa, para esse fim, fatores de emissão adaptados da USEPA e não os medidos no processo de licenciamento (que são medidos em g/kWh) que podem não refletir corretamente as variações nos FE induzidas pelo PROCONVE. Para os fins que o inventário de emissões da CETESB se aplicam, tal aproximação é plenamente válida, mas para os propósitos deste Trabalho tal simplificação impede a modelagem das emissões.

Em pesquisa realizada pela CETESB em 1982³¹ verificou-se que a vida média de uma frota de determinado ano-modelo era de cerca de 11 anos, com sua vida total atingindo 22 anos. Levantamentos mais recentes feitos por outras entidades apresentam resultados semelhantes ou próximos, indicando a viabilidade de uso dessa base de cálculo. Portanto, para estimar a emissão total de cada poluente em um determinado ano, consideram-se os 10 anos-modelo anteriores bem como os veículos com mais de 10 anos de idade, todos englobados em uma só classe, considerada como sendo composta por veículos com os fatores de emissão ponderados pela frota do ano-modelo. A emissão total é, então, dada pela soma dos 11 resultados parciais obtidos para cada ano-modelo, atribuindo-se para cada ano-modelo, um valor de quilometragem média anual.

A seguir cada parâmetro da metodologia é detalhado.

4.2.1 FROTA

4.2.1.1 FROTA BASE

A frota base da RMSP utilizada para este estudo foi fornecida pela CETESB a partir de dados do PRODESP/DETRO – SP, discriminados por ano-modelo, combustível e tipo de veículo e relativos ao ano de 2002 (PRODESP, 2002). Esta frota serve como base para a projeção da frota na RMSP nos anos subseqüentes, a partir de dados adicionais de vendas de veículos no mercado interno e de curvas de sucateamento que definirão fluxos de entradas e saídas de veículos circulantes na frota local a cada ano.

4.2.1.2 EVOLUÇÃO DAS VENDAS

Dados anuais de vendas no mercado interno foram obtidos junto à ANFAVEA (ANFAVEA, 2004 e ANFAVEA, 2001-2004).

Foram considerados dois cenários para as projeções de crescimento da frota, um de “expansão” das vendas e outro “tendencial”.

A projeção “Expansão” admite que as vendas de veículos no mercado interno seguirão a projeção de demanda de combustíveis para o setor de transporte para 2010 proposta

³¹ CETESB (1982) *apud* CETESB (1999)

pelo estudo preparado pelo Comitê Técnico da Matriz Energética (CT₃), no âmbito do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)³². Assim, a previsão da demanda (e as vendas de veículos) crescem a uma taxa constante de 4,4% ao ano entre 2003 e 2010.

A projeção “Tendencial” assume que as vendas no mercado interno terão um crescimento linear seguindo a mesma tendência das vendas anuais verificadas entre os anos de 1970 a 2002. Os dados anteriores a 1970 (1957-1969) não foram considerados por refletirem um período de consolidação da indústria automobilística brasileira que não pode servir como base para projeções futuras.

Na década de 1970 as vendas cresceram de forma significativa, acompanhando o comportamento do crescimento do PIB. Na década de 1980 as vendas estabilizaram-se, considerando-se os números absolutos, refletindo a estagnação econômica do período. Na década de 1990, especialmente na primeira metade da década, verifica-se uma importante expansão das vendas atendendo à demanda reprimida dos anos anteriores.

O ano com o maior número absoluto de vendas de automóveis de passeio no mercado interno foi 1997, coroando um período de forte expansão nas vendas que atendeu em parte à demanda reprimida de anos anteriores. Após isso, as vendas voltam a cair nos anos 1998-1999, recuperando-se nos anos de 2000 e 2001. No ano de 2002 verificou-se uma pequena queda de cerca de 5% em relação ao ano de 2001, refletindo a crise no segundo semestre do ano. A projeção tendencial baseia-se no pressuposto de que a economia brasileira nos anos 2003-2010 manterá uma tendência de estabilidade, mantendo-se um crescimento das vendas segundo os índices médios históricos.

A comparação entre as duas projeções para a RMSP, ilustrada na Tabela 24, mostra que a projeção tendencial do crescimento das vendas sequer consegue repor os veículos perdidos pelo sucateamento natural, sinalizando uma retração da frota no período 2002-2010. Já a projeção “expansão” da evolução das vendas aponta para um pequeno crescimento da frota, de, aproximadamente, 3,5% em 10 anos. É realmente verossímil supor que a frota tenda a crescer um pouco, mas não muito, face à evidente saturação do trânsito na RMSP, o que leva a crer que as médias históricas de expansão das vendas (e

³² MME (2001) *in* Horta, 2002

da frota) não deverão se realizar nos próximos anos. A diferença entre as frotas projetadas para 2010 é da ordem de 5,1%.

Simulando-se emissões considerando ambas as projeções usando-se o cenário “com PROCONVE” detalhado a seguir, verifica-se que as diferenças entre as emissões totais de poluentes para o ano de 2010 serão de qualquer maneira muito pequenas, da ordem de 1,03% para CO, 0,87% para HC e 2,83% para NOx.

Em função dessas considerações, neste estudo será adotada a hipótese da projeção “expansão”, a qual permite um crescimento discreto da frota na RMSP a partir de 2002, descartando-se a hipótese “tendencial”.

Tabela 24 – Frotas, emissões de CO, HC e NOx na RMSP – hipóteses “expansão” e “tendencial” [ton/ano]

		2002	2010
FROTA	“expansão”	4.902.576	5.072.875
	“tendencial”	4.902.576	4.826.738
CO	“expansão”	1.116.692	692.962
	“tendencial”	1.116.692	685.929
HC	“expansão”	96.489	72.994
	“tendencial”	96.489	72.361
NOx	“expansão”	49.055	32.476
	“tendencial”	49.055	31.583

Fonte: elaboração própria

4.2.1.3 CURVA DE SUCATEAMENTO

Aplicou-se às vendas de veículos em cada ano uma curva de sucateamento, que permite estimar anualmente a quantidade de veículos de um dado ano-modelo que saem de circulação. Utilizou-se a função de sucateamento elaborada pelo Serviço de Planejamento da Petrobrás³³ e atualizada com base na PNAD de 1988, que estabelece o percentual dos veículos sucateados em função da idade, limita a vida máxima do veículo a 40 anos e é uma função do tipo *Gompertz* com as seguintes características:

³³ Esta curva de sucateamento é amplamente utilizada em diversos estudos, como por exemplo o estudo sobre as Emissões da Frota Brasileira de Veículos Leves 1990-1994, parte da Comunicação Brasileira para a Convenção do Clima preparada pelo MCT.

$$S(t) = \exp [- \exp (a + b(t))], \text{ onde:}$$

$S(t)$ = fração de veículos sucateada na idade t ,

(t) = idade do veículo

E os seguintes valores para a e b :

$a = 1,798$

$b = -0,137$

É importante lembrar que esta curva de sucateamento foi elaborada a partir de dados para a frota nacional como um todo, e para a frota existente no ano de 1988. Com isso, a mesma pode não ser muito representativa do real sucateamento dos veículos na RMSP nas décadas de 1990 e 2000. Entretanto, como não há outros estudos mais atualizados analisando especificamente o sucateamento da frota da RMSP decidiu-se adotar a curva proposta pela Petrobrás, que ainda é a mais utilizada em estudos dessa natureza no País.

4.2.1.4 PROJEÇÃO DA FROTA LOCAL

Para estimar a frota local multiplicam-se as vendas locais estimadas de veículos de cada ano-modelo (assumidas como *proxy* da entrada de veículos novos na frota) pelos respectivos fatores de correção dados pela curva de sucateamento.

Como somente há dados disponíveis para as vendas no mercado interno agregados no nível nacional (dados da ANFAVEA), não havendo desagregação por estado, somente as vendas totais de veículos leves poderiam ser projetadas. Além disso, mesmo que houvesse dados confiáveis sobre as vendas dos veículos que são efetivamente registrados na RMSP, o número de veículos vendidos localmente pode levar a distorções pois esses veículos ser destinados a uso em outras áreas que não a RMSP e vice-versa.

Assim, para obter uma estimativa das vendas dos veículos efetivamente circulantes na RMSP, e que estão portanto sujeitos ao sucateamento, estimou-se a razão entre a frota medida na RMSP com base nos registros de veículos no Departamento de Trânsito com uma projeção da frota nacional, calculada através da aplicação da curva de sucateamento aos dados de vendas no mercado interno. Esta razão foi aplicada aos dados de vendas a nível nacional no mercado interno para se obter uma estimativa aproximada das vendas dos veículos que circulam na RMSP em cada ano.

Para fins de projeção considerou-se que essa razão - vendas na RMSP / vendas no mercado interno nacional manter-se-á constante nos anos 2002-2010.

4.2.1.5 DISTRIBUIÇÃO POR COMBUSTÍVEL

Um problema semelhante ao da frota foi verificada no caso da participação da venda desagregada por combustível no País. Nesse caso, a mesma participação de cada combustível proposta para as vendas a nível nacional foi mantida para a RMSP para fins de projeção.

A frota de veículos convertidos para GNV na RMSP em foi estimada com base no número de cilindros comercializados no Estado, expandindo-se tendencialmente nos anos seguintes.

Para os carros a álcool, a introdução dos flex-fuel criou um problema de alocação.

Dados muito recentes, informados informalmente, dão conta de que as emissões dos carros novos flex-fuel queimando álcool não são essencialmente diferentes das emissões dos carros novos movidos exclusivamente a álcool. O mesmo acontece quando os flex-fuel queimam gasolina, ou seja, as emissões são semelhantes às dos carros exclusivamente a da gasolina (gasool) ³⁴.

Dessa forma, pode-se tratar indistintamente os carros movidos exclusivamente a álcool e os flex-fuel quando queimam álcool, podendo-se distribuir parte dos flex-fuel como “movidos exclusivamente a gasolina” e o restante como “movidos exclusivamente a álcool”. Esta hipótese se apóia na suposição – até o momento verificada na prática – de que os proprietários de veículos flex-fuel têm um comportamento “binário”, ou seja, abastecem seus carros exclusivamente com gasolina (ou álcool) dependendo do melhor preço. Na prática, os carros flex-fuel só trabalham com misturas diferentes de 100% de gasool ou 100% de AEH quando ocorre a mudança de combustível.

³⁴ Embora possam haver diferenças em função das rotas tecnológicas adotadas, as taxas de compressão são um exemplo disso, o fato é que não há informação melhor disponível no momento. Com a disponibilização de dados medidos de emissões dos flex-fuel em diferentes condições será possível rever e eventualmente melhorar esta hipótese.

Assim, prevê-se a expansão das vendas de veículos a álcool / flex-fuel entre 2004 e 2010 de modo a manter o consumo de álcool hidratado nos mesmos níveis de 2003, ajustando a relação km rodados com gasolina e km rodados com álcool para esses novos veículos, repondo a frota a álcool antiga que está sendo sucateada sem causar impactos adicionais no mercado de combustíveis. A isso corresponde uma relação, estimada através de simulações dos km percorridos no modelo, de cerca de 15% das vendas atribuídas a carros “a álcool”, ou seja, uma soma de carros flex-fuel queimando álcool e eventuais carros movidos exclusivamente a álcool.

4.2.2 QUILOMETRAGEM PERCORRIDA

Foram utilizados os valores de quilometragem anual média percorrida pela frota de automóveis, estimados pela CETESB para seus inventários. Esses valores são função da idade da frota. A Tabela 25 apresenta a quilometragem média anual.

Tabela 25 – Distribuição da Quilometragem média rodada por faixa etária

Idade (anos)	Km média
Até 1	22000
2	19000
3	17000
4	15000
5	14000
6	14000
7	14000
8	13000
9	13000
10	13000
+11	9500

Fonte: CETESB, 1999

Pode-se observar que esta distribuição considera que os veículos mais novos percorrem maiores distâncias por unidade de tempo do que os mais antigos. Isto pode ser explicado em função do fato de veículos mais novos normalmente pertencerem aos usuários com um maior poder aquisitivo e que conseqüentemente podem arcar e geralmente precisam percorrer maiores distâncias por unidade de tempo que usuários menos abastados. Em geral os veículos mais novos são utilizados mais intensivamente, devido, principalmente, à maior confiabilidade que o usuário médio tem no veículo. Essa confiabilidade pode ser atribuída aos maiores níveis de segurança e menor probabilidade de falhas, associada ao conforto que veículos novos oferecem. Esses fatores, associados a uma maior probabilidade de os carros mais velhos e em mau estado de conservação sofrerem enguiços ou acidentes e serem detidos na área

metropolitana acaba também por deslocar esses veículos mais velhos para as áreas periféricas de menor poder aquisitivo, ficando fora do grande transporte pendular.

4.2.3 FATORES DE EMISSÃO

4.2.3.1 FATORES DE EMISSÃO PARA O CENÁRIO “COM PROCONVE”

Os fatores médios de emissão da frota para cada ano-modelo e combustível adotados neste Trabalho frota são os mesmos empregados pela CETESB no seu inventário de emissões veiculares.

O fator médio de emissão dos veículos a gasolina e álcool para os anos-modelo anteriores a 1985 é a média dos valores obtidos em ensaios realizados no Laboratório de Emissões Veiculares da CETESB, ponderada conforme participação de cada modelo nas vendas. Os ensaios foram então realizados simulando as seguintes condições: velocidade média em tráfego urbano 31.5km/h, temperatura ambiente de 20° a 30°C e umidade relativa do ar de 40 a 60%, ciclo padrão FTP-75.

Para os modelos produzidos a partir de 1986 os fatores médios de emissão da frota fornecidos pela CETESB são calculados a partir da média ponderada dos fatores de emissão de cada configuração (medidos pela própria CETESB no processo de homologação para as LCVM conforme Resolução CONAMA 15/86³⁵) pelas suas vendas no mercado interno.

Para os veículos produzidos nos anos após 2002 são estimados fatores de emissão médios da frota correspondentes aos limites máximos permitidos pelo PROCONVE, levando-se em conta evidentemente os ganhos já obtidos e os fatores de deterioração adequados como apresentados a seguir. Esse procedimento leva a estimativas bastante conservadoras, pois a indústria historicamente mantém fatores de emissão médios bastante menores dos que os limites impostos pelo PROCONVE, mesmo levando em conta uma deterioração elevada das emissões.

³⁵ A emissão dos gases de escapamento dos veículos leves novos é determinada através de ensaios conforme a Norma NBR-6601 – Análise dos Gases de Escapamento de Veículos Rodoviários Automotores Leves a Gasolina.

De modo a simplificar o modelo, não são aplicados fatores de correção para as emissões de veículos a gasolina abastecidos com misturas álcool-gasolina diferentes de 22%, na qual os testes são efetuados, ou para qualquer variação na especificação dos combustíveis.

Este trabalho não leva em conta as emissões de HC evaporativas e de cárter. Nos seus inventários e bases de dados, ao contrário do que é feito para emissões de escapamento, a CETESB utiliza fatores da EPA americana ao invés dos resultados médios obtidos quando da emissão das LCVMs. Assim, esses fatores são aceitáveis para fins de inventário mas de pouco valor para uma avaliação do PROCONVE.

No caso dos fatores de emissão de veículos movidos a GNV, foram utilizados os valores de um estudo realizado recentemente pela CETESB que avaliou 21 configurações de veículos movidos a gasolina convertidos para GNV (CETESB, 2003).

4.2.3.2 FATORES DE EMISSÃO PARA OS CENÁRIOS “SEM PROCONVE”

Saber com precisão em qual estágio tecnológico de aplicação de medidas de controle de emissões se encontraria atualmente a indústria automobilística no Brasil no caso do PROCONVE não existir é uma questão complexa. Nesse contexto prevaleceriam somente as razões de mercado na busca pela melhor competitividade tecnológica e comercial.

No caso dos veículos leves Otto, o cenário mais pessimista que se poderia admitir seria a manutenção do estágio tecnológico de 1988 e conseqüentemente a permanência dos mesmos níveis de emissão até a presente data. Esta situação é representada no Cenário “Sem PROCONVE – pessimista”, onde os fatores de emissão pré-1989 foram mantidos até o presente momento.

Entretanto, é necessário também considerar o processo de busca da satisfação do consumidor para conquista e manutenção do mercado que passa pela inovação tecnológica dos veículos e a abertura do mercado à importação de veículos, que pressionaria as montadoras nacionais a modernizar os seus produtos. Assim, foi elaborado também um cenário onde ocorreria uma atualização tecnológica em que a redução das emissões seria mera decorrência do processo de melhoria do automóvel, que concentraria em otimizar as relações entre margem de lucro e preço final ao

consumidor, conforto, segurança, desempenho, economia, dirigibilidade, confiabilidade e durabilidade – “Cenário Sem PROCONVE – otimista”.

Assim sendo, neste cenário admite-se que os veículos não estariam equipados com conversores catalíticos, sistemas de controle das emissões evaporativas, EGR's e outros componentes de ação exclusiva de controle das emissões.

Além disso, a disponibilidade do álcool permitiu a descontinuação do uso de aditivos à base de chumbo na gasolina, e assim não haveria emissões para a atmosfera de compostos de chumbo originadas por automóveis.

Por outro lado, considerando-se os rápidos avanços e grande redução de custos verificados nos sistemas de injeção eletrônica de combustível e ignição eletrônica mapeada, pode-se admitir que esta seria a opção tecnológica predominante atualmente no caso do cenário “Sem Proconve Otimista”.

Na eventualidade, também, de exportações para países com exigências de controle de poluição, as montadoras brasileiras poderiam acoplar a esses sistemas os componentes necessários para a redução exigida nas emissões. Como se trata de uma das tecnologias aplicadas para atender a Fase II do PROCONVE, cremos ser aceitável admitir que os níveis médios de emissão de gases de escapamento para os veículos novos evoluíram entre 1989 e 2000 para fatores de emissão correspondentes aos fatores médios de emissão de veículos novos efetivamente medidos para a frota de 1992, ano da entrada da Fase II do PROCONVE.

A Tabela 26 abaixo ilustra a evolução dos fatores de emissão nos três Cenários propostos:

Tabela 26 - Fatores de emissão para veículos novos nos Cenários “Com PROCONVE”, “Sem PROCONVE - otimista” e “Sem PROCONVE - pessimista” [g/km]

CO			
ANO-			
MODELO	Gasolina	Álcool	GNV
pré-89	31,824	16,176	2,500
1990	13,300	10,800	2,500
1991	11,500	8,400	2,500
1992	6,200	3,600	2,500
1993	6,300	4,200	2,500
1994	6,000	4,600	2,500
1995	4,700	4,600	2,500
1996	3,800	3,900	2,500
1997	1,200	0,900	0,958
1998	0,790	0,670	0,958
1999	0,740	0,600	0,958
2000	0,730	0,630	0,958
2001	0,480	0,660	0,958
2002	0,480	0,660	0,958
2003	0,480	0,660	0,958
2004	0,480	0,660	0,958
2005	0,472	0,580	0,758
2006	0,466	0,520	0,609
2007	0,459	0,459	0,459
2008	0,459	0,459	0,459
2009	0,459	0,459	0,459
2010	0,459	0,459	0,459

HC			
ANO-			
MODELO	Gasolina	Álcool	GNV
pré-89	2,900	1,613	0,700
1990	1,400	1,300	0,700
1991	1,300	1,100	0,700
1992	0,600	0,600	0,700
1993	0,600	0,700	0,700
1994	0,600	0,700	0,700
1995	0,600	0,700	0,700
1996	0,400	0,600	0,700
1997	0,200	0,300	0,430
1998	0,140	0,190	0,430
1999	0,140	0,170	0,430
2000	0,130	0,180	0,430
2001	0,110	0,150	0,430
2002	0,110	0,150	0,430
2003	0,110	0,150	0,430
2004	0,110	0,150	0,430
2005	0,088	0,112	0,280
2006	0,071	0,083	0,167
2007	0,054	0,054	0,054
2008	0,054	0,054	0,054
2009	0,017	0,017	0,017
2010	0,017	0,017	0,017

NOx			
ANO-			
MODELO	Gasolina	Álcool	GNV
pré-89	1,335	1,314	0,900
1990	1,400	1,200	0,900
1991	1,300	1,000	0,900
1992	0,600	0,500	0,900
1993	0,800	0,600	0,900
1994	0,700	0,700	0,900
1995	0,600	0,700	0,900
1996	0,500	0,700	0,900
1997	0,300	0,300	0,865
1998	0,230	0,240	0,865
1999	0,230	0,220	0,865
2000	0,210	0,210	0,865
2001	0,140	0,080	0,865
2002	0,140	0,080	0,865
2003	0,140	0,080	0,865
2004	0,140	0,080	0,448
2005	0,159	0,123	0,344
2006	0,173	0,155	0,265
2007	0,187	0,187	0,187
2008	0,187	0,187	0,187
2009	0,090	0,090	0,090
2010	0,090	0,090	0,090

CO			
ANO-			
MODELO	Gasolina	Álcool	GNV
pré-89	31,824	16,176	2,500
1990	29,495	15,032	2,500
1991	27,165	13,889	2,500
1992	24,836	12,746	2,500
1993	22,506	11,603	2,500
1994	20,177	10,459	2,500
1995	17,847	9,316	2,500
1996	15,518	8,173	2,500
1997	13,188	7,030	2,500
1998	10,859	5,886	2,500
1999	8,529	4,743	2,500
2000	6,200	3,600	2,500
2001	6,200	3,600	2,500
2002	6,200	3,600	2,500
2003	6,200	3,600	2,500
2004	6,200	3,600	2,500
2005	6,200	3,600	2,500
2006	6,200	3,600	2,500
2007	6,200	3,600	2,500
2008	6,200	3,600	2,500
2009	6,200	3,600	2,500
2010	6,200	3,600	2,500

HC			
ANO-			
MODELO	Gasolina	Álcool	GNV
pré-89	2,900	1,613	0,700
1990	2,691	1,521	0,700
1991	2,482	1,429	0,700
1992	2,273	1,337	0,700
1993	2,064	1,245	0,700
1994	1,855	1,153	0,700
1995	1,645	1,060	0,700
1996	1,436	0,968	0,700
1997	1,227	0,876	0,700
1998	1,018	0,784	0,700
1999	0,809	0,692	0,700
2000	0,600	0,600	0,700
2001	0,600	0,600	0,700
2002	0,600	0,600	0,700
2003	0,600	0,600	0,700
2004	0,600	0,600	0,700
2005	0,600	0,600	0,700
2006	0,600	0,600	0,700
2007	0,600	0,600	0,700
2008	0,600	0,600	0,700
2009	0,600	0,600	0,700
2010	0,600	0,600	0,700

NOx			
ANO-			
MODELO	Gasolina	Álcool	GNV
pré-89	1,335	1,314	0,900
1990	1,268	1,240	0,900
1991	1,201	1,166	0,900
1992	1,134	1,092	0,900
1993	1,068	1,018	0,900
1994	1,001	0,944	0,900
1995	0,934	0,870	0,900
1996	0,867	0,796	0,900
1997	0,800	0,722	0,900
1998	0,734	0,648	0,900
1999	0,667	0,574	0,900
2000	0,600	0,500	0,900
2001	0,600	0,500	0,900
2002	0,600	0,500	0,900
2003	0,600	0,500	0,900
2004	0,600	0,500	0,900
2005	0,600	0,500	0,900
2006	0,600	0,500	0,900
2007	0,600	0,500	0,900
2008	0,600	0,500	0,900
2009	0,600	0,500	0,900
2010	0,600	0,500	0,900

CO			
ANO-			
MODELO	Gasolina	Álcool	GNV
pré-89	31,824	16,176	2,500
1990	31,824	16,176	2,500
1991	31,824	16,176	2,500
1992	31,824	16,176	2,500
1993	31,824	16,176	2,500
1994	31,824	16,176	2,500
1995	31,824	16,176	2,500
1996	31,824	16,176	2,500
1997	31,824	16,176	2,500
1998	31,824	16,176	2,500
1999	31,824	16,176	2,500
2000	31,824	16,176	2,500
2001	31,824	16,176	2,500
2002	31,824	16,176	2,500
2003	31,824	16,176	2,500
2004	31,824	16,176	2,500
2005	31,824	16,176	2,500
2006	31,824	16,176	2,500
2007	31,824	16,176	2,500
2008	31,824	16,176	2,500
2009	31,824	16,176	2,500
2010	31,824	16,176	2,500

HC			
ANO-			
MODELO	Gasolina	Álcool	GNV
pré-89	2,900	1,613	0,700
1990	2,900	1,613	0,700
1991	2,900	1,613	0,700
1992	2,900	1,613	0,700
1993	2,900	1,613	0,700
1994	2,900	1,613	0,700
1995	2,900	1,613	0,700
1996	2,900	1,613	0,700
1997	2,900	1,613	0,700
1998	2,900	1,613	0,700
1999	2,900	1,613	0,700
2000	2,900	1,613	0,700
2001	2,900	1,613	0,700
2002	2,900	1,613	0,700
2003	2,900	1,613	0,700
2004	2,900	1,613	0,700
2005	2,900	1,613	0,700
2006	2,900	1,613	0,700
2007	2,900	1,613	0,700
2008	2,900	1,613	0,700
2009	2,900	1,613	0,700
2010	2,900	1,613	0,700

NOx			
ANO-			
MODELO	Gasolina	Álcool	GNV
pré-89	1,335	1,314	0,900
1990	1,335	1,314	0,900
1991	1,335	1,314	0,900
1992	1,335	1,314	0,900
1993	1,335	1,314	0,900
1994	1,335	1,314	0,900
1995	1,335	1,314	0,900
1996	1,335	1,314	0,900
1997	1,335	1,314	0,900
1998	1,335	1,314	0,900
1999	1,335	1,314	0,900
2000	1,335	1,314	0,900
2001	1,335	1,314	0,900
2002	1,335	1,314	0,900
2003	1,335	1,314	0,900
2004	1,335	1,314	0,900
2005	1,335	1,314	0,900
2006	1,335	1,314	0,900
2007	1,335	1,314	0,900
2008	1,335	1,314	0,900
2009	1,335	1,314	0,900
2010	1,335	1,314	0,900

Fonte: Elaboração própria

4.2.4 FATORES DE DETERIORAÇÃO

O Fator de deterioração expressa a variação das emissões de um dado poluente em função do uso do veículo. Os fatores de deterioração foram estimados segundo a metodologia da CETESB (extraídos do trabalho “Mobile Source Emission Factors, 1981, EPA/USA).

A CETESB adota nos seus inventários para os veículos vendidos no País anteriores a 1977, os fatores de deterioração de modelos pré-68 fabricados nos EUA:

$$FD_{CO} = \frac{78,27 + 2,5Y}{78,27} ; FD_{HC} = \frac{7,25 + 0,18Y}{7,25}$$

Para os veículos vendidos no Brasil a partir de 1977, a CETESB utiliza fatores de deterioração americanos para os modelos 1968/69:

$$FD_{CO} = \frac{56,34 + 2,55Y}{56,34} ; FD_{HC} = \frac{4,43 + 0,25Y}{4,43}$$

onde

$$Y = \frac{km_acumulada}{1,61 * 10000}$$

Alternativamente, foram simulados fatores de deterioração baseados no AP-42 da EPA Norte-Americana para veículos de geração semelhante aos em uso no país. Embora as condições de uso e os combustíveis usados nos EUA e no Brasil não sejam de todo iguais, também é bastante provável que os veículos mais novos fabricados no país³⁶ não tenham de forma alguma fatores de deterioração iguais aos de veículos fabricados nos EUA no final da década de 1960, como pretende a metodologia usada pela CETESB.

Em um estudo recente realizado em Santiago do Chile, Corvalán & Vargas (2003) mostram que mesmo os fatores de deterioração propostos pela EPA (AP-42) ou pela UE

³⁶ tecnologicamente equivalentes ao Tier0 e em breve aos Tier1 americanos, com sistemas de controle de emissões de pós combustão sujeitos a uma deterioração bastante mais acentuada que os veículos de tecnologia mais arcaica

(COPERT) são substancialmente inferiores aos verificados em uma amostra de mais de 2000 veículos da frota em circulação na cidade.

Neste estudo, ainda de uma forma conservadora, usaremos fatores de deterioração retirados do AP-42 da EPA americana para veículos de geração similar às fases correspondentes do PROCONVE (avaliados pelos fatores médios de emissão de cada “geração”), de modo a fazer os resultados do inventário um pouco mais realísticos. Dessa forma, as fórmulas para o cálculo dos fatores de deterioração são:

$$FD = \frac{ZML + DR1 * Y}{ZML}, \text{ para km acumulada} = 50.000 \text{ milhas (80.467 km) e}$$

$$FD = \frac{ZML + DR1 * 5 + DR2 * Y}{ZML} \text{ para km acumulada} > 50.000 \text{ milhas (80.467 km).}$$

$$\text{Onde } Y = \frac{km_acumulada}{1,61 * 10000}$$

E os demais parâmetros são os seguintes:

Tabela 27 - Parâmetros para cálculo dos FDs - CO

ano-modelo	fase	ZML	DR1	DR2
anteriores a 1977	pré-PROCONVE	78,270	2,250	2,250
1978-1989	pré-PROCONVE	56,340	2,550	2,550
1990-1991	PROCONVE I	17,720	2,460	2,460
1992-1996	PROCONVE II	6,090	1,958	1,958
1997 em diante	PROCONVE III e posteriores	2,147	1,448	3,434

Fonte: Adaptado de EPA

Tabela 28 - Parâmetros para cálculo dos FDs - HC

ano-modelo	fase	ZML	DR1	DR2
anteriores a 1977	pré-PROCONVE	7,250	0,180	0,180
1978-1989	pré-PROCONVE	4,430	0,250	0,250
1990-1991	PROCONVE I	3,380	0,160	0,160
1992-1996	PROCONVE II	1,060	0,280	0,280
1997 em diante	PROCONVE II e posteriores	0,184	0,072	0,273

Fonte: Adaptado de EPA

Tabela 29 - Parâmetros para cálculo dos FDs - NO_x

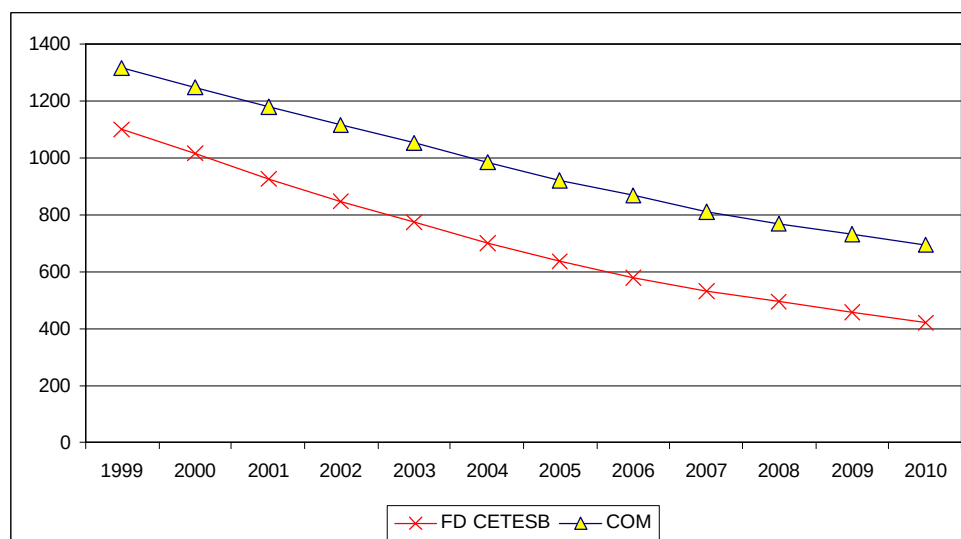
ano-modelo	fase	ZML	DR1	DR2
anteriores a 1977	pré-PROCONVE	3,440	0,000	0,000
1978-1989	pré-PROCONVE	4,350	0,000	0,000
1990-1991	PROCONVE I	2,440	0,040	0,040
1992-1996	PROCONVE II	1,500	0,102	0,102
1997-1999	PROCONVE III	0,467	0,083	0,186
1999 em diante	PROCONVE IV e posteriores	0,178	0,083	0,195

Fonte: Adaptado de EPA

A solução para esse problema somente deverá surgir quando estiverem disponíveis os dados que devem estar sendo compilados desde 2002 pelas montadoras sobre os fatores medidos de deterioração para fins de homologação³⁷.

É importante ressaltar que, com esses FDs corrigidos, os ganhos estimados do PROCONVE são bastante reduzidos em relação aos calculados anteriormente, como em La Rovere et al (2002). As figuras a seguir mostram o impacto da adoção desses FDs no cenário “Com PROCONVE”, em comparação com o que seria obtido com os FDs usualmente adotados pela CETESB.

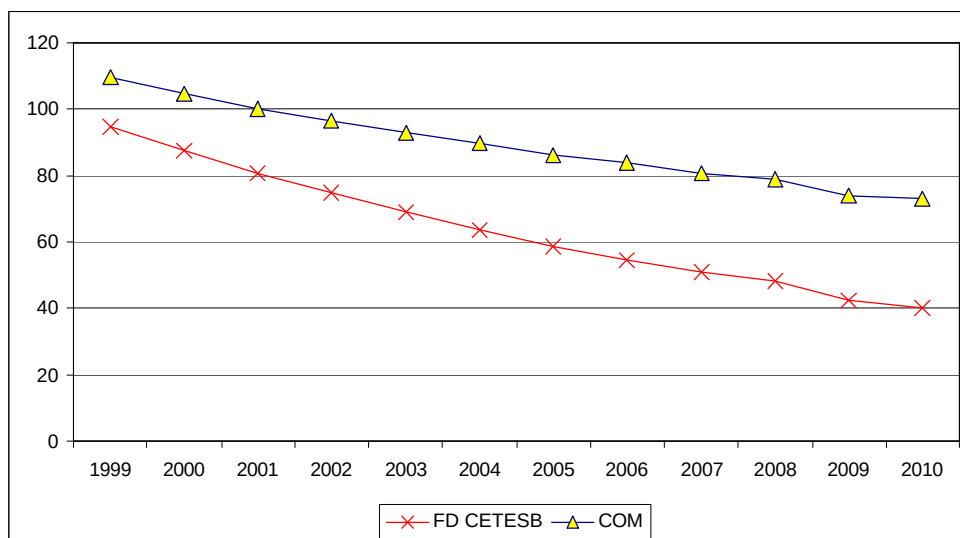
Figura 27 - Impacto dos FDs sobre as estimativas de emissões – CO [10³ ton/ano]



Fonte: elaboração própria

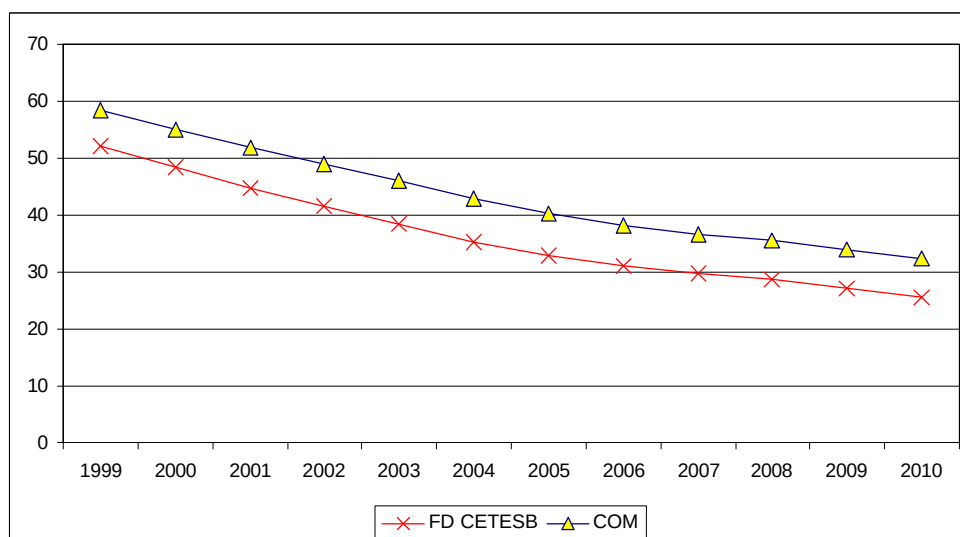
³⁷ Até 2002 as montadoras tinham autorização para usar fatores de deterioração (os adotados pela metodologia da CETESB) arbitrários para fins do processo de homologação. Desde Janeiro de 2002 as montadoras são obrigadas a fazer testes de durabilidade para os veículos de maior previsão de vendas (15.000 unidades/ano) e comunicar os resultados no processo de homologação. Infelizmente esses dados ainda não estão disponíveis.

Figura 28 - Impacto dos FDs sobre as estimativas de emissões – HC [10³ ton/ano]



Fonte: elaboração própria

Figura 29 - Impacto dos FDs sobre as estimativas de emissões – NOx [10³ ton/ano]



Fonte: elaboração própria

4.3 RESULTADOS

Esta Seção apresenta perspectivas para a evolução futura do Programa, permitindo embasar algumas considerações sobre o PROCONVE através da análise dos efeitos simulados da sua implantação no período 2002-2010.

4.3.1 EVOLUÇÃO DA FROTA E DA QUILOMETRAGEM PERCORRIDA

A composição da Frota segue a metodologia apresentada na Seção 4.2.1. Considerou-se que não serão vendidos veículos novos a GNV e a participação dos veículos novos a álcool se dará exclusivamente com veículos flex-fuel a partir de 2004, em uma razão que permitirá a manutenção do consumo atual de álcool hidratado.. A conversão de carros para GNV, por sua vez, reflete a expansão discreta do mercado de conversão de veículos a GNV e da oferta de gás na RMSP. A Tabela 30 ilustra a participação percentual de cada tipo de combustível nas vendas de veículos leves no mercado interno por ano-modelo.

Tabela 30 – Participação percentual nas vendas de veículos leves no mercado interno por combustível e ano-modelo no cenário

ANO-MODELO	Gasolina ¹	Álcool ¹	GNV ²
pré-89	68,73%	31,22%	0,05%
1990	86,51%	13,42%	0,07%
1991	78,39%	21,55%	0,06%
1992	72,62%	27,33%	0,06%
1993	74,75%	25,19%	0,06%
1994	89,27%	10,66%	0,07%
1995	97,60%	2,32%	0,08%
1996	99,47%	0,45%	0,08%
1997	99,85%	0,07%	0,08%
1998	99,82%	0,10%	0,08%
1999	98,91%	1,01%	0,08%
2000	97,68%	0,82%	1,50%
2001	96,84%	1,16%	2,00%
2002	93,51%	3,99%	2,50%
2003	87,00%	10,00%	3,00%
2004	81,50%	15,00%	3,50%
2005	81,00%	15,00%	4,00%
2006	80,50%	15,00%	4,50%
2007	80,00%	15,00%	5,00%
2008	79,50%	15,00%	5,50%
2009	79,00%	15,00%	6,00%
2010	78,50%	15,00%	6,50%

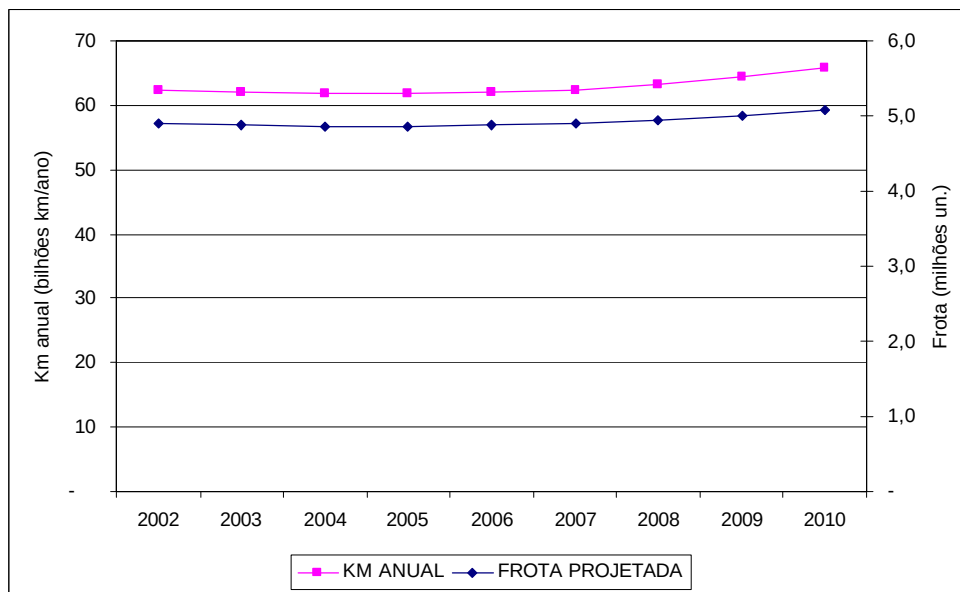
(1) A partir de 2004, participação ponderada pelo consumo de gasolina e álcool dos flex-fuel

(2) Somente conversões, baseadas nas vendas de cilindros

Fonte: Elaboração própria

A evolução da frota na RMSP nas condições está ilustrada na Figura 30 abaixo.

Figura 30 - Evolução da frota e da quilometragem anual percorrida na RMSP

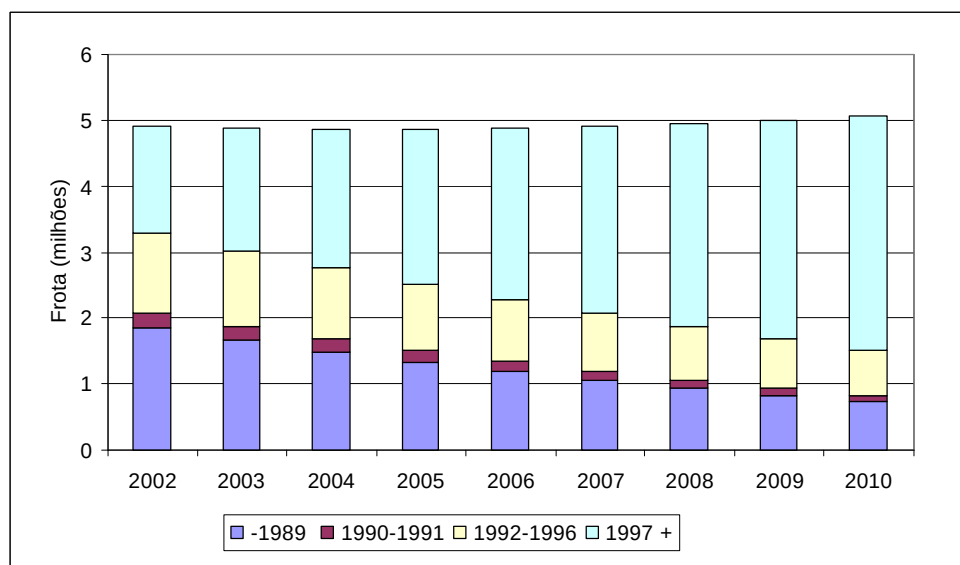


Fonte: Elaboração própria

Observa-se um aumento da frota total da ordem de cerca de 3,5% em 2010 em comparação com os níveis de 2002. Apesar de um crescimento anual de 4,4% ao ano das vendas, a expansão da frota é bastante atenuada pelo sucateamento da parcela antiga da frota.

A Figura 31 apresenta a evolução da frota por ano modelo.

Figura 31 - Frota por ano-modelo na RMSP



Fonte: Elaboração própria

Observa-se acima uma redução importante na participação dos veículos pré 1989 e um aumento da participação dos veículos pós 1997.

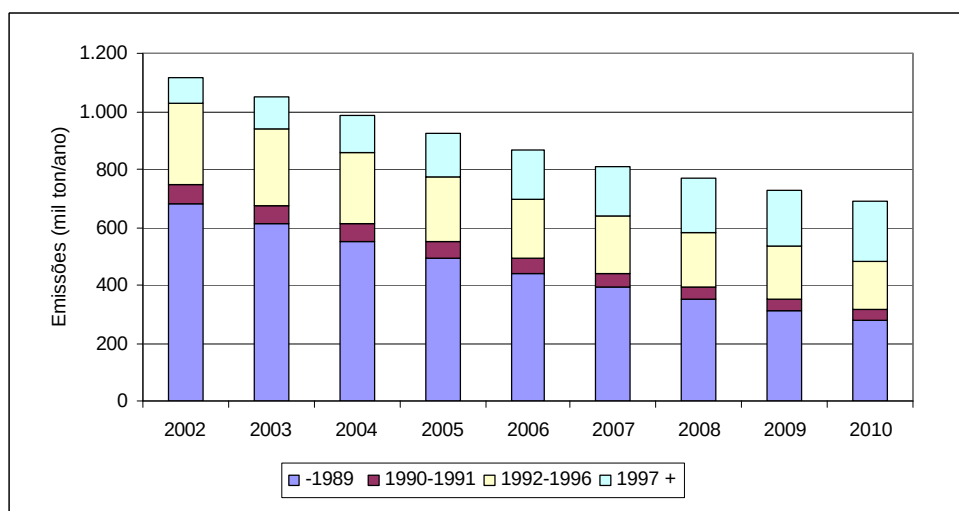
4.3.2 CENÁRIO “COM PROCONVE”

O cenário “com PROCONVE” do estudo é aquele conhecido como “*business as usual*”, ou seja, supõe-se que a situação atual perdurará, sem nenhum avanço não previsto no momento.

Assim, a alteração dos níveis de emissões ocorre em função da substituição de veículos mais velhos (e mais poluidores) por veículos mais novos, construídos para atender às especificações do PROCONVE.

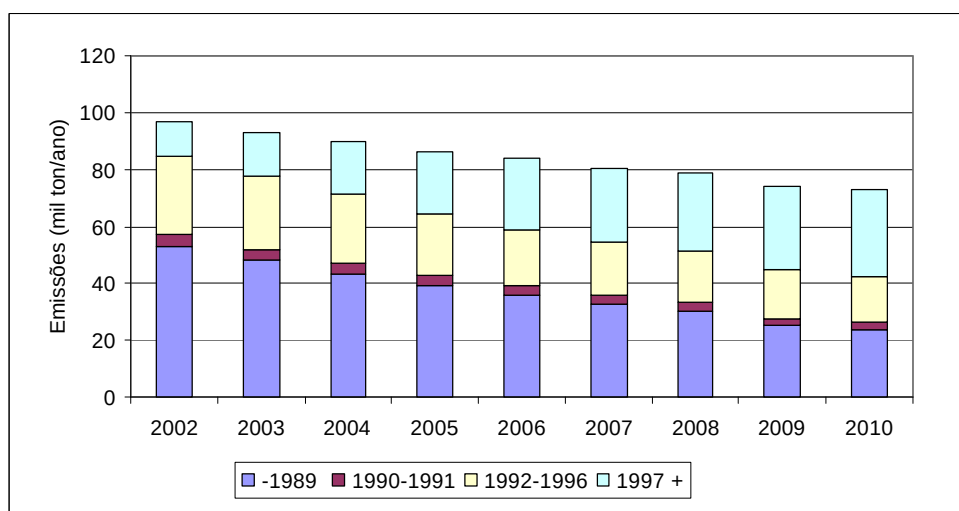
A substituição dos veículos mais antigos por novos, como visto na Seção anterior, tem um efeito significativo na redução das emissões. Os Gráficos a seguir ilustram esse fato.

Figura 32 - Emissão de CO por ano-modelo - cenário “Com PROCONVE”



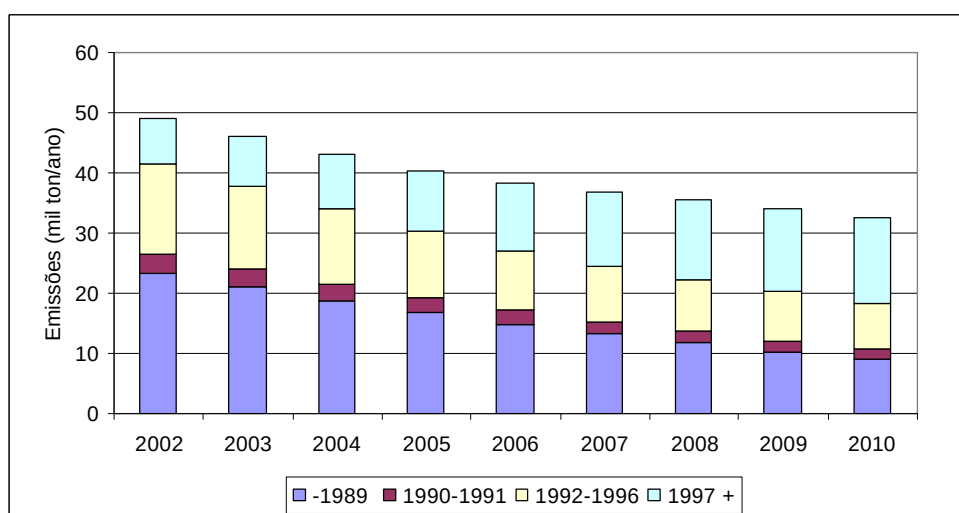
Fonte: Elaboração própria

Figura 33 - Emissão de HC por ano-modelo - cenário “Com PROCONVE”



Fonte: Elaboração própria

Figura 34 - Emissão de NOx por ano-modelo - cenário “Com PROCONVE”



Fonte: Elaboração própria

As Figuras acima mostram que os veículos antigos são responsáveis por boa parte das emissões. Apesar da frota total estar crescendo, as emissões reduzem-se em função da entrada de veículos mais novos em circulação. Dessa forma pode-se afirmar que uma parcela importante dos ganhos esperados do PROCONVE ainda está por vir, com o sucateamento natural dos veículos antigos. A Tabela 31 e a Tabela 32 apresentam as participações na frota e nas emissões por ano-modelo em 2002 e 2010.

Tabela 31 - Participação na frota e nas emissões por ano modelo em 2002

ANO-MODELO	FROTA	CO	HC	NOx
1989 e pré	37,8%	61,1%	54,8%	47,5%
1990-1991	4,6%	5,7%	4,4%	6,7%
1992-1996	24,4%	25,2%	28,4%	30,4%
1997 em diante	33,2%	8,0%	12,4%	15,3%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 32 - Participação na frota e nas emissões por ano modelo em 2010

ANO-MODELO	FROTA	CO	HC	NOx
1989 e pré	14,2%	40,2%	32,9%	27,9%
1990-1991	2,1%	5,5%	3,2%	5,1%
1992-1996	13,4%	24,3%	22,1%	23,2%
1997 em diante	70,3%	30,1%	41,9%	43,8%

Fonte: Elaboração própria

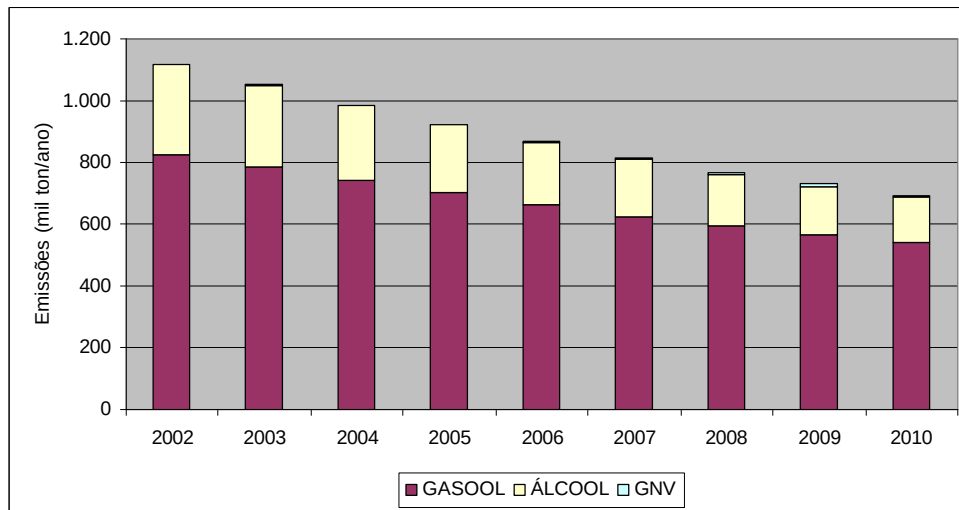
Nota-se que em 2002, os veículos pré 1989 representavam 37,8% do total da frota, sendo responsáveis pela emissão da maioria dos poluentes (61,1% do CO, 54,8% do HC e 47,5% do NOx). Enquanto isso, os veículos novos (pós 1997), já representavam 1/3 da frota mas emitiam apenas 8% do CO, 12,4% do HC e 15,3% do NOx.

Em 2010, a modelagem prevê que os veículos pré 1989 representarão apenas 14,2% do total da frota, mas continuariam a ser grandes poluidores, contribuindo com 40,2% do CO, 32,9% do HC e 27,9% do NOx lançados no ar pelos automóveis. Enquanto isso, no os veículos mais novos (pós 1997), representarão mais de 70% da frota e emitirão apenas 30,1% de CO, 41,9% do HC e 43,8% do NOx.

As Figuras a seguir apresentam as emissões no cenário “com PROCONVE” por combustível. Pode-se observar que a participação das emissões dos poluentes no total de automóveis que usam álcool hidratado é bem menor do que da gasolina, em função dos tamanhos relativos das frotas, mas está se mantendo proporcionalmente estável por causa da introdução dos veículos flex-fuel, que vai substituindo – com vantagens em termos de emissões – os velhos carros movidos exclusivamente a álcool.

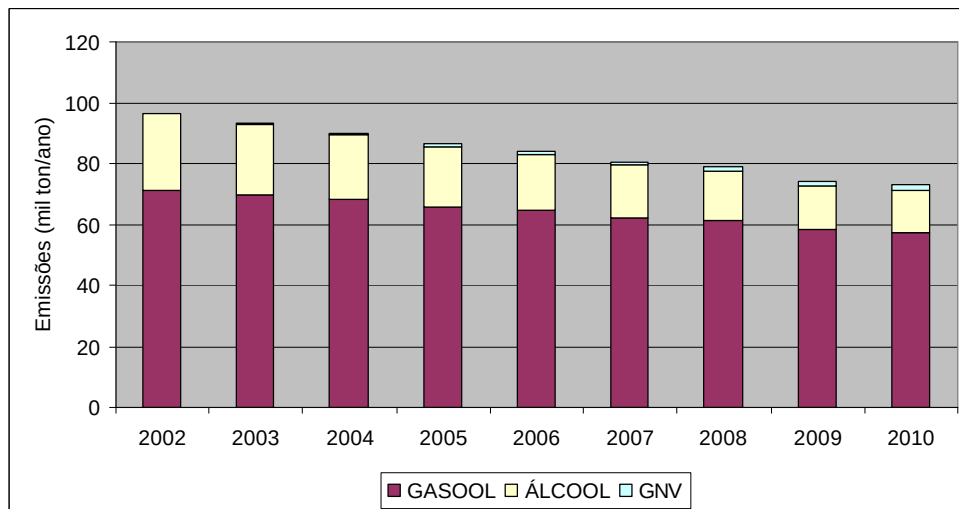
A participação dos automóveis a GNV nas emissões é desprezível, em função do diminuto tamanho da frota modelada.

Figura 35 - Emissão de CO por combustível - cenário “Com PROCONVE”



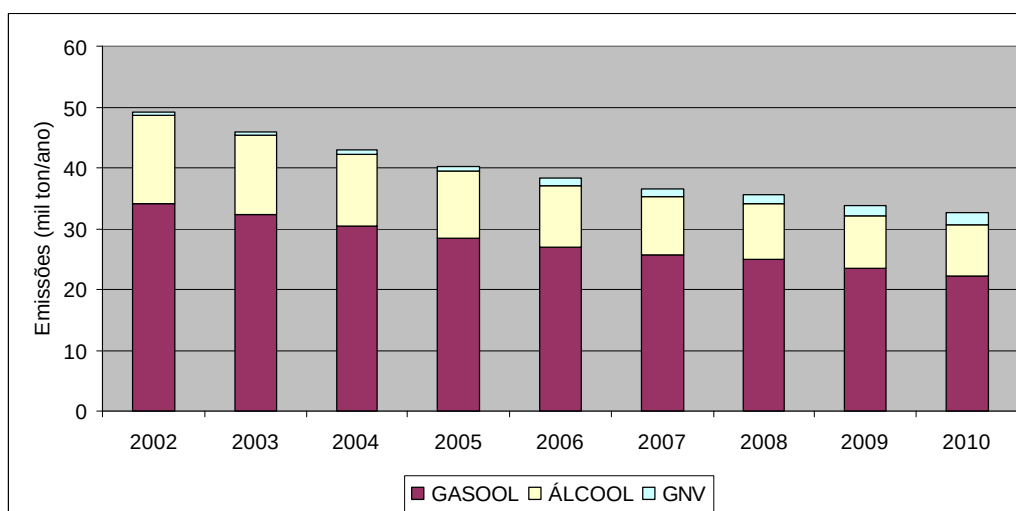
Fonte: Elaboração própria

Figura 36 - Emissão de HC por combustível - cenário “Com PROCONVE”



Fonte: Elaboração própria

Figura 37 - Emissão de NOx por combustível - cenário “Com PROCONVE”



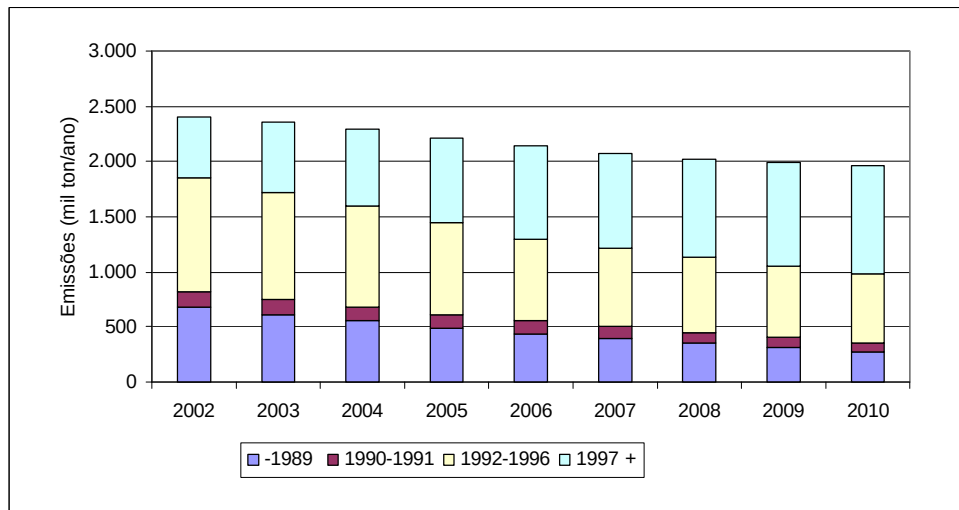
Fonte: Elaboração própria

4.3.3 CENÁRIO “SEM PROCONVE – OTIMISTA”

O cenário “sem PROCONVE - otimista” – simula as emissões caso o PROCONVE não tivesse sido implantado, alterando os fatores de emissão dos veículos novos de forma a simular uma evolução tecnológica independente de considerações ambientais induzidas pelo PROCONVE.

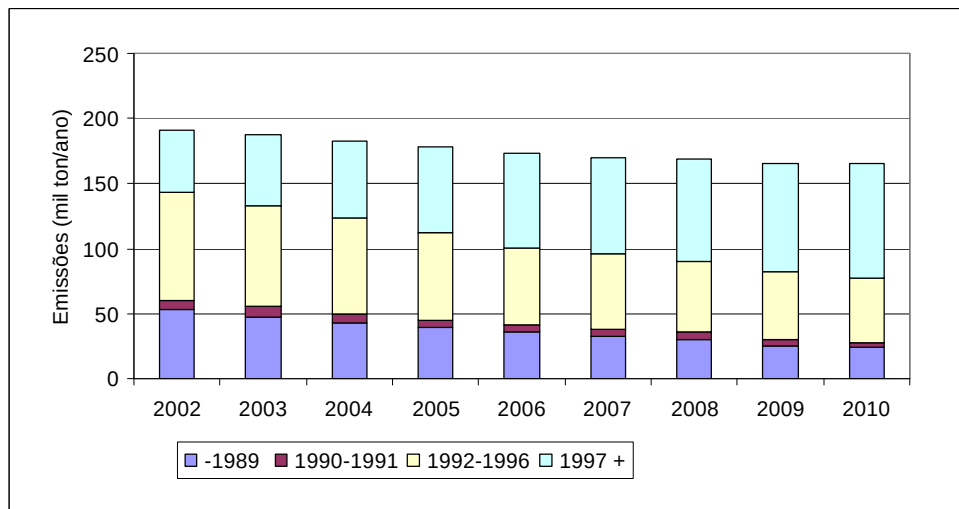
Novamente, a exemplo do cenário “com PROCONVE”, a evolução dos níveis de emissões ocorre em função da substituição de veículos mais velhos (e mais poluidores) por veículos mais novos, menos poluidores. Como os avanços tecnológicos introduzidos são bem mais tímidos do que os verificados no cenário base.

Figura 38 - Emissão de CO por ano-modelo - cenário “Sem PROCONVE - otimista”



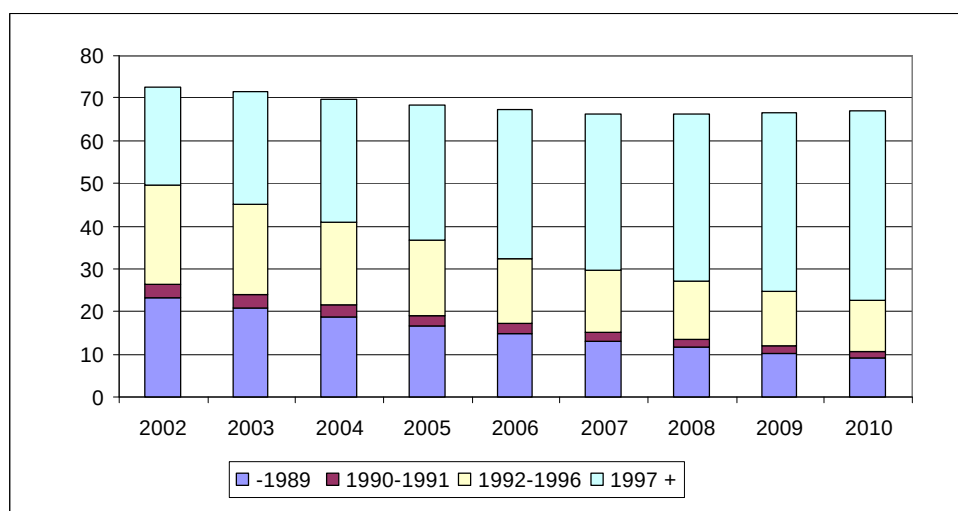
Fonte: Elaboração própria

Figura 39 - Emissão de HC por ano-modelo - cenário “Sem PROCONVE - otimista”



Fonte: Elaboração própria

Figura 40 - Emissão de NOx por ano-modelo - cenário “Sem PROCONVE - otimista” [10³ ton/ano]



Fonte: Elaboração própria

As Figuras acima e a Tabela 33 e a Tabela 34 mostram que neste cenário os veículos mais antigos não seriam mais os principais responsáveis pelas emissões, dividindo parte do ônus com os veículos mais novos. Apesar do crescimento da frota total, há uma pequena redução nas emissões de CO e HC, em função da saída de circulação de veículos muito antigos, mas a evolução tímida dos automóveis prevista neste cenário não seria capaz de promover alguma redução importante nas emissões de NOx.

Dessa forma, em 2002 os veículos pré 1989 que representavam 37,8% do total da frota foram responsáveis por cerca de 30% das emissões dos três poluentes, enquanto que, os veículos mais novos (pós 1997), que compunham 1/3 da frota emitiam 23% do CO, 25% do HC e 31% do NOx. Em 2010 os veículos pré 1989 (14,2% da frota), deixariam de ser os grandes poluidores, contribuindo com cerca de 14% das emissões, enquanto que os veículos mais novos (70% da frota) passariam a ser responsáveis por pouco mais da metade das emissões de CO e HC e por cerca de 2/3 das emissões de NOx.

Tabela 33 - Participação na frota e nas emissões por ano modelo em 2002

ANO-MODELO	FROTA	CO	HC	NOx
1989 e pré	37,8%	28,4%	27,7%	32,0%
1990-1991	4,6%	5,8%	4,1%	4,3%
1992-1996	24,4%	42,7%	43,5%	32,0%
1997 em diante	33,2%	23,1%	24,7%	31,7%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 34 - Participação na frota e nas emissões por ano modelo em 2010

ANO-MODELO	FROTA	CO	HC	NOx
1989 e pré	14,2%	14,1%	14,5%	13,5%
1990-1991	2,1%	4,2%	2,5%	2,3%
1992-1996	13,4%	31,3%	29,5%	17,7%
1997 em diante	70,3%	50,3%	53,5%	66,5%

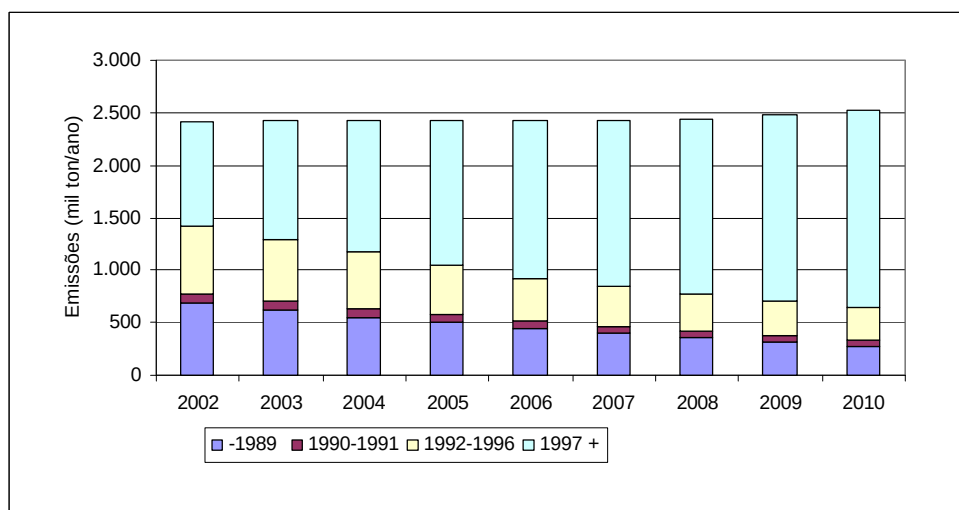
Fonte: Elaboração própria

4.3.4 CENÁRIO “SEM PROCONVE – PESSIMISTA”

O cenário “sem PROCONVE - pessimista” do estudo representa a improvável e extrema situação de que, pelo menos em termos de emissões, os veículos novos vendidos no país mantém e manterão até 2010 as mesmas características dos veículos vendidos na década de 70 e 80.

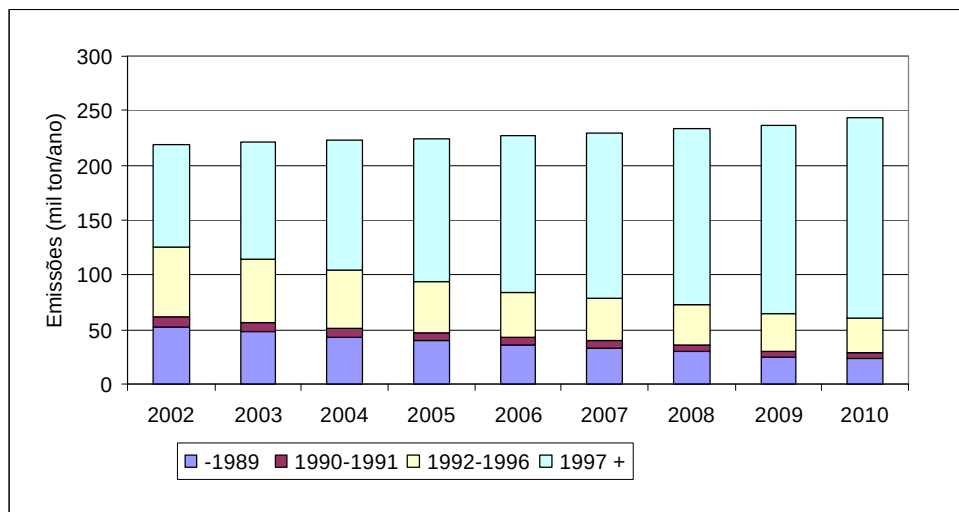
Como mostram as Figuras abaixo, neste cenário as emissões totais aumentariam na RMSP em uma razão muito próxima da expansão da frota, que crescerá cerca de 3,5% entre 2002 e 2010. Ao final do período de análise as emissões de CO seriam 4,5% maiores do que as de 2002, enquanto que as emissões de HC e NOx seriam, respectivamente, 10,9% e 4,9% maiores.

Figura 41 - Emissão de CO por ano-modelo - cenário “Sem PROCONVE - pessimista”



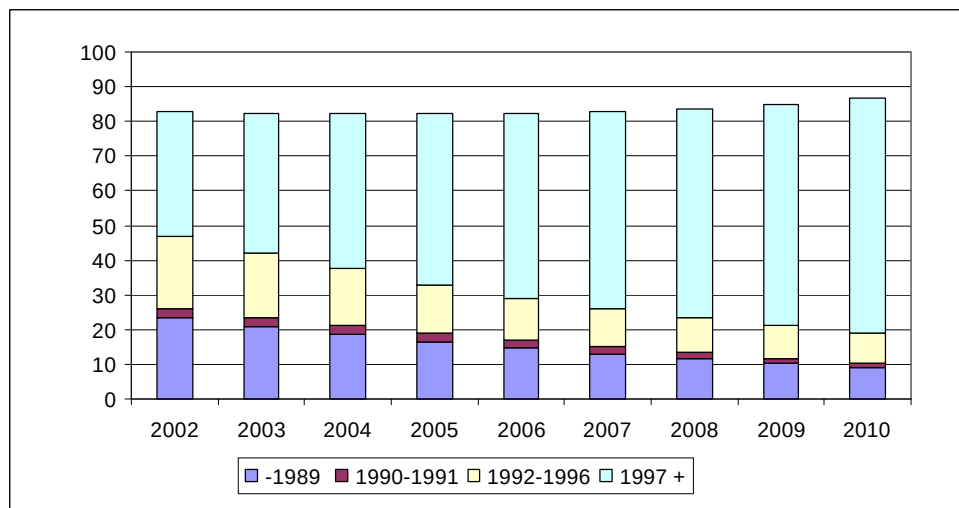
Fonte: Elaboração própria

Figura 42 - Emissão de HC por ano-modelo - cenário “Sem PROCONVE - pessimista”



Fonte: Elaboração própria

Figura 43 - Emissão de NOx por ano-modelo - cenário “Sem PROCONVE - pessimista”



Fonte: Elaboração própria

A Tabela 35 e a Tabela 36 evidenciam de uma forma bastante clara que a participação nas emissões depende basicamente do tamanho da frota, como seria de se esperar em um cenário de grande uniformidade nas emissões unitárias (só afetadas em parte pela deterioração natural das emissões).

Tabela 35 - Participação na frota e nas emissões por ano modelo em 2002

ANO-MODELO	FROTA	CO	HC	NOx
1989 e pré	37,8%	28,2%	24,1%	28,2%
1990-1991	4,6%	3,9%	4,2%	3,4%
1992-1996	24,4%	26,7%	28,8%	24,9%
1997 em diante	33,2%	41,1%	42,9%	43,4%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 36 - Participação na frota e nas emissões por ano modelo em 2010

ANO-MODELO	FROTA	CO	HC	NOx
1989 e pré	14,2%	11,0%	9,9%	10,5%
1990-1991	2,1%	2,0%	2,1%	1,5%
1992-1996	13,4%	12,4%	12,9%	9,9%
1997 em diante	70,3%	74,6%	75,1%	78,1%

Fonte: Elaboração própria

4.3.5 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

A Tabela 37 e a Tabela 38 abaixo colocam lado a lado os resultados do cenário “com PROCONVE” com os cenários “sem PROCONVE – otimista” e “sem PROCONVE – pessimista”.

Tabela 37 – Comparação das emissões dos cenários “com PROCONVE” e “sem PROCONVE – otimista” entre os anos 2002 - 2010

ano	frota (un.)	km anual (1000 km/ano)	CO			HC			NOx		
			sem-otim (ton/ano)	com (ton/ano)	redução (%)	sem-otim (ton/ano)	com (ton/ano)	redução (%)	sem-otim (ton/ano)	com (ton/ano)	redução (%)
2002	4.902.576	62.234	2.402.440	1.116.692	53,5%	190.952	96.489	49,5%	72.771	49.055	32,6%
2003	4.877.658	62.070	2.354.584	1.051.896	55,3%	187.709	93.129	50,4%	71.378	46.007	35,5%
2004	4.864.912	61.887	2.288.983	985.704	56,9%	183.293	89.761	51,0%	69.799	42.922	38,5%
2005	4.864.837	61.832	2.211.400	923.554	58,2%	178.258	86.348	51,6%	68.346	40.311	41,0%
2006	4.877.967	62.095	2.141.144	868.054	59,5%	174.172	83.942	51,8%	67.399	38.248	43,3%
2007	4.904.845	62.386	2.069.764	812.210	60,8%	170.148	80.575	52,6%	66.432	36.646	44,8%
2008	4.945.988	63.198	2.022.309	767.915	62,0%	168.430	78.834	53,2%	66.168	35.542	46,3%
2009	5.001.866	64.475	1.992.409	729.377	63,4%	165.084	74.104	55,1%	66.492	33.911	49,0%
2010	5.072.875	65.860	1.967.493	692.962	64,8%	165.871	72.994	56,0%	66.996	32.476	51,5%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 38 – Comparação das emissões dos cenários “com PROCONVE” e “sem PROCONVE – pessimista” entre os anos 2002 - 2010

	frota (un.)	km anual (1000 km/ano)	CO			HC			NOx		
			sem-pess (ton/ano)	com (ton/ano)	redução (%)	sem-pess (ton/ano)	com (ton/ano)	redução (%)	sem-pess (ton/ano)	com (ton/ano)	redução (%)
2002	4.902.576	62.234	2.414.902	1.116.692	53,8%	219.380	96.489	56,0%	82.674	49.055	40,7%
2003	4.877.658	62.070	2.422.068	1.051.896	56,6%	221.941	93.129	58,0%	82.412	46.007	44,2%
2004	4.864.912	61.887	2.424.546	985.704	59,3%	223.446	89.761	59,8%	82.197	42.922	47,8%
2005	4.864.837	61.832	2.421.696	923.554	61,9%	224.913	86.348	61,6%	82.066	40.311	50,9%
2006	4.877.967	62.095	2.419.649	868.054	64,1%	227.349	83.942	63,1%	82.219	38.248	53,5%
2007	4.904.845	62.386	2.422.397	812.210	66,5%	229.552	80.575	64,9%	82.507	36.646	55,6%
2008	4.945.988	63.198	2.444.820	767.915	68,6%	233.884	78.834	66,3%	83.476	35.542	57,4%
2009	5.001.866	64.475	2.484.747	729.377	70,6%	236.725	74.104	68,7%	85.049	33.911	60,1%
2010	5.072.875	65.860	2.526.381	692.962	72,6%	243.341	72.994	70,0%	86.756	32.476	62,6%

Fonte: Elaboração própria

Os resultados mostram que ao PROCONVE já pode ser creditada no presente a redução de pelo menos a metade das emissões de CO e HC e 1/3 das emissões de NOx, levando-se em conta os resultados mais conservadores (e possivelmente próximos da realidade) do cenário “sem PROCONVE – otimista”. Para os que preferem usar em sua argumentação o cenário “sem PROCONVE – pessimista”, essas reduções seriam de aproximadamente 57% para as emissões de CO, 58% para HC e 44% para NOx.

A simulação prevê que os ganhos avancem com o tempo. Dessa forma, em 2010 o PROCONVE poderá ser responsável pela retirada de pelo menos cerca 2/3 das emissões de CO, cerca de 56% das emissões de HC e pouco mais da metade das emissões de NOx da frota de veículos leves da RMSP.

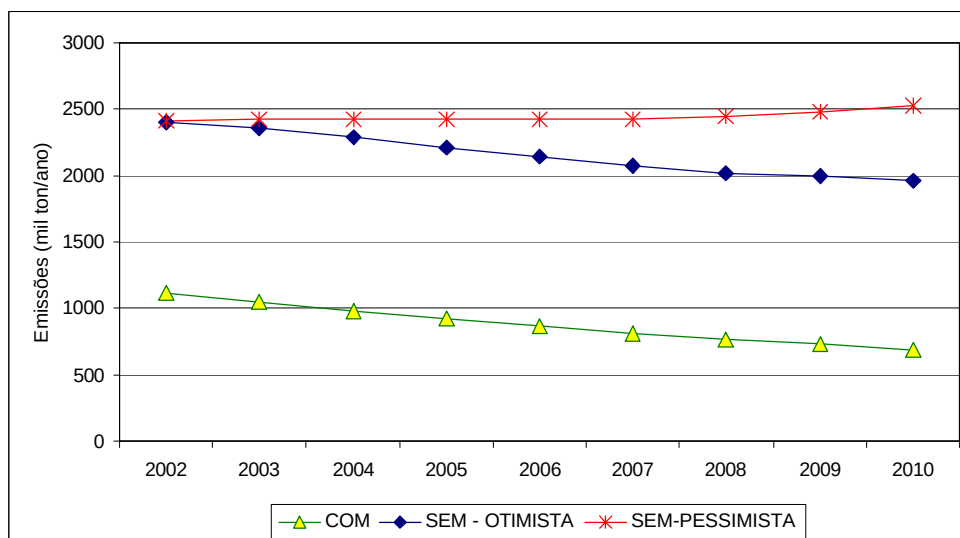
Em que pese as magnitudes das remoções, a evolução relativa das reduções de cargas poluentes é tímida (de 53,5% em 2002 para 64,8% em 2010 para CO, de 49,5% para 56% em HC e de 32,6% para 51,5% para as emissões de NOx no cenário “otimista”).

Isso indica que o Programa sozinho não conseguirá fazer face ao desafio de melhorar substancialmente a qualidade do ar na RMSP (ou em qualquer outra cidade brasileira, posto que a composição da frota paulista é bastante representativa da frota da maioria das grandes cidades brasileiras). As figuras abaixo ilustram esse problema. Considerando-se apenas o cenário “sem PROCONVE – otimista”³⁸, observa-se que as curvas representando as emissões são praticamente paralelas para todos os poluentes no período considerado (um pouco menos no caso de NOx), indicando que em termos relativos os ganhos do Programa pouco avançarão com o passar do tempo.

As simulações mostram que o PROCONVE que é capaz de sustentar uma gradual redução das emissões de poluentes. Porém, para obter avanços mais significativos em termos de qualidade do ar programas complementares como o de I/M (PIV) e outros serão necessários.

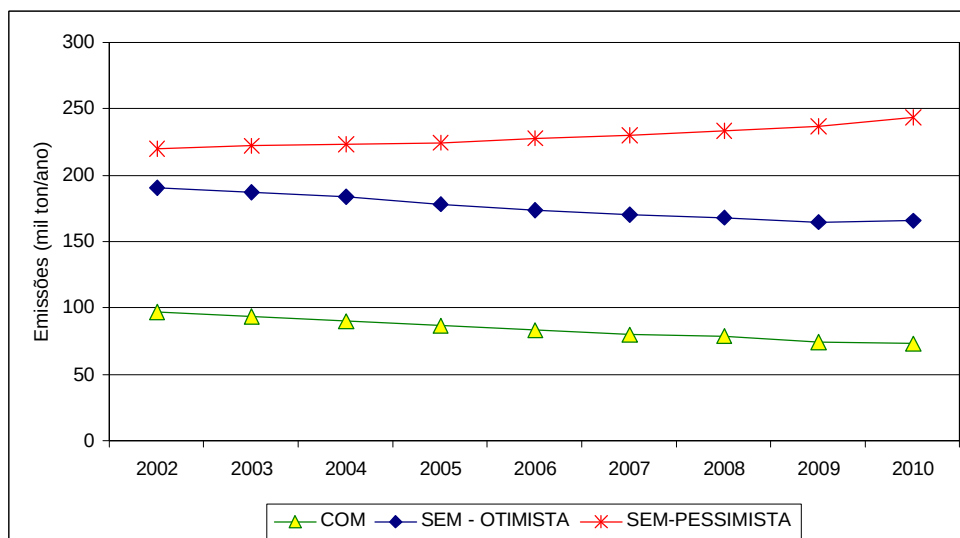
³⁸ o cenário “sem PROCONVE – pessimista” é apresentado apenas como uma ilustração de uma situação extrema e improvável

Figura 44 - Emissões de CO nos cenários “Sem PROCONVE” e “Com PROCONVE”



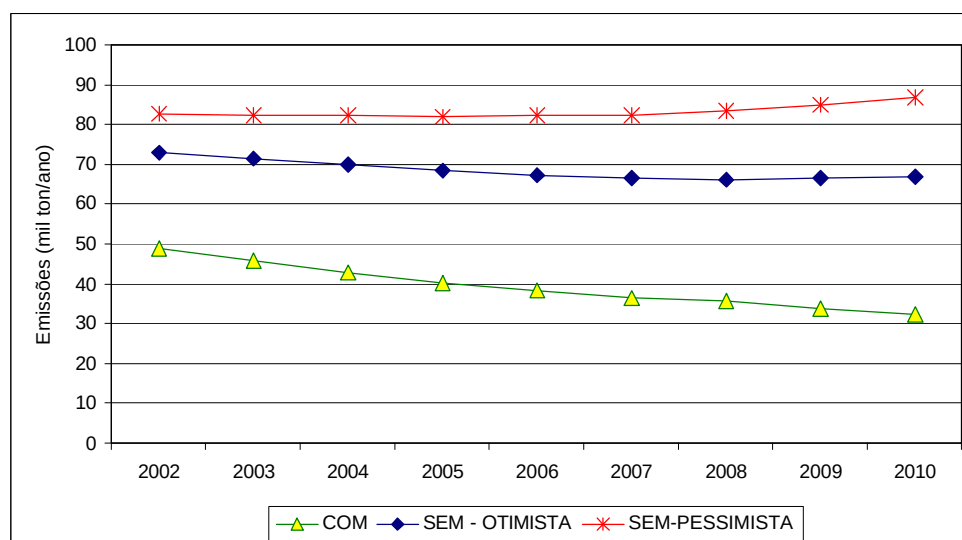
Fonte: Elaboração própria

Figura 45 - Emissões de HC nos cenários “Sem PROCONVE” e “Com PROCONVE”



Fonte: Elaboração própria

Figura 46 - Emissões de NOx nos cenários “Sem PROCONVE” e “Com PROCONVE”



Fonte: Elaboração própria

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Algumas das grandes aglomerações urbanas brasileiras, notadamente a Região Metropolitana de São Paulo, apresentam problemas ligados à poluição do ar.

Os indicadores oferecidos pelas redes de monitoramento da qualidade do ar indicam que nos últimos 30 anos tem-se verificado uma escalada nas concentrações de poluentes como material particulado, monóxido de carbono e ozônio troposférico.

Medidas de combate ao problema vêm sendo tomadas, embora sem muita coordenação ou planejamento, e remontam há mais de um quarto de século. Como resultado dessas medidas, tem-se verificado nos últimos anos uma estabilização dos níveis dos principais poluentes, alguns com uma ligeira tendência de queda como é o caso do CO, alguns ainda apresentando uma ligeira elevação, como é o caso do ozônio e alguns de seus precursores.

Há muitas evidências de que uma parte importante dessa poluição tem origem nos veículos em circulação. A explosão dos índices de poluição coincide com a expansão da frota circulante e da piora das condições de tráfego. Várias outras cidades no mundo sofreram problemas semelhantes, e inventários de poluição minuciosos apontaram em praticamente todos os casos um mesmo vilão principal: os veículos, leves e pesados. Note-se que essa explosão da poluição urbana é consideravelmente diferente daquela verificada no século XIX e início do século XX em algumas cidades da Europa e Estados Unidos, afetadas em grande escala pela industrialização. Esse processo, inicialmente evidenciado nas cidades do primeiro mundo nas décadas de 1950 e 1960, rapidamente expandiu-se para as cidades do terceiro mundo, principalmente as grandes aglomerações urbanas.

Muito embora seja evidente que os veículos são o grande vilão da poluição do ar nas cidades³⁹, os inventários de emissões até hoje realizados no país não são capazes de dar informações acuradas sobre as contribuições de cada fonte de forma a permitir o estabelecimento de funções dose-resposta confiáveis.

São Paulo, por ser a maior aglomeração urbana do país, foi a primeira região a sentir os efeitos da poluição e também a primeira a reagir a esse desafio. Não é à toa que o estado tem um órgão ambiental que é referência nacional, e que boa parte das medidas de combate à poluição do ar no país tenham sido originadas lá.

São Paulo tem a maior e mais confiável rede de aquisição de dados sobre a qualidade do ar e vem realizando sistematicamente inventários de poluição desde a década de 1970, objetivando reunir informações para embasar medidas de controle. Infelizmente, a exemplo do que ocorreu em outras cidades não só do Brasil mas também do resto do mundo, nem sempre os recursos necessários são disponíveis, e como resultado tanto a rede de monitoramento quanto a qualidade dos inventários estão ainda aquém do ideal.

Mas as informações – principalmente as séries históricas construídas – mostram claramente que o que se verifica na RMSP em termos de poluição do ar pode ser em muito atribuído à expansão da circulação de veículos. Os modelos receptores de particulados, tradicionalmente usados para atribuir a distribuição entre as fontes na falta de inventários acurados- indicam claramente essa tendência.

Algumas medidas para controlar a poluição foram tomadas ao longo dos anos. As indústrias da RMSP sofrem hoje intenso controle. As que não se deslocaram para outras áreas menos saturadas podem ser consideradas pouco poluidoras, possivelmente menos até do que o que se considera nos inventários oficiais que não têm os dados de contribuição industrial atualizados constantemente.

Para controlar a poluição veicular, outra série de medidas foram tomadas. Uma das primeiras e mais importantes foi o estabelecimento de um programa – de âmbito

³⁹ até porque nas últimas décadas verificou-se uma grande redução das demais atividades como as indústrias que deslocaram-se em grande parte para áreas mais afastadas, da queima do lixo urbano e o aumento dos níveis de pavimentação nas áreas urbanas.

nacional, pois não poderia ser de outra forma – de redução das emissões potenciais dos veículos novos. Esse programa foi chamado de PROCONVE e foi gestado dentro da própria CETESB com o respaldo da indústria automobilística – essencialmente localizada na própria RMSP -, das diversas esferas governamentais e da indústria de petróleo.

Outras medidas foram tomadas, algumas mais bem sucedidas do que outras. Restrições à circulação como o rodízio, a criação de faixas especiais para coletivos, o metrô e a criação de frotas especiais de ônibus movidos a gás, por exemplo, justificaram-se em boa parte como iniciativas para combater o crescente problema da poluição.

A simples substituição de veículos altamente poluidores por veículos dotados de modernos sistemas de controle de emissões em conjunto com o sucateamento natural da frota não serão suficientes para reduzir as emissões de modo a melhorar substancialmente a qualidade do ar na região.

Estudos anteriores (por exemplo, La Rovere et al, 2002) indicavam uma participação muito importante do PROCONVE na redução da poluição do ar. O presente estudo retoma esses cálculos mas conclui que as reduções de emissões não serão tão grandes do que o previsto anteriormente, muito em função da adoção de fatores de deterioração mais próximos da realidade.

Com, isso, medidas mais eficientes para retirar de circulação uma parte da frota que não só polui mas também contribui para aumentar o congestionamento, reduzir a velocidade média de circulação e piorar ainda mais a poluição são necessárias e urgentes. É consenso que a solução passa por oferecer serviços de transporte coletivo de qualidade, o que infelizmente não é trivial para uma região com as magníficas escalas de São Paulo.

- O IMPACTO DO PROCONVE

Pode-se afirmar que o PROCONVE contribuiu de forma importante até o momento para a redução das emissões de poluentes de origem veicular, especialmente no caso dos veículos leves a gasolina, determinando padrões de emissão que estimularam a indústria automobilística a adequar a tecnologia veicular a esses novos padrões.

Ao PROCONVE já pode ser creditada no presente a redução de pelo menos a metade das emissões de CO e HC e 1/3 das emissões de NOx, levando-se em conta os resultados mais conservadores (e possivelmente próximos da realidade) do cenário “sem PROCONVE – otimista”.

Além da redução de emissões de veículos leves, o PROCONVE foi importante no sentido propiciar ao setor automobilístico nacional (montadoras, autopeças e serviços) capacitação para adequar-se aos limites mais restritivos de emissões, atualizando-se em relação aos países mais desenvolvidos e ganhando competitividade em mercados mais restritos por limitações de ordem ambiental. O PROCONVE induziu também a implantação de, até o ano de 2001, de 14 laboratórios de ensaios de veículos leves e 15 de motores, possibilitando a importação e exportação de veículos sem a necessidade de se recorrer a ensaios realizados no exterior. Além disso, o Programa contribuiu para a melhora na qualidade dos inventários de emissão veicular, através das informações constantes nos certificados de homologação dos veículos.

Esses benefícios foram obtidos a custos modestos para a indústria, que puderam ser internalizados durante o período de implementação do Programa. Isso fica evidenciado pela não verificação de aumentos significativos nos preços finais dos veículos ao consumidor.

É sempre bom lembrar que boa parte dos investimentos em P&D já tinham sido internalizados pelas grandes montadoras para atender às normas ambientais em outros mercados, o que certamente reduziu significativamente os custos de implantação do PROCONVE.

O PROCONVE pode ser considerado um programa bem estruturado sob o ponto de vista legal. Entretanto, em função de requisitos administrativos e operacionais e do rápido progresso verificado nos setores automobilístico e de combustíveis, a sua base legal necessita ser revista e aprimorada periodicamente, o que requer atualização técnica e institucional permanente das instituições governamentais envolvidas. A demora verificada na retomada das discussões sobre o estabelecimento das metas futuras do PROCONVE, que consumiu cerca de três anos desde os primeiros contatos mantidos pela CETESB e IBAMA com a indústria automobilística, indica que a atualização

técnica e institucional deve ser incentivada e mantida, sob pena de se perder eficiência nos processos de atualização do Programa.

- **INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO VEICULAR**

A manutenção dos ganhos conseguidos com o PROCONVE também tem que ser garantida. Sabe-se que os níveis de emissão dos automóveis dotados de modernos sistemas de controle de emissões sofrem uma deterioração mais acentuada ao longo do tempo do que os veículos mais antigos. Medidas feitas por sensoriamento remoto indicam que mesmo veículos de fabricação recente podem contribuir com cargas poluidoras elevadas (Branco & Branco, 2002).

Conseqüentemente, a entrada em vigor de sistemas de inspeção e manutenção veicular que consigam manter a frota circulante em boas condições é absolutamente fundamental para evitar que os altos investimentos feitos para a implementação do PROCONVE sejam perdidos.

As escalas e os problemas políticos associados à implantação de um sistema impediram até o momento que um sistema de I/M fosse implantado na RMSP. O Município de São Paulo deverá brevemente tomar a frente dessa iniciativa, mas por outro lado o Estado do Rio de Janeiro conseguiu implantar um sistema de I/M desde 1997, mostrando que as barreiras não são absolutamente intransponíveis.

Embora bastante aquém de um sistema de inspeção ideal como o perseguido pelas autoridades paulistas – até agora não realizado – o sistema de I/M do RJ representou um importante avanço, ajudando a manter uma parcela importante de frota em boas condições de circulação e contribuindo não só para a redução das emissões veiculares (mesmo tendo caráter apenas educativo para a maioria da frota) mas também da segurança no trânsito.

Uma lição importante a ser aprendida sobre o sistema de I/M do RJ, talvez a sua maior falha, não se deve ao programa em si, mas à falta de capacidade do poder público de fiscalizar os veículos que não passam pela inspeção e que circulam na ilegalidade.

Muito recentemente o Detran do RJ tem tentado intensificar a fiscalização, mas também fica evidente que os demais problemas de segurança do RJ deverão manter as

autoridades policiais ocupadas com outras prioridades nos próximos tempos. Para que o I/M local seja uma iniciativa efetivamente capaz de mudar o perfil da frota de uma forma mais dramática talvez seja interessante atribuir a fiscalização a outros agentes que não a PM estadual.

- COMBUSTÍVEIS

Simulações demonstram que o papel do tipo de combustível empregado - respeitadas as provisões legais de qualidade - é de pequena relevância para a composição das emissões dos veículos leves ciclo otto. Assim, o tipo de combustível empregado tem um efeito sensivelmente menor sobre as emissões do que a aderência ou não a um programa como o PROCONVE.

Por outro lado, a qualidade dos combustíveis oferecidos ao consumidor⁴⁰, é primordial para o bom funcionamento dos sistemas de controle de emissões instalados nos veículos mais modernos. As tolerâncias das especificações dos combustíveis tendem a ser cada vez mais rígidas, exigindo cada vez mais ainda da indústria do petróleo e dos órgãos responsáveis pela fiscalização. Combater a adulteração dos combustíveis continua a ser um desafio para as autoridades responsáveis, e deve continuar a ser uma prioridade.

A questão do álcool embute discussões que envolvem pontos fundamentais das políticas energética, agrícola, industrial, trabalhista, de comércio internacional, além da ambiental. Embora os aspectos ambientais (positivos) do álcool sejam sempre destacados, as decisões sobre o seu uso privilegiam os interesses das demais esferas. Nesse sentido, é importante uma melhor mobilização da área ambiental para aumentar a sua participação nessa discussão. Um exemplo dessa falta de capacidade da área ambiental de articular decisões é a variação do teor de álcool misturado à gasolina, que oscila de acordo com interesses que por vezes vão de encontro aos de manter os veículos em perfeito funcionamento, seja sob o ponto de vista das emissões seja do ponto de vista da eficiência energética.

⁴⁰ ou seja, o estrito respeito às especificações determinadas na legislação

A adaptação de parte da frota para GNV tem trazido problemas sérios de emissões em função da má qualidade de boa parte das conversões, como mostram os dados recentes da CETESB. Parte desse problema está sendo adequadamente equacionado com a nova legislação sobre as novas conversões. Por outro lado, será necessário um esforço contínuo de fiscalização para coibir a circulação dos veículos convertidos em não conformidade com as normas ambientais vigentes.

De todo modo, é nossa opinião que o melhor nicho a ser ocupado pelo GNV é o de parte da frota diesel de circulação restrita aos grandes centros urbanos, onde os ganhos em termos de emissões e de política energética - aliviando a grande demanda por diesel - seriam muito mais evidentes.

As emissões da frota a diesel, não abordadas em detalhes neste trabalho têm uma contribuição fundamental para a poluição do ar, como mostram os inventários locais⁴¹ e a experiência internacional.

O teor de enxofre do diesel brasileiro é relativamente alto, impedindo o uso de sistemas de controle de emissões mais sofisticados. Assim, a redução dos teores de SOx é condição importante para a redução da emissão de outros poluentes pela frota diesel.

A diferenciação entre o diesel automotivo metropolitano, com teores mais baixos de enxofre e o diesel automotivo interior pode trazer problemas sérios na eventualidade de se fabricarem veículos diesel emissionados. O eventual uso do diesel interior com altos teores de enxofre em veículos com catalisadores poderia comprometer a eficácia dos sistemas de controle de emissões à semelhança do que ocorre atualmente em certos países que ainda permitem o uso de gasolina aditivada com chumbo.

O equacionamento desta questão não é trivial, pois a adoção de um diesel com baixo teor de enxofre em todo o País pode ter custos muito altos em função da necessidade de instalar e/ou ampliar as unidades de dessulfurização de diesel nas refinarias nacionais e dos preços elevados do petróleo e do diesel de baixo teor de enxofre no mercado internacional.

⁴¹ Por exemplo, pelo inventário da CETESB a frota diesel é responsável por cerca de 79% das emissões de NOx, 23% das emissões de CO e 18% das emissões de HC na RMSP.

Uma possível solução pode ser a alocação desse diesel dessulfurizado para frotas cativas (essas “emissionadas”) como a de ônibus e caminhões de circulação estritamente urbana, e que já são usualmente abastecidos nas próprias empresas. Uma parte importante da frota diesel mais poluidora das cidades é justamente a frota de ônibus urbanos e de caminhões pertencentes a empresas transportadoras.

- EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Os veículos automotores são considerados grandes vilões do aquecimento global por queimarem combustíveis fósseis, lançando grandes quantidades de carbono na atmosfera.

No Brasil, com a presença importante de um combustível renovável – o álcool – esse quadro é menos grave, mas mesmo assim as emissões de gases de efeito estufa (GEE) de origem veicular ainda são bastante importantes, como mostram os inventários nacional preparado pelo MCT para a Convenção do Clima (MCT, S/D) e do Município do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, 2000).

O Município de São Paulo deverá realizar um novo inventário de emissões de GEE, no qual evidentemente serão incluídas as fontes móveis. A CETESB recentemente passou a incorporar fatores de emissão de CO₂ da frota de veículos nos seus Relatórios de Qualidade do Ar, o que facilitará no futuro a realização de novos estudos usando metodologias *bottom-up*, complementando os inventários tradicionais.

Esses estudos podem levar ao estabelecimento de padrões de eficiência energética que seriam extremamente bem vindos como uma extensão do PROCONVE, nos moldes de programas como o CAFÉ norte-americano (US DOE, 2003). Programas dessa natureza, bem conduzidos, podem levar a reduções importantes no consumo de combustíveis e na emissão de GEE por parte da frota circulante.

- CONSIDERAÇÕES FINAIS - ALÉM DO PROCONVE

Outro caminho importante para reduzir as emissões de origem veicular está ligado à mudança nos hábitos de transporte, especialmente nas movimentações pendulares nos grandes centros urbanos, que ainda têm importante participação do transporte individual em detrimento dos modais coletivos.

A redução da quantidade de veículos em circulação e das distâncias percorridas, bem como a otimização das velocidades médias dos percursos podem reduzir substancialmente as emissões de poluentes locais. Da mesma forma, podem também ajudar a reduzir a contribuição das cidades para problemas globais como as emissões de gases de efeito estufa.

Para isso é importante a oferta de alternativas para o transporte urbano em veículos automotores individuais, como a expansão da oferta de transporte público de qualidade.

Por último, similarmente ao que vem ocorrendo em outros países, o PROCONVE poderia vir a incorporar instrumentos econômicos para estimular mudanças tecnológicas voluntárias e a antecipação de metas. Exemplos desses instrumentos seriam incentivos financeiros para utilização de combustíveis menos poluentes e para a substituição de veículos antigos por novos, além de incentivos ao uso dos transportes públicos.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

- **MODELAGEM DA QUALIDADE DO AR: EXPANSÃO DA BASE DE INFORMAÇÕES E APERFEIÇOAMENTOS METODOLÓGICOS**

A base para minimizar as conseqüências da poluição do ar é o planejamento das atividades que sobre ela interferem. Algumas das ferramentas mais úteis para esse planejamento são os modelos preditivos de qualidade do ar, que alimentados por dados consistentes de emissões e de condições de dispersão dos poluentes permitem antecipar condições não satisfatórias de qualidade do ar com razoável acurácia.

Com a capacidade de prever com um mínimo de precisão os impactos sobre uma área, os órgãos ambientais poderão estabelecer critérios mais eficazes para conduzir os processos de licenciamento ambiental (inclusive programas como o PROCONVE, que controlam os níveis de emissão por veículo), as autoridades de saúde poderão estabelecer áreas prioritárias de atendimento às doenças específicas da poluição do ar e as prefeituras poderão, por exemplo, determinar vocações e densidades permissíveis de uso do solo urbano em função das fontes poluidoras já existentes.

Tais modelos devem ser alimentados por dados consistentes, coletados de forma coordenada de forma a refletir o mais adequadamente possível as especificidades das

áreas em questão. Para tanto, é importante manter constantemente o aperfeiçoamento das redes meteorológicas, do monitoramento da qualidade do ar e dos inventários de emissão.

- EXPANSÃO E MELHORIA DA REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

A grande maioria dos grandes centros urbanos brasileiros, talvez à exceção da Região Metropolitana de São Paulo, não é coberta por uma rede de monitoramento da qualidade do ar que ofereça séries históricas consistentes da concentração de poluentes do ar. O monitoramento da qualidade do ar possibilita não só a tomada de decisão sobre episódios críticos de poluição conforme a legislação vigente prevê, como também é fundamental no estabelecimento de estratégias de controle da poluição do ar.

Para tanto, é necessário apoiar e adequar os diversos órgãos ambientais no sentido de implantar redes otimizadas de monitoramento, evitando-se a superposição de estações de amostragem em uma mesma área.

- INVENTÁRIOS DE EMISSÃO

A interpretação do monitoramento da qualidade do ar depende de informações precisas de inventários de fontes fixas e móveis. Os inventários devem ser desenhados especificamente para atender a esse objetivo, não sendo uma mera adaptação de outras bases de dados construídas com outros fins e que por conseguinte encerram problemas metodológicos que muitas vezes prejudicam a sua aplicação em função do baixo nível de acurácia conseguida nos resultados.

Os inventários de fontes fixas atualmente estão baseados em redes de informação que visam subsidiar as atividades de licenciamento ambiental, atendendo de forma bastante satisfatória os propósitos para os quais foram originalmente desenhados. Entretanto, essas bases de dados carecem de atualização regular das informações e da definição de parâmetros e métodos de aquisição de dados uniformizados. Se fossem adquiridos de forma sistemática e regular, manteriam um nível de atualização que permitiria uma maior compatibilidade com os inventários das demais fontes de poluentes e com os modelos de dispersão aplicados. Para tanto, é importante a criação de uma base de

dados específica para a manutenção do inventário de fontes fixas independente do cadastro para fins de licenciamento.

Esta ação acrescentará confiabilidade aos modelos de previsão da qualidade do ar já em desenvolvimento e terão importância decisiva para a melhoria da elaboração de estratégias de controle da poluição do ar nas metrópoles brasileiras.

Nesse sentido, é necessário equipar e financiar os órgãos estaduais e municipais de controle ambiental.

- ATUALIZAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE DADOS SOBRE FROTA CIRCULANTE

As estimativas de frota circulante são obtidas através dos órgãos de trânsito estaduais, que devem manter os registros dos veículos licenciados. Essa *proxy* em si já induz a erros importantes, pois nem todos os veículos licenciados circulam e nem todos os veículos que circulam estão licenciados, pelo menos localmente. O ideal seria a realização de estudos sobre a frota efetiva circulante, tanto quantitativos quanto qualitativos, desvinculados ou estabelecendo fatores de correção para os inventários das autoridades de trânsito.

- ATUALIZAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE DADOS SOBRE FROTA A GNV CIRCULANTE

Um dado importante e ainda não disponível com qualidade junto aos departamentos de trânsito é o inventário dos veículos convertidos para gás natural veicular. Seriam também de grande utilidade informações sobre a quantidade e o tipo de conversão para GNV efetuadas. Conversões de pior qualidade, embora menos custosas para o proprietário de veículo, podem causar emissões de poluentes bastante superiores aos de melhor qualidade. Este fato justifica a necessidade premente de regulamentação da atividade de conversão para GNV em termos de emissões.

- APRIMORAMENTO DOS FATORES DE DETERIORAÇÃO

Os FDs para veículos recentes da frota americana (que podem ser obtidos no AP-42, EPA,2000) são bastante mais altos descritos acima, indicando que veículos

emissionados podem sofrer uma maior e mais rápida deterioração das suas emissões do que os veículos de gerações anteriores. A melhor forma de resolver essa questão sobre a validade dos os FDs atualmente empregados tanto para satisfazer exigências legais quanto para inventários de emissões será, sem dúvida, a obtenção de FDs medidos para elementos representativos da frota nacional. Ressalte-se que, atualmente encontra-se em fase de elaboração um banco de dados para análise das informações das vistorias de emissão do Estado do Rio de Janeiro, o qual permitirá, em um futuro próximo, uma elaboração de FD's muito mais realistas para o País, ao invés dos FD's da EPA. Isto será um enorme avanço, tanto para inventários de emissões quanto para um planejamento estratégico do controle da poluição veicular.

A Resolução CONAMA 14/95 condiciona a emissão de LCVMs a partir de janeiro de 2002 para veículos com vendas previstas no País superiores a 15.000 unidades anuais à aplicação de Fatores de Deterioração, medidos pelos fabricantes conforme Norma NBR 14008 (ABNT, 1997) de forma a garantir os níveis de emissão previstos ao 80.000 km. Estes FDs medidos deverão brevemente substituir os FDs hoje adotados.

Os fatores de deterioração – FD's utilizados atualmente nos inventários de emissão veicular da RMSP são referentes a veículos antigos da frota norte-americana, que tem hoje pouca relação com a realidade tecnológica dos veículos fabricados no País. Programas avançados de IM possibilitam uma estimativa desses FD's, assim como testes de bancada efetuados em uma amostra de veículos. Outra alternativa seria a adoção de FD's já existentes para veículos americanos de fabricação recente, disponibilizados pela EPA. Os estudos da EPA apontam para FD's bem maiores para veículos mais novos do que os atualmente utilizados pela CETESB, sugerindo que as emissões finais podem ser, na realidade, maiores do que os expressos nos inventários brasileiros.

A Resolução 14/95 do CONAMA prevê que as montadoras devem medir e comunicar ao IBAMA, a partir de 2002, os FDs das principais famílias de veículos fabricados no país segundo a NBR 14008/97. A disponibilização desses dados é de grande importância para a melhora na qualidade da informação sobre os FDs da frota circulante no Brasil. Até o momento, porém, esses dados não foram disponibilizados pelo IBAMA.

- ESTUDO SOBRE O IMPACTO DA ESPECIFICAÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS AUTOMOTIVOS SOBRE AS EMISSÕES

Uma importante fronteira para a redução das emissões veiculares está na adequação da especificação dos combustíveis em uso no País.

Alguns dos componentes dos combustíveis veiculares, como as olefinas e os aromáticos por exemplo, podem ter impactos negativos tanto na geração de poluentes primários como secundários.

Estudos dessa natureza são fundamentais para embasar uma discussão produtiva que permita a melhora das especificações dos combustíveis automotivos de modo a reduzir emissões danosas ao meio ambiente. Essa discussão deve envolver o órgão regulador (ANP), os órgãos ambientais, as indústrias de petróleo e automobilística, autoridades da área de saúde e a comunidade científica.

- EMISSÕES DOS VEÍCULOS “FLEX-FUEL”

Outra discussão importante é a introdução de veículos novos com motores “*flex-fuel*”.

A Instrução Normativa do IBAMA nº 28, de dezembro de 2002, regulamentou a certificação dos veículos flex-fuel estabelecendo que essas configurações devem atender aos limites do PROCONVE para três misturas de combustível: 100% de AEHC, 100% de “gasool” (78% de gasolina +22% de álcool anidro) e uma mistura de 50%-50% de AEHC e gasool.

Até o momento não estão disponíveis dados sobre os fatores de emissão medidos para esses veículos por ocasião de sua homologação, nem os FDs associados.

- ESTUDOS SOBRE O IMPACTO DA MUDANÇA NO PADRÃO DE USO DOS VEÍCULOS

Estudos adicionais são necessários para verificar o impacto da redução do número de veículos leves de passeio em circulação e/ou da quilometragem média percorrida anual, bem como da velocidade média de circulação, sobre o nível das emissões. Medidas a

serem analisadas poderiam ser, por exemplo, a adoção de restrições à circulação como o “rodízio” e a ampliação da oferta de modais coletivos.

- ESTUDOS SOBRE AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE ORIGEM VEICULAR

Estudos dessa natureza não são novidade no País, tendo sido realizados, por exemplo, estimativas de emissões de gases de efeito estufa de origem veicular a nível nacional para o País (MCT – comunicação nacional para a Convenção do Clima) e a nível local - Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, 2000). Para isso são necessários estudos de planejamento e comparação de emissões de diferentes cenários (este estudo do PROCONVE poderia, por exemplo, ser expandido para análise de emissões de CO₂ nos cenários considerados).

- REGULAMENTAÇÃO DO USO DO GNV NO PAÍS

O IBAMA atacou este grave problema com a Instrução Normativa 15, de 23 de agosto de 2002. A partir dessa IN, somente podem ser instalados kits de conversão com tecnologia compatível com os sistemas de controle de emissões instalados nos carros, de forma a preservar os níveis de emissões previstos pelo PROCONVE. Procedimentos para garantir a regulação e manutenção desses sistemas também foram regulamentados, de forma a evitar a rápida degradação das emissões.

Embora o sistema ainda seja sujeito a críticas (os kits não são testados em todas as configurações aplicáveis, bastando ser testada a aplicação do kit em uma configuração), ele certamente representa um passo importante para a regulamentação do mercado de conversões para GNV.

Até o mês de janeiro de 2004, 19 kits de conversão receberam o CAGN emitido pelo IBAMA

- DISPONIBILIZAÇÃO PARA O PÚBLICO DOS DADOS DAS LCVM

A disponibilização sistematizada das informações dos certificados de homologação para o público (Fatores de emissão em gramas por km, fatores de deterioração e consumo de combustível), além de informações sobre a manutenção dos sistemas de controle de

emissões, como ocorre em diversos países, servirá para estimular o consumidor a escolher veículos menos poluentes, além de tomar conhecimento sobre as características do veículo a adquirir. Essas informações, que devem ser entendidas como um direito do consumidor, são geradas e mantidas com recursos públicos e não estão facilmente disponíveis ao cidadão consciente que deseja comparar os diversos modelos de veículos e ajudar a orientar sua escolha.

O IBAMA vem prometendo em diversos fóruns nos últimos anos a publicação dessas informações, mas infelizmente até o momento esses dados não são divulgados para o público.

- PADRÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Maior eficiência energética de combustíveis veiculares pode reduzir tanto emissões de poluentes locais como gases de efeito estufa. Devido a este fato, estudos objetivando a elaboração e análise de indicadores e padrões de eficiência energética dos veículos são importantes para balizar linhas de ação no sentido de aumentar essa eficiência.

Um passo importante começa a ser dado com a divulgação por parte da CETESB de valores médios de consumo dos veículos testados para certificação, o que servirá no futuro como indicador da evolução da eficiência energética média da frota por ano-modelo.

No momento, o consumidor consciente tem apenas as informações divulgadas pela imprensa especializada, embora os resultados não sejam comparáveis de forma confiável face à grande diversidade metodológica dos testes realizados.

Um grande avanço seria a criação de um programa federal nos moldes do CAFÉ norte-americano, com o estabelecimento de metas de eficiência energética e a disponibilizarão para o público consumidor de uma base de dados (nos moldes da divulgada pela EPA americana) com informações sobre consumo de combustível das diversas configurações disponíveis no mercado medidas segundo uma metodologia padrão. Infelizmente, a indústria automobilística nacional ainda trata esse tipo de informação – da mesma forma que os dados de emissões de poluentes – como “informação estratégica” ou “segredo industrial”.

- VALORAÇÃO DOS DANOS AMBIENTAIS DE EMISSÕES VEICULARES

Uma das questões mais levantadas pelos tomadores de decisão é o custo para a saúde pública e para a sociedade como um todo da poluição atmosférica nos grandes centros urbanos. Estudos de valoração dos custos ambientais da poluição atmosférica são necessários para viabilizar análises de custo-benefício de políticas públicas voltadas para redução das emissões veiculares e justificar a implantação de medidas de redução de emissões. A valoração permite uma análise econômica dos impactos de medidas como o PROCONVE sobre a economia e o bem estar da população.

Entretanto existem muitas incertezas associadas às informações necessárias para a valoração. São necessárias três cadeias de informação para uma valoração de emissões veiculares: as emissões veiculares e sua participação nas emissões totais, a contribuição dessas emissões para a qualidade do ar e estudos clínicos possibilitando elaborar funções dose-resposta do impacto da poluição na saúde populacional. Somente depois de ajustadas as informações dessas três cadeias os custos poderão ser valorados.

Devido a essas dificuldades existem poucos estudos de valoração dessa natureza, sendo que a maior parte deles se limita a uma valoração das emissões de particulados.

Por causa desses fatores, a valoração depende de outros estudos que fogem da alçada da economia, como estudos do impacto na qualidade do ar das variações de emissão (emissão para concentração) e estudos clínicos determinando funções dose-resposta associando a poluição aos problemas de saúde da população.

Com relação a este último, cabe ressaltar que existem muitas dificuldades de trabalhar com dados de saúde no país, principalmente de doenças que não são de notificação compulsória como muitas das doenças associadas à poluição do ar.

Mesmo tendo disponíveis os níveis de concentração de poluentes na atmosfera em um determinado instante, as incertezas associadas aos condicionantes clínicos são muito grandes e merecem estudos localizados de forma a estabelecer funções dose-resposta adequadas à realidade local.

Para isso convênios com órgãos de saúde e centros de estudos especializados na área devem ser firmados para financiar tais estudos.

- ESTUDOS SOBRE A UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS ECONÔMICOS PARA A REDUÇÃO DE EMISSÕES VEICULARES

Instrumentos econômicos poderiam exercer um papel importante nas políticas de redução de emissões, já que possibilitam muitas vezes, em teoria, atingir objetivos com menores custos. Estudos da viabilidade de incentivos financeiros para mudanças tecnológicas voltadas para menores emissões, taxas sobre emissões, certificados comercializáveis de emissão, são alguns instrumentos que poderiam ser analisados.

6 REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA

• REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (1997). NBR 14008 - Veículos rodoviários automotores leves – determinação do fator de deterioração das emissões de gases durante o acúmulo de rodagem, Associação Brasileira de Normas Técnicas, novembro.
- ABNT (1990). NBR 6601 – Análise de gases de exaustão de veículos automotores leves movidos a gasolina, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brazil.
- ANFAVEA (2004). Anuário Estatístico 1957-2003 da Indústria Automobilística Brasileira. São Paulo
- ANFAVEA (2001-2004), Carta mensal, vários números.
- ANP (2000). Portaria no. 243 - Regulamenta a distribuição de GNC a granel(...)
- ANP (2001). Portaria no 309 - Estabelece as especificações para a comercialização de gasolinas automotivas em todo o território nacional e define obrigações dos agentes econômicos sobre o controle de qualidade do produto
- ANP (2001b). Portaria no 310 - Estabelece as especificações para comercialização de óleo diesel automotivo(...)
- AUTOALLIANCE (2002). World-Wide Fuel Charter. Disponível em <http://autoalliance.org/archives/wwfcbrochure.pdf>
- BANCO MUNDIAL (2000). World Development Indicators 2000. Washington, DC.
- BELCHIOR, C. R. (2000). Aspectos da utilização do gás natural como combustível automotivo, PEM/COPPE/UFRJ.
- BRANCO, G.M. E SZWARC,A (1987). Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, Revista CETESB de Tecnologia, Ano 1, Vol. 1, Número 1, pg. 27 a 31.
- BRANCO, G.M e BRANCO, F.C. (2002). Aplicação do sensoriamento remoto no monitoramento das emissões veiculares: resultados das medições realizadas no Brasil e subsídios para regulamentação do método no CONAMA. *Mimeo*.
- CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD (2000). Setembro de 2000.
- CETESB (1985). Qualidade do Ar na Região Metropolitana de São Paulo e em Cubatão. São Paulo, 1985.

- CETESB (1999), Inventário de emissão veicular – metodologia de cálculo. Mimeo.
- CETESB (2003). Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2002. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Secretaria de Meio Ambiente, São Paulo.
- CONAMA (2002). Resolução No 315 de 29 de outubro de 2002 - Dispõe sobre a nova etapa do Programa de Controle de Emissões Veiculares-PROCONVE, Brasília.
- CORVALÁN, R.M & VARGAS, D. (2003) Experimental analysis of emission deterioration factors for light duty catalytic vehicles. Case Study: Santiago, Chile. *Transportation Research Part D*, 8(4):315-322.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (1993), Guidance for the implementation of accelerated retirement of vehicles programs, Office of Mobile Sources
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA (1993). Clean Cars for Clean Air: Inspection and Maintenance Programs. <http://www.epa.gov/otaq/14-insp.htm>.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA (1993). Remote Sensing: A Supplemental Tool for Vehicle Emission Control. <http://www.epa.gov/otaq/15-remot.htm>.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA (1994). High-Tech Inspection and Maintenance Tests (Procedures and Equipment). <http://www.epa.gov/otaq/16-hitec.htm>.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA (1996). Clean Cars – Clean Air: A Consumer Guide to Auto Emission Inspection and Maintenance Programs. <http://www.epa.gov/otaq/cfa-air.htm>
- ENVIRONMENTAL Protection Agency – EPA (2000). AP-42: Compilation of air Pollutant Emission Factors – Mobile Sources, Office of Transportation and Air Quality – www.epa.gov/otaq
- FAIZ, A. et alii. (1996). Air Pollution from Motor Vehicles, The World Bank, Washington, DC
- FEEMA (2000). Poluição Veicular no Estado do Rio de Janeiro.
- FEEMA (2000). Relatório Anual da Qualidade do Ar.
- FEEMA (2000).. Plano de Controle de Poluição por Veículos em Uso – PCPV. Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente - RJ
- GASNET (2004). Perfil do GNV no Brasil. http://www.gasnet.com.br/gasnet_br/gnv/perfil_gnv.asp#detalhes

- GT PROCONVE (2001). Minuta da Proposta do Grupo de Trabalho - 05.04.2001. *Mimeo*.
- HORTA, L. A.N. (2002), Produção e processamento de petróleo e gás natural no Brasil: perspectivas e sustentabilidade nos próximos 20 anos, Seminário “Sustentabilidade na geração e uso de energia no Brasil: os próximos 20 anos”
- IBAMA (1998) Programa de Controle da poluição do ar por veículos automotores – PROCONVE. Coleção Meio Ambiente – Série Diretrizes – Gestão Ambiental nº2. MMA/IBAMA, Brasília.
- LA ROVERE, E.L.; MENDES, F.E.; SZWARCFITER, L.; MATTOS, L.B.R. & SZWARC, A. (2002), Avaliação do Proconve - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. Relatório de pesquisa elaborado pelo Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente para o Ministério do Meio Ambiente. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- LA ROVERE, E.L.; CAVALCANTI, P.M.P.S; LOPES JR., D.Q; KRONENBERGER, G.; MENDES, F.E.; SZWARCFITER, L. & MONTEIRO, L.C. (2002b) Avaliação do Programa de Inspeção e Manutenção (I/M) dos Veículos em Uso do Rio de Janeiro. Relatório de pesquisa elaborado pelo Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente para o Ministério do Meio Ambiente. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- LINKE, R.R.A. (2000), Influências da variação do teor de álcool da gasolina nas emissões veiculares, Seminário “Alternativas para o uso flexível do álcool como combustível”, IPT, São Paulo.
- MAGE, D.T. E ZALI, O. (1992) Motor Vehicle Air Pollution - Public Health Impact and Control Measures, World Health Organization
- MARGULIS, S. (1992) Back-of-the-envelope estimates of the environmental damage costs in Mexico. Latin American and the Caribbean, Country Department 2. Washington: World Bank, 1992 (Working Paper Series, 824).
- MARGULIS, S. (1996) A Regulamentação Ambiental: Instrumentos e Implementação. Texto Para Discussão Nº 437, IPEA/DIPES, Rio de Janeiro, outubro de 1996.
- MARTINS, L.C.; LATORRE, M.R.D.O.; SALDIVA, P.H.N., BRAGA, A.L.F.. (2001) Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos. Revista Brasileira de Epidemiologia 4(3), novembro 2001.
- MCT, (S/D). Emissões da frota brasileira de veículos leves de 1990 a 1994, www.mct.gov/clima/comunic_old/veicu03.htm
- MURGEL, E, (1999). Um balanço Atualizado dos Efeitos do PROCONVE na Qualidade do Ar, X Simpósio de Engenharia Automotiva, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, São Paulo, 22 a 23 de setembro.
- PRODESP (2002), Frota veicular da RMSP. Departamento de Análises. *Mimeo*.

- RIBAS, R.G. E FALCON, A.M (1987) Tecnologias de Redução de Emissões de Veículos Automotores do Ciclo Otto, Com base no PROCONVE, IV Simpósio de Engenharia Automotiva, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, São Paulo, 9 a 11 de setembro.
- RIBEIRO, S.K (2001) Estudo das vantagens ambientais do gás natural veicular: o caso do Rio de Janeiro, Centro Clima.
- RIBEIRO, S.K. (1997).O Álcool e o Aquecimento Global CNI/Copersucar, Rio de Janeiro.
- RIO DE JANEIRO (2000). Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, COPPE/CEIMAMC
- SANTOS U.J (2004). Histórico do GNV no Brasil. <http://www.gasvirtual.com.br/historico.htm> .
- SCARINGHELLA, RS (2001). A crise da mobilidade urbana em São Paulo. *São Paulo em Perspectiva* 15(1)..
- SZWARC, A. 2001. Controle das emissões de poluentes por veículos automotores no Brasil. Relatório de pesquisa para a Fundação COPPETEC/MMA. Mimeo, ADS Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável, SP.
- US DOE (2003). US Department of Energy / Environmental Protection Agency Green Fuel Economy Guide. www.fueleconomy.gov.

• **BIBLIOGRAFIA SELECIONADA**

- AIAA/SOPRAL (1992). Etanol - Fonte de Energia para a Sociedade Auto-Sustentável, São Paulo.
- ANFAVEA (2004). Anuário Estatístico 1957-2003 da Indústria Automobilística Brasileira. São Paulo
- BNDES (2000). Desempenho da Indústria Automobilística. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Rio de Janeiro, RJ.
- BORGES, J.M.M. (1992). Custos, preços e competitividade do álcool combustível, Revista Brasileira de Energia, Vol.2, no 2.
- BROMBERG, C. et alii (1989). O Sistema de Carburação e os Níveis de Emissões Brasileiros de 1992, V Simpósio de Engenharia Automotiva, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, São Paulo, 4 a 6 de setembro de 1989.
- BURKHOLDER, S.P. et alii (2000). Design of Catalyst to Meet 1992 Emission Standards for Ethanol Fueled Vehicles, V Simpósio de Engenharia Automotiva, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, São Paulo, 4 a 6 de setembro de 1989.
- CIFUENTES, L. et alii (1999). Preliminary estimation of the potential co-control benefits from Chile. COP-5 Progress Report, School of Engineering, P. Catholic University of Chile, Mimeo.
- DAVIS, D. & SALDIVA, P.H.N (1998). Urban air pollution risks to children: A global environmental health indicator. WRI Environmental Notes.
- DETRAN-RJ (2001). Frota de veículos do Rio de Janeiro. www.detran.rj.gov.br.
- EL KHOURY MIRAGLIA, S.G (1997). Análise do impacto do consumo de diferentes combustíveis na incidência de mortalidade por doenças respiratórias no município de São Paulo. Tese M.Sc. Escola Politécnica - USP, São Paulo, Brasil.
- ENGLER, B. (1989). Automotive Catalysts for Ethanol and Gasohol Fueled Vehicles, V Simpósio de Engenharia Automotiva, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, São Paulo, 4 a 6 de setembro de 1989.
- FAIZ, A.; WEAVER, C.S.; WALSH, M. P. (1998). Controlling emissions from in-use vehicles: the role of inspection and maintenance (I/M) programs. Int. J. of Vehicle Design, vol. 20, n. 1-4, p. 304-312.
- FERRAZ, C.. & SEROA DA MOTTA, R (1999) Automobile Pollution control in Brazil. Texto para discussão 670, IPEA/DIPES

- FILLIGER, P. et al. (1999). Health costs due to road traffic-related air pollution. An impact assessment project of Austria, France and Switzerland prepared for the WHO Ministerial Conference on Environment and Health. PM10 Population Exposure: Technical Report on Air Pollution. WHO – Regional Office for Europe.
- HARRINGTON, W., McCONNELL, V., ANDO, A. (2000). Are vehicle emission inspection programs living up to expectations?. *Transportation Research Part D*, n.5, p. 153-172.
- HOLLNAGEL, C. (1996) Novos Motores - CONAMA Fase III”, Seminário Emissões de Gases Veiculares - Regulamentação, Combustíveis e Atendimento da Fase III da Legislação, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, São Paulo
- IANGV (2000), Exhaust emissions from natural gas vehicles – issues related to engine performance, exhaust emissions and environmental impacts, Report prepared for the IANGV Technical Committee
- IPEA/ANTP (1998) Redução das Deseconomias Urbanas Com a Melhoria do Transporte Público, mimeo.
- KÜNZLI N et Al. (1999) Health costs due to road traffic-related air pollution. An impact assessment project of Austria, France and Switzerland. Prepared for the WHO Ministerial Conference on Environment and Health. Air Pollution Attributable Cases: Technical Report on Epidemiology. WHO – Regional Office for Europe.
- LAWRANCE, T. W., ROSS, M., SAWYER, R. (1997), Analysis os emissions deterioration of in-use vehicles, using Arizona IM 240 data, Presented at the Society of Automotive Engineering Government/Industry Meeting, Washington DC.
- MACEDO, L. V. e FURRIELA, R. B (2001) Relatório sobre o Programa do Governo Estadual de São Paulo para a Redução das Emissões Veiculares no Transporte Urbano de São Paulo. Disponível em http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/respir.htm
- METRÔ - Companhia do Metropolitano de São Paulo (1997). Pesquisa Origem-Destino na RMSP.
- ONURSAL, B, GAUTAM, S. P. (1997), Vehicular air pollution – experiences from seven latin american urban centers, World Bank Technical Paper no 373.
- SALDIVA et al. (1998) Riscos de Morbi-Mortalidade pela Poluição de Material Particulado.
- SAMARAS, Z. (1997). Inspection and maintenance to reduce emissions of in-use cars. An overview in the European context. *Int. J. of Vehicle Design*, vol. 18, n. 3/4, p. 263-279.
- SANTIAGO, J.A E MORETTI, M.A, 1991. Sistema de Gerenciamento de Motores e Controle de Emissões Usados pela General Motors para atender a Fase II do

- PROCONVE. Simpósio sobre Novas Tecnologias Veiculares no Atendimento do PROCONVE, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, São Paulo, 25 de setembro.
- SANTOS, A.S., VALLE, M.L.M, GIANNINI, R.G. (2000), Adição de compostos oxigenados na gasolina e a experiência do proálcool, Economia e Energia, no 19.
- SCHETTINO, M.R.A; BRANCO, G.M E BRANCO, F.A (2001) Estimativa do Potencial Poluidor Para Veículos Pesados. Resumos do SIMEA/2001, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, São Paulo, junho.
- SEETHALER, R. (1999) Health costs due to road traffic-related air pollution. An impact assessment project of Austria, France and Switzerland. Prepared for the WHO Ministerial Conference on Environment and Health. Synthesis Report. WHO – Regional Office for Europe
- SEM, Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2000). Plano de Controle de Poluição por Veículos em Uso – PCPV para o Estado de São Paulo.
- SEROA DA MOTTA, R. et alii (2000). Health and economic values for mortality and morbidity cases associated with air pollution in Brazil. Expert workshop on Assessing the Ancillary Benefits and Costs of GHG Mitigation Strategies, IPEA/Rio, Mimeo, março.
- SEROA DA MOTTA, R., MENDES, A.P.F (1995) Custos de saúde associados à poluição do ar no Brasil. Pesquisa e Planejamento Econômico 25(1):165-198, abril.
- SOMMER, H. et al. (1999). Health costs due to road Traffic-related air pollution. An impact assessment project of Austria, France and Switzerland. Prepared for the WHO Ministerial Conference on Environment and Health. Economic Evaluation: Technical Report on Economy. WHO – Regional Office for Europe.
- SZWARC, A. E BRANCO, G.M. (1987) Automotive Emissions - The Brazilian Control Program. Society of Automotive Engineers Technical Paper Nº 871073, SAE Government/Industry Meeting and Exposition, Washington, DC, May 18 - 21.
- TEIXEIRA, C.A.A, (1991) Estratégia da Petrobras para Fornecimento de Combustíveis a Motores do Ciclo Otto para Atender ao PROCONVE Fase II. Simpósio sobre Novas Tecnologias Veiculares no Atendimento do PROCONVE, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, São Paulo, 25 de setembro.
- U.S. EPA (1994). High-Tech Inspection and Maintenance Tests (Procedures and Equipment). Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/16-hitec.htm>>. Acesso em 03/04/2001.
- US EPA (2003). US Environmental Protection Agency Green Vehicle Guide. www.epa.gov/greenvehicles/.

- WALSH, M.P. (1985) Global Trends in Motor Vehicle Air Pollution Control - The Significance for Developing Countries, Society of Automotive Engineers Technical Paper N° 852221.
- WASHBURN, S., SEET, J., MANNERING, F. (2001). Are vehicle emission inspection programs living up to expectations?. Transportation Research Part D, n. 6 p. 21-36.
- YU, T., LIN, Y., CHANG L. W. (2001). Optimized combinations of abatement strategies for urban mobile sources. Chemosphere, n. 41 p. 399-407.

APÊNDICES

Apêndice 1 ALGUMAS OBSERVAÇÕES SOBRE OS INVENTÁRIOS DE EMISSÕES PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO⁴²

Este Anexo apresenta e analisa os resultados apresentados nos Relatórios de Qualidade do Ar (RQA) da CETESB (CETESB, vários anos) e mostram alguns dados interessantes sobre os inventários de emissões realizados do ano de 1985 ao ano de 1999. A partir desses resultados verifica-se a grande dificuldade de se atribuir retrospectivamente responsabilidades pela poluição do ar de uma forma definitiva.

Os RQA's apresentam sistematicamente estimativas de emissão dos poluentes CO, HC, NO_x, SO_x e MP, desagregados por fontes de poluição do ar (móveis, industriais, queima de resíduos sólidos, etc) na RMSP.

Foram analisados os RQA's de 1985 a 1999 e observaram-se primeiramente mudanças na metodologia de contabilização da emissão de poluentes por fonte poluição. Foram notificadas em alguns RQA's mudanças na metodologia de contabilização da emissão de poluentes por fonte poluição ao longo do tempo. Comparando-se os resultados apresentados nos RQA's, porém, não foi possível estabelecer com clareza quais foram essas mudanças de metodologia e o momento de sua aplicação.

Usando-se os dados do RQA de 1985 que apresenta os valores em toneladas de poluentes por dia, multiplicando-se os valores por 365 (dias/ano), chega-se a praticamente todos os valores apresentados em 1986. O único valor entre 1985 e 1986 que se encontra diferente é a emissão de hidrocarbonetos (mais especificamente a emissão de cârter). Os valores apresentados pelos RQA's de 1985 e 1986 para as Fontes de Poluição do Ar podem ser observados na Tabela A1-1. Os valores das emissões de 1985 foram obtidos multiplicando-se os valores da tabela I do RQA de 1985 por 365 dias (os valores dados na tabela são anuais). Os valores de 1986 em diante foram simplesmente transcritos das tabelas dos RQA's dos respectivos anos.

⁴² Este Apêndice contou com a colaboração de Laura B.R. de Mattos.

Tabela A1 1– Comparação entre Estimativas de emissão para fontes de poluição do Ar na RMSP do ano de 1985 e de 1986 [10^3 ton/ano]

FONTES	RQA 1985					RQA 1986				
	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP
Gasolina (escapamento)	835	77,7	28,8	4,4	4,4	835	77,7	28,9	4,5	4,3
Álcool (escapamento)	172	14,2	9,9			172	14,3	10,0		
Diesel (escapamento)	218	35,4	159,1	73,0	9,9	218	35,6	159,0	73,0	9,9
Motocicletas (escapamento)	31	6,2	0,18	0,11	0,11	32	6,1	0,21	0,26	0,11
Táxi (escapamento)	51	4,7	2,2	0,11	0,11	52	4,6	2,2	0,13	0,16
Emissão evaporativa		47,1					47,5			
Emissão de cárter		0,4					10,6			
Pneus					6,2					6,4
TOTAL VEÍCULOS	1.308	186	200	78	21	1.309	196	200	78	21
Processos Industriais	38	50	23	205	59	38	50	23	205	59
Queima ao ar livre	44	14	2,56	0,37	12	44	14	3	0,36	12
OUTRAS FONTES TOTAL	82	64	25	205	71	82	64	26	205	71
TOTAL	1.390	249,7	225,4	282,7	91,8	1.391	260,4	226,3	283,3	91,9

A próxima tabela mostra a comparação dos valores dos RQA's dos anos de 1986 e 1987. A partir de 1987 muda o valor de emissão de SO₂ de Fonte Industrial e entra a emissão de hidrocarbonetos devido a operação de transferência de gasolina, mas os outros valores continuam os mesmos em relação ano de 1986.

Tabela A1 2 – Comparação entre Estimativas de emissão para fontes de poluição do Ar na RMSP do ano de 1986 e de 1987 [10^3 ton/ano]

FONTES	RQA 1986					RQA 1987				
	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP
gasolina (escapamento)	835	77,7	28,9	4,5	4,3	835	77,7	28,9	4,5	4,3
álcool (escapamento)	172	14,3	10,0			172	14,3	10,0		
diesel (escapamento)	218	35,6	159,0	73,0	9,9	218	35,6	159,0	73,0	9,9
motocicletas (escapamento)	32	6,1	0,21	0,26	0,11	32	6,1	0,21	0,26	0,11
táxi (escapamento)	52	4,6	2,2	0,13	0,16	52	4,6	2,2	0,13	0,16
emissão evaporativa		47,5					47,5			
emissão de cárter		10,6					10,6			
Pneus					6,4					6,4
Oper. de transf. de gasolina							10,9			
TOTAL VEÍCULOS	1.309	196	200	78	21	1.309	207	200	78	21
Processos Industriais	38	50	23	205	59	38	50	23	53	59
Queima ao ar livre	44	14	3	0,36	12	44	14	3	0,36	12
OUTRAS FONTES TOTAL	82	64	26	205	71	82	64	26	53	71
TOTAL	1.391	260,4	226,3	283,3	91,9	1.391	271,3	226,3	131,3	91,9

Comparando o RQA de 1987 com o de 1988, as mudanças foram nas emissões das fontes industriais de SO₂ e materiais particulados, como pode ser observado na Tabela A1-3.

Tabela A1 3 – Comparação entre Estimativas de emissão para fontes de poluição do Ar na RMSP do ano de 1987 e de 1988 [10^3 ton/ano]

FONTES	RQA 1987					RQA 1988				
	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP
gasolina (escapamento)	835	77,7	28,9	4,5	4,3	835	77,7	28,9	4,5	4,3
álcool (escapamento)	172	14,3	10,0			172	14,3	10,0		
diesel (escapamento)	218	35,6	159,0	73,0	9,9	218	35,6	159,0	73,0	9,9
motocicletas (escapamento)	32	6,1	0,21	0,26	0,11	32	6,1	0,21	0,26	0,11
táxi (escapamento)	52	4,6	2,2	0,13	0,16	52	4,6	2,2	0,13	0,16
emissão evaporativa		47,5					47,5			
emissão de cárter		10,6					10,6			
pneus					6,4					6,4
Oper. de transf. de gasolina		10,9					10,9			
TOTAL VEÍCULOS	1.309	207	200	78	21	1.309	207	200	78	21
Processos Industriais	38	50	23	53	59	38	50	23	29	34,6
Queima ao ar livre	44	14	3	0,36	12	44	14	3	0,36	12
OUTRAS FONTES TOTAL	82	64	26	53	71	82	64	26	29	47
TOTAL	1.391	271,3	226,3	131,3	91,9	1.391	271,3	226,3	106,9	67,5

Comparando-se os RQA's de 1988 e 1989 não houve nenhuma modificação. A única modificação é em relação a mistura gasolina e etanol a mistura passa de 22% de etanol e 78% de gasolina para 12% de etanol e 88% de gasolina. Observar a Tabela A1-4.

Tabela A1 4 – Comparação entre Estimativas de emissão para fontes de poluição do Ar na RMSP do ano de 1988 e de 1989 [10³ ton/ano]

FONTES	RQA 1988					RQA 1989				
	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP
gasolina (escapamento)	835	77,7	28,9	4,5	4,3	835	77,7	28,9	4,5	4,3
álcool (escapamento)	172	14,3	10,0			172	14,3	10,0		
diesel (escapamento)	218	35,6	159,0	73,0	9,9	218	35,6	159,0	73,0	9,9
motocicletas (escapamento)	32	6,1	0,21	0,26	0,11	32	6,1	0,21	0,26	0,11
táxi (escapamento)	52	4,6	2,2	0,13	0,16	52	4,6	2,2	0,13	0,16
emissão evaporativa		47,5					47,5			
emissão de cárter		10,6					10,6			
pneus					6,4					6,4
Oper. de transf. de gasolina		10,9					10,9			
TOTAL VEÍCULOS	1.309	207	200	78	21	1.309	207	200	78	21
Processos Industriais	38	50	23	29	34,6	38	50	23	29	34,6
Queima ao ar livre	44	14	3	0,36	12	44	14	3	0,36	12
OUTRAS FONTES TOTAL	82	64	26	29	47	82	64	26	29	47
TOTAL	1.391	271,3	226,3	106,9	67,5	1.391	271,3	226,3	106,9	67,5

No ano de 1990 com relação a 1989 reduzem-se as emissões de hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre e material particulado das fontes industriais, conforme constatado na Tabela A1-5. Essas mudanças foram devido à atualização do inventário de emissão das indústrias, que pode ser observado no RQA de 1990.

Tabela A1 5 – Comparação entre Estimativas de emissão para fontes de poluição do Ar na RMSP do ano de 1989 e de 1990 [10³ ton/ano]

	RQA 1989					RQA 1990				
FONTES	CO	HC	NO_x	SO₂	MP	CO	HC	NO_x	SO₂	MP
gasolina (escapamento)	835	77,7	28,9	4,5	4,3	835	77,7	28,9	4,5	4,3
álcool (escapamento)	172	14,3	10,0			172	14,3	10,0		
diesel (escapamento)	218	35,6	159,0	73,0	9,9	218	35,6	159,0	73,0	9,9
motocicletas (escapamento)	32	6,1	0,21	0,26	0,11	32	6,1	0,21	0,26	0,11
táxi (escapamento)	52	4,6	2,2	0,13	0,16	52	4,6	2,2	0,13	0,16
emissão evaporativa		47,5					47,5			
emissão de cárter		10,6					10,6			
pneus					6,4					6,4
Oper. de transf. de gasolina		10,9					10,9			
Oper. de transf. de álcool										
TOTAL VEÍCULOS	1.309	207	200	78	21	1.309	207	200	78	21
Processos Industriais	38	50	23	29	34,6	38,6	12	14	44	44
Queima ao ar livre	44	14	3	0,36	12	44	14	3	0,36	12
OUTRAS FONTES TOTAL	82	64	26	29	47	83	26	17	44	56
TOTAL	1.391	271,3	226,3	106,9	67,5	1.392	233,3	217,3	122,3	76,9

Em 1991 e 1992 não ocorreu nenhuma modificação em relação ao ano de 1990. Os resultados dos três anos podem ser observados na Tabela A1-6.

Tabela A1 6 – Comparação entre Estimativas de emissão para fontes de poluição do Ar na RMSP dos anos de 1990, 1991 e 1992 [10³ ton/ano]

	RQA 1990					RQA 1991					RQA 1992				
FONTES	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP
gasolina (escapamento)	835	77,7	28,9	4,5	4,3	835	77,7	28,9	4,5	4,3	835	77,7	28,9	4,5	4,3
álcool (escapamento)	172	14,3	10,0			172	14,3	10,0			172	14,3	10,0		
diesel (escapamento)	218	35,6	159,0	73,0	9,9	218	35,6	159,0	73,0	9,9	218	35,6	159,0	73,0	9,9
motocicletas (escapamento)	32	6,1	0,21	0,26	0,11	32	6,1	0,21	0,26	0,11	32	6,1	0,21	0,26	0,11
táxi (escapamento)	52	4,6	2,2	0,13	0,16	52	4,6	2,2	0,13	0,16	52	4,6	2,2	0,13	0,16
emissão evaporativa		47,5					47,5					47,5			
emissão de cárter		10,6					10,6					10,6			
pneus					6,4					6,4					6,4
Oper. de transf. de gasolina		10,9					10,9					10,9			
Oper. de transf. de álcool															
TOTAL VEÍCULOS	1.309	207	200	78	21	1.309	207	200	78	21	1.309	207	200	78	21
Processos Industriais	38,6	12	14	44	44	38,6	12	14	44	44	38,6	12	14	44	44
Queima ao ar livre	44	14	3	0,36	12	44	14	3	0,36	12	44	14	3	0,36	12
OUTRAS FONTES TOTAL	83	26	17	44	56	83	26	17	44	56	83	26	17	44	56
TOTAL	1.392	233,3	217,3	122,3	76,9	1.392	233	217,3	122,3	76,9	1.392	233,3	217,3	122,3	76,9

Em 1993 ocorreram modificações nas emissões de todos os poluentes das fontes móveis e as emissões de cárter foram separadas por combustível (gasool⁴³, diesel e álcool) e foi introduzido um item de emissões devido a operação de transferência de álcool, as emissões das outras fontes permanecem inalteradas comparativamente ao ano de 1992. As modificações nas emissões das fontes móveis a partir de 1993 foram devido às mudanças na metodologia adotada. Os valores para 1992 e 1993 se encontram na Tabela A1-7.

⁴³ Mistura de gasolina e álcool etílico anidro. Esta mistura variou nos diferentes anos, mas de um modo geral essa mistura é de 22% de álcool etílico anidro para 78% de gasolina.

Tabela A1 7 – Comparação entre Estimativas de emissão para fontes de poluição do Ar na RMSP do ano de 1992 e de 1993 [10³ ton/ano]

FONTES	RQA 1992					RQA 1993				
	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP
gasolina (escapamento)	835	77,7	28,9	4,5	4,3	762	73,8	32	5,4	5,2
álcool (escapamento)	172	14,3	10,0			345	37,7	24,4		
diesel (escapamento)	218	35,6	159,0	73,0	9,9	466	75,8	340	71,1	21,2
motocicletas (escapamento)	32	6,1	0,21	0,26	0,11	30	6,6	0,2	0,3	0,1
táxi (escapamento)	52	4,6	2,2	0,13	0,16	54	5,5	2,7	0,3	0,1
emissão evaporativa		47,5								
emissão de cárter		10,6								
gasool							116,4			
álcool							40			
motos							2,2			
pneus					6,4					9,3
Oper. de transf. de gasolina		10,9					9,8			
Oper. de transf. de álcool							3,0			
TOTAL VEÍCULOS	1.309	207	200	78	21	1.657	371	399	77	36
Processos Industriais	38,6	12	14	44	44	38,6	12	14	44	44
Queima ao ar livre	44	14	3	0,36	12	44	14	3	0,36	12
OUTRAS FONTES TOTAL	83	26	17	44	56	83	26	17	44	56
TOTAL	1.392	233,3	217,3	122,3	76,9	1.739,6	396,8	416,3	121,5	91,9

Em 1994 novamente as emissões de todos os poluentes devidos às fontes móveis mudam de valores, e as outras emissões das outras fontes continuam as mesmas. A comparação entre os RQA's de 1993 e 1994 pode ser observada na Tabela A1-8.

Tabela A1 8 – Comparação entre Estimativas de emissão para fontes de poluição do Ar na RMSP do ano de 1993 e de 1994 [10³ ton/ano]

	RQA 1993					RQA 1994				
FONTES	CO	HC	NO_x	SO₂	MP	CO	HC	NO_x	SO₂	MP
gasolina (escapamento)	762	73,8	32	5,4	5,2	888	86,9	40	7,1	6,7
álcool (escapamento)	345	37,7	24,4			312	35,4	22,9		
diesel (escapamento)	466	75,8	340	71,1	21,2	499	81,3	364	76,2	22,7
motocicletas (escapamento)	30	6,6	0,2	0,3	0,1	30	6,6	0,2	0,3	0,1
táxi (escapamento)	54	5,5	2,7	0,3	0,1	51	5,0	2,5	0,3	0,3
emissão evaporativa										
emissão de cárter										
gasool		116,4					131,6			
álcool		40					36,3			
motos		2,2					2,2			
pneus					9,3					9,3
Oper. de transf. de gasolina		9,8					12,2			
Oper. de transf. de álcool		3,0					3,0			
TOTAL VEÍCULOS	1.657	371	399	77	36	1.780	401	430	84	39
Processos Industriais	38,6	12	14	44	44	38,6	12	14	44	44
Queima ao ar livre	44	14	3	0,36	12	44	14	3	0,36	12
OUTRAS FONTES TOTAL	83	26	17	44	56	83	26	17	44	56
TOTAL	1.739,6	396,8	416,3	121,5	91,9	1.862,6	426,5	446,9	128,3	95,1

Em 1995 as emissões de todos os poluentes devidos às fontes móveis mudam de valores, e são suprimidos os valores das emissões devidas a queima ao ar livre. Os valores das emissões de queima ao ar livre datam do ano de 1978 e tais valores não foram modificados desde o RQA do ano de 1985. Observar os dados dos anos de 1994 e 1995 na Tabela A1-9.

Tabela A1 9 – Comparação entre Estimativas de emissão para fontes de poluição do Ar na RMSP do ano de 1994 e de 1995 [10³ ton/ano]

	RQA 1994					RQA 1995				
FONTES	CO	HC	NO_x	SO₂	MP	CO	HC	NO_x	SO₂	MP
gasolina (escapamento)	888	86,9	40	7,1	6,7	859,2	72,6	44,7	8,4	8,0
álcool (escapamento)	312	35,4	22,9			294,8	33,4	22,0		
diesel (escapamento)	499	81,3	364	76,2	22,7	503,1	82,0	367,4	76,9	22,9
motocicletas (escapamento)	30	6,6	0,2	0,3	0,1	30	6,6	0,2	0,3	0,1
táxi (escapamento)	51	5,0	2,5	0,3	0,3	44,8	4,0	2,5	0,1	0,4
emissão evaporativa										
emissão de cárter										
gasool		131,6					119,5			
álcool		36,3					34,1			
motos		2,2					2,2			
pneus					9,3					9,3
Oper. de transf. de gasolina		12,2					13,4			
Oper. de transf. de álcool		3,0					3,3			
TOTAL VEÍCULOS	1.780	401	430	84	39	1.732	371	437	86	41
Processos Industriais	38,6	12	14	44	44	38,6	12	14	14	34,5
Queima ao ar livre	44	14	3	0,36	12					
OUTRAS FONTES TOTAL	83	26	17	44	56	39	12	14	14	35
TOTAL	1.862,6	426,5	446,9	128,3	95,1	1.770,5	383,1	450,8	99,7	75,2

Da tabela também pode-se observar que no ano de 1995 as emissões de SO₂ e MP das fontes industriais são diferentes do ano de 1994. Devido a atualizações no inventário das indústrias.

Em 1996 os poluentes das fontes móveis se modificam novamente e nas fontes industriais somente os valores de emissão de SO₂ e MP se alteram, com relação ao ano anterior. Observar os valores dos anos de 1995 e 1996 na Tabela A1-10.

Tabela A1 10 – Comparação entre Estimativas de emissão para fontes de poluição do Ar na RMSP do ano de 1995 e de 1996 [10^3 ton/ano]

	RQA 1995					RQA 1996				
FONTES	CO	HC	NO_x	SO₂	MP	CO	HC	NO_x	SO₂	MP
Gasolina (escapamento)	859,2	72,6	44,7	8,4	8,0	952,1	81,4	50,9	7,7	3,8
álcool (escapamento)	294,8	33,4	22,0			266,0	30,9	19,0		
diesel (escapamento)	503,1	82,0	367,4	76,9	22,9	271,5	44,2	198,3	17,2	12,4
motocicletas (escapamento)	30	6,6	0,2	0,3	0,1	36,4	4,8	0,3	0,3	0,1
táxi (escapamento)	44,8	4,0	2,5	0,1	0,4	41,0	3,6	2,3	0,4	0,4
emissão evaporativa										
emissão de cárter										
gasool		119,5					128,7			
álcool		34,1					31,0			
motos		2,2					2,6			
pneus					9,3					6,0
Oper. de transf. de gasolina		13,4					24,4			
Oper. de transf. de álcool		3,3					5,1			
TOTAL VEÍCULOS	1.732	371	437	86	41	1.567	357	271	26	23
Processos Industriais	38,6	12	14	14	34,5	38,6	12	14	16,3	25,9
Queima ao ar livre										
OUTRAS FONTES TOTAL	39	12	14	14	35	39	12	14	16	26
TOTAL	1.770,5	383,1	450,8	99,7	75,2	1.605,6	368,7	284,8	41,9	48,6

Em 1997, 1998 os poluentes das fontes móveis se modificam novamente e nas fontes industriais somente os valores de emissão de SO₂ e MP se alteram, com relação aos anos anteriores. No ano de 1999 as emissões veiculares se modificam, no entanto as emissões dos processos industriais permanecem as mesmas de 1998. Observar os valores dos anos de 1997, 1998 e 1999 na Tabela A1-11. Comparar os valores do ano de 1997 com os valores do ano de 1996 da Tabela A1-10.

Tabela A1 11 – Comparação entre Estimativas de emissão para fontes de poluição do Ar na RMSP dos anos de 1997, 1998 e 1999 [10³ ton/ano]

	RQA 1997					RQA 1998					RQA 1999				
FONTES	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP	CO	HC	NO _x	SO ₂	MP
gasolina (escapamento)	907,8	78,2	49,6	8,5	4,2	875,2	88,6	47,1	8,9	4,4	796,4	80,8	46,2	11,5	4,6
álcool (escapamento)	230,4	26,8	15,6			219,6	24,6	15,2			215,6	24,4	14,6		
diesel (escapamento)	271,5	44,2	198,3	17,2	12,4	393,0	64,0	287,0	24,9	17,8	401,2	65,3	293,0	25,5	18,3
motocicletas (escapamento)	38,9	5,2	0,3	0,3	0,1	163,0	21,6	1,2	0,7	0,4	60,8	6,2	3,5	0,8	0,4
táxi (escapamento)	35,9	3,2	2,0	0,3	0,2	52,8	5,4	2,9	0,5	0,3	178,4	23,6	1,3	0,8	0,5
emissão evaporativa															
emissão de cárter															
gasool		121,8					112,2					115,4			
álcool		26,8					19,5					18,3			
motos		2,8					11,6					12,7			
Pneus					6,2					6,2					6,9
Oper. de transf. de gasolina		24,4					51,8					13,6			
Oper. de transf. de álcool		5,1					6,0					1,4			
TOTAL VEÍCULOS	1.485	339	266	26	23	1.704	405	353	35	29	1.652	362	359	39	31
Processos Industriais	38,6	12	14	21,7	40,7	38,6	12	14	17,1	31,6	38,6	12	14	17,1	31,6
Queima ao ar livre															
OUTRAS FONTES TOTAL	39	12	14	22	41	39	12	14	17	32	39	12	14	17	32
TOTAL	1.523,1	350,5	279,8	48,0	63,8	1.742,2	417,3	367,4	52,1	60,7	1.691,0	373,7	372,6	55,7	62,3

Os valores das emissões industriais mudaram em alguns anos devido a atualizações no inventário industrial. Na próxima tabela são mostrados os valores para as emissões industriais ano a ano para facilitar o entendimento de quais valores são repetidos e quais não.

Tabela A1 12 - Estimativas de Emissão nos Processos Industriais dos RQA's de 1985 a 1999 [10³ ton/ano]

	CO	HC	NO_x	SO₂	MP
1985	38	50	23	205	59
1986	38	50	23	205	59
1987	38	50	23	53	59
1988	38	50	23	28,6	34,6
1989	38	50	23	28,6	34,6
1990	38,6	12	14	44	44
1991	38,6	12	14	44	44
1992	38,6	12	14	44	44
1993	38,6	12	14	44	44
1994	38,6	12	14	44	44
1995	38,6	12	14	14	34,5
1996	38,6	12	14	16,3	25,9
1997	38,6	12	14	21,7	40,7
1998	38,6	12	14	17,1	31,6
1999	38,6	12	14	17,1	31,6

Pode-se observar da tabela acima que praticamente todos os valores são repetidos de 1985 a 1989 e de 1990 a 1999. Os únicos poluentes que variam praticamente todos os anos são o material particulado e o dióxido de enxofre, contudo eles são repetidos com os valores de 1990 até 1994.

A partir do exposto, evidencia-se que:

- As emissões de fontes móveis deveriam modificar-se todos os anos devido ao crescimento da frota de automóveis na Região Metropolitana de São Paulo e da mudança nos fatores de emissão, no entanto isso só acontece a partir de 1993, a partir da mudança da metodologia. Entre 1985 e 1992 só se modificam as emissões de hidrocarbonetos devido à inclusão das emissões de cárter e operação de transferência de combustíveis.
- As emissões das operações de transferência de gasolina e álcool deveriam aumentar com o aumento do número de postos de combustíveis na RMSP e com o aumento da frota de veículos, no entanto esse comportamento não foi observado.
- As estimativas de emissão para fontes de poluição são comparáveis ano a ano a partir de 1996. No entanto verificou-se que os valores das emissões industriais são

repetidos nos anos de 1996 em diante, eles não são atualizados anualmente, somente os valores de SO_2 e MP. No entanto, todos os poluentes industriais do ano de 1998 são repetidos no ano de 1999.

- Os dados das indústrias ano a ano praticamente não variam, somente as emissões de SO_x (a partir do ano de 1987 as emissões de SO_x começam a reduzir e a partir de 1990 os valores são os mesmo, só muda SO_x e MP a partir de 1995). Não está claro se o número de indústrias inventariadas é representativo do número total de indústrias existentes na Região Metropolitana de São Paulo. Essa dúvida é sanada parcialmente com o RQA de 1998 que diz que as indústrias consideradas representam mais de 90% das emissões de SO_x e MP, mas não fala nada dos outros poluentes.
- Os valores das emissões de poluentes pela queima ao ar livre são mantidas constantes com valores do ano 1978. Foi constatado ainda que a partir do RQA de 1996 esses valores são suprimidos das fontes de poluentes, o que pode significar mais um motivo dos valores pré-1996 não poderem ser comparados.
- O somatório dos valores de hidrocarbonetos no ano de 1998 não bate com o disponível no RQA. O somatório deu 417,3, como pode ser observado da Tabela A1-11 e no RQA de 1998 o valor encontrado é 359,5.

O mesmo comportamento descrito para as emissões em unidade de massa é observado na participação relativa das fontes, pois os cálculos da participação percentual das fontes emissoras são feitos com base nos valores mostrados nas tabelas anteriores. Vale ressaltar que, a partir de 1991, a participação percentual das emissões de material particulado muda em função do modelo receptor de partículas inaláveis. A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre veículos a gasool e diesel de acordo com os dados da tabela de emissões por fontes dos respectivos anos (1.000 t/ano), sendo que os outros 60% ficam divididos da seguinte forma: 10% para processos industriais, 25% para ressuspensão de partículas e 25% para aerossóis secundários.

Essas participações percentuais são repetidas ano a ano desde que foi estabelecida em 1991. Não está claro como foi estabelecida esta contribuição de 40% dos particulados inaláveis para o setor de transporte e por quê esses valores são repetidos até 1999.

Em suma, com os dados apresentados pelos RQA's não é possível determinar com segurança a contribuição dos automóveis para a poluição total do ar na RMSP, pois os números totais baseiam-se em estimativas por vezes muito simplificadas como é por exemplo o caso das emissões das fontes fixas industriais.

Apêndice 2 A EVOLUÇÃO DOS VEÍCULOS DURANTE A IMPLEMENTAÇÃO DO PROCONVE⁴⁴

Para ilustrar de que modo os veículos evoluíram para atender às exigências do PROCONVE, Szwarc (*In: La Rovere et al, 2002*) analisou a evolução de veículos fabricados no País que passaram por todas as fases do Programa. Para essa análise foram preparados dois estudos de caso abordando, dois modelos de veículos leves com motor ciclo Otto fabricados por duas montadoras diferentes (montadora “A” e montadora “B”)⁴⁵.

Esta Seção apresenta os principais aspectos e resultados dessa análise.

• ESTUDO DE CASO A

O modelo “A” trata-se de um veículo no qual foram aplicadas as soluções tecnologicamente mais avançadas nos modelos equipados com o motor A2 (2000 cc). Isto se deveu à segmentação de mercado definida para esses produtos que eram considerados “topo de linha”, enquanto as configurações mais simples eram equipadas com o motor A1 (1800 cc). A Tabela A2-1 resume a utilização das alternativas tecnológicas adotadas:

- Para a Fase I foram utilizados carburadores de corpo duplo equipados com sistemas *cut off*, *delay valve* e *hot spot*, além do sistema *Thermac*. Também foram utilizados sistemas de controle de emissões evaporativas e do cárter, que posteriormente se mantiveram, apenas com pequenas mudanças.
- Para a Fase II foram introduzidos os conversores catalíticos de oxidação que foram utilizados com carburadores, sistemas de injeção eletrônica monoponto e multiponto, demonstrando a sua flexibilidade de aplicação. No período de 1994/95 o modelo A chegou a ter as três versões, num processo de substituição tecnológica simultânea.

⁴⁴ Este Apêndice contou com a colaboração de Alfred Szwarc

⁴⁵ As marcas e modelos não são explicitados para preservar o sigilo comercial das montadoras, a pedido do autor do trabalho e das próprias montadoras que forneceram as informações.

- Para atender à Fase III os sistemas foram praticamente padronizados para injeção eletrônica multiponto com ignição eletrônica mapeada e conversor catalítico de 3 vias operando em circuito fechado. Com a utilização dos sistemas de injeção eletrônica foi possível também aumentar a taxa de compressão dos motores, pois o problema da pré-detonação passou a ser evitado pelo uso de sensores de detonação e gerenciamento eletrônico da ignição.

Tabela A2 1 - Resumo das alternativas tecnológicas adotadas nos veículos A para controle dos gases de escapamento

Ano - Modelo	TECNOLOGIA INTRODUZIDA
1990/1991	Carburador duplo corpo avançado c/ assist. eletrôn. - A2 G/A Injeção eletrônica MPFI e ignição- A2 G Carburador duplo corpo c/ assistência eletrônica - A1 G/A.
1992 e 1993	Carburador duplo corpo avançado c/ assist. eletrôn. e catalisador de oxidação - A2 G/A Injeção eletrônica multiponto e catalisador de oxid. - A2 G Carburador duplo corpo c/ assistência eletrônica e catalisador de oxidação - A1 G/A
1994 e 1995	Injeção eletrônica multiponto c/ ignição eletrônica mapeada e catalisador de oxidação - A2 G/A Carburador duplo corpo c/ assistência eletrônica e catalisador de oxidação - A2 G/A Injeção eletrônica monoponto c/ ignição eletrônica mapeada e catalisador de oxidação - A1 G/A Carburador duplo corpo c/ assistência eletrônica e catalisador de oxidação - A1 G/A
1996 a 1999	Injeção eletrônica multiponto c/ ignição eletrônica mapeada e catalisador de 3 vias com circuito fechado - A2/A1 G/A

Fonte: banco de dados da CETESB / LCVM

Os dados disponíveis para o consumo de combustível⁴⁶, apresentados na Tabela A2-2, mostram que há muita pouca variação entre os modelos de 1989 e 1999. Enquanto houve uma ligeira melhoria no consumo com o motor A1 a gasolina, ocorreu uma perda de mesma magnitude para este motor na versão a álcool. Houve também uma ligeira perda no caso do motor A2 aplicado em um dos modelos de automóveis que, entretanto, não foi verificada em outro modelo da mesma marca.

A emissão de poluentes, apresentada na Tabela A2-3 e na Tabela A2-4, foi obtida de informações disponibilizadas pela CETESB e IBAMA e levantadas como parte do processo de concessão das LCVM para o IBAMA específicas para as configurações em questão. Observa-se nessas Tabelas uma redução bastante significativa a partir de 1992, ano em que passaram a ser utilizados os conversores catalíticos para o pós-tratamento dos gases de escapamento..

⁴⁶ Que são os valores declarados pelo fabricante no livreto do proprietário do veículo

Tabela A2 2 - Evolução do consumo de combustível para os veículos de diversos modelos da marca A

ANO MODELO	MOTOR	COMBUSTÍVEL	AUTONOMIA (km/litro)		
			CIDADE	ESTRADA	MISTO
1989	A1	GASOLINA	10,7	14,3	12,3
		ÁLCOOL	8,3	11,3	9,7
	A2	GASOLINA	11,0	15,0	12,8
		ÁLCOOL	8,1	10,7	9,3
1999	A1	GASOLINA	10,7	15,6	12,9
		ÁLCOOL	8,1	11,3	9,5
	A2	GASOLINA	10,6	15,1	12,6
		ÁLCOOL	NÃO FABRICADO		
1989	A1	GASOLINA	10,7	14,3	12,3
		ÁLCOOL	8,3	11,3	9,7
	A2	GASOLINA	10,5	14,8	12,4
		ÁLCOOL	8,4	11,2	9,7
1999	A1	GASOLINA	10,6	15,4	12,8
		ÁLCOOL	7,9	11,2	9,4
	A2	GASOLINA	10,6	15,1	12,6
		ÁLCOOL	NÃO FABRICADO		

Fonte: MONTADORA A

Tabela A2 3 - Evolução dos resultados de emissão e consumo nos veículos com motor A1

ANO - MODELO	MODELO/VERSÃO/MOTOR	EMISSIONES				
		g/km				g/teste
		CO	HC	NOx	RCHO	EVAP
90	A1 mec./Gasol.	16,2	1,5	1,3	?	?
	A1 mec. /Alc	11,7	1,5	1,2	?	?
91	A1 mec./Gasol.	12,7	1,6	1,3	?	?
	A1 mec. /Alc	12,3	1,2	1,1	?	?
92	A1 mec./Gasol.	5,7	0,7	0,9	0,018	3,2
	A1 mec. /Alc	3,6	0,7	0,5	0,037	0,7
93	A1 mec./Gasol.	7,8	0,5	0,8	0,019	2,7
	A1 mec. /Alc	3,6	0,7	0,5	0,037	0,7
94	A1 mec./Gasol.	6,8	0,4	0,8	0,018	2,6
	A1 mec. /Alc	?	?	?	?	?
95	A1 mec./Gasol.	7,7/6,8*	0,5/0,4*	0,9/0,8*	0,02/0,02*	2,7/2,6*
	A1 mec. /Alc	6,9/2,6*	0,6/0,6*	0,4/0,4*	0,03/0,03*	0,7/0,7*
96	A1 mec./Gasol.	6,8	0,4	0,8	0,02	0,7
	A1 mec. /Alc	2,6	0,6	0,4	0,03	0,7
97	A1 mec./Gasol.	0,7	0,1	0,21	0,005	1,8
	A1 mec. /Alc	0,7	0,2	0,14	0,01	1,1
98	A1 mec./Gasol.	0,9	0,1	0,25	0,004	1,0
	A1 mec. /Alc	?	?	?	?	?
99	A1 mec./Gasol.	0,9	0,1	0,25	0,004	1,0
	A1 mec. /Alc	?	?	?	?	?

Fonte: CETESB

Nota: valores com (*) referem-se a versão com injeção eletrônica.

Tabela A2 4 - Evolução dos resultados de emissão e consumo nos veículos com motor A2

ANO - MODELO	MODELO/VERSÃO/MOTOR	EMISSIONES				
		g/km				g/teste
		CO	HC	NOx	RCHO	EVAP
90	A2 mec./Gasol.	18,5	1,3	1,0	?	2,9
	A2 mec. /Alc	11,1	1,2	1,1	?	?
91	A2 mec./Gasol.	18,5	1,3	1,0	?	2,9
	A2 mec. /Alc	11,1	1,2	1,1	?	?
92	A2 mec./Gasol.	6,3	0,4	0,6	0,01	2,2
	A2 mec. /Alc	1,9	0,6	0,6	0,03	0,6
93	A2 mec./Gasol.	6,4	0,4	1,0	0,01	2,7
	A2 mec. /Alc	1,9	0,6	0,6	0,03	0,6
94	A2 mec./Gasol.	5,2	0,3	0,6	0,006	1,0
	A2 mec. /Alc	4,2	0,5	0,5	0,03	1,3
95	A2 mec./Gasol. (*)	6,6/5,2*	0,4/0,3*	0,9/0,6*	0,014/0,006*	2,7/?
	A2 mec. /Alc	3,4	0,5	0,7	0,06	1,1
96	A2 mec./Gasol.	0,9	0,2	0,4	0,005	1,1
	A2 mec. /Alc	0,6	0,15	0,1	0,009	1,1
97	A2 mec./Gasol.	0,9	0,2	0,4	0,005	1,1
	A2 mec. /Alc	0,6	0,15	0,1	0,009	1,1
98	A2 mec./Gasol.	0,7	0,13	0,45	0,004	0,9
	A2 mec. /Alc	Produção descontinuada				
99	A2 mec./Gasol.	0,4	0,09	0,09	0,005	1,0
	A2 mec. /Alc	Produção descontinuada				

Fonte: CETESB

Nota: valores com (*) referem-se a versão com injeção eletrônica

Uma pergunta que diversas vezes é realizada à indústria automobilística se refere aos investimentos e demais custos resultantes do atendimento ao PROCONVE. Pelo fato de as várias empresas do setor terem formas diversas de contabilização de custos e, geralmente, não apropriarem especificamente muitos desses valores ao PROCONVE, uma avaliação precisa é muito difícil de ser realizada. Solicitada a responder a essa pergunta, a montadora A forneceu algumas informações relevantes que são apresentadas na Tabela A2-5, como uma tentativa de mostrar uma estimativa da empresa para os investimentos realizados em função do PROCONVE.

Esses investimentos, de aproximadamente US\$ 170 milhões (soma dos investimentos realizados em períodos diversos, não atualizados para valor presente e não atualizáveis em função dos dados fornecidos), foram realizados, principalmente, na adaptação do processo de manufatura, em projetos de engenharia internos e contratados de terceiros para o desenvolvimento dos veículos e na aquisição de instalações e equipamentos de pesquisa e ensaio. Se esse valor for dividido pelo número de veículos produzidos pela

empresa no período 1989-1999⁴⁷, igual a 4.977.718, teremos aproximadamente US\$ 35 por veículo fabricado. Obviamente, esse resultado deve ser visto apenas como um dado ilustrativo da ordem de grandeza do valor agregado pelos investimentos motivados pelo PROCONVE nos veículos da montadora, não incluindo-se aí outros custos operacionais e de componentes. Uma planilha de custos de uma montadora de veículos é significativamente complexa, sendo este resultado muito simplista, não considerando, entre outros fatores, por exemplo, subsídios cruzados.

Uma outra pergunta freqüentemente realizada é se os investimentos e custos associados ao PROCONVE provocaram aumento do preço final dos veículos ao consumidor.

Comparando-se os preços oficiais fornecidos pela montadora A para os anos de 1989 e 1999 convertidos em US\$ (Tabela A2-6), verifica-se que os preços de 1999 são, de fato, mais reduzidos, especialmente considerando-se que os valores apresentados para 1989 não estão atualizados para 1999. Evidentemente, como já afirmado anteriormente, existem inúmeros outros fatores que definem o preço final de um veículo, como reengenharia, economia de escala, tributação, desenvolvimento tecnológico, câmbio/comércio exterior entre outros, mas, é importante notar que os dados apresentados demonstram ser possível controlar a emissão de poluentes sem onerar o consumidor, sem grandes impactos econômicos nas montadoras. Essa constatação derruba argumentos levantados por alguns técnicos de que o PROCONVE seria um programa sofisticado demais para o Brasil e teria provocado aumento no preço dos veículos. Conseqüentemente, o estabelecimento de medidas de controle mais restritivas deveria ser evitado. Esses argumentos, além de não terem fundamento, desconsideram os custos sociais associados à poluição atmosférica que ocorreriam sem as ações de controle e, tampouco, o fato de que à medida que novas tecnologias são utilizadas e padronizadas internacionalmente, a produção dos sistemas mais antigos acaba se tornando mais cara. Além disso, com a desatualização tecnológica, os veículos produzidos no país perderiam competitividade para exportação.

⁴⁷ ANFAVEA, 2000

Tabela A2 5 - Investimentos da Montadora A para atendimento do PROCONVE

	Trabalhos de Desenv. Próprios	Trabalhos de Desenv. Comprados	Equipamentos e Instalações para Desenvolvimento	Adaptações no Processo de Manufatura	Adaptações no Processo de Controle de Qualidade	Mudanças no Material Publicit./ Gráfico	SUB -TOTAL
Fase I	5,50	1,70	18,80	13,10	0,80	1,10	41,00
Fase II	12,70	8,40	7,80	8,60	0,80	0,80	39,10
Fase III	23,10	6,90	11,30	47,60	1,70	0,90	91,50
TOTAL	41,30	17,00	37,90	69,30	3,30	2,80	171,60

Fonte: Montadora A

OBS:

- 1) Valores estimativos, baseados nos programas aprovados sem cunho fiscal, tributário ou contábil;
- 2) Valores em milhões de US\$, não atualizados;
- 3) Não é possível identificar nos investimentos o montante referente a motorizações ou modelos específicos;
- 4) O valor referente a cada fase não pode ser tomado isoladamente sem considerar o(s) investimento(s) referente(s) à(s) fase(s) anterior(es).

Tabela A2 6 – Preço final sugerido de venda ao consumidor não incluído o frete – impostos incluídos (Brasil, exceto Rondônia).

Modelo	Motor	Combust.	Preço Público Sugerido (na época)			
			Dez/1989		Dez/1999	
			NCz\$	US\$ (US\$ 1,00 = NCz\$ 13,74)	R\$	US\$ (US\$ 1,00 = R\$ 1,95)
Veículo A, Básico 4 Portas	A1 (1800cc)	Gasolina	174.366,90	12.695,08	22.900,00	11.743,59
		Álcool	166.333,53	12.110,20	21.856,00	11.208,21
	A2 (2000cc)	Gasolina	203.372,98	14.806,92	26.968,00	13.829,74
		Álcool	192.980,65	14.050,28	Não Comercializado	
Veículo A Básico	A1 (1800cc)	Gasolina	187.893,21	13.679,88	24.517,00	12.572,82
		Álcool	179.245,82	13.050,30	23.395,00	11.997,44
	A2 (2000cc)	Gasolina	213.544,79	15.547,49	28.598,00	14.665,64
		Álcool	203.558,80	14.820,44	Não Comercializado	

Fonte: Montadora A

• ESTUDO DE CASO B

O veículo modelo B iniciou o processo de homologação do motor de 994 cm³ em 1990 para atender o mercado que se abria para motores com cilindrada de até 1000 cm³. Em sua primeira versão comercial, ano-modelo 1991, os modelos vinham equipados com os sistemas de controle de emissões evaporativas e do cárter e a emissão dos gases de escapamento era feita apenas por meio de carburadores monocorpo. O modelo, que até 1999 foi produzido somente na versão a gasolina, recebeu posteriormente carburador de corpo duplo e conversor catalítico de oxidação para atendimento aos limites de 1992. Nesse mesmo ano, a Montadora B substituiu as versões com catalisador por outras, com carburador de corpo duplo e ignição eletrônica mapeada, o que representou aumento de potência e torque. Nascia assim a versão de um novo modelo da mesma montadora, que posteriormente foi objeto de investigação e processo pelos órgãos ambientais e Ministério Público Federal, pelo fato de a CETESB ter identificado que o sistema eletrônico era capaz de reconhecer quando o veículo estava sendo submetido a ensaio de emissões e apresentar níveis de emissão reais superiores aos medidos nos ensaios de homologação. Para atender aos limites de 1997, a mesma montadora equipou seus modelos com sistema de injeção eletrônica monoponto com ignição eletrônica mapeada incorporada e conversor catalítico de 3 vias operando em circuito fechado. Nos modelos para 1999 foi introduzida a injeção eletrônica multiponto em substituição à monoponto, que já havia sido utilizada inicialmente em 1997 em alguns modelos equipados com o mesmo motor.

Os efeitos desse processo tecnológico podem ser observados na Tabela A2-7, que resume os resultados dos níveis de emissão homologados, obtidos da documentação de homologação disponibilizada pela CETESB. Os resultados de consumo de combustível foram fornecidos pela Montadora B, visto que não constam da documentação consultada. A Tabela A2-8 resume as alternativas tecnológicas adotadas para o controle dos gases de escapamento. Não houve mudança na conceituação dos sistemas de controle de emissões do cárter e de escapamento, apenas alterações de caráter operacional.

Tabela A2 7 - Evolução dos resultados de emissão e consumo de combustível nos veículos dos modelos da Montadora B

ANO-MOD.	MODELO/VERSÃO	AUTON. URBANO (km/l)	AUTON. ESTRADA (km/l)	EMISSIONES				
				g/km				g/teste
				CO	HC	NOx	RCHO	EVAP
91	MODELO 1	11,6	16,8	8,7	1,6	1,4	n.d.	2,4
91	MODELO 2	12,5	17,4	9,8	1,6	1,4	n.d.	1,7
92	MODELO 3	12,5	18,5	5,8	0,6	0,7	0,007	1,7
93	MODELO 4	12,5	18,5	5,8	0,6	0,7	0,007	1,7
93	MODELO 5	11,7	17,2	8,7	1,0	1,1	0,06	1,3
94	MODELO 6	11,7	17,2	8,7	1,0	1,1	0,06	1,3
95	MODELO 7	11,7	17,2	8,7	1,0	1,1	0,06	1,3
96	MODELO 8	13,0	19,0	5,1	0,9	1,0	0,08	0,7
97	MODELO 9	12,8	18,6	1,2	0,2	0,15	0,005	0,5
98	MODELO 10	12,8	18,6	0,8	0,08	0,22	0,004	0,5
99	MODELO 11	12,8	18,6	0,8	0,08	0,22	0,004	0,5
99	MODELO 12	9,9	13,1	0,6	0,16	0,10	0,014	1,5

Fonte: CETESB e Montadora B

Tabela A2 8 - Resumo das alternativas tecnológicas adotadas nos veículos da Montadora B para controle dos gases de escape

Ano - Modelo	TECNOLOGIA INTRODUZIDA
1991	Carburador monocorpo com calibração especial
1992	Carburador monocorpo e duplo corpo com catalisador de oxidação
1992/93 a 1995	Carburador duplo corpo com ignição eletrônica mapeada
1995/96	Injeção eletrônica monoponto com ignição eletrônica mapeada
1997 a 1998	Injeção eletrônica monoponto com ignição eletrônica mapeada e catalisador de 3 vias com circuito fechado
1999	Injeção eletrônica multiponto com ignição eletrônica mapeada e catalisador de 3 vias com circuito fechado

Fonte: Montadora B

Com base nos resultados apresentados fica evidente que a Montadora B priorizou para a linha de veículos de um dos seus modelos, o desempenho ao invés do controle de emissões, embora oficialmente tenha atendido a legislação. Para isso se utilizou das facilidades de gerenciamento das funções do motor que o desenvolvimento da eletrônica embarcada proporcionou. Entretanto, se por um lado essa estratégia tornou a empresa líder no segmento de veículos com motor de 1000 cm³, por outro a submeteu a uma exposição indesejável na mídia devido o fato da constatação de que um dos modelos somente era “ecológico” nos ensaios padronizados de homologação. Isso também resultou em um acordo com o Ministério Público Federal no qual a mesma montadora se comprometeu a contribuir com aproximadamente US\$ 10 milhões para patrocinar medidas compensatórias de interesse ambiental.

Com relação aos dados de consumo fornecidos pela Montadora B, trata-se de valores oficiais divulgados pela empresa nos livretos para o proprietário do veículo, que não refletem com precisão as diferenças existentes de ano para ano. Entretanto, servem para

indicar que a estratégia voltada para a otimização excessiva do desempenho, adotada no período de 1993 a 1995, resultou em aumento de consumo. Também mostram que ao se comparar os dados de 1991 e de 1999, houve redução no consumo de combustível em 2,5% no ciclo urbano e 11% no ciclo estrada e que em nenhum ano intermediário houve piora no consumo em relação a 1991.

Para possibilitar um aprofundamento do presente estudo nas questões econômicas, foi solicitado à Montadora B o fornecimento dos dados relativos aos custos envolvidos no desenvolvimento das séries de veículos avaliadas acima. Infelizmente, tais dados não foram fornecidos.